

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра автоматизації, електро- та робототехнічних систем

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП

Олексій КОЙФМАН

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Інтелектуальні системи управління та робототехнічні комплекси
в гірничо-металургійному виробництві»
за спеціальністю 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології
та робототехніка

**на тему «Проектування та дослідження автоматичної системи
накачування шин кар'єрних самоскидів з метою підвищення їх
ефективної роботи в умовах відкритої розробки
гірничозбагачувального комбінату»**

Керівник роботи

Олег СУБОТІН

Консультант від
бази практики

Олег КУСТОВ

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають
посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Владислав СЕРГІЄНКО

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Андрій ЛЕОНОВ

Запоріжжя 2025

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	<u>автоматизації виробництва та цифрових технологій</u>
Кафедра	<u>автоматизації, електро- та робототехнічних систем</u>
Освітньо-кваліфікаційний рівень	<u>магістр</u>
Спеціальність	<u>174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка</u>
ОПП	<u>Інтелектуальні системи управління та робототехнічні комплекси в гірничо-металургійному виробництві</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

Олексій КОЙФМАН
27.11.2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

СЕРГІЄНКО Владислав Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи Проектування та дослідження автоматичної системи накачування шин кар'єрних самоскидів з метою підвищення їх ефективної роботи в умовах відкритої розробки гірничозбагачувального комбінату

керівник роботи Суботін Олег Володимирович, доцент, канд. техн. наук,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету від 14.10.2024 р. №238/14.10.2024

2. Термін подання роботи 03.02.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти з автоматизації, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики автоматичного регулювання та управління, літературні джерела, технологічні інструкції, дані підприємства, результати власних експериментів та досліджень, тощо.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ. 1. Аналіз предметної області. (1.1. Літературний огляд. 1.2. Недоліки переваги існуючих систем. 1.3. Сучасні тенденції.) 2. Постановка задач автоматизації та обґрунтування запропонованої структури системи накачування шин кар'єрних самоскидів. (2.1. Основні задачі АСУТП. 2.2. Конструктивні та технологічні особливості системи. 2.3. Обґрунтування та вибір технічних рішень). 3. Реалізація запропонованої системи автоматизації. (3.1. Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації. 3.2. Проектування системи накачування шин кар'єрних самоскидів. 3.3. Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації при передачі інформації з рухомого об'єкта. 3.4. Математичне, алгоритмічне й програмне забезпечення окремих задач системи. 3.5. Розрахунок та дослідження динаміки АСР тиску) 4. Економічне обґрунтування прийнятих рішень. 5. Охорона праці. Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Схема функціональна системи автоматизації. 2. Взаємозв'язок функціональних завдань. 3. Схема структурна комплексу технічних засобів. 4. Блок-

схеми алгоритмів керування та програмного забезпечення. 5. Презентація магістерської роботи.

Плакати (за вибором): результати розрахунків та досліджень, розрахунок економічного ефекту, графіки, екранні форми тощо.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
Усі розділи	Суботін О.В., доцент кафедри АВЕРС

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи (проєкту)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Аналіз предметної області	31.12.2024	
2	Розділ 2. Постановка задач автоматизації та обґрунтування запропонованої структури автоматичної системи накачування шин кар'єрних самоскидів	03.01.2025	
3	Розділ 3. Реалізація запропонованої системи автоматизації	17.01.2025	
4	Розділ 4. Економічне обґрунтування прийнятих рішень	27.01.2025	
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	31.01.2024	
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	03.02.2025	
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	10.02.2025	
8	Рецензування завершеної роботи. Захист	17.02.2025	

Здобувач

(Владислав СЕРГІЄНКО)

Керівник роботи

(Олег СУБОТІН)



АНОТАЦІЯ

Сергієнко Владислав Юрійович. Проектування та дослідження автоматичної системи накачування шин кар'єрних самоскидів з метою підвищення їх ефективної роботи в умовах відкритої розробки гірничозбагачувального комбінату. - Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка». ОПП «Інтелектуальні системи управління та робототехнічні комплекси в гірничо-металургійному виробництві» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2025р.

Об'єктом дослідження є автоматична системи накачування шин кар'єрних самоскидів з метою підвищення їх ефективної роботи в умовах відкритої розробки гірничозбагачувального комбінату.

