

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІННОВАЦІЙНИХ ОСВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

_____ М. С. Кулик

« _____ » _____ лютого 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «МАГІСТР»
ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ
«ГАЗОТУРБІННІ УСТАНОВКИ І КОМПРЕСОРНІ СТАНЦІЇ»

Тема: Реконструкція автомобільної газонаповнювальної компресорної станції шляхом переоснащення однієї компресорної установки в дожимну в умовах зниження тиску в газових мережах

Виконавець: студент ГУ-201 Мз _____ Мельник Сергій Володимирович

Керівник: к.т.н., доцент _____ Капітанчук Констянтин Іванович

Консультанти з окремих розділів:

«Охорона праці» к.т.н., доцент _____ Казанець В.І.

«Охорона навколишнього середовища» доцент _____ Савицький В.Д.

Нормоконтролер: к.т.н., доцент _____

КИЇВ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут навчально-науковий інститут інноваційних освітніх технологій
Кафедра авіаційних двигунів
Освітній ступінь магістр
Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування
Освітньо-професійна програма Газотурбінні установки і компресорні станції

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д. т. н., професор М.С. Кулик

« 25 » листопада 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Мельника Сергія Володимировича

1. Тема роботи: «Реконструкція автомобільної газонаповнювальної компресорної станції шляхом переоснащення однієї компресорної установки в дожимну в умовах зниження тиску в газових мережах», затверджена наказом ректора від «22» листопада 2019 р., № 2701/ст.

2. Термін виконання роботи: з 25 листопада 2019 року по 29 лютого 2020 року.

3. Вихідні дані роботи: склад природного газу – Уренгойське родовище, дожимний компресор – на базі 2ГМ4-1,3/12-250, дотискування – з 0,15... 0,6 МПа до 1,2МПа.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці): реферат, зміст, вступ, аналіз сучасного стану автомобільної газонаповнювальної компресорної станції, як об'єкта дослідження, конструктивна розробка дожимного компресора, технологічна розробка технологічного обладнання автомобільної газонаповнювальної компресорної станції, охорона праці, охорона навколишнього середовища, висновки, список використаних джерел.

5. Перелік обов'язкового графічного матеріалу: технологічна схема АГНКС, принципова схема АГНКС з дожимним компресором, загальний вид дожимного компресора, конструктивний переріз дожимного компресора, регулювання продуктивності АГНКС.

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Опрацювання літератури	25.11.19– 10.12.19	
2.	Аналіз сучасного стану автомобільної газонаповнювальної компресорної станції, як об'єкта дослідження	11.12.19– 30.12.19	
3.	Конструктивна розробка дожимного компресора	02.01.20– 08.01.20	
4.	Технологічна розробка технологічного обладнання автомобільної газонаповнювальної компресорної станції	09.01.20– 18.01.20	
5.	Охорона праці	26.01.20– 27.01.20	
6.	Охорона навколишнього середовища	28.01.20– 11.02.20	
7.	Графічні роботи та оформлення розрахунково-пояснювальної записки	12.02.20– 20.02.20	
8.	Підготовка доповіді для захисту дипломного проекту	21.02.20– 25.02.20	

7. Консультація з окремих розділів дипломної роботи:

Назва розділу	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н., доцент Казанець В.І.		
Охорона навколишнього середовища	доцент Савицький В.Д.		

8. Дата видачі завдання: « 25 » листопада 2019 р.

Керівник дипломної роботи : _____ К.І. Капітанчук
(підпис керівника)

Завдання прийняв до виконання: _____ С.В. Мельник
(підпис випускника)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту «Реконструкція автомобільної газонаповнювальної компресорної станції шляхом переоснащення однієї компресорної установки в дожимну в умовах зниження тиску в газових мережах»: 85 сторінок, 15 таблиць, 21 використане джерело.

Мета дипломної роботи – розробка технічних і технологічних пропозицій для підвищення продуктивності АГНКС в умовах зменшення тиску в магістралі газопостачання.

Об'єкт дослідження – технологічне обладнання АГНКС.

Предмет дослідження – дожимний компресор.

Метод дослідження – аналітичні та статичні дані. Обробка даних проведена з використанням математичної статистики та обчислювальної техніки.

Наукова новизна: Комплекс запропонованих рішень з реконструкції автомобільної газонаповнювальної компресорної станції можна використовувати для реконструкції автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій в умовах зменшення тиску в магістралях на території України.

Практичне значення отриманих результатів. Реалізація результатів дипломної роботи дозволить розв'язати проблему роботи автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій в умовах зменшення тиску в магістралі.

**АВТОМОБІЛЬНА ГАЗОНАПОВНЮВАЛЬНА КОМПРЕСОРНА
СТАНЦІЯ, РЕКОНСТРУКЦІЯ, ДОЖИМНИЙ КОМПРЕСОР,
ОСНОВНЕ ОБЛАДНАННЯ**

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ГАЗОНАПОВНЮВАЛЬНОЇ КОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ, ЯК ОБЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ	10
1.1. Аналіз типового генерального плану автомобільної газонаповнювальної компресорної станції	11
1.2. Аналіз основного та допоміжного технологічне обладнання	12
1.3. Аналіз технологічної схеми АГНКС-250	15
Висновки за розділом	17
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНА РОЗРОБКА ДОЖИМНОГО КОМПРЕСОРА..	18
2.1. Визначення фізико-хімічних властивостей природного газу	18
2.2. Переустаткування компресора 2ГМ4-1,5/12-250 у дожимний компресор	21
2.3. Опис конструкції дожимного компресора.....	22
2.3.1. Технічна характеристика дожимного компресора	22
2.3.2. Конструкція дожимного компресора	23
2.4. Система охолодження дожимного компресора	24
2.5. Системи охолодження компримованого газу	25
2.6. Автоматизація дожимного компресора.....	27
Висновки за розділом	28
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ГАЗОНАПОВНЮВАЛЬНОЇ КОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ	29
3.1. Реконструкція обв'язки компресорних установок	29
3.2. Технологічна схема АГНКС з дожимним компресором.....	29
3.2.1. Підготовка природного газу на АГНКС згідно технологічної схеми .	30
3.2.2. Пуск та робота АГНКС	31
3.2.3. Планова та аварійна зупинки	32
3.3. Реконструкція системи газопостачання АГНКС	32
3.4. Осушка газу на АГНКС	36
3.4.1. Розрахунок охолодження адсорбера	40
3.5. Визначення ймовірних характеристик АГНКС.....	41
3.6. Розрахунок об'єму заправки автомобіля.....	43
3.7. Забезпечення безпеки технологічних процесів, монтажу та експлуатації обладнання.....	48
3.8. Системи регулювання АГНКС.....	53
Висновки за розділом.....	57

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	58
4.1. Вплив на атмосферне повітря	58
4.1.1. Зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу.....	60
4.2. Вплив на ґрунт і рослинність	61
4.3. Вплив на водне середовище	61
4.3.1. Захист водойм від стічних вод	62
Висновок за розділом	63
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	64
5.1. Аналіз потенційних небезпек та шкоди виробничого середовища на працівників згідно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ.....	65
5.2. Забезпечення нормальних умов праці	67
5.2.1. Розрахунок штучного освітлення компресорного цеху.....	70
5.3. Забезпечення безпеки технологічних процесів, монтажу та експлуатації обладнання.....	76
5.4. Пожежна небезпека	77
5.4.1. Заходи, спрямовані на попередження пожежі	78
Висновки за розділом	81
ВИСНОВКИ	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	84

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АГНКС	–	Автомобільна газонаповнювальна компресорна станція
АПО	–	Агрегати повітряного охолодження
БАК	–	Блок автоматичного керування
БЕ	–	Буферна ємність
ГДК	–	Гранично допустимі концентрації
Д	–	Дросель
ДК	–	Дожимний компресор
ЗІЗ	–	Засоби індивідуального захисту
КЕМ	–	Клапан електромагнітний
КГР	–	Газорозподільча колонка
КЗ	–	Клапан зворотній
КУ	–	Компресорна установка
КМ	–	Клапан манометровий
КШ	–	Кран кульковий
КШЕ	–	Кран кульковий з електроприводом
М	–	Манометр
Т	–	Термопара
ТЕН	–	Тепловий електричний нагрівач
Х	–	Холодильник
Ф	–	Фільтр

ВСТУП

В останні роки у багатьох країнах світу велика перевага приділяється пошукам і розвитку альтернативи нафтовому паливу для транспортних засобів. При цьому перевага віддається природному газу, як у країнах з постійним дефіцитом рідкого моторного палива, так і в країнах з достатніми ресурсами нафти.

На сьогоднішній день в системі ДК “Укртрансгаз” експлуатується 86 АГНКС, які розташовані по всій території України. Діючі АГНКС, загальною потужністю 33750 заправок за добу, можуть забезпечити газовим паливом 67 тисяч автомобілів, що дає змогу замінити 670 тис тон бензину в рік. Проте, через об’єктивні причини, більшість АГНКС мають набагато нижчий відсоток завантаження, відносно проектного рівня.

Це пов’язано з проблемою підтримання нормального технологічного процесу компримування газу через низький вхідний тиск, як наслідок низької платоспроможності споживачів газу і залежності газопостачання АГНКС від газопостачальних підприємств. Виникало питання доцільності будівництва АГНКС великої потужності, оскільки вони все одно не працюють при розрахунковій потужності. Проте досвід експлуатації показав, що є пікові навантаження на протязі доби, яких не забезпечують існуючі потужності через низький вхідний тиск газу.

В роботі розглядається і аналізується можливість реконструкції АГНКС. Вихідними даними є реальні данні експлуатації АГНКС. Приведено аналіз основних технологічних процесів компримування газу на АГНКС, зроблено розрахунки дожимного компресора, розглянуті питання техніки безпеки та охорони навколишнього середовища, зроблено висновки і рекомендації щодо реорганізації АГНКС.

Пропонується вирішення вищеназваної проблеми для АГНКС, шляхом модернізації, переобладнанням однієї з компресорних установок на дожимну.

Мета дипломної роботи – розробка технічних і технологічних пропозицій для підвищення продуктивності АГНКС в умовах зменшення тиску в магістралі газопостачання.

Об'єкт дослідження – технологічне обладнання АГНКС.

Предмет дослідження – дожимний компресор.

Метод дослідження – аналітичні та статичні дані. Обробка даних проведена з використанням математичної статистики та обчислювальної техніки.

Наукова новизна – комплекс запропонованих рішень з реконструкції автомобільної газонаповнювальної компресорної станції можна використовувати для реконструкції автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій в умовах зменшення тиску в магістралях на території України.

Практичне значення отриманих результатів – Реалізація результатів дипломної роботи дозволить розв'язати проблему роботи автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій в умовах зменшення тиску в магістралі.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ГАЗОНАПОВНЮВАЛЬНОЇ КОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ, ЯК ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Автомобільна газонаповнювальна компресорна станція (АГНКС) призначена для заправки автомобільного транспорту стиснутим природним газом під тиском 20 МПа. Використання природного газу як моторного палива є не тільки економічно вигідним, враховуючи паливно-енергетичну кризу, але й доцільним з міркувань збереження екології, оскільки у вихлопах відпрацьованих газів автомобілів, які працюють на природному газі міститься менше, або зовсім відсутні шкідливі речовини (менший вміст CH_x , CO_x , NO_x , відсутній тетраетилсвинець). Проте широкому впровадженню природного газу, як моторного палива заважає низка наступних факторів, а саме:

- відносно велика вага та висока вартість балонів для стиснутого газу та паливної апаратури;
- не достатньо розвинена мережа АГНКС;
- відсутність коштів для розвитку підгалузі.

Одним з головних факторів є великі вага та габарити і висока вартість газобалонної апаратури. Цей фактор є перешкодою впровадженню природного газу, як моторного палива серед фізичних осіб, власників автомобілів та юридичних осіб власників відносно невеликих автопарків. Тому основними клієнтами АГНКС є досить великі автопідприємства в основному з парком автобусів або вантажних автомобілів.

Існує декілька типів АГНКС, що експлуатуються на території України. До аналізу роботи в умовах зменшення тиску в газових мережах розглянуто АГНКС-250 з компресорними установками виробництва ВО «Борець» м. Москва. Виробнича потужність АГНКС-250 при середній заправці складає величину - 70 м^3 .

Розподілення завантаження АГНКС за добу складає:

- 1 зміна - 55 %;
- 2 зміна - 35 %;
- 3 зміна - 10 %.

Станція призначена для круглорічної роботи без повних зупинок на ремонт. Згідно з вимог [1] максимальний тиск газу, що подається на заправку, складає 19,62 МПа, температура не вище 40⁰С.

1.1. Аналіз типового генерального плану АГНКС

При виборі місця розташування АГНКС були враховані всі необхідні вимоги. Рельєф площадки помірний, з перепадом висот до 0,1 м. Станція побудована на глиноземному ґрунті. Ґрунтові води зустрічаються на глибинах 26...30 м і знаходяться в суглинках. Сезонний підйом ґрунтових вод не помічений.

Площадка знаходиться в зоні сейсмічної активності 4 бали.

Архітектурно-планувальні рішення площадки АГНКС включають в себе:

- зону основних виробничих будівель і споруд;
- зону заправки автомобілів;
- зону допоміжних споруд.

В зоні виробничих будівель і споруд розташовані виробничо-технологічний корпус і технологічні споруди. Виробничо-технологічний корпус (24x30 м) виконано блокуванням в одному об'ємі різних за висотою приміщень і прилягаючого до них навісу.

Будова одноповерхова, другої степені вогнетривкості.

Виробничо-технологічний корпус містить:

- компресорне відділення;
- блок допоміжних виробничих приміщень;
- навіс над газороздавальними постами.

Компресорне відділення розмірами в плані 12x30м і висотою від низу до несучої конструкції 5,4 м, каркас просторово-зв'язкового виконання.

Блок допоміжних виробничих приміщень розмірами в плані 12x30 м і висотою 3,3 м. Каркас металевий-рамний. Навіс над газороздавальними постами представлено у вигляді металевих рам прольотом 6м з кроком 5,5 м. Висота знизу до несучої конструкції 4,7 м.

У зоні заправки автомобілів встановлено 8 газороздавальних колонок. Місця заправки автомобілів розділені залізобетонними стінками-бар'єрами, які утворюють заправні бокси.

Рух автомобілів до заправних боксів і від них здійснюється за односторонньою схемою з урахуванням допустимих радіусів повороту транспортних засобів великого і малого габариту.

Влаштування доріг забезпечує можливість вільної евакуації транспортних засобів від заправних боксів без перетинання вантажопотоків. Для максимальної організації і забезпечення технологічних, експлуатаційних і протипожежних вимог на території АГНКС передбачена мережа внутрішньо-площадкових доріг шириною 3,5 м з під'їздами до споруд.

В зону допоміжних споруд входять протипожежні резервуари. Зона технологічних будівель і споруд відгороджена від зони заправки парканом з металевої сітки, висотою 1,5 м. Вертикальне планування площадки виконане з врахуванням мінімального об'єму земляних робіт. Відвід поверхневих вод організований по лотках проїзної частини з випуском в міську дощову каналізацію.

Вільна від споруд територія площадки підлягає благоустрою. Виконуються газони висіванням багатолітніх трав по шару завезеного чорнозему, використовуються зелені насадження у вигляді кущів і пірамідальних тополь.

1.2. Аналіз основного та допоміжного технологічне обладнання

Основним обладнанням АГНКС є компресорна установка (КУ) газу. Компресорна установка вибирається в залежності від продуктивності і кількості ступенів стискування.

Компресор відноситься до типу поршневих крейцкопфних машин, має опозитне розташування циліндрів. Компресор складається з бази і двох горизонтально розташованих циліндрів I-III ступенів, приводу компресора (двошвидкісний електродвигун, ротор якого насаджений на колінчастий вал компресора), блоку змащування та маслопроводів.

Вал має два кривошипа, призначених для установки шатунів, і обпирається на два роликотідшипника.

Шатун має кривошипну голівку зі зйомкою кришкою і нерозривну крейцкопфну голівку. Роз'ємні вкладиші кривошипної голівки мають антифрикційний шар з алюмінієвого сплаву, припустимий зазор 0,11...0,21мм, мах. - 0,3 мм). В крейцкопфну голівку запресовану бронзову втулку.

В циліндрах здійснюється процес стиснення газу. I і II ступені мають зрівнювальні порожнини (простір між поршнями I-III і II-IV ступенями), що з'єднуються з всмоктуванням I ступеня. Причому, зрівнювальна порожнина I ступеня з'єднується внутрішнім клапаном, а II ступеня - через зовнішню перепускную трубу з фланцем. Всмоктувальні циліндри III і IV ступенів мають комбіновані клапани.

Поршні укомплектовані поршневыми кільцями (I-III ступенів) з одним розрізом та IV ступеня з двох півкілець. Матеріал кілець - легований чавун з механічними властивостями і структурою згідно з ГОСТ 9515-81.

В ході реконструкції АГНКС пропонується переобладнання одного з компресорів змінними циліндрами, які будуть працювати паралельно в один ступінь стискування.

Переобладнана компресорна установка може працювати як дожимна і подавати газ на всмоктування до інших чотирьох КУ.

Установка осушки газу призначена для видалення з природного газу, стиснутого до 25,0 МПа, парів води адсорбційною осушкою. На АГНКС-250 "Борець" використовуються установка осушування газу типу БКУО-4.0/25 продуктивністю 0,74 кг/с при тиску 25,0 МПа.

Як адсорбент використовується цеоліт NaAl. Система акумуляції та зберігання стиснутого природного газу, необхідного для заправки автомобілів, складається з двох циліндричних акумуляторів типу ГСС 1-1-10-250У-001, встановлених в ґрунті за межами виробничо-технологічного корпусу та їх обв'язаних газопроводів.

Геометричний об'єм акумуляторів газу визначається, виходячи з забезпечення N заправок з акумулятора при вимкнених компресорах. При цьому тиск в акумуляторі буде падати від максимального 25 МПа до мінімального 21...22 МПа за проміжок часу, який дозволяє конструкція приводу компресора.

Для розрахунку оптимальної ємності акумулятора газу прийнято параметри в найбільш напружений режим роботи АГНКС: робочий день з 6⁰⁰ до 10⁰⁰ і регламентованому тиску на вході АГНКС, тобто без підключення дожимної КУ, а саме:

- кількість автомобілів, які надійшли на АГНКС на протязі $t_0=4$ год. $j=76$;
- тиск газу в балонах автомобіля до заправки $P_1=3.0$ [МПа];
- кінцевий тиск заправки $P_2=20,0$ [МПа];
- тиск в акумуляторі газу $P_a=25,0$ [МПа];
- температура газу в балонах до заправки $T_1=5$ °С (278К);
- температура газу в балонах після заправки $T_2=10$ °С (283К);
- температура газу в акумуляторі $T_a=10$ °С (283К);
- середній об'єм заправки $Q_3=70$ м³;
- геометричний об'єм акумулятора $V_{ак}=2 \times 9$ м³=18 м³;
- кількість працюючих компресорів $M_p=1$;
- кількість компресорів, що знаходяться в резерві $M_i=3$;
- продуктивність одного компресора $Q^M=900$ $\left[\frac{\text{м}^3}{\text{ГОД}} \right]$;

Перепад тиску знаходимо за формулою:

$$\Delta P = \left(\frac{P_2}{z_2} - \frac{P_1}{z_1} \right) \cdot \frac{z_0}{P_0}, \quad (1.1)$$

де z_0, P_0 - стандартні умови.

$$\text{Отже,} \quad \Delta P = \left(\frac{20}{0,548} - \frac{3}{0,891} \right) \cdot \frac{1}{0,101325} = 326,961.$$

Час збільшення тиску в акумуляторі, при роботі M_0 компресорів, до максимального значення P_a :

$$T_1 = \frac{V_{ак} \cdot \Delta P \cdot t_0}{Q^{M_p+M_i} - j \cdot Q_3} = \frac{18 \cdot 326,961 \cdot 4}{14400 - 76 \cdot 70} = 2,5 \text{ [ГОД]}. \quad (1.2)$$

Час падіння тиску в акумуляторі, при відключенні M_i компресорів, до значення P_1 :

$$T_2 = \frac{V_{ак} \cdot \Delta P \cdot t_0}{j \cdot Q_3 - Q^{M_p}} = \frac{18 \cdot 326,961 \cdot 4}{76 \cdot 70 - 3600} = 8,9 \text{ [ГОД]}. \quad (1.3)$$

Кількість запусків-зупинок резервного компресора за час $\tau=4$ год. розраховуємо за формулою:

$$L = \frac{M_i}{M_0} \cdot \frac{\tau}{T_1 + T_2} = \frac{3}{4} \cdot \frac{24}{2,5 + 8,9} = 1,57, \quad (1.4)$$

що набагато менше кількості запусків-зупинок компресора типу 2ГМ4-1,3/12-250, регламентованої заводом виготовлювачем ($L=5$ за годину).