Предметом дослідження є створення структури автоматизованої системи управління кар'єром із застосуванням інформаційних технологій, що забезпечить оперативне прийняття своєчасних та ефективних рішень, що ліквідує інформаційні та організаційні бар'єри між рівнями управління, це забезпечить безпечну експлуатацію обладнання і безпеку працівників.

У першому розділі проаналізована предметна область процесів автоматизації в гірничо-металургійному виробництві. Надана загальна характеристика технологічного процесу та наявної системи автоматизації. Приведено аналіз рішень на аналогічних об'єктах. В результаті визначена необхідність модернізації наявної системи та сформульована невирішена частина проблеми, яку планується досліджувати та вирішувати в рамках кваліфікаційної роботи.

У другому розділі проведено аналіз технологічного процесу як об'єкту автоматизації, визначено параметри об'єкту автоматизації, визначені задачі управління системи накачування шин, задачі автоматичного контролю та регулювання відповідних технологічних параметрів, обґрунтована запропонована структура системи автоматизації, визначено розподіл основних задач, які вирішуються на рівнях автоматизації, наведено перелік основних функціональних задач та опис схеми їхнього взаємозв'язку.

У третьому розділі обґрунтовано вибір технічних засобів для всіх рівнів автоматизації; спроектовано САР; розроблено алгоритм роботи системи.

У четвертому розділі відповідними розрахунками підтверджено економічну доцільність впровадження запропонованої системи автоматизації.

ШИНИ, ПАРАМЕТРИ, ДАТЧИКИ, АЛГОРИТМ, БЕЗПЕКА, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ПЕРЕДАЧА СИГНАЛУ



ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АСУ – автоматизована система управління.
БілАЗ – білоруський автомобільний завод.
ISO - Міжнародна організація зі стандартизації.
ТОВ - товариство з обмеженою відповідальністю.
ВГШ – велико габаритні шини.
ПАТ – публічне акціонерне товариство.
ГЗК - гірничо-збагачувальний комбінат.
ДФ – дробильна фабрика.
ГТЦ – гірничо-транспортний цех.
АТЦ – авто-транспортний цех.
ЗФ – збагачувальна фабрика.
ЦШГ - цех шламового господарства.
ЦТЕЗ - цех технологічного енергозабезпечення.
ЦМП - цех мереж та підстанцій.
ЦТД - цех технологічної диспетчеризації.
ЦКЛ - центральна комбінатська лабораторія
СКМ - систем кепітал менеджмент.
ДСТУ – державний стандарт України.
SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition.
WEB – інтернет простір.
ІАСУ – інтегрована автоматизована система управління.
АСУГТР - автоматизована система управління гірничо-транспортними роботами.
RLC - Radio Link Control.
GSM - глобальна система мобільного зв'язку.
GPRS - General Packet Radio Service.
HSCSD - High-Speed Circuit-Switched Data.



ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	5
ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	9
1.1 Літературний огляд	11
1.2 Недоліки та переваги існуючих систем	13
1.3 Сучасні тенденції.....	13
2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ НАКАЧУВАННЯ ШИН КАР'ЄРНИХ САМОСКИДІВ.....	18
2.1 Основні задачі АСУТП	18
2.2 Конструктивні та технологічні особливості системи	19
2.3 Обґрунтування та вибір технічних рішень	21
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	22
3.1 Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації	25
3.2 Проектування системи накачування шин кар'єрних самоскидів.....	34
3.3 Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації при передачі інформації з рухомого об'єкта	36
3.4 Математичне, алгоритмічне й програмне забезпечення окремих задач системи	41
3.5 Розрахунок та дослідження динаміки АСР тиску.....	43
4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ	67
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	74
ВИСНОВКИ	78
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	79
ДОДАТОК А.....	81



ВСТУП

Розвиток видобутку корисних копалин вимагає освоєння значних родовищ, великих інвестицій і зростання витрат. Ринок обладнання для видобування корисних копалин зростає, що призводить до зтяжних кризових явищ у гірничо-металургійній галузі. Нові екологічні стандарти також стають жорсткішими вимогами для промислового виробництва.

Успішна господарська діяльність будь-якого підприємства, включаючи гірничі підприємства, залежить від ефективної комунікації між усіма рівнями управління, узгодженості постановки завдань для всіх рівнів управління, взаємозв'язку між ними, відсутності надмірної складної багаторівневої системи управління та доступу до достовірної інформації на всіх рівнях управління [1].