Оптимальна ємність акумуляторів газу при даній загрузці станції обчислюється за формулою:

$$V_{ак} = \frac{M_i}{M_0} \cdot \frac{\tau}{L \cdot \Delta P \cdot t_0} \cdot \frac{(Q^{Mp+Mi} - j \cdot Q_{\text{з}}) \cdot (j \cdot Q_{\text{з}} - Q^{Mp})}{Q^{Mi}}, \quad (1.5)$$

$$V_{ак} = \frac{3}{4} \cdot \frac{24}{0,52 \cdot 326,961 \cdot 4} \cdot \frac{(14400 - 76 \cdot 70) \cdot (76 \cdot 70 - 3600)}{10800} = 16,47 \text{ [м}^3\text{]}$$

Також на АГНКС встановлено вхідний сепаратор, вологомасловідділювачі, повітряні холодильники, продувні ємності, реагувальні пристрої, запобіжні та зворотні клапани, запірні арматури з електричним та ручним приводом, газопроводи.

Для керування технологічним процесом компримування газу на АГНКС використовується система КВПіА, за допомогою якої контролюється кожний етап роботи АГНКС.

1.3. Аналіз технологічної схеми АГНКС-250

Згідно технологічної схеми, природний газ із зовнішніх мереж надходить на АГНКС під тиском 0,8...1,2 МПа, проходить замірний вузол, типу «Super Flou 2.1», первинний сепаратор ГС-1-2,5-600-ІІ, де очищується від механічних домішок, газовий сітчастий фільтр, де проходить більш тонка очистка, і поступає в компресорне відділення, в якому встановлено п'ять компресорних установок 2ГМ4-1-1,3/12-250.

В ході реконструкції пропонується одну з КУ переобладнати у дожимну, подаючи стиснений до 0,6 МПа газ на всмоктування до інших чотирьох. Охолодження компресорних установок, як циліндрів, та і газу між ступенями стискування, здійснюється антифризом (Тосол 40).

Поршневі компресори виконані із замкненим контуром охолоджувального антифризу, який після нагріву в газових холодильниках надходить в повітряні холодильники (АПО1 і АПО2). Охолоджений антифриз повертається у ємність, звідки насосом знову подається на охолодження циліндрів компресорів і газу.

Продувка вологомасловідокремлювачів (сепараторів) проводиться автоматично, за допомогою електропривідних регулюючих клапанів в загальну продувочну ємність.

Газ, стиснутий компресорними установками до 25 МПа при температурі 40⁰С, проходячи через вологомасловідділювачі, надходить в установку осушки газу типу БКУО-4,0/25, основними елементами якої є два адсорбери. Один з адсорберів знаходиться в режимі осушки газу, другий - в режимі регенерації. При підвищенні точки роси осушеного газу до -30⁰С (в результаті насичення адсорбенту вологою, цеоліт типу NaAl,) здійснюється переключення адсорберів.

Виведений з робочого циклу адсорбер піддається на регенерацію шляхом обробки його адсорбенту осушеним гарячим газом, який подається від електронагрівача, з подальшим охолодженням адсорбенту тим самим потоком газу після відключення електронагрівача.

Осушений і очищений в фільтрах від пилу адсорбенту, газ під тиском 25 МПа і температурою 40...45⁰С, подається в два акумулятора газу, типу ГСС-1-10-25У-001. Тиск в акумуляторах газу, які мають геометричний об'єм за $V = 9 \text{ м}^3$ кожний, регулюється за допомогою відповідного змінення кількості працюючих компресорних установок.

Газ з акумуляторів, через редукувальний пристрій, подається на газороздавальну колонку КГР-20 і потім по шлангу високого тиску, під тиском 20 МПа, на заправку автомобіля.

Висновки за розділом

1. Представлено аналіз типового генерального плану автомобільної газонаповнювальної компресорної станції для встановлення можливості її модернізації.

2. Описано основне та допоміжне технологічне обладнання АГНКС-250. В ході реконструкції АГНКС запропоновано переобладнання одного з компресорів змінними циліндрами, які будуть працювати паралельно в один ступінь стискування. Переобладнана компресорна установка може працювати як дожимна і подавати газ на всмоктування до інших чотирьох КУ.

3. Для розрахунку оптимальної ємності акумулятора газу прийнято параметри в найбільш напружений режим роботи АГНКС: робочий день з 6^{00} до 10^{00} і регламентованому тиску на вході, тобто без підключення дожимної КУ.

4. Описано технологічну схему АГНКС-250, згідно якої природний газ із зовнішніх мереж надходить на АГНКС під тиском 0,8...1,2 МПа, проходить замірний вузол, типу «Super Flou 2.1», первинний сепаратор ГС-1-2,5-600-ІІ, де очищується від механічних домішок, газовий сітчастий фільтр, де проходить більш тонка очистка, і поступає в компресорне відділення, в якому встановлено п'ять компресорних установок 2ГМ4-1-1,3/12-250.

5. В ході реконструкції пропонується одну з КУ переобладнати у дожимну, подаючи стиснений до 0,6 МПа газ на всмоктування до інших чотирьох.

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНА РОЗРОБКА ДОЖИМНОГО КОМПРЕСОРА

2.1. Визначення фізико-хімічних властивостей природного газу

Природний газ, який використовується як моторне паливо, являє собою суміш газів. Основним компонентом природного газу є метан. Також до складу газу входять етан, пропан, бутан, пентан, вуглекислий газ та азот. Склад природного газу Уренгойського родовища горизонту Валанжін (у % за об'ємом) такий:

метан (CH_4) - 92,5; етан (C_2H_6) - 2,0; пропан (C_3H_8) - 0,66; бутан (C_4H_{10}) - 0,5;
пентан (C_5H_{12}) - 0,15; вуглекислий газ (CO_2) - 0,33; азот (N_2) - 3,7.

Молекулярну масу суміші газів знаходимо за формулою

$$M_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n M_i \cdot Y_i; \quad (2.1)$$

де M_i - молекулярна маса i -ого компонента; Y_i - концентрація i -ого компонента у суміші.

$$M_{\text{сум}} = 16,04 \cdot 0,9250 + 30,07 \cdot 0,02 + 44,09 \cdot 0,0066 + 58,12 \cdot 0,005 + \\ + 72,15 \cdot 0,0015 + 44,01 \cdot 0,0033 + 28,02 \cdot 0,037 = 17,3119 \left[\frac{\text{КГ}}{\text{КМОЛЬ}} \right]$$

Густина газу:

$$\rho = \frac{M_{\text{сум}}}{22,4} = \frac{17,3119}{22,4} = 0,773 \left[\frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} \right], \quad (2.2)$$

де 22,4 - об'єм одного кіломолю газу.

Відносна густина газу до повітря:

$$\Delta = \frac{\rho}{1,293} = \frac{0,773}{1,293} = 0,598; \quad (2.3)$$

де 1,293 - густина повітря при нормальних умовах (тиск 101325 Па, температура 273 К).

Для визначення теплоємності газової суміші необхідно знати масові долі компонентів, які через об'ємні знаходяться за формулою:

$$g(i) = \frac{M_i \cdot Y_i}{M_{\text{сум}}}, \quad (2.4)$$

$$g(1) = \frac{16,04 \cdot 9250}{17,312} = 0,85715,$$

$$g(2) = \frac{30,07 \cdot 0,02}{17,312} = 0,03474,$$

$$g(3) = \frac{44,09 \cdot 0,0066}{17,312} = 0,01681,$$

$$g(5) = \frac{72,15 \cdot 0,0015}{17,312} = 0,00625,$$

$$g(4) = \frac{58,12 \cdot 0,005}{17,312} = 0,01679,$$

$$g(6) = \frac{44,01 \cdot 0,0033}{17,312} = 0,00839,$$

$$g(7) = \frac{28,02 \cdot 0,037}{17,312} = 0,05988.$$

Результати розрахунків зводимо до табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Склад природного газу

Компонент	Доля	
	об'ємні	масові
Метан	0,925	0,8571
Етан	0,02	0,0347
Пропан	0,0066	0,0168
Бутан	0,005	0,0168
Пентан	0,0015	0,0063
Вуглекислий газ	0,0033	0,0084
Азот	0,037	0,0599

Теплоємність суміші газів вираховується за формулою:

$$C_p = \sum g(i) \cdot C_p(i), \quad (2.5)$$

де $C_p(i)$ - теплоємність кожного компонента суміші.

$$C_p = 2,17 \cdot 0,8571 + 1065 \cdot 0,347 + 1,55 \cdot 0,0168 + 1,59 \cdot 0,168 + 1,59 \cdot 0,0063 + \\ + 0,81 \cdot 0,0084 + 1,04 \cdot 0,0599 = 2,0451 \left[\frac{\text{кДж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})} \right]$$

або
$$C_p = \frac{2,0451}{4,19} = 0,4881 \left[\frac{\text{ккал}}{(\text{кг} \cdot \text{К})} \right].$$

Теплота згоряння газу знаходиться за формулою:

$$Q = \sum q(i) \cdot Y(i), \quad (2.6)$$

де $q(i)$ - теплота згоряння кожного компонента суміші.

$$Q = 7980 \cdot 0,9250 + 14300 \cdot 0,02 + 20670 \cdot 0,0066 + 27290 \cdot 0,005 + 34400 \cdot 0,0015 = 7992 \text{ [кКал]}$$

або $Q_p = 7992 \cdot 4,19 = 33486,4 \left[\frac{\text{кКал}}{\text{м}^3} \right]$

Коефіцієнт динамічної в'язкості визначається за формулою:

$$\mu_{\text{сум}} = \frac{\sum \mu_i \cdot Y_i \cdot \sqrt{M_i}}{\sum Y_i \cdot \sqrt{M_i}}, \quad (2.7)$$

де μ_i – коефіцієнт динамічної в'язкості i -ого компонента.

$$\mu_{\text{сев}} = \left[\frac{10,3 \cdot 0,925 \cdot \sqrt{16,04} + 8,5 \cdot 0,02 \cdot \sqrt{30,07} + 7,95 \cdot 0,0066 \cdot \sqrt{44,09} + 8,1 \cdot 0,005 \cdot \sqrt{58,12}}{0,925 \cdot \sqrt{16,04} + 0,02 \cdot \sqrt{30,07} + 0,0066 \cdot \sqrt{44,09} + 0,005 \cdot \sqrt{58,12}} \right] \cdot 10^{-5} +$$

$$+ \left[\frac{8,74 \cdot 0,0015 \cdot \sqrt{72,15} + 13,7 \cdot 0,0033 \cdot \sqrt{44,01} + 17,0 \cdot 0,037 \cdot \sqrt{28,02}}{0,0015 \cdot \sqrt{72,15} + 0,0033 \cdot \sqrt{44,01} + 0,037 \cdot \sqrt{28,02}} \right] \cdot 10^{-5} = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ [Па} \cdot \text{с]}$$

або $\mu_{\text{сум}} = \frac{1,05 \cdot 10^{-5}}{9,81} = 1,074 \cdot 10^{-6} \left[\frac{\text{кг} \cdot \text{с}}{\text{м}^2} \right]$.

Критична температура знаходиться за формулою:

$$T_{\text{кр}} = \sum T_{\text{кр}}(i) \cdot Y(i), \quad (2.8)$$

де $T_{\text{кр}}(i)$ - критична температура i -ого компонента.

$$T_{\text{кр}} = 190,55 \cdot 0,925 + 305,43 \cdot 0,02 + 369,82 \cdot 0,0066 + 425,16 \cdot 0,005 +$$

$$+ 469,65 \cdot 0,0015 + 304,2 \cdot 0,0033 + 126,26 \cdot 0,037 = 193,31 \text{ [К]}$$

Критичний тиск суміші знаходиться за формулою:

$$P_{\text{кр}} = \sum P_{\text{кр}}(i) \cdot Y(i), \quad (2.9)$$

де $P_{\text{кр}}(i)$ - критичний тиск i -ого компонента.

$$P_{\text{кр}} = 4,6 \cdot 0,925 + 4,88 \cdot 0,02 + 4,25 \cdot 0,0066 + 3,8 \cdot 0,005 +$$

$$+ 3,37 \cdot 0,0015 + 7,38 \cdot 0,0033 + 3,4 \cdot 0,037 = 4,56 \text{ [МПа]}$$

або $P_{\text{кр}} = 4,5585 \cdot 9,81 = 44,7185 \left[\frac{\text{кг}}{\text{см}^2} \right]$.

Результати розрахунків фізичних властивостей природного газу Уренгойського родовища зводимо до табл. 2.2.

Результати розрахунків фізичних властивостей природного газу

Параметр	Чисельне значення
Молекулярна маса газу μ , $\frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$	17,312
Густина ρ , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	0,773
Відносна густина до повітря Δ	0,598
Теплоємність C_p , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	2,045 0,488
Коефіцієнт динамічної в'язкості η Па·с, $\frac{\text{кг} \cdot \text{с}}{\text{м}^2}$	$1,0538 \cdot 10^{-5}$ $1,0742 \cdot 10^{-6}$
Критичні параметри: тиск $P_{кр}$ МПа температура К	4,558 193,314
Теплота горіння Q_p , $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^3}$, $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	7992,0 33486,4

2.2. Переустаткування компресора 2ГМ4-1,3/12-250 у дожимний

В роботі передбачається переустаткування компресора 2ГМ4-1,3/12-250 у дожимний компресор шляхом заміни циліндрів 1, 2 і 4 ступеня стискування. При цьому на два циліндри газ подається із дотискуванням з 0,15...0,6 МПа до 1,2 МПа. У зв'язку з заміною циліндрів змінюється також обв'язка трубопроводів газу, охолоджувальної рідини, системи продувок.

На циліндрі I ступеня компресора залишається холодильник з масловідокремлювачем, встановленому на першому ступені стискання компресора 2ГМ4-1,3/12-250 і додаються буферні ємності БЕ-1 і БЕ-2.

На другому циліндрі встановлюються буферні ємності БЕ-1 і БЕ-2, а холодильники з масловідокремлювачами 2, 3 і 4 ступенів стиску компресора 2ГМ4-1,3/12-250 не підлягають заміні. Отже, необхідна часткова заміна трубопроводів газу й охолоджуючої рідини, сдувок і продувок компресора і подачі масла в дожимні циліндри.

З дожимного циліндра, встановленого на місці циліндра стиску I ступеня газ з трубопроводу надходить у його буферну ємність БЕ-2, а потім у холодильник-масловідокремлювач стиску Х-1.

Далі газ надходить по трубопроводу $d_y=80$ і з'єднується з трубопроводом від другого дожимного циліндра. З другого дожимного циліндра газ надходить у буферну ємність циліндра БЕ-2 і потім по трубопроводах у холодильники Х-2,

X-3 і X-4, з який газ надходить у масловідокремлювачи VM-2, VM-3 і VM-4 після масловідокремлювачей поєднуючи в один трубопровід $d_y=80$ з'єднується з трубопроводом від першого циліндра.

Із об'єднуючого трубопроводу газ направляється по трубопроводу $d_y=80$, на якому встановлюються зворотний клапан, ручна засувка і електроприводна засувка. Потім трубопровід підключається до колектора $d_y=80$, з якого газ направляється в буферний трубопровід $d_y=400$, відкілья надходить на вхід до робочих компресорних установок № 1, 2, 3 і 4 АГНКС, що дожимають газ до 25 МПа.

Усі системи дожимного компресора, енергозабезпечення, охолодження, маслозабезпечення, обдува електродвигунів залишаються без зміни. За схемою проекту АГНКС скидання продувок масловідокремлювачів здійснюється в колектор низького тиску і потім у ємкість E-2.

Для забезпечення безпеки від перевищення тиску в запобіжних клапанах, установлених на трубопроводах обох циліндрів необхідно замінити пружини з відкриттям на тиск 1,32 МПа.

2.3. Опис конструкції дожимного компресора

2.3.1. Технічна характеристика дожимного компресора

1. Тип компресора	одноступінчатий, опозитний, двоциліндровий, з циліндрами подвійної дії;	
2. Найменування	2ДГМ-5,4/1,5-12;	
3. Призначення	підвищення тиску в лінії всмоктування АГНКС до 0,6...1,2 МПа;	
4. Діаметр циліндра	$D = 165$ мм;	
5. Хід поршня	$S = 150$ мм;	
6. Частота обертання	$n = 370...740$ 1/хв;	
7. Тиск на вході	$P_v = 0,16...0,6$ МПа;	
8. Тиск нагнітання	$P_n = 0,6...1,2$ МПа;	
9. Температура:	на вході	$T_v = 268 ... 303$ °К;
	в кінці стиску	$T_c = 340... 413$ °К;
	після холодильника	$T_n = t_{op} + 10$ °С;

	охолоджуючої рідини	$t_{op} = 20... 35 \text{ } ^\circ\text{C};$
10. Об'ємна продуктивність		$V = 2,7...5,4 \text{ м}^3/\text{хв};$
11. Максимальна потужність		$N = 36...70 \text{ кВт};$
12. Витрата охолоджуючої рідини		$Q = 25 \text{ м}^3/\text{год.};$
13. Ступінь підвищення тиску при роботі:		
	з одним компресором 2ГМ4-1,3/12-250	4,5;
	з двома компресорами 2ГМ4-1,3/12-250	2,25;
14. Інші параметри компресора	відповідають технічній характеристиці компресора 2ГМ4-1,3/12-250 .	

Інші технічні характеристики та вимоги з монтажу установки, відповідають ТТ формуляра 2ГМ4-1,3/12-250.00.00.000ФО.

2.3.2. Конструкція дожимного компресора

Дожимний компресор включає базу 1 штатного компресора 2ГМ4-1,3/12-250, на який встановлені два циліндри 1 ступеня, які перероблені у циліндри подвійної дії 2ДГМ-01- 00СБ.

Циліндри подвійної дії включають штатні деталі і вузли компресора 2ГМ4-1,3/12-250: циліндр 1, сальник 2, шток 3, кріпильні деталі й ущільнювальні прокладки. У циліндрі встановлений поршень 4 подвійної дії з комплектом поршневих кілець I ступеня компресора 2ГМ4-1,3/12-250. Циліндри закриті клапанними коробками 5 із кришками 6, що утворюють зовнішню циліндрову порожнину. У клапанній коробці 5 і корпусі циліндра встановлені усмоктувальні 14 і нагнітальні 15 клапани I ступеня компресора 2ГМ4-1,3/12-250 зі змінним зусиллям пружини.

У клапанній коробці створені всмоктувальна "а" і нагнітаюча "б" порожнини. Порожнина "а" з'єднана каналом з усмоктувальною порожниною "в" у корпусі циліндра. До клапанної коробки приварений патрубок 7 для виходу газу з порожнини "б".

Клапанна коробка і кришка кріпляться до корпусу циліндра шпильками 8 і гайками 9. Між собою вони додатково стягнуті шпильками 10 і гайками 11, що ущільнюють перемичку між порожнинами "а" і "б".

Клапани кріпляться в клапанній коробці фланцями 16. Кріплення клапанів у корпусі циліндра звичайне, компресора 2ГМ4-1,3/12-250.

Стики клапанної коробки з корпусом циліндра і кришкою ущільнені прокладками 12 і 13. Товщиною і кількістю прокладок 12 можна регулювати осьовий зазор поршня з клапанною коробкою. Для підведення води в клапанній коробці виконано різьбовий отвір, з'єднаний каналами з водяною порожниною циліндра "г".

2.4. Система охолодження дожимного компресора

На виході з кожного циліндра ДК встановлені холодильники першого ступеня компресора 2ГМ4-1,3/12-250. Охолоджувальна рідина подається зі штатної системи охолодження АГНКС насосом у холодильники і з них у водяні порожнини циліндрів.

Після циліндрів охолоджувальна рідина надходить в агрегати повітряного охолодження і зливається в ємності. Температура газу на виході з холодильника регулюється вентилями, що змінюють витрату води.

Для оцінки ефективності холодильників прийняті наступні припущення.