Один із способів зменшення впливу вказаних характерних особливостей розвитку гірничих робіт полягає у повній автоматизації комплексного планування та управління процесами підготовки, виробництва та реалізації продукції. Сучасне гірниче підприємство, як складна технічна система, може успішно функціонувати лише за умови впровадження інноваційних інформаційних технологій, які повинні охоплювати всі аспекти його діяльності: технічні, виробничі, фінансово-економічні, маркетингові, кадрові, соціальні та інші.


Дієвим засобом підвищення ефективності функціонування складних технологічних комплексів є впровадження сучасних інтегрованих автоматизованих систем управління. Такі системи забезпечують менеджмент підприємства необхідною для прийняття рішень оперативною, достовірною інформацією, надають можливість промодельовувати економічні наслідки від прийняття того чи іншого рішення.

Таким чином, інтегровані автоматизовані системи управління, зокрема їх інформаційні підсистеми, являють собою інструментальний засіб, що допомагає керівництву приймати оптимальні управлінські рішення, що забезпечують ефективне функціонування підприємства [2].

Саме ці аспекти доводять важливість злагодженої взаємодії в автоматичному режимі всіх складових системи на всіх її рівнях.

Тому проєкт автоматичної системи наочуванням шин кар'єрних самоскидів з метою підвищення ефективної їх роботи в умовах відкритої розробки на фоні промислових завод та складності дистанційного обміну інформацією є актуальною задачею.

У кваліфікаційній магістерській роботі розглянуте одне з найбільших підприємств України по видобутку залізорудної сировини для металургійного комплексу, де сформована та функціонує автоматизована системи управління технологічними процесами (АСУ ТП), яка забезпечує стабільність і оптимізацію виробничих процесів, що в свою чергу знижує вплив людського фактору. Одним із основних напрямків розвитку сучасних систем автоматизації є створення інтегрованих систем управління виробництвом, які вирішують завдання інтеграції традиційних



автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП) та автоматизованими системами управління виробництвом (АСУВ) з метою створення єдиного інформаційного простору підприємства для об'єктивної та оперативної оцінки стану підприємства, оперативного прийняття своєчасних та ефективних управлінських рішень, ліквідації інформаційних та організаційних бар'єрів між управлінським та технологічним рівнями.

Центральний гірничозбагачувальний комбінат включає в себе 3 кар'єри основна задача яких полягає у видобутку відкритим способом корисних копалин де для транспортування використовується спеціальна техніка та механізми які призначені для перевезення видобутої руди, наша задача полягає в тому щоб створити систему автоматизації деяких ключових факторів з якими кожен день зіштовхуються працівники всіх рівнів управління. У сучасному світі автоматизація виробничих процесів стає ключовим фактором для підвищення ефективності та конкурентоспроможності підприємств.

Метою даної роботи є проектування та дослідження автоматичної системи накачування шин кар'єрних самоскидів з метою підвищення їх ефективної роботи в умовах відкритої розробки гірничозбагачувального комбінату із застосуванням інформаційних технологій, що забезпечить оперативне прийняття своєчасних та ефективних рішень, що ліквідує інформаційні та організаційні бар'єри між рівнями управління, це забезпечить безпечну експлуатацію обладнання і безпеку працівників.

Апробація роботи:

Суботін О.В., Петрухін Я.І., Сергієнко В.Ю. Особливості керування промисловим обладнанням бездротовим способом на фоні виробничих завод // International scientific conference “MININGMETALTECH 2024 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education”: conference proceedings (November 28–29, 2024. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2024. Vol. 2. Pp. 92 - 95. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-146>

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ


Автоматизація процесів у гірничо-металургійному виробництві України наразі базується на традиційних методах. Це означає, що основа побудови структури автоматизації конкретного технологічного процесу складається з простих, перевірених часом та надійних рішень, які переважно визначаються технічними аспектами.

В реальних умовах ефективність операцій кар'єрних самосвалів значно впливає на якість сервісу, своєчасність проведення ремонтних робіт та стан вузлів, агрегатів і шин. Якщо технічний стан вузлів і агрегатів може бути неповний, то використання шин у поганому стані абсолютно не допускається, оскільки стандарти безпеки та експлуатації для шин вельми високі. Вони є необхідними для функціонування механізму і виконання його завдань. Тому більш детально їх вплив на ефективність роботи кар'єрних самосвалів і можливості автоматизації процесу накачування з метою підвищення якості виконання робіт та зниження людського втручання.