Гідравлічний опір пульсуючого потоку в холодильнику визначається середньою швидкістю, обчисленою за величиною середньої швидкості поршня:

$$C_r = C_n \cdot F_n / f_{\text{патр.}}$$

Для циліндра подвійної дії C_r визначається витратою газу однієї порожнини, тому гідравлічний опір холодильника першого ступеня при роботі з одним циліндром ДК не зміниться. Теплопередача залежить від середньомасової швидкості газу в теплообміннику.

$$W = Gr / f_{\text{труб}} \cdot \rho = V / f_{\text{труб}}$$

З достатньою точністю можна вважати, що при зміні тільки параметрів газу, зміна тепловіддачі визначається зміною коефіцієнта теплопередачі від газу до стінок труб.

$$\text{Отже, } Q_1 = (C_{p1} T_1 - C_{p2} T_2) \cdot V_{\text{квд}} / V_B = (2,67 \cdot 410 - 2,5 \cdot 320) \cdot 1,3/60 \cdot 0,1224 = 53 \text{ кВт.}$$

Максимальна тепловіддача, необхідна для охолодження газу після одного циліндра ДК при $P_v = 0,3$ МПа; $P_n = 1,2$ МПа.

$$Q_2 = (C_p1T1 - C_p2 T2) \cdot V_{дк} / 2V_v = (2,54 \cdot 420 - 2,35 \cdot 320) \cdot 5,4 / (2 \cdot 60 \cdot 0,5) = 26 \text{ кВт.}$$

Відносна зміна тепловіддачі при зміні параметрів газу

$$Q = \alpha_1 / \alpha_2 = \lambda_1 / \lambda_2 \cdot V_2 \cdot v_2 \cdot \varepsilon_1 \cdot \eta_1 \cdot Pr^{0.43} = 0,0502 \cdot 2,7 \cdot 0,052 \cdot 3,2 \cdot 14,44 \cdot 0,721 = 1,98$$

Максимальна тепловіддача в холодильнику першого ступеня при параметрах газу ДК

$$Q' = Q1 / Q = 53 / 1,98 = 26,7 \text{ кВт.}$$

У такий спосіб два холодильники КВТ забезпечать охолодження газу після ДК.

2.5. Система охолодження компримованого газу

Через конструктивні особливості компресорної установки стиснутий газ необхідно охолоджувати після кожного ступеня стискування. Охолодження здійснюється водою. З цією метою на КУ типу 2ГМ4-1-1,3/12-250 встановлено холодильники газу.

На базовій моделі КУ після I ступеня стискування встановлено холодильник газу ХРД-2, після II, III і IV - ХРВ-3/15 типу «труба в трубі».

На переобладнаній КУ встановлюється холодильник газу ХРК 9/25 типу «труба в трубі».

Розрахуємо охолодження газу на переобладнаній КУ. Вихідними даними для розрахунку є основні характеристики холодильника газу і параметри газу і води:

Тиск газу на виході з КУ $P_z = 4 \left[\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} \right];$

Тиск охолоджуючої води $P_v = 3 \left[\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} \right];$

Температура газу на вході в холодильник $T_{z,вх} = 140 \text{ } ^\circ\text{C} [413 \text{ К}];$

Температура газу на виході з холодильника $T_{z,вих} = 40 \text{ } ^\circ\text{C} [313 \text{ К}];$

Температура води на вході в холодильник $T_{в,вх} = 20 \text{ } ^\circ\text{C} [293 \text{ К}];$

Температура води на виході з холодильника $T_{в,вих} = 80 \text{ } ^\circ\text{C} [353 \text{ К}];$

Довжина труб холодильника $\lambda = 25 \text{ м.};$

Поверхня теплообміну	$S = 9 \text{ м}^2$;
Діаметр внутрішньої труби	$d_{\text{вн}} = 0,114 \text{ м.}$
Діаметр зовнішньої труби	$d_{\text{зовн}} = 0,165 \text{ м.}$

Для того, щоб система охолодження компримованого газу працювала ефективно, кількість теплової енергії компримованого газу, $Q_{\text{газ}}$, повинна бути рівною кількості теплової енергії, яка відбирається охолоджуючою водою, $Q_{\text{вод}}$.

$$Q_{\text{газ}} = Q_{\text{вод}} \quad (2.10)$$

Запишемо рівняння теплового балансу (5.38) у вигляді:

$$M_{\text{газ}} \cdot C_{p\text{газ}} \cdot (T_{\text{г.вих}} - T_{\text{г.вх}}) = M_{\text{вод}} \cdot C_{p\text{вод}} \cdot (T_{\text{в.вих}} - T_{\text{в.вх}}), \quad (2.11)$$

де $M_{\text{газ}}$ - масова подача компресора, $M_{\text{газ}} = 0,125 \left[\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right]$.

$$\text{Отже, } M_{\text{вод}} = \frac{M_{\text{газ}} \cdot C_{p\text{газ}} \cdot (T_{\text{г.вих}} - T_{\text{г.вх}})}{C_{p\text{вод}} \cdot (T_{\text{в.вих}} - T_{\text{в.вх}})} = \frac{0,125 \cdot 2,045 \cdot (413 - 313)}{4,17 \cdot (353 - 293)} = 0,102 \left[\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right].$$

Середня різниця температур процесу теплообміну рахується по рівнянню Грасгофа:

$$\theta_m = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\ln \frac{\theta_1}{\theta_2}} \quad (2.12)$$

де $\theta_1 = T_{\text{г.вх}} - T_{\text{в.вих}} = 140 - 80 = 60 \text{ } [^{\circ}\text{C}]$ - початкова різниця температур;

$\theta_2 = T_{\text{г.вих}} - T_{\text{в.вх}} = 40 - 20 = 20 \text{ } [^{\circ}\text{C}]$ - кінцева різниця температур.

$$\text{Отже, } \theta_m = \frac{60 - 20}{\ln \frac{60}{20}} = 36,41 \text{ } [^{\circ}\text{C}].$$

Кількість тепла, що передається:

$$Q_{\text{тп}} = M_{\text{газ}} \cdot C_{p\text{газ}} \cdot (T_{\text{г.вх}} - T_{\text{г.вих}}) = 0,125 \cdot 2,045 \cdot (140 - 40) = 25,563 \text{ } [\text{кВт}].$$

Водяний еквівалент поверхні теплопередачі знаходимо по формулі:

$$KH = \frac{Q_{\text{тп}}}{\theta_m} = \frac{25,263}{36,41} = 0,702 \left[\frac{\text{кВт}}{^{\circ}\text{C}} \right].$$

Поверхня теплообміну S при вибраному значенні $K = 85,609 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}} \right]$

складає: $S = \frac{KH}{K} = \frac{702}{85,609} = 8,2 \text{ } [\text{м}^2].$

Для визначення затрат потужності на перекачку охолоджувальної води проведемо гідравлічний розрахунок холодильника газу.

Втрати напору в системі охолодження, які визначають необхідний напір насоса, визначається по формулі:

$$H = \lambda \cdot \frac{8 \cdot \ell \cdot M_{\text{вод}}^2}{d^5 \cdot \pi^2 \cdot g \cdot \rho^2}, \quad (2.13)$$

де λ - коефіцієнт гідравлічного опору трубопроводу;

ℓ - довжина труб системи охолодження;

d - діаметр труби, по якій протікає вода, приймаємо $d_{\text{екв}} = 0,051$ м;

ρ - густина води, $\rho = 995,7 \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$;

g - прискорення вільного падіння, $g = 9,8 \left[\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right]$.

$$\text{Отже,} \quad \lambda = 0,067 \cdot \left(\frac{158}{R_e} + \frac{2 \cdot k_e}{d_e} \right) \quad R_e = \frac{\omega \cdot d_e}{\nu} \quad \omega = \frac{M_{\text{вод}}}{\rho_{\text{вод}} \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_e^2}{4} \right)}.$$

2.6. Автоматизація дожимного компресора

Система регулювання роботи АГНКС з дожимним компресором повинна включати:

- штатну систему КВПіА АГНКС, що забезпечує контроль параметрів газу, формування сигналів керування;
- роботу вентиля перепуску газу з виходу на вхід у дожимний компресор при досягненні тиску більш 1,15 МПа;
- роботу кранів, що забезпечують переключення АГНКС на роботу з дожимним або компресором без нього;
- блок автоматичного керування, що забезпечує виконання алгоритму керування роботою АГНКС із дожимним компресором шляхом впливу на блоки штатної системи керування АГНКС і регулювальні органи дожимного компресора.

Висновки за розділом

1. На основі визначення фізико-хімічних властивостей природного газу запропоновано провести переустаткування компресора 2ГМ4-1,5/12-250 однієї компресорної установки з п'яти, що є в наявності, у дожимний компресор.

2. Виконано опис конструкції дожимного компресора, представлено його технічні характеристики.

3. Проведено розрахунок системи охолодження дожимного компресора. Поверхня теплообміну складає $8,2 \text{ м}^2$ при діаметрі труби, по якій протікає вода, $0,051 \text{ м}$.

4. Запропоновано встановити холодильник газу ХРК 9/25 типу «труба в трубі», замінивши холодильник газу ХРД-2 на базовій моделі.

5. Виконано опис системи автоматизації дожимного компресора.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ГАЗОНАПОВНЮВАЛЬНОЇ КОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ

3.1. Реконструкція обв'язки компресорних установок

Для зниження пульсації газу на вході до АГНКС у загальній технологічній схемі пропонується установка буферного трубопроводу $d_u=200$ довжиною 6,65 м на трубопроводі подачі газу до дожимного компресора (ДК). З цією метою необхідно змінити схему подачі газу.

Газ після буферного трубопроводу $d_u=200$ подається на вхід дожимного компресора по трубопроводу $d_u=100$, до фільтра і буферних ємкостей БЕ-1, з яких надходить в обидва циліндри.

Після стиснення в циліндрах компресора газ надходить по трубопроводу $d_u=80$ у буферний трубопровід $d_u=400$, встановлений на АГНКС. З буферного трубопроводу $d_u=400$ по трубах $d_u=100$ газ надходить на вхід компресорів № 1, 2, 3 та 4.

На виході з дожимного компресора на трубопроводі $d_u=80$ встановлюється вузол відключення компресора. При підвищенні тиску газу на вході АГНКС до 1,2 МПа передбачено байпас подачі газу на вхід до основних компресорних установок №№ 1, 2, 3 та 4 з буферного трубопроводу $d_u=200$ у буферний трубопровід $d_u=400$.

Від компресорів газ надходить на осушку, а потім на заправлення автотранспорту. На другому етапі передбачається переустаткування компресора № 4 на стискання газу з 0,15...0,6 МПа до 1,2 МПа. Дожимний компресор забезпечує роботу одного компресора 2ГМ4-1,3/12-250.

3.2. Технологічна схема АГНКС з дожимним компресор

Технологічна схема АГНКС з дожимним компресором включає:

- штатну лінію всмоктування, на якій встановлені: первинний газовий сепаратор 3, фільтр тонкого очищення 4, буферна ємкість;
- гасник пульсацій 5, витратомір 26;

- штатну лінію компримування, на якій встановлені компресорні установки 2, установка осушки газу 10, акумулятори стиснутого газу 11, газорозподільчі колонки 11;

- байпасну лінію, на якій встановлена ДК В1, що включають буферні ємності 6 і 7 на вході і виході з ДК, додаткові фільтри тонкого очищення 27 на вході в кожен циліндр ДК, теплообмінники 8, масловідокремлювачі 9, клапани 14 для автоматичного розвантаження компресора при пуску і зупинці, крани 25 КН3 для ручного розвантаження, зворотні клапани 16;

- систему продувки, що складається з: продувної ємності 19, клапанів 14 і вентилів 15 для автоматичної і ручної продувки;

- систему переключення режимів роботи АГНКС з ДК і без ДК, що включає крани КН1; КН2; КН4 (поз.22,23,24) і зворотний клапан 21;

- систему регулювання, що включає встановлений на байпасі регулювальний вентиль В 1 (поз.20) з електроприводом.

Технологічна схеми оснащена запобіжними клапанами; свічковими кранами; запірною арматурою, що забезпечує роботу і технічне обслуговування технологічного устаткування, і датчиками тиску 28 і температури 29. Усі системи АГНКС і устаткування, що забезпечують роботу КВД і ДК, звичайні.

3.2.1. Підготовка природного газу на АГНКС згідно технологічної схеми

Очищений у первинному газовому сепараторі 3 і фільтрі тонкого очищення 4 газ через заспокоювач пульсацій 5 надходить по байпасному трубопроводу в циліндри ДК1. Установлені на вході в циліндри буферні ємності 6 і додаткові фільтри 27 знижують пульсацію тиску газу на усмоктуванні і додатково очищають газ від механічних домішок.

Стиснутий у ДК газ роздільно з кожної порожнини циліндра надходить через буферну ємність 7 у водогазовий холодильник 8 і вологомасловідокремлювач 9. Охолоджений і очищений від масла газ надходить у лінію компримування. Стиснутий у КВТ газ проходить осушку в адсорбційній осушувальній установці 10, акумулюється в ємностях 11 і через розподільчі колонки 12 надходить споживачам.

Волога та масло з вологомасловідокремлювачів видаляються періодично в продувну ємність 19 автоматично через клапани 14 чи вручну через вентилі 16. З ємності 19 газ відводиться до лінії всмоктування, а дегазована рідина в збірну ємність. Охолодження газу в холодильниках і циліндрах ДК виробляється штатною системою охолодження АГНКС. Охолоджуюча рідина - вода або антифриз. Контроль за роботою ДК здійснюється штатною системою КВПіА. Регулювання тиску виробляється за рахунок кількості працюючих КВД.

Гранично припустимий тиск регулюється вентилем В1 за рахунок перепуску частини газу з виходу з ДК на вхід. Регулювання продуктивності АГНКС виробляється в залежності від тиску за рахунок зміни частоти обертання ДК і КВД.

Технологічна система забезпечує всі режими роботи АГНКС, а саме: пуск, роботу з одним чи двома ДК, роботу без ДК, планову зупинку ДК і КВД, аварійну зупинку.

3.2.2. Пуск та робота АГНКС.

Передпускова підготовка компресорів ДК і КВД і всіх систем АГНКС проводиться відповідно до інструкцій по експлуатації компресорів КВД і регламенту АГНКС.

Перед пуском ДК крани КН1, КН2, КН3 - відкриті. Кран КН4 – закритий. Після пуску ДК і виходу його на задану частоту обертання кран КН3 – закривається. Розвантаження компресора при пуску виробляється дистанційно клапанами 14 і вентилем В1. Пуск КВД виробляється після підвищення тиску більше 0,5 МПа. Не допускається одночасний пуск двох компресорів.

Регулювання продуктивності АГНКС в залежності від споживання стиснутого газу виробляється по тиску за рахунок східчастої зміни частоти обертання ДК і КВТ. При збільшенні тиску за 0,6 МПа АГНКС переходить на режим роботи без ДК. Кран КН4 відкритий, крани КН1, КН2 - закриті. ДК - зупинені.

При одночасній зміні частоти обертання ДК і КВТ при підвищенні частоти обертання спочатку переключається ДК, а потім КВТ. При зниженні частоти обертання спочатку переключається КВТ, а потім ДК.

3.2.3. Планова та аварійна зупинки.

Зупинка КВТ і ДК виробляється відповідно до регламенту АГНКС. Спочатку зупиняється КВД, а потім ДК. Розвантаження компресорів ДК здійснюється дистанційно клапанами 14 чи вручну краном КНЗ. Після зупинки крана КН1, КН2 закриті; кран КН4 - відкритий.

Аварійна зупинка ДК і КВТ виробляється штатною системою автоматики в ситуаціях відповідно до регламенту АГНКС. При аварійній зупинці кожного зі спільно працюючих компресорів зупиняються всі компресори.

Для попередження надмірного падіння тиску на вході в КВТ при аварійній зупинці ДК відкривається зворотний клапан 21 і тиск на вході в КВТ підтримується на рівні тиску на вході.

3.3. Реконструкція системи газопостачання АГНКС

Розглянемо газопровід-відвід від ГРП міської газової мережі «Київ-газ». Необхідна довжина - 895 м. Тиск газу в точці під'єднання газопроводу-відводу 0,8...1,2 МПа.

Мінімально допустимий тиск на вході АГНКС-250 складає 0,6 МПа. Максимальна добова продуктивність складає 86400 м³/доб.

Розрахуємо газопровід-відвід.

Знаходимо годинну витрату газу:

$$q_{\text{год}} = \frac{Q}{24} = \frac{86400}{24} = 3600 \quad , \quad \left[\frac{\text{м}^3}{\text{ГОД}} \right] \quad (3.1)$$

Знаходимо комплекс

$$A_{\text{сп}} = \frac{P_{\text{п}}^2 - P_{\text{к}}^2}{\ell} = \frac{(0,8 \cdot 10^6)^2 - (0,6 \cdot 10^6)^2}{0,895} = 3,128 \cdot 10^{11} \quad \left[\frac{\text{Па}^2}{\text{км}} \right] \quad (3.2)$$

За номограмою вибираємо діаметр газопроводу відводу D=400x4 мм.

Проведемо уточнювальний розрахунок газопроводу-відводу.

$$\text{Приймаємо:} \quad T_{\text{сп}} = T_0; \quad z_{\text{сп}} = z_n; \quad P_{\text{сп}} = \frac{P_{\text{п}} + P_{\text{к}}}{2} = \frac{0,6 + 0,8}{2} = 0,7 \quad [\text{МПа}].$$

Коефіцієнт стисливості газу:

$$z = 1 - 20,4 \cdot 10^6 \cdot \frac{P_{\text{сп}} \cdot \Delta^{1,5}}{T_{\text{сп}}^{3,5}} = 1 - 20,4 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,7 \cdot 0,598^{1,5}}{282^{3,5}} = 0,982 \quad (3.3)$$

Приведений об'єм газу:

$$Q_{\text{пр}} = q \cdot \frac{P_{\text{ст}}}{P} \cdot \frac{T \cdot z}{T_{\text{ст}}}, \quad (3.4)$$

де $P_{\text{ст}}, T_{\text{ст}}$ - стандартні умови (тиск $P_{\text{ст}} = 0,101 \text{ МПа}$, температура $T_{\text{ст}} = 293 \text{ К}$).

$$\text{Отже, } Q_{\text{пр}} = q \cdot \frac{P_{\text{ст}}}{P} \cdot \frac{T \cdot z}{T_{\text{ст}}} = \frac{86400}{24 \cdot 3600} \cdot \frac{0,101}{0,7} \cdot \frac{282 \cdot 0,982}{293} = 0,136 \left[\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right].$$

Швидкість газу в трубі:

$$W = \frac{4 \cdot Q_{\text{пр}}}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0,136}{3,14 \cdot 0,4^2} = 1,083 \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right]. \quad (3.5)$$

Газова стала:

$$R = \frac{R^*}{M} = \frac{8314}{17,312} = 480,245 \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right]. \quad (3.6)$$

Густина газу при умовах перекачки:

$$\rho = \frac{P}{z \cdot R \cdot T} = \frac{0,7 \cdot 10^6}{0,982 \cdot 480,245 \cdot 282} = 5,263 \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]. \quad (3.7)$$

Критерій Рейнольдса:

$$R_e = \frac{W \cdot d \cdot \rho}{\eta} = \frac{1,083 \cdot 0,4 \cdot 5,263}{1,0538 \cdot 10^{-5}} = 216353,34. \quad (3.8)$$

Коефіцієнт гідравлічного опору визначаємо за формулою:

$$\lambda = 0,067 \cdot \left(\frac{158}{R_e} + \frac{2 \cdot k_e}{d} \right)^{0,2}. \quad (3.9)$$

де k_e - еквівалентна шорсткість поверхні трубопроводу, $k_e = 0,03 \text{ мм}$.

$$\text{Отже, } \lambda = 0,067 \cdot \left(\frac{158}{R_e} + \frac{2 \cdot k_e}{d} \right)^{0,2} = 0,067 \cdot \left(\frac{158}{216353} + \frac{2 \cdot 0,03}{400} \right)^{0,2} = 0,0164.$$

Тиск на вході в АГНКС знаходимо за формулою

$$P_{\text{к}} = \sqrt{P_{\text{н}}^2 - \frac{\lambda \cdot \Delta \cdot T_{\text{сп}} \cdot \ell \cdot Q_{\text{пр}}^2}{(0,0384)^2 \cdot d^5}}. \quad (3.10)$$

$$\text{Отже, } P_{\text{к}} = \sqrt{(0,8 \cdot 10^6)^2 - \frac{0,0164 \cdot 0,598 \cdot 282 \cdot 0,895 \cdot 0,136^2}{\cdot 0,0384^2 \cdot 0,4^5}} = 0,78 \text{ [МПа]}.$$

Запас потужності газопроводу-відводу по газу складає

$$\delta P = \frac{P_{\text{к}} - P_{\text{вх}}}{P_{\text{вх}}} \cdot 100\% = \frac{0,78 - 0,6}{0,6} \cdot 100\% = 30\%. \quad (3.11)$$

Розрахуємо газопровід на міцність (визначимо товщину стінки).

Розрахункову товщину стінки можна визначити за формулою:

$$\delta = \frac{n \cdot P \cdot D_3}{2 \cdot (R_1 + n \cdot P)} \quad (3.12)$$

При наявності осьових поздовжніх напружень товщину стінки можна визначити за формулою:

$$\delta = \frac{n \cdot P \cdot D_3}{2 \cdot (R_1 \cdot \psi_1 + n \cdot P)}, \quad (3.13)$$

де n - коефіцієнт надійності, по навантаженню (внутрішньому тиску), приймається згідно табл.13 [3].