Рішення управлінців та спеціалістів гірничих підприємств, зазвичай ґрунтуються на інформації, яку збирають, зберігають та обробляють автоматизовані системи контролю та управління технологічними процесами. Проте деяким основним масивам інформації про стан цих процесів може відсутня необхідність через недостатню систематизацію, обробку та візуалізацію даних у форматі, що відповідає вимогам різних керівництв. Не можна не погодитися із фахівцями у галузі проектування систем управління В.П. Баскаковим, М.М. Якимовим [1], що пріоритетними інженерно-технологічним напрямом розвитку гірничодобувних підприємств країн СНД у складних економічних та гірничо-геологічних умовах є наступні:

- 1) розроблення та впровадження повнопрофільні просторові моделі гірничого підприємства;
- 2) створення ефективних автоматичних систем управління та контролю виробничих процесів;
- 3) трансформація систем автоматизованого диспетчерського обліку та управління виробничими процесами в єдину диспетчерську службу із застосуванням можливостей інформаційних технологій супутникових систем GPS;
- 4) інтеграція автоматизованих та автоматичних систем управління технологічними та виробничими процесами в єдину комплексну систему управління гірничими підприємствами та компаніями.

Аналіз праці промислових підприємств та досліджень у галузі систем управління свідчить про можливість створення інтегрованої системи управління лише за умов впровадження високоавтоматизованої інформаційної системи. Незважаючи на значну кількість наукових робіт у цій галузі, питання формування, впровадження та ефективного



застосування інформаційних систем у різних умовах виробництва залишається недостатньо вивченим. Особливо важливо розглянути питання проектування методичного та інформаційного забезпечення управління технологічними процесами та інтеграцію результатів такого управління у процес формування управлінських рішень на вищому рівні менеджменту. Крім того, необхідно практично вирішити питання щодо інтеграції систем автоматизації першого рівня у загальну інтегровану автоматизовану систему управління.

Необхідно провести додаткове дослідження принципів створення інтегрованих систем управління, зокрема щодо їх інформаційного та організаційного забезпечення у реальних умовах виробництва.

Тому, аналіз використання автоматизованих систем управління гірничо-транспортними роботами на кар'єрах, що ґрунтуються на супутникових інформаційних технологіях, та визначення перспектив розвитку таких систем на гірничих підприємствах має велике значення.

Центральним поняттям у ІАСУ є поняття «інтеграція». Інтеграцію можна визначити як спосіб організації окремих компонентів в одну систему, що забезпечує узгоджену та цілеспрямовану їх взаємодію, що зумовлює велику ефективність функціонування всієї системи. Інтеграція в АСУ розглядається у кількох аспектах: функціональному, організаційному, інформаційному, програмному, технічному, економічному [4,5,6].

Відповідно до сформульованих основних положень, загальними є принципи побудови інформаційної підсистеми інтегрованої автоматизованої системи управління гірничим виробництвом, що відповідають загальносистемним вимогам [2,9,10].

Базовий принцип - "принцип 4Е":

- єдина цифрова модель підприємства;
- єдина база атрибутивних даних;
- єдине координатне поле;
- єдина система обміну даними.

Це дозволяє:

–знизити складність та невизначеність умов виробничої середовища, пов'язаних з неузгодженістю інформації, що одержується від різних підрозділів підприємства;

–підвищити надійність прийнятих управлінських рішень;

–забезпечує оперативне отримання (фактично в режимі реальної години) інформації для прийняття рішень на будь-якій стадії управління від стратегічного планування до видачі завдань на поточні роботи;

–забезпечує відповідність інформації про об'єкти шкільного структурного підрозділу підприємства своєю логічною моделлю даних, неперервну актуалізацію цієї інформації підрозділами підприємства, в інтересах яких вона формується;

–забезпечує відповідність інтерфейсів та протоколів інформаційної підсистеми вимогам відкритих систем, стандартів міжнародної організації



зі стандартизації (ISO), Open Geospatial Consortium (OGC) та стандартів України.

Архітектура інформаційної підсистеми базується на єдиній інформаційно-обчислювальній мережі підприємства. Ядром системи є сервер просторових даних, на якому централізовано зберігається вся потрібна інформація. Доступ користувачів до просторових даних здійснюється за технологією Internet-Intranet. За наявності на підприємстві територіально-віддалених підрозділів для доступу до сервера просторових даних використовується WEB-технологія.