P - нормативний тиск в трубопроводі, МПа;

D_3 - зовнішній діаметр труби, мм.

Нормативні опори розтягуванню (стисканню) металу труб і зварних з'єднань $R_{1н}$ і $R_{2н}$ необхідно приймати рівними відповідно мінімальним значенням тимчасового опору і межі текучості.

$$R_1 = \frac{R_{1н} \cdot m}{k_1 \cdot k_n} - \text{розрахунковий опір розтягуванню (стискуванню)}. \quad (3.14)$$

$$R_2 = \frac{R_{2н} \cdot m}{k_2 \cdot k_n} - \text{розрахунковий опір розтягуванню (стискуванню)}. \quad (3.15)$$

де m - коефіцієнт умов роботи трубопроводу;

k_1, k_2 - коефіцієнт надійності по матеріалу;

k_n - коефіцієнт надійності по призначенню.

$$\text{Тоді: } R_1 = \frac{529,6 \cdot 0,9}{1,17 \cdot 1,42} = 286,89 \text{ [МПа]}, \quad R_2 = \frac{392,3 \cdot 0,9}{1,3 \cdot 1,42} = 191,26 \text{ [МПа]}.$$

Товщина стінки труби, в першому наближенні:

$$\delta = \frac{1,1 \cdot 1,2 \cdot 400}{2 \cdot (286,9 + 1,1 \cdot 1,2)} = 0,92 \text{ [мм]}.$$

Приймаємо стандартну товщину стінки в першому наближенні 4 мм.

Коефіцієнт, що враховує напружений стан труби по двох осях, знаходимо за формулою:

$$\psi_1 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{|\sigma_{\text{поз.п}}|}{R_1} \right)^2} - 0,5 \cdot \frac{|\sigma_{\text{поз.п}}|}{R_1}, \quad (3.16)$$

де $|\sigma_{\text{поз.п}}|$ - поздовжнє осьове стискаюче напруження, МПа, що визначається від розрахункових навантажень.

Для прямолінійних пружно зігнутих ділянок поздовжні напруження визначають за формулою:

$$\sigma_{\text{поз.п}} = -a \cdot E \cdot \Delta t + m \cdot \frac{n \cdot P \cdot D_{\text{вн}}}{2 \cdot \delta}, \quad (3.17)$$

$$\text{де } E = \frac{\frac{\sigma_i}{\varepsilon_i}}{1 + \frac{1 - 2 \cdot m_0 \cdot \frac{\sigma_i}{\varepsilon_i}}{3 \cdot E_0}}; \quad m = \frac{\frac{1}{2} - \frac{1 - 2 \cdot m_0 \cdot \frac{\sigma_i}{\varepsilon_i}}{3 \cdot E_0}}{1 + \frac{1 - 2 \cdot m_0 \cdot \frac{\sigma_i}{\varepsilon_i}}{3 \cdot E_0}};$$

a - коефіцієнт лінійного розширення труби, $\left[\frac{1}{\text{град}} \right]$;

E - модуль пружності (Юнга), [Мпа];

Δt - розрахунковий температурний коефіцієнт деформації сталі (коефіцієнт Пуасона) ;

$D_{\text{вн}}$ - внутрішній діаметр труби, [см];

σ_i - інтенсивність напружень: $\sigma_i = \sqrt{\sigma_{\text{кц}}^2 - \sigma_{\text{поз.п}} \cdot \sigma_{\text{кц}} + \sigma_{\text{поз.п}}^2}$

ε_i - інтенсивність деформації: $\varepsilon_i = \varepsilon - \frac{1 - 2 \cdot m_0}{3 \cdot E_0} \cdot \sigma_{\text{вр}}$

m_0 - коефіцієнт поперечної деформації в пружній області, рівний 0,25;

E_0 - модуль пружності, [МПа] $\varepsilon_i = 1,844 \cdot 10^{-3} - \frac{(1 - 2 \cdot 0,25) \cdot 529,6}{3 \cdot 2,128 \cdot 10^5} = 1,014 \cdot 10^{-3}$.

Кільцеві напруження від розрахункового тиску визначаються за формулою:

$$\sigma_{\text{кц}} = \frac{n \cdot P \cdot D_{\text{вн}}}{2 \cdot \delta} = \frac{1,1 \cdot 1,2 \cdot 392}{2 \cdot 4} = 64,68 \text{ [МПа]}. \quad (3.18)$$

Визначимо поздовжні напруження в першому наближенні

$$\sigma_{\text{поз.п}} = -1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,127 \cdot 10^5 \cdot 40 + 0,25 \cdot \frac{1,1 \cdot 1,2 \cdot 392}{2 \cdot 4} = -85,93 \text{ [МПа]}.$$

Тоді $\sigma_i = \sqrt{64,68^2 - (-85,93) \cdot 64,68 + (-85,93)^2} = 130,86 \text{ [МПа]}.$

Уточнюємо значення модуля пружності і коефіцієнта Пуасона:

$$E = \frac{\frac{130,86}{1,014 \cdot 10^{-3}}}{1 + \frac{1 - 2 \cdot 0,25}{3 \cdot 2,128 \cdot 10^5} \cdot \frac{130,86}{1,014 \cdot 10^{-3}}} = 11,72 \cdot 10^4 \text{ [МПа]}.$$

$$m = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{1 - 2 \cdot 0,25}{3 \cdot 2,128 \cdot 10^5} \cdot \frac{130,86}{1,014 \cdot 10^{-3}}}{1 + \frac{1 - 2 \cdot 0,25}{3 \cdot 2,128 \cdot 10^5} \cdot \frac{130,86}{1,014 \cdot 10^{-3}}} = 0,362.$$

Уточнюємо значення повздовжніх напружень:

$$\sigma_{\text{пов.п}} = -1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 11,72 \cdot 10^4 \cdot 40 + 0,362 \cdot \frac{1,1 \cdot 1,2 \cdot 392}{2 \cdot 4} = -35,17 \text{ [МПа]}.$$

Визначаємо коефіцієнт ψ_1 :

$$\psi_1 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{-35,17}{286,89}\right)^2} - 0,5 \cdot \frac{-35,17}{286,89} = 1,056.$$

Отже, стандартне значення товщини стінки газопроводу $\delta = 4$ мм. За товщину стінки газопроводу-відводу приймаємо найближче до стандартного.

Проводимо перерахунок товщини стінки:

$$\delta = \frac{1,1 \cdot 1,2 \cdot 400}{2 \cdot (286,9 \cdot 1,056 + 1,1 \cdot 1,2)} = 0,87 \text{ [мм]}.$$

За результатами розрахунків трубопроводу-відводу можна зробити висновок, що існуючий газопровід-відвод до АГНКС за пропускною здатністю має 30% запасу від існуючої потреби АГНКС.

3.4.осушка газу на АГНКС

До природного газу, як до моторного палива, ставляться високі вимоги щодо концентрації вологи в останньому. Згідно стандартів, концентрація парів води в компримованому природному газі має складати не більше 9 мг/м^3 . Для того щоб досягти цього значення, компримований газ на АГНКС осушують.

Для КУ «Борець» використовується установка осушування газу типу БКУО-4.0/26. Як адсорбент використовується цеоліт типу NaAl. Вологий природний газ, стиснутий до 25 МПа, при температурі 303...318К надходить до вологомасловідокремлювачів, де відбувається відокремлення крапельної вологи і масла. Далі газ поступає в адсорбер. На виході з адсорбера газ попадає у фільтр, де відбувається його очищення від пилу і адсорбента.

Потім, пройшовши зворотній клапан і регулятор тиску, газ надходить в акумулятор газу. Зворотній клапан і регулятор тиску встановлені для попередження зниження тиску газу в адсорберах нижче 15 МПа, оскільки при цьому можливе здрібніння цеоліту.

Процес осушка газу на АГНКС періодичної дії, тобто один адсорбер працює в режимі осушки, другий в режимі регенерації.

Частина осушеного газу, в кількості 200 м³/год [4], через фільтр, надходить в редуктор, де тиск газу понижується з 25 МПа до 3,2 МПа. Потім, проходячи через електродігрівач, де нагрівається до температури 593...613 К (320...340⁰С), надходить, у працюючий у режимі регенерації, адсорбер. Після адсорбера гарячий газ надходить в холодильник, а потім, охолоджений до 323 К, на всмоктування компресорних установок. Один цикл роботи установки осушки становить не менше 8 годин.

Для розрахунку часу відключення процесу осушування, як вихідні дані приймаємо:

- кількість газу, який необхідно осушити $Q=3600 \left[\frac{\text{м}^3}{\text{ГОД}} \right];$
- початкова концентрація вологи в газі $C_{\text{п}}=400 \left[\frac{\text{МГ}}{\text{М}^3} \right];$
- кінцева концентрація вологи в газі $C_{\text{к}}=9 \left[\frac{\text{МГ}}{\text{М}^3} \right]$
- період осушування газу (адсорбції) $\tau_{\text{адс}}=8 \text{ [ГОД];}$
- динамічна активність цеоліту по воді $a_{\text{д}}=0,06;$
- остаточна активність цеоліту $a_{\text{о}}=0,008;$
- тиск процесу адсорбції $P=25 \text{ [МПа].}$

Швидкість газу в адсорбері вираховується за формулою:

$$W = \frac{V}{F} = \frac{Q \cdot \frac{T}{T_0} \cdot \frac{P_0}{P} \cdot z}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}}, \quad (3.19)$$

де T - температура процесу адсорбції, $T=313 \text{ К};$

P - тиск в адсорбері, $P=25 \text{ [МПа];}$

T_0 і P_0 - значення температури і тиску при нормальних умовах;

z - коефіцієнт стисливості газу, при $P=25$ МПа і $T=313$ К, $z=0,726$;

d - внутрішній діаметр адсорбера, $d=0,433$ [м].

$$\text{Отже, } W = \frac{\frac{3600}{3600} \cdot \frac{313}{293} \cdot \frac{1}{25} \cdot 0,736}{\frac{\pi \cdot 0,433^2}{4}} = 0,217 \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right].$$

$$\text{Висота шару цеоліту: } H = \frac{G_{\text{адс}}}{m_{\text{а}} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}}, \quad (3.20)$$

де $m_{\text{а}}$ - насипна маса цеоліту, $m_{\text{а}}=620$ [кг].

$$\text{Отже, } H = \frac{216,55}{620 \cdot \frac{\pi \cdot 0,43^2}{4}} = 2,4 \text{ [м]}.$$

Час контакту газу з цеолітом, який для повноцінного процесу адсорбції повинен бути не менше 10 с, знаходимо за формулою:

$$\tau_{\text{к}} = \frac{H}{W} = \frac{2,4}{0,217} = 11,06 \text{ [с]}. \quad (3.21)$$

Розрахунок десорбції.

Витрати тепла на розігрів адсорбенту:

$$Q_{11} = G_{\text{адс}} \cdot C_{\text{а}} \cdot (T_{\text{ср}} - T_{\text{н}}), \quad (3.22)$$

де $C_{\text{а}}$ - теплоємність адсорбенту, для цеоліту типу NaAl Ca=0,795 $\left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right]$;

$T_{\text{ср}}$ - середня температура процесу десорбції, рахується як середнє арифметичне початкової температури газу і температури газу регенерації;

$$T_{\text{ср}} = \frac{T_{\text{п}} + T_{\text{к}}}{2} = \frac{593 + 313}{2} = 453 \text{ [К]},$$

$$Q_{11} = 216,55 \cdot 0,795 \cdot (453 - 313) = 24102,02 \text{ [кДж]}.$$

Витрата тепла на нагрів адсорбера:

$$Q_2 = G_{\text{м}} \cdot C_{\text{м}} \cdot (T_{\text{ср}} - T_{\text{п}}), \quad (3.23)$$

де $G_{\text{м}}$ - маса адсорбера, $G_{\text{м}}=540$ [кг];

$C_{\text{м}}$ - теплоємність металу адсорбера, $C_{\text{м}}=0,5 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right]$;

$$Q_2 = 540 \cdot 0,5 \cdot (453 - 313) = 37800 \text{ [Дж]} = 37,8 \text{ [кДж]}$$

Витрати тепла на розігрів теплоізоляції:

$$Q_3 = 0.2 \cdot Q_2 = 0.2 \cdot 37,8 = 1,56 \text{ [кДж]}. \quad (3.24)$$

Витрати тепла на нагрів води:

$$Q_4 = G_v \cdot C_v \cdot (T_{\text{кип}} - T_{\text{п}}), \quad (3.25)$$

де G_v - кількість вологи, що міститься в адсорбенті, величина якої визначається за формулою:

$$C_v - \text{теплоємність води, } C_v = 4,187 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right];$$

$T_{\text{кип}}$ - температура кипіння води при тиску газу регенерації, при тиску 25 МПа $T_{\text{кип}} = 374 \text{ К}$ [1].

$$\text{Отже: } G_{\text{вод}} = (a_d - a_0) \cdot G_{\text{адс}} = (0,06 - 0,008) \cdot 216,55 = 11,26 \text{ [кг]},$$

$$Q_4 = 11,26 \cdot 4,187 \cdot (374 - 313) = 2875,9 \text{ [Дж]} = 2,876 \text{ [кДж]}$$

Витрати тепла на випаровування води:

$$Q_5 = G_{\text{вод}} \cdot C_{\text{випар}}, \quad (3.26)$$

де $C_{\text{випар}}$ - прихована теплота випаровування, $C_{\text{випар}} = 2256,8 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right]$

$$Q_5 = 11,26 \cdot 2256,8 = 25411,568 \text{ [Дж]} = 25,412 \text{ [кДж]}$$

Втрати тепла:

$$Q_6 = 0.1 \cdot \sum_{i=1}^5 Q_i = 0.1 \cdot (24102,02 + 37,8 + 1,56 + 2,876 + 25,417) = 2416,97 \text{ [кДж]} \quad (3.27)$$

Кількість тепла, що надходить в адсорбер з газом регенерації повинна бути рівна витраті тепла на регенерацію.

Звідси можна визначити кількість газу регенерації:

$$V_r = \frac{\sum_{i=1}^6 Q_i}{\Delta \cdot C_p \cdot \rho_{\text{п}} (T_{\text{вх}} - T_{\text{вих}})}, \quad (3.28)$$

де Δ - відносна густина газу, $\Delta = 0,598$,

$$C_p - \text{теплоємність газу, } C_p = 2,045 \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right];$$

$T_{\text{вх}}, T_{\text{вих}}$ - температура газу на вході і виході з адсорбера;

$\rho_{\text{п}}$ - густина повітря.

$$V_r = \frac{24102,02 + 37,8 + 1,56 + 2,876 + 25,417 + 2416,97}{0,598 \cdot 2,045 \cdot 1,293 \cdot (593 - 473)} = 140,12 \text{ [м}^3\text{]}$$

3.4.1. Розрахунок охолодження адсорбера.

Температура адсорбента в кінці процесу охолодження становить 318 К.

Кількість теплоти, що відводиться від адсорбенту знаходимо за формулою:

$$Q_1 = G_{\text{адс}} \cdot C_{\text{адс}} \cdot (T_{\text{сп}} - T_{\text{ох}}). \quad (3.29)$$

$$Q_1 = 216,55 \cdot 0,795 \cdot (453 - 318) = 23241,22 \text{ [кДж]}.$$

Кількість теплоти, що відводиться від металоконструкції:

$$Q_2 = G_m \cdot C_m \cdot (T_{\text{сп}} - T_{\text{ох}}). \quad (3.30)$$

$$Q_2 = 540 \cdot 0,5 \cdot (453 - 318) = 36450 \text{ [Дж]} = 36,45 \text{ [кДж]}.$$

Теплові втрати при охолодженні:

$$Q_3 = 0,05 \cdot (Q_1 + Q_2). \quad (3.31)$$

$$Q_3 = 0,05 \cdot (23241,22 + 36,45) = 1163,88 \text{ [кДж]}.$$

Дана теплота повинна бути винесена холодним газом V_o , що надходить в адсорбер на охолодження. Звідси, об'єм газу, який повинен пройти через адсорбер для охолодження:

$$V_o = \frac{\sum_{i=1}^3 Q_i}{\Delta \cdot C_p \cdot \rho_{\text{п}} \cdot (T_{\text{сп}} - T_{\text{ох}})}. \quad (3.32)$$

$$V_o = \frac{23241,22 + 36,45 + 1163,88}{0,598 \cdot 2,045 \cdot 1,293(453 - 318)} = 114,5 \text{ [м}^3\text{]}.$$

Час, за який закінчується охолодження адсорбенту, визначається за формулою:

$$\tau_{\text{охолодж.}} = \frac{V_{\text{г}}}{V_o} = \frac{140,12}{114,5} = 1,22 \text{ [год]}. \quad (3.33)$$

За результатами розрахунку системи осушування газу можна зробити висновок, що система осушки газу АГНКС працює ефективно. Час контакту газу з цеолітом більше 10 сек. Осушений газ за вмістом відповідає вимогам ГОСТ 27577-87 «Газ природный сжатый для газобаллонных автомобилей».

Витрати газу на регенерацію складає 3,9% від осушеного газу, витрати газу в циклі охолодження, згідно технологічних міркувань, відповідає витратам газу в циклі регенерації.

3.5. Визначення ймовірних характеристик АГНКС

Основні параметри АГНКС залежать від принципу заправки автомобілів, яких можна визначити найменше два.

Заправка за принципом «першим прибув – першим і обслуговується»: автомобіль, що надходить, обслуговується негайно, якщо є вільна хоча б одна заправна колонка. Якщо в момент надходження автомобіля всі колонки зайняті і крім того є черга на обслуговування, то автомобіль, що надійшов, обслуговується в порядку черги.

Заправка шляхом формування груп автомобілів: групу автомобілів розподіляють по боксам АГНКС, під'єднують до колонок і потім всі автомобілі групи одночасно заправляють.

Нерегулярний характер надходження автомобілів на АГНКС дозволяє припустити, що першому способу треба надати перевагу. Але в окремих випадках відповідну увагу заслуговує і «груповий» спосіб заправки, який може бути реалізований в боксах для спареної заправки.

З метою оптимізації основних параметрів АГНКС розглянемо математичну модель стосовно до першого способу.

Припустимо, що на заправці одночасно знаходиться m автомобілів, тобто число колонок для заправки рівно m (резервну колонку не враховуємо). Якщо всі колонки зайняті, то автомобіль, що надійшов, очікує в черзі на заправку.

Коли на будь-якій колонці заправка закінчується, а в черзі є хоча б один автомобіль, то він відразу приймається на обслуговування. Якщо в момент надходження автомобіля вільні дві колонки, то вони вибираються з однаковою ймовірністю.

В цьому випадку ми маємо m – каналну систему масового обслуговування з очікуванням.

Стан системи описується числом автомобілів $N(t)$ які знаходяться на станції в момент часу t .

Якщо $N(t) \leq m$, то всі автомобілі заправляються, якщо $N(t) > m$, то m автомобілів заправляється, а $(N(t)-m)$ знаходяться в черзі.

Характер надходження автомобілів на АГНКС можна оцінити інтенсивністю надходження. Інтенсивність надходження автомобілів на АГНКС визначаються відношенням числа автомобілів, що надходять на АГНКС, як функції часу $N(t)$, до проміжку реєстру автомобілів τ_c .

$$\lambda = \frac{N(t)}{\tau_c} \left[\frac{1}{\times B} \right]. \quad (3.34)$$

Обслуговування автомобілів на станції оцінюється загальною інтенсивністю заправки. Загальна інтенсивність обслуговування визначається відношенням числа працюючих ГЗК на АГНКС m до тривалості заправки τ_g .

$$\mu = \frac{m}{\tau_g} \left[\frac{1}{\text{>}\%00} \right]. \quad (3.34)$$

Необхідно зауважити, що і число працюючих ГЗК і тривалість заправки змінюються протягом доби, тому інтенсивність обслуговування в різні моменти доби може істотно відрізнятись.

Відношення інтенсивності надходження автомобілів на АГНКС до загальної інтенсивності обслуговування називається коефіцієнтом завантаження

$$V = \frac{\lambda}{\mu}. \quad (3.35)$$

Можна припустити, що тривалість обслуговування автомобілів має експоненційний розподіл. Стан АГНКС в момент часу t визначається числом автомобілів, що на ній знаходяться.

Позначимо імовірність знаходження на АГНКС n автомобілів, як P_n .

$$P_n = \begin{cases} \frac{m^n \cdot V^n}{n!} \cdot P_0 & 0 < n \leq m \\ \frac{m^m \cdot V^m}{n!} \cdot P_0 & n > m \end{cases} \quad (3.36)$$

де
$$P_0 = \frac{1}{\frac{m^m \cdot V^m}{m! (1-V)} + \sum_{n=1}^{m-1} \frac{n^n \cdot V^n}{n!}}.$$

Таким чином, знаючи імовірності, можна визначити основні імовірності характеристики АГНКС.

Число зайнятих газозаправочних колонок або середнє число автомобілів, що заправляються: $\bar{j} = m \cdot V.$ (3.37)

Середня кількість вільних колонок: $\bar{l} = m - j$. (3.38)

Середнє число автомобілів в черзі на заправку:

$$\bar{\eta} = \frac{m^m \cdot V^{m+1}}{m! (1-V)^2} \cdot P_0. \quad (3.39)$$

Середнє число автомобілів, що знаходяться на АГНКС

$$\bar{n} = \bar{j} + \bar{\eta}. \quad (3.40)$$

Середній час очікування в черзі:

$$\bar{\omega} = \frac{m^m \cdot V^m}{m! (1-V)^2 \cdot \mu} \cdot P_0. \quad (3.41)$$

Середня тривалість перебування автомобіля на АГНКС:

$$\bar{U} = \bar{V} + \bar{\omega}. \quad (3.42)$$

За заданим характером зміни на протязі доби числа працюючих заправних колонок, числа автомобілів на АГНКС і часу заправки автомобіля для робочого, вихідного та святкового дня розраховуємо основні статистичні параметри АГНКС. Розрахунки проводились на ЕОМ за допомогою експлуатаційної програми statag.bas на АГНКС.

З практики експлуатації АГНКС, для відсутності черги на заправку з імовірністю, яка не перевищує одну вимогу на заправку, для m - канальної системи масового обслуговування з очікуванням, коефіцієнт завантаження АГНКС повинен бути не вище 0,76.

За результатами розрахунків та аналізу графічних залежностей можна зробити висновки, що коефіцієнт завантаження АГНКС в робочий день не перевищує 0,686, у вихідні - 0,524, у святковий день - 0,498. Це означає, що в години максимального завантаження АГНКС (робочий день з 6⁰⁰ до 13⁰⁰ та з 16⁰⁰ до 22⁰⁰) черги на заправку не буде.

3.6. Розрахунок об'єму заправки автомобіля

Для визначення витрати газу, в сучасній практиці, застосовуються такі методи: установка звужуючих пристроїв; застосування об'ємних витратомірів; випуск газу з мірної ємності. Застосування звужувальних пристроїв (діафрагм, сопел) вимагає для одержання результатів інтегрування показань, тому що ці прилади показують миттєве значення витрати.

Крім того, внаслідок суттєвої залежності значення миттєвої витрати від часу, коефіцієнти витрати пристрою можуть сильно відрізнятись протягом однієї заправки.

Об'ємні витратоміри, за принципом дії, вимірюють саме інтегральну кількість газу, тому їх застосування для АГНКС було б найбільш зручним. При встановленні такого витратоміру на лінії, де автоматично підтримується постійний тиск, можна відразу виміряти кількість заправленого газу.

В умовах АГНКС такі умови можна витримати лише на лінії подачі газу до регулятора тиску. Тому виконання такого приладу повинно враховувати тиск не менш 22 МПа. Ця обставина призводить до висновку, що гарантії виконання такого приладу мало переконливі.

В наш час в Україні і за кордоном знайшов застосування модифікований спосіб вимірювання витрати газу за допомогою мірної ємності, в якості якої використовується газобалонна установка автомобіля.

В процесі заправки газ знаходиться в трьох станах: на початку заправки в балонах автомобіля - 1, в акумуляторах газу - а і в кінці заправки - 2. Умовний стан 1а відповідає тиску на початку заправки і температурі газу в акумуляторі.

Аналогічно умовний стан 2а - тиску в кінці заправки і температурі в акумуляторі.

Вихідними даними для розрахунку об'єму заправки автомобіля є наступні:
Кількість балонів, які встановлені на автомобілі, $N=8$.

Для стану 1 маємо: $P_1 = 30 \left[\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} \right]$ (3 [МПа]), $T_1 = 5^{\circ}\text{C}$ (278К);

Для стану а маємо: $P_a = 250 \left[\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} \right]$, (25 [МПа]), $T_a = 10^{\circ}\text{C}$ (283К);

Для стану 2а маємо: $P_2 = 200 \left[\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} \right]$, (20 [МПа]), $T_2 = 10^{\circ}\text{C}$ (283К).

Коефіцієнт стисливості газу при тиску більше 8 МПа визначається за формулою

$$z = 1 - P \cdot \left[1 - 0,646 \cdot \frac{T}{100} + 0,108 \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^2 - P \cdot \left(0,0604 - 0,0411 \cdot \frac{T}{100} + 0,00707 \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right) \right]$$

де P – тиск в МПа ; T - температура в К.

Знайдемо коефіцієнт стисливості газу для стану 1, a і $2a$:

$$z_1 = 1 - 3 \cdot \left[1 - 0,646 \cdot \frac{278}{100} + 0,108 \cdot \left(\frac{278}{100} \right)^2 - 3 \cdot \left(0,0604 - 0,0411 \cdot \frac{278}{100} + 0,00707 \cdot \left(\frac{278}{100} \right)^2 \right) \right] = 0,891$$

$$z_a = 1 - 25 \cdot \left[1 - 0,646 \cdot \frac{283}{100} + 0,108 \cdot \left(\frac{283}{100} \right)^2 - 25 \cdot \left(0,0604 - 0,0411 \cdot \frac{283}{100} + 0,00707 \cdot \left(\frac{283}{100} \right)^2 \right) \right] = 0,524$$

$$z_{2a} = 1 - 20 \cdot \left[1 - 0,646 \cdot \frac{283}{100} + 0,108 \cdot \left(\frac{283}{100} \right)^2 - 20 \cdot \left(0,0604 - 0,0411 \cdot \frac{283}{100} + 0,00707 \cdot \left(\frac{283}{100} \right)^2 \right) \right] = 0,548$$

Далі необхідно визначити ентальпію газу при температурах початку заправки (T_1) і газу в акумуляторі (T_a) за формулою:

$$i^0 = 139,3 \cdot \frac{T}{100} + 15 \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^2 - 0,075 \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^3 + 55,18 \cdot \frac{100}{T} \quad (3.43)$$

$$i_1^0 = 139,3 \cdot \frac{278}{100} + 15 \cdot \left(\frac{278}{100} \right)^2 - 0,075 \cdot \left(\frac{278}{100} \right)^3 + 55,18 \cdot \frac{100}{278} = 521,481$$

$$i_a^0 = 139,3 \cdot \frac{283}{100} + 15 \cdot \left(\frac{283}{100} \right)^2 - 0,075 \cdot \left(\frac{283}{100} \right)^3 + 55,18 \cdot \frac{100}{283} = 532,151.$$

Оскільки $T_a = T_{2a}$, то $i_a^0 = i_{2a}^0$.

Для визначення значень ентальпії при умовах заправки, необхідно визначити поправку на вплив тиску при умовах початку заправки (1), в акумуляторі (a) і в кінці заправки ($2a$) за формулою:

$$\Delta i = 23,89 \cdot \frac{P \cdot \left[1 + 0,0974 \cdot P \cdot \left(1 - 0,36 \cdot \frac{T}{100} \right) \right]}{1 - 1,28 \cdot \frac{T}{100} + 0,269 \cdot P \cdot \left(1 - 0,239 \cdot \frac{T}{100} \right) - 0,02 \cdot P^2 \cdot \left(1 - 2,77 \cdot \frac{T}{100} \right)} \quad (3.44)$$

$$\Delta i_1 = 23,89 \cdot \frac{3 \cdot \left[1 + 0,0974 \cdot 3 \cdot \left(1 - 0,36 \cdot \frac{278}{100} \right) \right]}{1 - 1,28 \cdot \frac{278}{100} + 0,269 \cdot 3 \cdot \left(1 - 0,239 \cdot \frac{278}{100} \right) - 0,02 \cdot 3^2 \cdot \left(1 - 2,77 \cdot \frac{278}{100} \right)} = -66,254$$

$$\Delta i_a = 23,89 \cdot \frac{25 \cdot \left[1 + 0,0974 \cdot 25 \cdot \left(1 - 0,36 \cdot \frac{283}{100} \right) \right]}{1 - 1,28 \cdot \frac{283}{100} + 0,269 \cdot 25 \cdot \left(1 - 0,239 \cdot \frac{283}{100} \right) - 0,02 \cdot 25^2 \cdot \left(1 - 2,77 \cdot \frac{283}{100} \right)} = 6,701$$

$$\Delta i_{2a} = 23,89 \cdot \frac{20 \cdot \left[1 + 0,0974 \cdot 20 \cdot \left(1 - 0,36 \cdot \frac{283}{100} \right) \right]}{1 - 1,28 \cdot \frac{283}{100} + 0,269 \cdot 20 \cdot \left(1 - 0,239 \cdot \frac{283}{100} \right) - 0,02 \cdot 20^2 \cdot \left(1 - 2,77 \cdot \frac{283}{100} \right)} = 8,551$$

Далі, ввівши значення поправок в величину ентальпії, визначаємо значення ентальпії при умовах заправки:

$$i_1 = i_1^0 + \Delta i_1 = 521,481 - 66,254 = 455,227$$

$$i_a = i_a^0 + \Delta i_a = 532,151 + 6,701 = 525,45$$

$$i_{2a} = i_{2a}^0 + \Delta i_{2a} = 532,151 + 8,551 = 523,6$$

Теплоємність газу в акумуляторі визначаємо за формулою:

$$C_{pa} = (0,647 + 0,35 \cdot r) \cdot [(0,00344 - 0,00009 \cdot P_a) \cdot T_a + 0,011 \cdot P_a + 2,06], \quad \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right] \quad (3.45)$$

де r - вміст метану в газі (долі одиниці);

$$C_{pa} = (0,647 + 0,35 \cdot 0,8571) \cdot [(0,00344 - 0,00009 \cdot 25) \cdot 283 + 0,011 \cdot 25 + 2,06] = 2,598$$

Формула, за якою можна знайти поправку до теплоємності в кінці заправки має вигляд:

$$\Delta C_{P_{2a}} = \frac{0,305 \cdot P_{2a} \cdot (1 - 0,109 \cdot P_{2a})}{1 - 256 \cdot \frac{T_{2a}}{100} + 1,64 \cdot \left(\frac{T_{2a}}{100}\right)^2 + 0,538 \cdot \left[1 - 1,52 \cdot \frac{T_{2a}}{100} + 0,305 \cdot \left(\frac{T_{2a}}{100}\right)^2\right] \cdot P_{2a}^2 + 0,23 \cdot \left[1 + 0,404 \cdot \frac{T_{2a}}{100} - 1,27 \cdot \left(\frac{T_{2a}}{100}\right)^2\right] \cdot P_{2a}^2}$$

$$\Delta C_{P_{2a}} = \frac{0,305 \cdot 20 \cdot (1 - 0,109 \cdot 20)}{1 - 256 \cdot \frac{283}{100} + 1,64 \cdot \left(\frac{283}{100}\right)^2 + 0,538 \cdot \left[1 - 1,52 \cdot \frac{283}{100} + 0,305 \cdot \left(\frac{283}{100}\right)^2\right] \cdot 20^2 + 0,23 \cdot \left[1 + 0,404 \cdot \frac{283}{100} - 1,27 \cdot \left(\frac{283}{100}\right)^2\right] \cdot 20^2} = -0,00441$$

Теплоємність газу в кінці заправки знаходимо за формулою:

$$C_{P_{2a}} = C_{pa} + \Delta C_{P_{2a}} = 2,598 - 0,00441 = 2,59 \quad \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right]. \quad (3.46)$$

З рівняння газового стану визначимо густину газу при початкових умовах (1) і при тиску в кінці заправки та температурі в акумуляторі (2a)

$$\rho = \frac{\rho_0 \cdot P \cdot T_0}{P_0 \cdot T \cdot z}, \quad \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right] \quad (3.47)$$

де ρ_0, P_0, T_0 - параметри газу при стандартних умовах

$$\left(\rho_0 = 0,721 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, P_0 = 0,101325 \text{ МПа}, T_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C} (293\text{К}) \right);$$

$$\rho_1 = \frac{\rho_0 \cdot P_1 \cdot T_0}{P_0 \cdot T_1 \cdot z_1} = \frac{0,721 \cdot 3 \cdot 293}{0,101325 \cdot 278 \cdot 0,891} = 25,251.$$

$$\rho_{2a} = \frac{\rho_0 \cdot P_{2a} \cdot T_0}{P_0 \cdot T_{12a} \cdot z_{2a}} = \frac{0,721 \cdot 20 \cdot 293}{0,101325 \cdot 283 \cdot 0,548} = 268,874.$$

З рівняння газового стану знайдемо також поправочні коефіцієнти:

$$x = \frac{T_{2a}}{z_{2a}} \cdot \left(\frac{\partial z}{\partial T} \right)_2 = \frac{283}{0,548} \cdot 0,003 = 1,549 \quad (3.48)$$

де похідну $\left(\frac{\partial z}{\partial T} \right)_2$ при тиску 20 МПа усереднено приймають $0,003 \left[\frac{1}{\text{град}} \right]$.

$$\text{Отже,} \quad \delta_{1a} = \frac{i_1 - i_a}{C_{p2a} \cdot T_a} = \frac{455,227 - 525,45}{2,602 \cdot 283} = -0,095. \quad (3.49)$$

$$\delta_{2a} = \frac{i_{2a} - i_a}{C_{p2a} \cdot T_a} = \frac{523,6 - 525,45}{2,502 \cdot 283} = -0,00251,$$

$$\beta = \frac{\rho_1}{\rho_{2a}} = \frac{25,251}{268,874} = 0,094.$$

$$q = 0,55 \cdot \delta_{2a}^2 + 0,5 \cdot \delta_{1a} - 0,02 = 0,55 \cdot 0,00251^2 + 0,5 \cdot (-0,095) - 0,02 = -0,0675$$

Точне значення об'єму заправки:

$$V_3 = V_6 \cdot \frac{\rho_{2\delta}}{\rho_0} \left[1 - (1+x) \cdot (q - \delta_{2a}) - \beta \cdot (1 + (1+x) \cdot \delta_{1a}) \right], \quad (3.50)$$

де V_6 - об'єм газобалонної установки автомобіля.

При кількості балонів $N=8$ $V_6 = 0,4 \text{ м}^3$

$$V_3 = 0,4 \cdot \frac{268,874}{0,721} \left[1 - (1+1,549) \cdot ((-0,0675) - 0,00251) - 0,094 \cdot (1 + (1+1,549) \cdot (-0,095)) \right] = 84,785 \left[\text{м}^3 \right]$$

Знаючи об'єм газобалонної установки автомобіля V_6 , тиск на початку заправки P_1 , кінцевий тиск в балонах P_2 і температуру газу, можна знайти об'єм заправленого газу за допомогою номограми.

Вирахуваний, за допомогою номограми, об'єм заправленого газу складає $V_3 = 67 \text{ м}^3$. Для знаходження наближеного значення об'єму заправки скористаємось залежністю

$$V_3 = V_6 \cdot (P_2 - P_1 - \Delta P) \cdot 1,25, \quad (3.51)$$

де ΔP - приріст тиску за рахунок розігріву газу при заправці.

Ця величина визначається в залежності від початкового тиску. При значенні $P_1 = 3 \text{ МПа}$ $\Delta P = 2,0 \text{ МПа}$. $V_3 = 0,4 \cdot (20 - 30 - 20) \cdot 1,25 = 75 \left[\text{м}^3 \right]$.

Об'єм заправки без врахування ефекту розігріву визначається при допущенні $T_{2a} = T_a$ за формулою:

$$V_3 = V_0 \cdot \left(\frac{P_2}{z_2 \cdot T_2} - \frac{P_1}{z_1 \cdot T_1} \right) \cdot \frac{z_0 \cdot T_0}{P_0}, \quad (3.52)$$

де r_0, P_0, T_0 - параметри газу при нормальних умовах.

$$\text{Отже, } V_3 = 0,4 \cdot \left(\frac{25}{0,548 \cdot 283} - \frac{3}{0,891 \cdot 278} \right) \cdot \frac{1 \cdot 273}{0,101325} = 63,108 \text{ [м}^3\text{]}.$$

За результатами розрахунків об'єму заправки автомобіля можна зробити такі висновки:

- найбільш точне значення об'єму заправки можна вирахувати за допомогою формули (3.51), яка враховує ефект розігріву газу;

- при визначенні об'єму заправки без урахування ефекту розігріву (формула (3.52) значення занижене;

- при визначенні за номограмою значення об'єму заправки має найбільшу похибку;

- при знаходженні наближеного об'єму заправки (формула (3.51) значення наближене до фактичного.

3.7. Забезпечення безпеки технологічних процесів, монтажу та експлуатації обладнання

При розрахунку компримування газу в умовах АГНКС продуктивність приймається виходячи з умови необхідної кількості заправок за одиницю часу, причому, необхідно врахувати нерівномірність надходження автомобілів протягом доби.

Оскільки АГНКС найбільш завантажена в першу зміну (близько 80% добової кількості реалізованого газу), то розрахунок компримування будемо вести для цих умов:

$$Q = V_3 \cdot N(t)_{\max}, \quad (3.53)$$

де $N(t)_{\max}$ - кількість автомобілів, як функція часу.

З теорій масового обслуговування витікає, що при випадковому потоці вимог, для того щоб черга на обслуговування не перевищувала однієї вимоги з імовірністю 0,96, необхідно забезпечити завантаження системи більш ніж на 75%.

Число ступенів стискування приймається мінімальним, за умови обмеження температури газу на виході з ступені, і залежить від температури всмоктування і ступені стискування ступені.

Розрахунок компримування газу на АГНКС почнемо з розрахунку компримування в переобладнаному компресорі.

Необхідна кількість ступенів стискування дожимного компресора визначається за формулою відповідно до вимоги перепаду тиску газу на вході і на виході:

$$S = \frac{\ln \frac{P_k}{P_n}}{\ln \varepsilon_{гр}} = \frac{\ln \frac{0,4}{0,12}}{\ln 2,91} = 0,91 \quad , \quad (3.54)$$

де P_k - тиск газу на виході з дожимного компресора, $P_k=0,4$ МПа;

P_n - тиск газу на вході в АГНКС, $P_n=0,12$ МПа;

$\varepsilon_{гр}$ - граничний ступінь стискування. З конструктивних особливостей приймаємо $\varepsilon_{гр}=2,91$.

Приймаємо кількість ступенів стискування $S=1$.

Фактичний ступінь стискування знаходимо за формулою:

$$\varepsilon = \sqrt[S]{\frac{P_k}{P_n}} = \sqrt[1]{\frac{0,4}{0,12}} = 2,865 \quad . \quad (3.55)$$

Для визначення необхідної потужності компресора потрібно врахувати багатоступінчасте компримування.

Продуктивність поршневого компресора визначається за формулою:

$$Q_{д} = \lambda_g \cdot \lambda_t \cdot \lambda_p \cdot \lambda_0 \cdot V_h \cdot \frac{n}{60} \quad . \quad (3.56)$$

де λ_g - коефіцієнт герметичності, приймаємо $\lambda_g=0,977$;

λ_t - коефіцієнт впливу температури, приймаємо $\lambda_t=0,965$;

λ_p - коефіцієнт подачі, який знаходиться за формулою:

$$\lambda_p = \varphi \cdot \lambda_0 \quad . \quad (3.57)$$

$$\varphi = 1,01 - 0,022 \cdot \varepsilon = 1,01 - 0,022 \cdot 2,865 = 0,947$$

$$\lambda_0 - \text{об'ємний ККД.} \quad \lambda_0 = 1 - a \cdot \left[\frac{z_n}{z_k} \cdot \varepsilon^{\frac{1}{m}} - 1 \right] \quad (3.58)$$

де a - відносний шкідливий простір, рівний відношенню шкідливого простору до об'єму, який описує поршень, $a = 0,06$ [4];

m - показник політропи, приймаємо $m = 1,31$;

z_n, z_k - коефіцієнти стисливості при початкових і кінцевих умовах:

$$z = 1 - P \cdot \left[1 - 0,646 \cdot \frac{T}{100} + 0,108 \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^2 - P \cdot \left(0,0604 - 0,0411 \cdot \frac{T}{100} + 0,00707 \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right) \right]$$

$$z_n = 1 - 0,12 \cdot \left[1 - 0,646 \cdot \frac{413}{100} + 0,108 \cdot \left(\frac{413}{100} \right)^2 - 0,12 \cdot \left(0,0604 - 0,0411 \cdot \frac{413}{100} + 0,00707 \cdot \left(\frac{413}{100} \right)^2 \right) \right] = 0,979$$

$$z_k = 1 - 0,4 \cdot \left[1 - 0,646 \cdot \frac{282}{100} + 0,108 \cdot \left(\frac{282}{100} \right)^2 - 0,4 \cdot \left(0,0604 - 0,0411 \cdot \frac{282}{100} + 0,00707 \cdot \left(\frac{282}{100} \right)^2 \right) \right] = 0,956$$

де T температура газу на вході АГНКС ($T_n = 9^\circ\text{C}$) або на виході з КУ ($T_k = 140^\circ\text{C}$).