1.1 Літературний огляд

Для більш повного розуміння важливості теми в літературному огляді були наведені технічні характеристики що присвячені кваліфікаційній роботі, в процесі було проведено ознайомлення з специфікою роботи підприємства в цілому та окремих цехів і дільниць.

Функціонування кар'єрних самоскидів у наш час значно залежить від різних факторів, зокрема якість обслуговування, своєчасність проведення ремонтних робіт і стан вузлів та агрегатів, а також якісна експлуатація на належний нагляд за шинами. Використання шин з великим переліком пошкоджень категорично заборонено. Тому і висуваються високі стандарти щодо експлуатації та безпеки шин, оскільки вони необхідні для правильної роботи механізмів і функціонуванню безперервного виробництва. Таким чином, давайте детальніше вивчимо шини та їх вплив на функціонування кар'єрних самосвалів та можливість автоматизації процесу накачування для підвищення якості робіт і зниження ризику людського втручання.

В останні роки на світовому шинному ринку склався стійкий дефіцит ВГШ. Як приклад розглядаються ВГШ розміру 33.00R51, найбільш затребувані практикою. У вигляді еталона прийнято брати до уваги шину преміум бренду наступних компаній: Bridgestone, Michelin, GoodYear. Вартість цих шин, включно з митними витратами, надзвичайно висока. (і з легкістю перевищують ціну в 500 000 грн./шт).

Витрати на такі шини знаходяться поряд з витратами на паливо, це є найбільш витратними статтями під час експлуатації спеціальної техніки (друга стаття в бюджеті гірничо-транспортного підприємства). Щорічний імпорт шин 33.00R51 на підприємстві (310 шт./рік.). Менш дорогі великогабаритні шини інших виробників таких як : Techking та Advance, з року в рік втрачають свої позиції через відносно невеликі пробіги.

Одна з причин зниження експлуатаційної довговічності ВГШ - їхня недостатня однорідність. Неоднорідність шини сприяє виникненню локальних осередків підвищеного теплоутворення та її руйнування. Це особливо небезпечно для високо навантажених великогабаритних шин, схильних до перегріву до температури, вищої за критичну.

До основних чинників використання шин, належать:

- навантаження на шину;

- максимальна допустима швидкість руху автосамоскида;
- максимальна дистанція за 1 годину;
- величина внутрішнього тиску в шині (P, кПа);
- технічне обслуговування автосамоскида та шин;
- стан доріг.

Недотримання рекомендацій щодо одного з факторів неминуче призводить до прискореного зносу шин і передчасного виходу їх з ладу, що спричиняє істотне збільшення вартості перевезень. Для ефективного використання шин, необхідно з боку фахівців дотримуватися запропонованих нормативно-технічною документацією значень параметрів, що впливають на термін служби шин (табл.1.1).


Таблиця 1.1 - Параметри, що впливають на термін служби шин

№	Фактор	Відповідальна особа
1	Правильний внутрішній тиск у шині	Водій
2	Визначене навантаження	Оператор екскаватора
3	Передбачена швидкість руху	Водій
4	Правильне технічне обслуговування	Механік
5	Утримання доріг	Відповідальний за утримання доріг у повній справності
6	Максимальна дистанція за 1 год.	Менеджер з організації перевезень

Дана робота являє собою необхідність в розробці пристрою для автоматизованого накачування шин кар'єрних самоскидів з найменшою взаємодією людей, що забезпечує відповідність та послідовність алгоритму накачування, контролює номінальні і граничні параметри накачування та безпеку процесу, а також передачі даних про стан температури та тиску в шині іншим учасникам процесу (диспетчерський пункт, водій, аналітики компанії).

На цей момент, для накачування шин кар'єрних самосвалів БілАЗ 75131 використовується компресорна установка, яка підключається до вентиля колеса через шланг високого тиску та пневматичний пістолет. Під час накачування шин до необхідного тиску через пістолет, контролюється відповідальною особою з відповідною кваліфікацією, яка має за завдання спостерігати за параметрами тиску, визначеними в інструкції з експлуатації шин або паспорті на шину. Кожна фірма та модель шин має свої технічні характеристики для експлуатації. Процедура контролю здійснюється кваліфікованою людиною.