Для КУ маємо: $\lambda_0 = 1 - 0,06 \cdot \left[\frac{0,956}{0,979} \cdot 2,865^{\frac{1}{1,31}} - 1 \right] = 0,913$

$$\lambda_p = 0,947 \cdot 0,913 = 0,865$$

Об'єм, який описує один поршень V_{h1} знайдемо за формулою:

$$V_{h1} = h \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 150 \cdot \frac{\pi \cdot 250^2}{4} = 7363107,78 \text{ [мм}^3\text{]} = 7,36 \cdot 10^{-3} \text{ [м}^3\text{]} \quad (3.59)$$

Робочий об'єм, який генерує компресор, вираховуємо за формулою:

$$V_{h \text{ д}} = 2 \cdot V_{h1} = 2 \cdot 7,36 \cdot 10^{-3} = 14,726 \cdot 10^{-3} \text{ [м}^3\text{]} \quad (3.60)$$

Оберти валу компресора $n = 740 \left[\frac{1}{\text{хв}} \right]$

Підставляючи в формулу значення коефіцієнтів, знаходимо продуктивність дожимного компресора:

$$Q_{\text{д}} = 0,977 \cdot 0,965 \cdot 0,865 \cdot 0,913 \cdot 14,726 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{740}{60} = 0,135 \left[\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right]$$

Масова продуктивність дожимного компресора, при умовах всмоктування:

$$M_{\text{г д}} = \rho_n \cdot Q_{\text{д}} \quad (3.61)$$

де ρ_n - густина газу при початкових умовах.

$$\text{Отже, } \rho_{\pi} = \frac{\rho_0 \cdot P_{\pi} \cdot T_0}{P_0 \cdot T_{\pi} \cdot z_{\pi}} = \frac{0,721 \cdot 0,12 \cdot 293}{0,101325 \cdot 282 \cdot 0,956} = 0,928 \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right],$$

$$M_{\Gamma_{\pi}} = 0,928 \cdot 0,135 = 0,125 \left[\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right]$$

Потужність компримування газу дожимним компресором можна визначити за формулою:

$$N_{\kappa_{\text{д}}} = M_{\Gamma_{\text{д}}} \cdot C_p \cdot T \cdot \left(\varepsilon^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right) \quad (3.62)$$

де $M_{\Gamma_{\text{д}}}$ - масова продуктивність компресора;

C_p - теплоємність газу на вході в дожимний компресор;

T - температура газу на вході в дожимний компресор;

m - показник політропи.

$$\text{Отже, } N_{\kappa_{\text{д}}} = 0,125 \cdot 2,045 \cdot 282 \cdot \left(2,865^{\frac{1,31-1}{1,31}} - 1 \right) = 128,4 \text{ [кВт]}$$

Необхідна кількість ступенів стискування компресора 2ГМ 4-1,3/12-250 визначається за формулою:

$$S = \frac{\ln \frac{P_{\kappa}}{P_{\pi}}}{\ln \varepsilon_{\text{гр}}} = \frac{\ln \frac{25}{0,4}}{\ln 2,91} = 3,83 \quad (3.63)$$

де P_{κ} - тиск газу на виході з компресора, $P_{\kappa}=25$ МПа;

P_{π} - тиск газу на вході в компресор, $P_{\pi}=0,4$ МПа;

$\varepsilon_{\text{гр}}$ - граничний ступінь стискування

З конструктивних особливостей приймаємо $\varepsilon_{\text{гр}}=2,91$, а кількість ступенів стискування $S=4$.

Фактичний ступінь стискування знаходимо за формулою:

$$\varepsilon = \sqrt[S]{\frac{P_{\kappa}}{P_{\pi}}} = \sqrt[4]{\frac{25}{0,4}} = 2,81 \quad (3.64)$$

Для визначення необхідної потужності компресора потрібно врахувати багатоступінчасте компримування.

Продуктивність поршневого компресора визначається за формулою:

$$Q = \lambda_g \cdot \lambda_t \cdot \lambda_p \cdot \lambda_0 \cdot V_h \cdot \frac{n}{60} \quad (3.65)$$

де λ_g - коефіцієнт герметичності, приймаємо $\lambda_g = 0,977$;

λ_t - коефіцієнт впливу температури, приймаємо $\lambda_t = 0,965$;

λ_p - коефіцієнт подачі, який знаходиться за формулою:

$$\lambda_p = \varphi \cdot \lambda_0 \quad (3.66)$$

$$\varphi = 1,01 - 0,022 \cdot \varepsilon = 1,01 - 0,022 \cdot 2,81 = 0,948$$

$$\lambda_0 - \text{об'ємний ККД} \quad \lambda_0 = 1 - a \cdot \left[\frac{z_{\text{н}}}{z_{\text{к}}} \cdot \varepsilon^m - 1 \right], \quad (3.67)$$

де a - відносний шкідливий простір, рівний відношенню шкідливого простору до об'єму, який описує поршень, $a = 0,06$ [4];

m - показник політропи, приймаємо $m = 1,31$;

$z_{\text{н}}, z_{\text{к}}$ - коефіцієнти стисливості при початкових і кінцевих умовах:

$$z = 1 - P \cdot \left[1 - 0,646 \cdot \frac{T}{100} + 0,108 \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^2 - P \cdot \left(0,0604 - 0,0411 \cdot \frac{T}{100} + 0,00707 \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right) \right]$$

$$z_{\text{г}} = 1 - 0,4 \cdot \left[1 - 0,646 \cdot \frac{303}{100} + 0,108 \cdot \left(\frac{303}{100} \right)^2 - 0,4 \cdot \left(0,0604 - 0,0411 \cdot \frac{303}{100} + 0,00707 \cdot \left(\frac{303}{100} \right)^2 \right) \right] = 0,986$$

$$z_{\text{к}} = 1 - 25 \cdot \left[1 - 0,646 \cdot \frac{393}{100} + 0,108 \cdot \left(\frac{393}{100} \right)^2 - 25 \cdot \left(0,0604 - 0,0411 \cdot \frac{393}{100} + 0,00707 \cdot \left(\frac{393}{100} \right)^2 \right) \right] = 0,736$$

Для першого ступеня маємо:

$$\lambda_0 = 1 - 0,06 \cdot \left[\frac{0,986}{0,998} \cdot 2,81^{1,31} - 1 \right] = 0,869 \quad \lambda_p = 0,948 \cdot 0,869 = 0,824$$

Об'єм, який описує поршень V_h знайдемо за формулою:

$$V_h = h \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 150 \cdot \frac{\pi \cdot 160^2}{4} = 3016246 \text{ [мм}^3\text{]} = 3,016 \cdot 10^{-3} \text{ [м}^3\text{]}$$

$$\text{Оберти валу компресора} \quad n = 740 \left[\frac{1}{\text{хв}} \right]$$

Підставляючи в формулу значення коефіцієнтів, знаходимо продуктивність компресора:

$$Q = 0,977 \cdot 0,965 \cdot 0,824 \cdot 0,869 \cdot 3,016 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{740}{60} = 0,0259 \left[\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right].$$

Масова продуктивність компресора, при умовах всмоктування:

$$M_{\text{н}} = \rho_{\text{н}} \cdot Q. \quad (3.68)$$

де ρ_n - густина газу при початкових умовах.

$$\rho_n = \frac{\rho_0 \cdot P_n \cdot T_0}{P_0 \cdot T_n \cdot z_n} = \frac{0.721 \cdot 0.4 \cdot 293}{0.101325 \cdot 303 \cdot 0.986} = 3,008 \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right],$$

$$M_{\Gamma_n} = 3,008 \cdot 0,0259 = 0,078 \left[\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right]$$

Потужність багатоступінчастого компримування можна визначити за

формулою
$$N_k = M_{\Gamma_n} \cdot \sum_{i=1}^s C_{p_i} \cdot T_i \left(\varepsilon^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right) \quad (3.69)$$

де M_{Γ_n} - масова продуктивність компресора;
 C_{p_i} - теплоємність газу на вході в i -й ступінь;
 T_i - температура газу на вході в i -й ступінь.
 m - показник політропи.

Оскільки параметри газу на вході в кожний ступінь, з конструктивних особливостей, є однаковими, маємо:

$$N_k = 0,078 \cdot \left[2,045 \cdot 303 \cdot \left(2,81^{\frac{1,31-1}{1,31}} - 1 \right) + \sum_{i=1}^4 2,045 \cdot 313 \cdot \left(2,81^{\frac{1,31-1}{1,31}} - 1 \right) \right] = 108,6 \text{ [кВт]}$$

За результатами розрахунків можна зробити висновок, що переобладнаний компресор при продуктивності $Q_d = 0,135 \text{ м}^3/\text{с}$ здатний забезпечить інші чотири компресори з продуктивністю $Q_d = 0,0259 \text{ м}^3/\text{с}$ газом, що буде подаватися під тиском $P = 0,4 \text{ МПа}$.

Оскільки споживана потужність, як переобладнаного компресора ($N_{k_d} = 128,4 \text{ кВт}$), так і базового компресора ($N_e = 108,6 \text{ кВт}$), менша потужності електродвигуна ($N_{дв} = 132 \text{ кВт}$), зробимо висновок, що електродвигун компресорної установки буде працювати в нормальному режимі.

3.8. Система регулювання АГНКС

Система регулювання АГНКС із ДК повинна забезпечити:

- стабільний тиск на вході в КВД $P_n = 0,6 \dots 1,2 \text{ МПа}$ при зміні тиску на вході в АГНКС $P_b = 0,16 \dots 0,6 \text{ МПа}$;
- узгодження продуктивності компресорних установок зі споживанням стиснутого газу на заправлення автомобілів.

Основні технічні вимоги до системи регулювання:

- економічна ефективність регулювання;

- здійснення регулювання з мінімальною кількістю пусків-зупинок компресорів;
- стійкість роботи АГНКС на перехідних режимах;
- можливість роботи АГНКС у режимах ручного й автоматичного керування;
- максимальне використання устаткування штатної системи КВПіА.

Система регулювання передбачає регулювання P_n і продуктивності АГНКС із ДК шляхом комбінації числа і частоти обертання ДК і КВТ разом із перепуском частини газу з виходу на вхід у ДК через електроприводний вентиль В1. Така комбінована система економічно ефективна, оскільки витрати енергії на стискування газу, що перепускається, у ДК відносно невеликі, компресори КВТ працюють у режимі максимальної потужності, регулювання продуктивності здійснюється з мінімальною кількістю пусків-зупинок компресорів, тільки шляхом зміни частоти їх обертання.

Система регулювання включає:

- штатну систему КВПіА АГНКС, що забезпечує контроль параметрів газу, формування сигналів керування, керування регулюючими пристроями;
- вентиль В1, що забезпечує перепуск газу з виходу на вхід у ДК при $P_n > 1,15 \text{ МПа}$;
- крани КН1, КН2 і КН4, що забезпечують переключення АГНКС на роботу з одним, двома ДК чи без ДК;
- блок автоматичного керування (БАК), що забезпечує виконання алгоритму керування роботою АГНКС із ДК шляхом впливу на блоки штатної системи керування АГНКС і регулювальні органи дожимної компресорної установки.

На вході і виході з ДК і на акумуляторах стиснутого газу встановлені манометри з електричним аналоговим сигналом величини P_v , P_n і P_k . Від манометрів сигнали надходять у БАУ на ряд компараторів, побудованих на спрацьовування відповідно до алгоритму керування.

Для забезпечення усталеної роботи АГНКС на перехідних режимах компаратори мають регульовану широту гістерезису.

Сигнали з компараторів надходять у систему керування БАК, що виконують логічні операції відповідно до алгоритму керування.

Із СК БАК сигнали через вихідні пристрої надходять у систему автоматичного керування АГНКС, що дає команди на щити керування електродвигунами компресорів ДК і КВТ чи вентиля В 1. При необхідності керування АГНКС можна переключити на пульт ручного керування.

Необхідність дистанційного керування й автоматизації керування кранами КН1; КН2; КН3 визначається в процесі нагромадження досвіду експлуатації АГНКС із ДК.

Керування роботою АГНКС при зміні тиску P_n :

- при $P_n < 1,15$ МПа вентиль В1 закритий;
- при підвищенні $P_u > 1,15$ МПа вентиль В1 відкривається;
- при зниженні $P_u < 1,1$ МПа вентиль В1 закривається.

Керування продуктивністю АГНКС при зміні тиску P_k :

- пуск АГНКС виробляється при $P_k < 21$ МПа. Компресори працюють з частотою обертання 740 об/хв;
- при підвищенні $P_k > 24$ МПа компресори переключаються на 370 об/хв;
- при зниженні $P_k < 21$ МПа компресори переключаються на 740 об/хв;
- при підвищенні $P_k = 25$ МПа компресори виключаються.

Блок автоматичного керування.

БАК - складова частина системи регулювання АГНКС.

БАК призначений для створення команд керування виконавчими механізмами системи регулювання по сигналах датчиків тиску відповідно до алгоритму керування АГНКС.

Основні технічні вимоги до БАК:

- БАК монтується в окремій шафі, встановлюваній у приміщенні КВПіА;
- Електроживлення БАК здійснюється від штатних джерел змінного і постійного струму АГНКС;
- БАК має регулятори рівня сигналів, що характеризують режими роботи АГНКС;

- При аварійних зупинках одного з працюючих компресорів БАК зупиняє всі компресори;

- Не допускається одночасний пуск, чи зупинка переключення частоти обертання компресорів, при пуску або збільшенні частоти обертання першим виконує команду ДК. При зупинці чи зниженні частоти обертання першим виконує команду КВД.

- БАК не повинний реагувати на коливання тиску в перехідних процесах.

- Порядковий номер працюючого компресора встановлює оператор, при виконанні алгоритму керування БАК зберігає цю нумерацію.

- БАК відключається і передає керування роботою САУ АГНКС по сигналах захисту в аварійних ситуаціях.

Технічні вимоги до БАК та алгоритм керування АГНКС і ДК уточнюються в процесі експлуатації.

Отримання динамічних характеристик устаткування реальної технологічної системи АГНКС БАК забезпечують:

- регулятори рівня сигналів - P_v , P_n , P_k ;

- логічний пристрій, що формує команди керування відповідно до алгоритму керування;

- вихідні пристрої, що передають команди керування на щити керування електродвигунів компресорів і вентиля В 1.

Висновки за розділом

1. Досліджено напрями можливої реконструкції обв'язки компресорних установок та технологічна схема АГНКС з дожимним компресором. Для зниження пульсації газу на вході до АГНКС у загальній технологічній схемі пропонується установка буферного трубопроводу $d_u=200$ довжиною 6,65 м на трубопроводі подачі газу до дожимного компресора (ДК). З цією метою необхідно змінити схему подачі газу.

2. Проаналізовано шляхи реконструкції системи газопостачання АГНКС. За результатами розрахунків трубопроводу-відводу можна зробити висновок, що існуючий газопровід-відвод до АГНКС за пропускною здатністю має 30% запасу від існуючої потреби АГНКС.

3. Розглянута система осушки газу на АГНКС. За результатами розрахунку системи осушування газу зроблено висновок, що система осушки газу АГНКС працює ефективно. Час контакту газу з цеолітом більше 10 сек. Осушений газ за вмістом відповідає вимогам ГОСТ 27577-87 «Газ природный сжатый для газобаллонных автомобилей».

4. Виконано розрахунок охолодження адсорбера. Витрати газу на регенерацію складає 3,9% від осушеного газу, витрати газу в циклі охолодження, згідно технологічних міркувань, відповідає витратам газу в циклі регенерації.

5. Визначено ймовірні характеристики АГНКС. Коефіцієнт завантаженості АГНКС в робочий день не перевищує 0,7, у вихідні - 0,5, у святкові дні - 0,5. Отже, в години максимального завантаження АГНКС (робочий день з 6⁰⁰ до 13⁰⁰ та з 16⁰⁰ до 22⁰⁰) черги на заправку не буде.

6. Проведено розрахунок об'єму заправки автомобіля. Заміна електроприводу компресорної установки не потрібна. Об'єм заправленого газу складає 67 м³.

7. Представлено шляхи забезпечення безпеки технологічних процесів, монтажу та експлуатації обладнання АГНКС.

8. Розглянуто систему регулювання АГНКС при аварійній зупинці.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона навколишнього середовища – це сукупність науково-обґрунтованих конструктивних, технологічних, соціально-екологічних та правових рішень та заходів, спрямованих на зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, відновлення та раціональне використання природних ресурсів у процесі споруди та подальшої експлуатації об'єктів мережі заправних станцій.

Виробничий процес на об'єктах виробничого управління потребує проведення спеціальних природоохоронних заходів, так як в час експлуатації утворюються тверді та рідкі відходи, які забруднюють навколишнє середовище.

В атмосферу викидається велика кількість забруднювачів, зокрема викиди природного газу та продуктів його згоряння, а під час роботи АГНКС утворюються значні об'єми господарсько-побутових стоків.

В екологічному відношенні підприємство має ряд особливостей:

- від спалювання природного газу на свічці в атмосферу викидаються продукти згоряння;
- при продувках технологічного обладнання є викиди природного газу;
- в нейтральний період утворюються виробничі стоки від промивок технологічного обладнання;
- при проведенні капітальних ремонтів обладнання можливе забруднення верхнього шару землі.

4.1. Вплив на атмосферне повітря

Відповідно з технологічними процесами, які здійснюються на АГНКС, основними шкідливими речовинами, які надходять в атмосферу при експлуатації, є природний газ і продукти його згоряння (оксиди азоту, оксид вуглецю). Викиди природного газу в атмосферу на компресорній станції за їх дією в часі відносяться до організованих залпових, але не тривалих викидів. Основними джерелами викидів є свічки. Постійні викиди природного газу на об'єктах виключені.

Організовані викиди природного газу в атмосферу у відповідності зі штатними технологічними процесами виникають при:

- зупинці технологічних агрегатів для планових оглядів та ремонтів;
- обслуговування установок осушення газу;

Непередбачені ситуації, при яких сполучаються в часі операції з викидами природного газу, такі як:

- аварійна (вимушена) зупинка компресорів (наприклад, при аварії мережі електропостачання);

- аварійна зупинка компресорного цеху (із зупинкою всіх агрегатів і стравлюванні газу з технологічних комунікацій) у разі пожежі, стихійного лиха.

Всі планові операції при яких здійснюються залпові викиди природного газу, одночасно не виконуються. Обсяг і час дії залпового викиду з кожного джерела однаковий як в планових, так і позапланових ситуаціях і становить десятки секунд.

Аварійні зупинки АГНКС (із зупинкою всіх агрегатів, а також зі стравлюванням газу з технологічних комунікацій) відносять до подій з малою ймовірністю реалізації.

Джерела викидів забруднюючих речовин ділять на організовані та неорганізовані.

Неорганізовані джерела: вихлопні труби автомобільного транспорту, витоки газу через сальникові ущільнення і фланцеві з'єднання газопроводів та іншого обладнання.

Під час експлуатації компресорної станції основними викидами є:

- продукти згоряння (оксиди азоту, оксиди вуглецю) через димові труби котелень і вогневих нагрівальних установок - викиди періодичної дії;

- природний газ у технологічних установках (пуск і останов компресорів, продування апаратів і комунікацій) – технологічно залпові викиди.

В табл. 4.1 приведені основні джерела забруднення атмосферного повітря.

Найбільш небезпечними викидами є оксиди азоту. Вміст оксидів азоту визначає токсичність продуктів згоряння природного газу на 90...95%.

Крім того, оксиди азоту під впливом ультрафіолетового випромінювання активно беруть участь у фотохімічних реакціях в атмосфері з утворенням інших шкідливих газів.

Таблиця 4.1

Характеристика викидів в атмосферу на АГНКС

Джерело викиду	Шкідлива речовина	ГДК, мг/м ³	Характеристика викиду		Об'єм газоповітряної суміші на виході із джерела, м ³ /с	Концентрація шкідливих речовин мг/ м ³
			Висота, м	Діаметр, м		
Свічка	NO _x	0,8	5	0,1	0,8	0,7
	NO ₂	0,085				0,04
	CO	5				3
Компресор	Газ	8	1	0,1	0,02	4

Окрім того, серйозну небезпеку становлять викиди природного газу в атмосферу при порушеннях технологічного процесу або при виведенні обладнання в ремонт.

Джерелом утворення оксидів азоту служить азот повітря і палива. В атмосферному повітрі міститься 78,1% азоту за обсягом.

Останнім часом серйозну увагу привернула проблема вивчення канцерогенних речовин, що утворюються при неповному згорянні палива. За своєю поширеністю і інтенсивності впливу з багатьох хімічних речовин цього типу найбільше значення мають поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) і найбільш активний з них – бензапірен. Максимальна кількість бензапірену утворюється при температурі 700...800оС в умовах нестачі повітря для повного згорання палива.

4.1.1. Зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу

З розвитком індустрії і техніки усталений баланс порушився через спалювання біомаси. В результаті спалювання природних палив на землі тепер виникає щорічний приріст на 15 млрд т CO₂ понад збалансованого кругообігу, що сприяє утворенню так званого парникового ефекту.

Зменшити викиди CO₂ значно складніше, ніж викиди інших шкідливих речовин. Очищення відхідних газів КС від вуглекислого газу апаратними

засобами (наприклад за допомогою абсорбційної або мембранної технології) на сьогоднішній день виключно дорога, недоцільна і не знаходить застосування.

Враховуючи необхідність вирішення даної проблеми, в індустріально розвинених країнах ведуться роботи і в цьому напрямку.

Для уникнення викидів вуглеводнів (природного газу) в атмосферу на АГНКС застосовують свічку для спалювання газу.

Технологічне обладнання АГНКС має електричний привід, що також позитивно впливає на зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу.

4.2. Вплив на ґрунт і рослинність

Негативний вплив на ґрунтовий покрив в період експлуатації компресорної станції є в основному довгостроковими і полягає у тимчасовій втраті земельного фонду, який вилучається з під розміщення постійних наземних споруд (комплекс споруд самої станції, під'їзні автодороги та ін.). [15]

Є можливим хімічне забруднення ґрунтів нафтопродуктами та іншими забруднювачами.

Як вид негативного впливу на ґрунтовий покрив в період експлуатації об'єктів станції виділяють забруднення його відходами від діяльності агрегатів (в межах робочої зони і поза нею) та експлуатації автомобільної техніки уздовж під'їзних доріг, в місцях стоянок.

Роботи у складі модернізації проводяться в межах існуючого майданчика АГНКС, по закінченні робіт всі землі благоустроюються, тобто зміни впливу компресорної станції на земельні ресурси в процесі експлуатації до і після реконструкції не передбачається.

4.3. Вплив на водне середовище

Експлуатація або можливі ремонтні роботи на території АГНКС не призведуть до зміни в системі водопостачання та каналізації компресорного цеху. Обсяг стічних вод не поміняється.

Модернізація або реконструкція яких-небудь складових компресорного цеху не нестиме за собою змін видів діяльності, які пов'язані з

водокористуванням. Внаслідок чого можна зробити висновок, що техногенне навантаження на водне середовище не буде рости.

Контроль якісного складу води, який видається для господарсько-питних і гігієнічних потреб будівельних бригад, у відповідність з діючими вимогами.

Дані заходи підлягають обов'язковому включенню в проект виробництва цих заходів, тобто збитку стану водного середовища не буде.

Основними заходами з охорони водного середовища при експлуатації АГНКС є:

- контроль кількості та якості споживаних водних ресурсів і стоків;
- щоденний контроль герметичності і негайна ліквідація будь-яких витоків нафтопродуктів (масел) рідин з трубопроводів і ємностей;
- заборона використання матеріалів і технологій, що негативно впливають на стан водного середовища.

4.3.1. Захист водойм від стічних вод

До стічних вод відноситься будь-який потік води, що виводиться з циклу компресорної станції.

На будь-якій КС утворюються стічні води, що містять масла, які потрапляють до них з компресорного цеху, гаражів, відкритих розподільчих пристроїв, маслогосподарства.

Зниження негативного впливу КС на водойми здійснюється наступними основними шляхами: очищенням стічних вод перед їх скиданням у водойми, організацією необхідного контролю; зменшенням кількості стічних вод; використанням стічних вод у циклі КС; удосконаленням технології самої КС.

Для припинення скидання стоків безпосередньо у відкриту водойму і скорочення скидів передбачається наступна очистка стоків:

- шламкові стоки від освітлювачів направляються на шламоуплотнювальну установку, освітлені стоки повторно використовуються у виробництві;
- стоки від обмивки обладнання нейтралізуються, знешкоджуються та повторно використовуються у виробництві;
- стоки від хімічних очисток котлів нейтралізуються, знешкоджуються та спрямовуються в баки-посередники з подальшим скидом на очисні споруди КС.

Висновок за розділом

1. Розглянуто загальний виробничий вплив АГНКС станції на навколишнє середовище.

2. Проаналізовано вплив викидів АГНКС на атмосферне повітря відповідно до технологічних процесів.

3. Описано заходи спрямовані на зменшення викидів в атмосферу шкідливих речовин.

4. Реконструкція АГНКС не тягне за собою підвищення негативного впливу на навколишнє середовище.

5. Розглянуто негативний вплив на ґрунт, рослинність та водне середовище, описані заходи зменшення негативного впливу КС.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини процесі трудової діяльності.

Охорона праці в галузі транспорту і зберігання газу є важливим питанням на виробництві, а тому регулюється відповідним чинним законодавством. Закон України «Про охорону праці» був затверджений наказом Кабінету Міністрів від 24.11.1993 р., а з 1995 року із врахуванням змін і доповнень закон становить єдину цілісну систему положень щодо охорони праці на виробництві.

До основи проекту закону України «Про промислову безпеку небезпечних виробничих об'єктів» мають бути внесені питання захисту інтересів особи та суспільства з проблем зниження рівня ризику виникнення аварій на виробничих об'єктах і відшкодування нанесених збитків у результаті аварії.

Вказаний Закон повинен визначити правові, економічні та соціальні основи безпечної експлуатації виробництв і бути спрямованим на забезпечення готовності організацій, що експлуатують дані об'єкти, до локалізації та ліквідації наслідків аварій.

Безпека життєдіяльності людини у виробничому середовищі забезпечується виконанням вимог та законів охорони праці. Контроль та виконання відповідних вимог на підприємстві веде відділ охорони праці. У відділі охорони праці працюють: начальник відділу, старший інженер з охорони праці, інженер з протипожежної безпеки та інженер-еколог.

Служба охорони праці підприємства організує розробку цехами, відділами, дільницями підприємств інструкцій для створення безпечних умов праці, складає та погоджує їх з профспілковими організаціями, здійснює контроль за їх виконанням та витрачанням коштів для здійснення цих заходів.

Сьогодні набувають особливої ваги визначення ступеня ризику при аваріях на АГНКС та їх газопроводах та розроблення заходів зі зменшення ризику і попередження аварій.

Галузь використання оцінок та аналізу ризику має широкий діапазон і розглядає питання будівництва соціально-промислових об'єктів, розташованих безпосередньо поблизу газопроводів, розслідування аварій, складання і експертизу декларацій безпеки підприємств.

Декларація безпеки промислового об'єкта - це документ, який відображує характер та масштаб небезпек на промисловому об'єкті, розроблення заходів щодо забезпечення промислової безпеки, аналіз достатності вжитих заходів щодо попередження аварій, забезпечення готовності організацій до експлуатації такого об'єкта відповідно до вимог промислової безпеки і порядок дій у техногенних надзвичайних ситуаціях.

Декларацію промислової небезпеки може розробляти підприємство, що експлуатує небезпечний промисловий об'єкт або сторонні організації, які мають ліцензію на даний вид діяльності.

З метою впровадження заходів з охорони праці на АГНКС адміністрація "Укравтогаз" уклала колективний договір з трудовим колективом підприємства, згідно якого адміністрація зобов'язується забезпечити обладнання всіх робочих місць належним чином, тобто створити безпечні умови праці.

5.1. Аналіз потенційних небезпек та шкоди виробничого середовища на працівників згідно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ

Фактори навколишнього виробничого середовища, що спричиняють несприятливий вплив на здоров'я працівників, називають виробничо-шкідливими.

При недостатній увазі виробничі шкідливості можуть стати причиною втрати працездатності. [18]

До несприятливих факторів виробничого середовища КС відносяться:

- наявність в повітрі пилу, газу;
- підвищений шум, вібрація;
- електромагнітне опромінення.

Основні потенційно небезпечні виробничі фактори, що мають місце при роботі АГНКС наведені в табл. 5.1.

Основні небезпечні виробничі фактори АГНКС

Джерела небезпек	Характеристика потенційно-небезпечних виробничих факторів і їх допустимі значення
Електрообладнання операторної	$I=10$ А, $U=380$ В (10-15 мА – пороговий невідпускний струм)
Робота силового вводу компресора	Обертів частини. Підвищений рівень звукового тиску $L_p > 87$ дБ (А) при нормі $L_p = 80$ дБ (А). Підвищений рівень вібрації $L_v = 112$ дБ при $F = 31,5$ Гц (норма $L_v = 107$ дБ при $F = 31,5$ Гц). Підвищена температура $t > 27^\circ$ С. Шкідливі речовини (газ, масло)
Робота компресора	Обертів частини. Підвищений рівень звукового тиску $L_p > 83$ дБ (А) при нормі $L_p = 80$ дБ (А). Підвищений рівень вібрації $L_v = 110$ дБ при $F = 31,5$ Гц (норма $L_v = 107$ дБ при $F = 31,5$ Гц). Лінії високого тиску $P_p = 25$ МПа
Статична електрика	Грозові розряди
Насосна станція	Електрообладнання, шум
Слюсарня	Електрообладнання, шум

Глибина і тяжкість дії шкідливих речовин на людину залежить від їх виду, фізико-хімічних властивостей, агрегатного стану і розчинності, а також шляхів проникнення в організм людини, сфери дії, температури, тиску, концентрації, часу дії, стану здоров'я людини і властивості накопичуватися в організмі.

Деякі речовини проникаючи в організм можуть накопичуватися в окремих органах, чим по мірі накопичування посилюють шкідливу біологічну дію на організм людини.

В повітря виробничих приміщень АГНКС основна частка шкідливих речовин поступає з газу та мастильних матеріалів.

В більшості випадків отруйні речовини при диханні проникають в кров та розносяться через неї по всьому організму, потрапляючи до життєво важливих органів.

В табл. 5.2 наведені деякі шкідливі речовини, які використовуються при роботі АГНКС.

Гранично допустимі концентрації (ГДК) записані на основі ГОСТ-12105-88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони».

Характеристика шкідливих речовин, що використовуються при роботі АГНКС

Речовина	ГДК, мг/м ³		Характер дії	Перша допомога при отруєнні
	В робочій зоні	У зовнішній атмосфері		
Бензин	100	5	наркотична	Свіже повітря, тепло, 20-30 капель валеріанки
Ацетон	200	0,35	подразнююча	Свіже повітря, міцний солодкий чай, кава
Пропан	300	65	наркотична	Свіже повітря
Бутан	300	20	наркотична	Свіже повітря
Масло компресорне	2	0,23	спричинюють утворення пухлин	Промивання шлунку, дезінфекція слабо фіолетовим розчином марганцівки, пиття 50 % розчину соди, молока, чаю чи кави.
Природний газ	300	50	задушлива	Свіже повітря

5.2. Забезпечення нормальних умов праці

Забезпечення здорових і безпечних умов праці досягається за рахунок раціонального розміщення на ній виробничих та допоміжних будівель, встановлення на виробничому об'єкті приміщень для особистої гігієни, санітарно-побутових приміщень, створення нормальних метеорологічних умов у виробничому приміщенні.

При розміщенні побутових об'єктів необхідно зберігати санітарні розриви від установок, що виділяють пил і шкідливі газ.

Побутові приміщення, пункти харчування повинні бути обладнані внутрішнім водопроводом, каналізацією, опаленням і вентиляцією виконаними у відповідності з вимогами СНиП.

Робочий одяг у гардеробах повинен зберігатися окремо від вуличного і домашнього, він повинен зберігатися в спеціальних шафах.

Душові кімнати необхідно розміщувати в приміщеннях приєднаних до гардеробу. Умивальники також розміщують поряд з гардеробами.

Характеристика санітарно-побутових приміщень приведена у табл. 5.3.

Характеристика санітарно-побутових приміщень

Назва приміщення	Назва санітарно-побутових приміщень	Норма площі, м ² на 1 людину	Кількість працюючих, чол.	Всього площі, м ²	Факт. площа прим., м ²	Примітка
Гардеробні	Шафи	1,1	20	22	25	Відпов.
Душові	Сітки	0,2	20	4	8	Відпов.
Умивальники	Крани	0,13	20	2,6	3	Відпов.
Приміщення для відпочинку	Стільці, столи	0,2	20	4	5	Відпов.
Санвузли	Унітаз	0,14	20	2,8	3	Відпов.
Приміщення для куріння	Лавка	0,02	20	0,4	-	Не відпов.
Їдальня	Стільці, столи	1,01	20	20,2	-	Не відпов.
Медичний пункт	Кабінет	0,1	20	2	-	Не відпов.

Головними засобами створення нормальних метеорологічних умов у робочій зоні є вентиляція та освітленість робочих місць.

Параметри мікроклімату робочої зони в приміщеннях КС регламентуються нормативними документами. Вони залежать від категорії робіт і періоду року.

Температурні умови і відносна вологість у виробничих приміщеннях для теплого та холодного періоду року наведені в табл. 5.4.

Для зменшення загазованості та для досягнення відповідної чистоти повітря на АГНКС передбачається штучна вентиляція, яка є витяжною, а побутових приміщень за допомогою кондиціонерів.

Характеристика вентиляції приведена в табл. 5.5.

Для захисту працюючих від шкідливих виробничих факторів застосовуються засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), які приведені у табл. 5.6.

За узгодження з представниками профспілкових органів, за рішенням трудового колективу підприємства, працівникам надається спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту згідно передбачених нормам.

**Оптимальні значення метеорологічних умов
в робочих зонах виробничих приміщень**

Приміщення	Період року	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Операторна	Холодний	17-19	40-60	0,2
	Теплий	20-22	40-60	0,3
Компресорна	Холодний	19-21	40-60	0,15
	Теплий	18-19	40-60	0,35
Щитова	Холодний	18-22	40-60	0,2
	Теплий	22-25	40-60	0,2
Насосна	Холодний	19-23	40-60	0,2
	Теплий	21-26	40-60	0,2
Слюсарня	Холодний	17-22	40-60	0,1-0,3
	Теплий	21-23	40-60	0,1-0,3

Таблиця 5.5

Характеристика вентиляції

Приміщення	Тип вентиляції	Вентиляційне обладнання	Кратність повітрообміну
Компресорний цех	Блок двигуна	Ц4-70 №12 Q=23-80 тис.м ³ /год H=240-115 кгс/м ²	6-7
	Блок нагнітача	Ц4-70 №16 Q=23-120 тис.м ³ /год H=370-170 кгс/м ²	6-7
	Приміщення	Тип вентиляції	Кратність повітрообміну
Компресорна	Витяжна механічна	Ц4-70 Q=1-2 тис.м ³ /год H=240-115 кгс/м ²	6-7
Слюсарня	Витяжна механічна	Ц4-70 Q=1-2 тис.м ³ /год H=240-115 кгс/м ²	2-4
Операторна	Місцева	кондиціонер	2-3
Щитова	Місцева	кондиціонер	2-3

Засоби індивідуального захисту

Шкідливий виробничий фактор	Призначення ЗІЗ	Характеристика ЗІЗ	Професія робітника
Шум	Захист органів слуху	Протишумні вкладиші "Беруші", навушники ВЦННІОН ТУ-6-16-2402-80	Машиніст
Знижена температура	Захист від обмороження шкіри	Теплий спецодяг ГОСТ 12.4.236-2007	Машиніст
Загазованість	Захист органів дихання	Респіратори типу РПГ-62, РВЛ-1, протигази ГОСТ 12.4.193-99	Слюсар з обслуговування установок, машиніст
Шкідливий виробничий фактор	Призначення ЗІЗ	Характеристика ЗІЗ	Професія робітника
Механічні ушкодження	Захист від ушкоджень зору, кінцівок	Захисні окуляри, рукавиці ГОСТ 12.4.003-74	Слюсар
Випадкові удари	Захист голови	Каски, шоломи ГОСТ 39.024-76	Слюсарі
Електричний струм	Захист від струму	Діелектричні печатки ТУ-58-40-632-72 Діелектричні чоботи ТУ-38-108-97-70	Електрик, електромонтер

Для створення нормальних умов зорової роботи, для забезпечення нормальної освітленості виробничих приміщень, використовують штучне освітлення і встановлюються значення мінімальної освітленості відповідно до вимог.

5.2.1. Розрахунок штучного освітлення компресорного цеху

Найбільш розповсюдженим і простим є метод світлового потоку. Метод коефіцієнта використання світлового потоку доцільно застосовувати у разі розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь з урахуванням відбиваних від стін і стелі світлових потоків. [17]

У процесі виконання розрахункової частини необхідно:

- а) вибрати систему освітлення, джерело світла, тип світильника для робочого приміщення;
- б) провести розрахунок загального освітлення робочого приміщення.

Мета розрахунку загального освітлення - визначити кількість світильників необхідних для забезпечення мінімальної нормованої освітленості і потужність освітлювальної установки, необхідних для забезпечення в цеху нормованої освітленості.

Розглянуто розрахунок загального освітлення методом коефіцієнта використання світлового потоку.

При розрахунку за вказаною методу необхідний світловий потік однієї лампи визначається за формулою:

$$F_{л} = \frac{kE \cdot S \cdot Z}{n\eta}, \quad (5.1)$$

де $F_{л}$ – світловий потік, лм;

E – освітленість за нормою, лк;

S – площа підлоги в приміщенні, м²;

k – коефіцієнт запасу;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітленості;

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

n – кількість встановлених ламп.

Кількість встановлених ламп:

$$n = \frac{k \cdot E_{\min} \cdot S \cdot Z}{F_{л} \eta}, \quad (5.2)$$

Розрахунок загального освітлення необхідно виконати в такій послідовності:

1. Вибрати систему освітлення.
2. Обґрунтувати нормовану освітленість на робочих місцях заданого об'єкта.
3. Вибрати економічне джерело світла.
4. Вибрати раціональний тип лампи.
5. Оцінити коефіцієнт запасу освітленості, k , і коефіцієнт нерівномірності освітлення, Z .
6. Оцінити коефіцієнти відображення поверхонь в приміщенні (стелі, стін, підлоги), r .
7. Розрахувати індекс приміщення φ .

8. Знайти коефіцієнт використання світлового потоку η .

9. Розрахувати необхідну кількість ламп n і світильників N .

Вибір системи освітлення. У даній роботі розглядається тільки робоче загальне освітлення. Пристрій у виробничих приміщеннях тільки місцевого освітлення заборонено.

Вибір системи освітлення залежить, насамперед, від такого найважливішого чинника, як точність виконуваних зорових робіт (найменший розмір об'єкта розрізнення).

Вибір системи освітлення проводиться одночасно з вибором нормованої освітленості.

Вибір нормованої освітленості. Кількісні та якісні показники штучного освітлення визначають згідно з діючими нормами ДБН В.2.5-28-2006.

В якості кількісної характеристики освітленості прийнята найменша освітленість робочої поверхні E_{\min} , яка залежить від розряду зорових робіт, фону і контрасту об'єкта з фоном та системи освітлення.

Розряд зорових робіт визначається мінімальним розміром об'єкта розрізнення, тобто розміром предмета, його частини або дефекту на ньому, які необхідно виявити або розрізнити в процесі виробничої діяльності.

E_{\min} приймаємо як для робіт малої точності V розряд - 200 лк.

Вибір джерел світла. Визначальними параметрами при виборі економічного джерела світла є будівельні параметри, архітектурно - планувальне рішення, стан повітряного середовища, питання дизайну та економічні міркування.

У приміщеннях висотою до 6 м рекомендується застосовувати люмінесцентні лампи. Основною перевагою люмінесцентних ламп їх висока світловіддача, до 75 лм/Вт і термін служби до 10000 год., гарна передача кольору, низька температура.

До недоліків таких ламп відносять вищу ціну, наявність фахівців для їх обслуговування, складну пускову апаратуру, іноді шумлять, блимають, при їх утилізації виникають проблеми.

Для даного приміщення вибрані люмінесцентні лампи ЛТБ-40-4 з теплобілим світлом. Параметри ЛТБ-40-4 по ГОСТ 6825-70:

- світловий потік (номінальний) – $F_{лн} = 2580$ лм;
- світловий потік (розрахунковий) – $F_{лр} = 2450$ лм;
- потужність – 40 Вт;
- напруга – 103 В;
- струм – 0,43 А.

Коефіцієнт запасу k враховує зниження освітленості внаслідок можливого забруднення світильників у процесі їх експлуатації (табл. 5.7).

Коефіцієнт використання світлового потоку η показує, яка частина світлового потоку світильника припадає на робоче місце. Він є складною функцією світлорозподілення лампи і властивостей приміщення.

Коефіцієнт η враховує поглинання світла арматурою світильників, стелі та стінами.

Таблиця 5.7

Коефіцієнт запасу

Характеристика об'єкта	Коефіцієнт запасу k		Строки чистки світильників (не рідше)
	люмінесцентні лампи	лампи розжарювання	
Приміщення з великим виділенням пилу, диму та копоті	2	1,7	4 рази на місяць
Приміщення зі середнім виділенням пилу, диму та копоті	1,8	1,5	3 рази на місяць
Приміщення з малим виділенням пилу, диму та копоті	1,5	1,3	2 рази на місяць
Відкриті простори	1,5	1,3	3 рази на місяць

Щоб знайти коефіцієнт η , необхідно передчасно знайти показник приміщення φ та визначити коефіцієнти відбиття поверхонь приміщення ρ . Для прямокутних приміщень його визначають за формулою

$$\varphi = \frac{a \cdot b}{H_c(a + b)}, \quad (5.3)$$

де a, b – ширина та довжина приміщення;

H_c – висота підвішування світильника, м.

Коефіцієнт використання світлового потоку визначаємо із (табл. 5.8) за індексом приміщення.

**Значення коефіцієнта η використання світлового потоку для світильників
з люмінесцентними лампами, %**

φ	r_n (стелі), % - 70	- 50	- 30
	r_c (стін), % - 50	- 30	- 10
	r_p (підлоги), %-30	- 10	- 10
0,5	28	21	18
1,0	49	40	36
3,0	73	61	58
5,0	80	67	65

Коефіцієнт нерівності освітленості Z визначають як

$$Z = E_{\text{сер}}/E_{\text{min}}, \quad (5.4)$$

де $E_{\text{сер}}$ – середня освітленість поверхні, лк;

E_{min} – мінімальна освітленість, лк.

Для добре спроектованого приміщення коефіцієнт Z для люмінесцентних ламп беремо - 1,1.

Коефіцієнт нерівномірності освітлення Z залежить від типу світильника, від відстані між світильником λ та висоти їх підвішування H_c . Значення коефіцієнта нерівномірності освітленості наведено в табл. 5.9.

Розрахунок штучного освітлення необхідно починати з визначення висоти підвісу світильника та їх кількості.

Таблиця 5.9

Значення коефіцієнта нерівномірності освітленості Z

Тип світильника	Коефіцієнт Z при $\lambda: H_c$						
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,75	2
«Універсаль» з матовим затемненням	0,650	0,770	0,938	0,975	0,915	0,912	0,845
ППД	0,630	0,740	0,896	0,950	0,977	0,865	0,828
ЛДОР	0,545	0,660	0,785	0,915	0,867	0,734	0,595
Глибоковипромінювач емальований	0,657	0,775	0,907	0,983	0,990	0,907	0,830

Висоту підвісу знаходять за формулою:

$$H_c = H - (h_p + h_n), \quad (5.5)$$

де H – висота приміщення, м; h_p – висота від підлоги до освітлювальної поверхні, м; h_n – висота від стелі до світильника, м.

Вибір світильників. Вибір світильників загального освітлення проводиться на основі врахування світлотехнічних, економічних вимог, умов повітряного середовища. Існує класифікація світильників з світлорозподілом: прямого, переважно прямого, розсіяного, переважно відбитого і відбитого світла. Крім цього існують світильники з різними кривими сили світла: концентрованою, глибокою, косінусною, підлозі широкою, широкою, рівномірної і синусною. Згідно ГОСТ 14254-69 світильники класифікують за ступенем захисту від пилу, води і вибуху. Для нашого приміщення пропонується застосувати підвісний дифузний світильник для виробничих приміщень з перфорацією і решіткою групи 4, тип ЛДОР-2 (на дві лампи).

Розрахунок

Площа приміщення : $7 \cdot 14 = 98 \text{ м}^2$. Висота приміщення 4,5 м. Розрахувати штучне освітлення для цього приміщення.

Для приміщення ГЦУ застосовують світильники типу ЛДОР з двома люмінесцентними лампами ЛТБ-40-4, знайдемо кількість ламп за формулою:

$$n = \frac{k \cdot E_{\min} \cdot S \cdot Z}{F_{\text{л}} \eta}$$

Числові значення величин, що входять до формули, виберемо з таблиць. Для приміщення зі малим виділенням пилу при застосуванні люмінесцентних ламп коефіцієнт запасу дорівнює 1,1.

Мінімальна норма освітленості $E_{\min} = 200 \text{ лк}$ (таблиця 5.8).

Коефіцієнт нерівномірності освітлення Z знайдемо в табл. 5.9. Для цього визначимо висоту підвішування світильника H_c , виходячи з того, що світильники підвішені на стелі:

$$H_c = H - (h_p + h_{\text{п}}) = 4,5 - (1 + 0) = 3,5$$

Далі обчислюємо відношення

$$\frac{\ell}{H_c} = \frac{4}{3,5} = 1,14$$

З табл. 5.12 для світильника типу ЛДОР $Z=0,785$. Коефіцієнт використання світлового потоку η знайдемо, підрахувавши показник приміщення

$$\varphi = \frac{a \cdot b}{H_c(a + b)} = \frac{714}{3,5(7 + 14)} = 1,33.$$

За мінімальним коефіцієнтом відбиття світлового потоку від стін $\eta = 0,53$.

Підставимо отримані значення до формули:

$$n = \frac{1,3 \cdot 200 \cdot 98 \cdot 1,1}{2450 \cdot 0,53} = 22 \text{ лампи.}$$

Кількість світильників у приміщені $N = \frac{22}{2} = 11.$

Світильники слід розташувати рівномірно у два ряди по 6 та 5 шт.

5.3. Забезпечення безпеки технологічних процесів, монтажу та експлуатації обладнання

Для організації захисту обслуговуючого персоналу від небезпечних виробничих факторів використовують засоби технічного захисту.

Дані засоби захисту повинні створювати нормальні умови для протікання виробничого процесу та не перешкоджати працюючим проводити обслуговування як основного так і допоміжного обладнання.

Технічні засоби захисту від виявлених потенційних небезпек приведені в табл. 5.10.

Таблиця 5.10

**Технічні засоби захисту
від виявлених потенційно небезпечних виробничих факторів**

Небезпечний фактор виробничого середовища	Виробничий захисний пристрій	Технічна характеристика пристрою або захисту	Місце встановлення
Шум	Стіни зі звукоізоляційних матеріалів	ГОСТ 23499-79	Компресорний цех
Вібрація	Віброізолюючі опори, одношарове тверде покриття	Матеріали на основі полівінілхлориду нейтрального каучуку ТУ 46-50-5091-71	Компресорний цех
Небезпека від рухомих частин	Захисні ковпаки, накидні кришки	ГОСТ 18512-73	Компресорний цех
Небезпека електротравматизму	Заземлення, занулення	Згідно ПУЕ-7 ГОСТ 105-74	Компресорний цех, слюсарня
Статична електрика	Грозозахист, обладнання, будівель та споруд	СТАНДАРТ УКРАЇНИ Комплекси технічних засобів	Стержневі громовідводи

5.4. Пожежна безпека

Велика увага на території АГНКС приділяється заходам пожежної профілактики, глибокому аналізу причин виникнення пожеж.

Пожежна безпека об'єкта може бути забезпечена тільки з врахуванням і використанням деяких властивостей газів, які визначають умови виникнення, розвитку і припинення горіння. [20]

Пожежонебезпечні властивості деяких речовин, які використовуються на АГНКС приведені у табл. 5.11.

Таблиця 5.11

Пожежонебезпечні властивості газів

Назва речовин	Температура, °С		Межа спалахування, %		Засоби пожежо-гасіння
	Спалаху	Сам займання	Концентрований об'єм, %	Температура загоряння, °С	
Природний газ	-	537	5-15	-	піна
Ацетон	-(18)	465	2,6-12,2	-(20) ... 6	піна, вуглекислота
Масло МС-8п	184	2000	-	182	пісок, піна
Бензин	-(36)	255	1,1-5,4	-(36)...7	піна, вуглекислота
Бутан	-	405	1,9 -8,4	-	піна
Пропан	-	466	2,0-9,6	-	піна

Виробництва за ступенем пожежної безпеки поділяються на категорії А, Б, В, Г, Д.

Категорія "А"- виробництва, пов'язані з використанням рідин з температурою спалаху парів 28°С і нижче, а також горючих газів, нижча межа вибуховості яких 10% і менше.

Категорія "Б"- виробництва пов'язані з застосуванням рідин з температурою спалаху від 28°С до 120°С і горючих газів з нижньою межею вибуховості <10%.

Категорія „В”- виробництва, пов'язані з обробкою або застосуванням твердих матеріалів, що згорають або рідин з температурою спалаху більше 120°С.

Категорія „Г”- виробництва, пов'язані з спалюванням твердого, рідкого і газового палива, що супроводжуються виділенням променевого тепла.

Класифікація виробничих приміщень по вибухо- та пожежонебезпеці і експлуатації обладнання приведені у табл. 5.12.

Таблиця 5.12

Класифікація виробничих приміщень

Назва приміщення	Категорія виробництва та приміщення з пожежної небезпеки	Клас приміщення з вибухо-небезпеки	Клас приміщення з пожежо-небезпеки	Група вибухо-небезпечної суміші
Компресорний цех	А	В-1А	П-І	Т1
Слюсарня	В	-	П-ІІІ	Т4

Первинні засоби пожежогасіння приведені у табл. 5.13.

Таблиця 5.13

Первинні засоби пожежогасіння

Споруда, приміщення, установа	Захищена площа, м ²	Первинні засоби пожежогасіння						
		Вуглекислий вогнегасник	Пінний, хімічний, повітряно-пінний вогнегасник	Хлодновий вогнегасник	Порошковий вогнегасник	Ящик з піском 0,5м ³	Войлок, кішма	Бочка, відро для води
Слюсарня	80	ОУ-25 2 шт.	—	—	ОП-50 1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.
Компресорний цех	98	ОУ-25 2 шт. ОУ-80 1 шт.	—	—	—	2 шт.	2 шт.	2 шт.
Операторна	20	ОУ-5	ОВП-10 1 шт.	-	-	1 шт.	-	-

Комплекс заходів по пожежному захисту включає використання первинних засобів пожежогасіння для виробничих будівель та споруд, обладнанню, та допоміжних споруд.

5.4.1. Заходи, спрямовані на попередження пожежі

Устаткування КС, як правило, розміщується в вогнестійких будівлях. Для попередження розповсюдження пожежі з одного будинку на інший, а також для можливого під'їзду пожежних машин необхідно передбачати під'їзні шляхи з твердим обґрунтуванням і влаштовувати протипожежні розриви.

При цьому звертають особливу увагу на правильне розміщення обладнання з точки зору запобігання пожежі або вибуху при експлуатації.

Кожне виробниче приміщення, де є горючі речовини і паливо, повинно мати пристрій протипожежного призначення.

До таких пристроїв відносяться протипожежні перешкоди, пристрій захисних зон, обваловок і водяних завіс.

Для ліквідації пожеж необхідно передбачати системи автоматичного пожежогасіння та сигнальні пристрої. При пожежі необхідно в найкоротший час евакуювати з приміщень людей.

У кожному цеху на випадок виникнення пожежі забезпечують евакуацію людей. Цей час визначається відстанню від робочого місця до вихідних дверей.

Виходи вважаються евакуаційними, якщо вони ведуть із приміщення зовні або в інше безпечне приміщення, на сходові клітки та ін.

У кожному приміщенні має бути не менше двох евакуаційних виходів на відстані 30...100 м від робочого місця.

Основними профілактичними заходами, що спрямовані на попередження пожеж, є суворе дотримання правил зберігання та поводження з горючими і мастильними матеріалами.

Не дозволяється зберігання горючих матеріалів у відкритій тарі у виробничих приміщеннях, на сходових клітках і вільних майданчиках.

До масляної системи пред'являються особливі вимоги пожежної безпеки. Для забезпечення міцності мастилопроводи зварюють тільки дипломовані зварювальники дугового зварюванням, а не газового.

Якість зварних швів ретельно контролюється просвічуванням гамма-променями. Масляну систему та баки очищають від шламу і забруднень парою під тиском 4...6 кгс /см².

Масляні баки дозволяється ремонтувати тільки після їх очищення. При цьому повинні дотримуватися правила техніки безпеки при роботі в резервуарах.

Заборонена промивка масляних баків рідинами, що легко спалахують. Після закінчення ремонтних зварювальних робіт мастилопроводи випробують підвищеним тиском, рівним 1,25 від робочого, але не менше 18...20 кгс / см².

Обслуговуючий персонал зобов'язаний вести постійний нагляд за справністю та технічним станом обладнання, вмістом у чистоті всього приміщення, наявністю вільних проходів.

Велике значення має система планово-попереджувального ремонту, що забезпечує ряд організаційних та технічних заходів щодо догляду, нагляду, обслуговування та ремонту обладнання, будівель і споруд.

Обслуговуючий персонал повинен вміти проводити профілактичну роботу, спрямовану на попередження пожеж, підтримання санітарно-гігієнічних умов праці та регулярно проводити інструктажі з охорони праці.

Висновки за розділом

1. Розглянуто принципи охорони праці в галузі транспорту і зберігання газу.

2. Проведено аналіз потенційних небезпек та шкоди виробничого середовища, дана характеристика шкідливих речовин, що використовуються при роботі АГНКС.

3. Розглянуто характеристики, завдяки яким досягається забезпечення здорових і безпечних умов праці на АГНКС, а саме:

- характеристика санітарно-побутових приміщень;
- значення метеорологічних умов в робочих зонах виробничих приміщень;
- характеристика вентиляції;
- характеристика освітленості;
- засоби індивідуального захисту.

4. Виконано розрахунок штучного освітлення приміщення компресорного цеху за методом світлового потоку. За результатами розрахунку визначено кількість світильників ЛДОРх2 – 11 шт.

5. Приведено технічні засоби захисту від виявлених потенційно небезпечних виробничих факторів, для забезпечення безпеки технологічних процесів, монтажу та експлуатації обладнання АГНКС.

6. Проаналізовано и запропоновано заходи щодо пожежної безпеки з врахуванням і використанням деяких властивостей газів, які визначають умови виникнення, розвитку і припинення горіння.

Показана класифікація робочих приміщень на категорії А, Б, В, Г, Д за ступенем пожежної безпеки. Розглянуто засоби пожежогасіння.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі запропоновано провести переустаткування компресора 2ГМ4-1,5/12-250 однієї компресорної установки з п'яти, що є в наявності, у дожимний компресор.

Виконано опис конструкції дожимного компресора та системи його автоматизації, представлено технічні характеристики.

Проведено розрахунок системи охолодження дожимного компресора. Поверхня теплообміну складає $8,2 \text{ м}^2$ при діаметрі труби, по якій протікає вода, $0,051 \text{ м}$. Запропоновано встановити холодильник газу ХРК 9/25 типу «труба в трубі», замінивши холодильник газу ХРД-2 на базовій моделі.

Досліджено напрями можливої реконструкції обв'язки компресорних установок та технологічна схема АГНКС з дожимним компресором. Для зниження пульсації газу на вході до АГНКС у загальній технологічній схемі пропонується установка буферного трубопроводу $d_y=200$ довжиною $6,65 \text{ м}$ на трубопроводі подачі газу до дожимного компресора (ДК). З цією метою необхідно змінити схему подачі газу.

Проаналізовано шляхи реконструкції системи газопостачання АГНКС. За результатами розрахунків трубопроводу-відводу можна зробити висновок, що існуючий газопровід-відвод до АГНКС за пропускною здатністю має 30% запасу від існуючої потреби АГНКС.

Розглянуто систему осушки газу на АГНКС. За результатами розрахунку системи осушування газу зроблено висновок, що система осушки газу АГНКС працює ефективно. Час контакту газу з цеолітом більше 10 сек . Осушений газ за вмістом відповідає вимогам ГОСТ 27577-87 «Газ природний сжатый для газобаллонных автомобилей».

Виконано розрахунок охолодження адсорбера. Витрати газу на регенерацію складає 3,9% від осушеного газу, витрати газу в циклі охолодження, згідно технологічних міркувань, відповідає витратам газу в циклі регенерації.

Визначено ймовірні характеристики АГНКС.

Коефіцієнт завантаженості АГНКС в робочий день не перевищує 0,7, у вихідні - 0,5, у святкові дні - 0,5. Отже, в години максимального завантаження АГНКС (робочий день з 6⁰⁰ до 13⁰⁰ та з 16⁰⁰ до 22⁰⁰) черги на заправку не буде.

Проведено розрахунок об'єму заправки автомобіля. Заміна електроприводу компресорної установки не потрібна. Об'єм заправленого газу складає 67 м³.

Представлено шляхи забезпечення безпеки технологічних процесів, монтажу та експлуатації обладнання АГНКС та систему регулювання АГНКС при аварійній зупинці.

Розглянуто принципи охорони праці в галузі транспорту і зберігання газу. Проведено аналіз потенційних небезпек та шкоди виробничого середовища, дана характеристика шкідливих речовин, що використовуються при роботі АГНКС.

Розглянуто характеристики, завдяки яким досягається забезпечення здорових і безпечних умов праці на АГНКС, а саме:

- характеристика санітарно-побутових приміщень;
- значення метеорологічних умов в робочих зонах виробничих приміщень;
- характеристика вентиляції;
- характеристика освітленості;
- засоби індивідуального захисту.

Виконано розрахунок штучного освітлення приміщення компресорного цеху за методом світлового потоку. За результатами розрахунку визначено кількість світильників ЛДОРх2 – 11 шт.

Приведено технічні засоби захисту від виявлених потенційно небезпечних виробничих факторів, для забезпечення безпеки технологічних процесів, монтажу та експлуатації обладнання АГНКС.

Проаналізовано і запропоновано заходи щодо пожежної безпеки з врахуванням і використанням деяких властивостей газів, які визначають умови виникнення, розвитку і припинення горіння.

Розглянуто засоби пожежогасіння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ионин А.А. Газоснабжение - М.: Стройиздат, 1975. - 439с.
2. Болгарский А.В. Влажный газ - М. -Л.: Госэнергоиздат, 1955. -155 с.
3. Жданова Н.В., Халиф А.Л. Осушка углеводородных газов - М.: Химия, 1984.- 192с.
4. Розгонюк В.В., Хачикян Л.А., Григіль М.А., Удалов О.С., Нікішин В.П. Довідник експлуатаційників газонафтового комплексу – К.: Росток, 1998. -431с.
5. ГОСТ 27577-87 Газ природный топливный сжатый для газобаллонных автомобилей.
6. ГОСТ 5542-87 Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения.
7. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Автомобільні газонаповнювальні компресорні стації” для студентів спеціальності 7.090308 - Проектування, спорудження та експлуатація газонафтопроводів і газонафтосховищ.: м. Івано-Франківськ, 1997.
8. Боксерман Б.И., Миртан Я.С. Перевод транспорта на газовое топливо. -М.: Недра, 1988.
9. СНиП 2.05.06-85. Магистральные трубопроводы (Госстрой СССР. -М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985.
10. Технологический регламент по заправке автомобилей сжатым природным газом на АГНКС с компрессорами типа 2ГМ4-1.3/12-250.М.; Министерство газовой промышленности СССР, 1988.
11. Установка осушки БКУО-4/25. Керівництво з експлуатації КК 552.00.000.РЕ, м.Одеса, 1995 р.
12. ГОСТ 17.2.3.02-78 Охрана природы. Атмосфера. Правила установления выбросов вредных веществ промышленными предприятиями”.
13. СН 3197-94 Порядок накопления, транспортирования, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов.
14. САН ПиН 4946-89 Санитарные правила и нормы по охране атмосферного воздуха населенных мест.

15. Проектирование и эксплуатация компрессорных станций: Учебник для вузов/А.М. Шаммазов, В.Н. Александров, А.И. Гольянов и др. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003, - 404 с.
16. Довідник працівника газотранспортного підприємства. / В.В. Розганюк та ін. – К: Росток, 2001, 1091с.
17. Строительство и монтаж насосных и компрессорных станций. / В.Л. Березин, П.П. Бородавкин, С.Я. Куриц, Е.И. Трушин. – М.: Недра, 1974, – 272 с.
18. Купчик М. П., Гандзюк М. П., Степанець І. Ф. та ін. Основи охорони праці. – К.: Основа, 2000. – 416 с.
19. ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
20. Новак С.М., Логвинец А.С. Защита от вибрации и шума в строительстве. Справочник . – К.: Будівельник, 1990. – 216 с.
21. Правила пожарной безопасности в газовой промышленности. ППБВ-85. – М.: Недра, 1986. – 162 с.