Внутрішній тиск у «холодній» шині - це нормативний тиск, (рекомендований), на шини, коли температура шини дорівнює температурі навколишнього середовища. Величина внутрішнього тиску в



«холодній» шині повинна відповідати зазначеній у чинних нормативних документах на шини. Тиск має перевірятися і регулюватися на «холодних» шинах, тобто за температури шини, що дорівнює температурі навколишнього середовища. Ковпачок вентиля виконує роль додаткового клапана, тому він має весь час перебувати на вентилях. Під час експлуатації тиск у шині може підвищуватися (на ~20% у діагональних шин і на ~15% у радіальних) внаслідок нагрівання шини, що допускається конструкцією шини. Невірна величина тиску в шині може призвести до нерівномірного зносу або її пошкодження, тому необхідно завжди накачувати шини до рекомендованого «холодного» тиску, крім випадків, якщо існує різниця між температурою довкілля на момент накачування шини та температурою довкілля на момент експлуатації шини. У цьому випадку рекомендується залежно від величини різниці температур проводити коригування внутрішнього тиску в шині.

1.2 Недоліки та переваги існуючих систем

Основні недоліки існуючого методу включають:

- залежність від людського фактору (недосконалість та можливість помилок);
- відсутність автоматичного контролю параметрів повітря (температура, вологість);
- відсутність контролю працівника за його рішення (відео-зйомка з збереженням в Хмарі);
- низька ефективність у випадку великої кількості шин.

Переваги:


- онлайн моніторинг процесу накачування;
- простота обладнання;
- не вимагає високої кваліфікації працівника;
- підвищує термін експлуатації шин;
- можливість використання в будь-яких умовах.

Аналіз літературних джерел показав, що впровадження АСУ ТП у виробничий процес дозволяє досягти значних економічних і технологічних переваг. Це свідчить про доцільність розробки системи автоматичного управління.

1.3 Сучасні тенденції

У гірничих підприємствах використовується інтегрована автоматизована система управління, яка є автоматизованою системою управління гірничо-транспортними роботами, встановленою на кар'єрах, на рівні АСУТП.

Система транспорту для відкритих гірничих робіт є важливою частиною загальної технологічної структури кар'єру і включає в себе різноманітні елементи, такі як екскаватори, навантажувачі, самоскиди, засоби залізничного та конвеєрного транспорту, бурові станки, а також



допоміжну техніку, наприклад бульдозери та дорожньо-будівна техніка, включаючи грейдери, скрепери та поливозрошувальні машини. Крім цього, до складу комплексу входять кар'єрні дороги, відвали розкривних порід, пункти перевантаження та склади корисних копалин всередині кар'єру.

Сучасні АСУГТР є програмно-технічні комплекси, до складу якого входять:

- бортові технічні засоби, встановлені на мобільному обладнанні;
- система радіозв'язку для передачі даних у режимі реальної години;
- комп'ютерне обладнання, зокрема сервери та робочі станції користувачів;
- спеціальне програмне забезпечення моніторингу та диспетчерського управління гірничо-транспортним обладнанням, формування бази даних.

Розробка та активне застосування відмінних систем управління технологічними процесами на відкритих гірничих роботах є ключовим чинником у просуванні гірничого виробництва.

Сучасні системи управління технологічними процесами суттєво відрізняються від автоматизованих систем, що були розроблені у 1970-1980-х роках. Головною метою впровадження цих систем у кар'єрах є забезпечення оптимального регулювання вантажопотоків, вибір, облік та контроль роботи екскаваторно-транспортних комплексів, а також моніторинг експлуатаційних режимів навантажувальних та транспортних засобів.

Отже, основною метою використання автоматизованих систем управління є зменшення витрат енергії й утримання, підвищення надійності обладнання, продуктивності та безпеки виробництва з екологічною орієнтацією.

На гірничих підприємствах СНД автоматизована система управління гірничо-транспортним комплексом «КАР'ЄР» має найширше застосування. Ця система дозволяє оптимізувати гірничі роботи шляхом координації руху автосамоскидів, екскаваторів, бульдозерів, паливозаправників та іншої техніки, яка використовується у процесі добування та транспортування гірничої маси [11, 12, 13].

Система «КАР'ЄР» базується на технологіях супутникової навігації та призначена для моніторингу навантажувального та транспортного обладнання, аналізу виробничих показників та оперативного управління процесами видобутку корисних копалин у кар'єрах (рис. 1.1).

Базові функціональні можливості системи реалізовані трьома продуктами:

- управління роботою кар'єра в режимі реальної години – RealtimeKit;
- аналіз роботи кар'єру – AnalyticKit;

– налаштування системи та введення довідкової інформації – SetupKit.

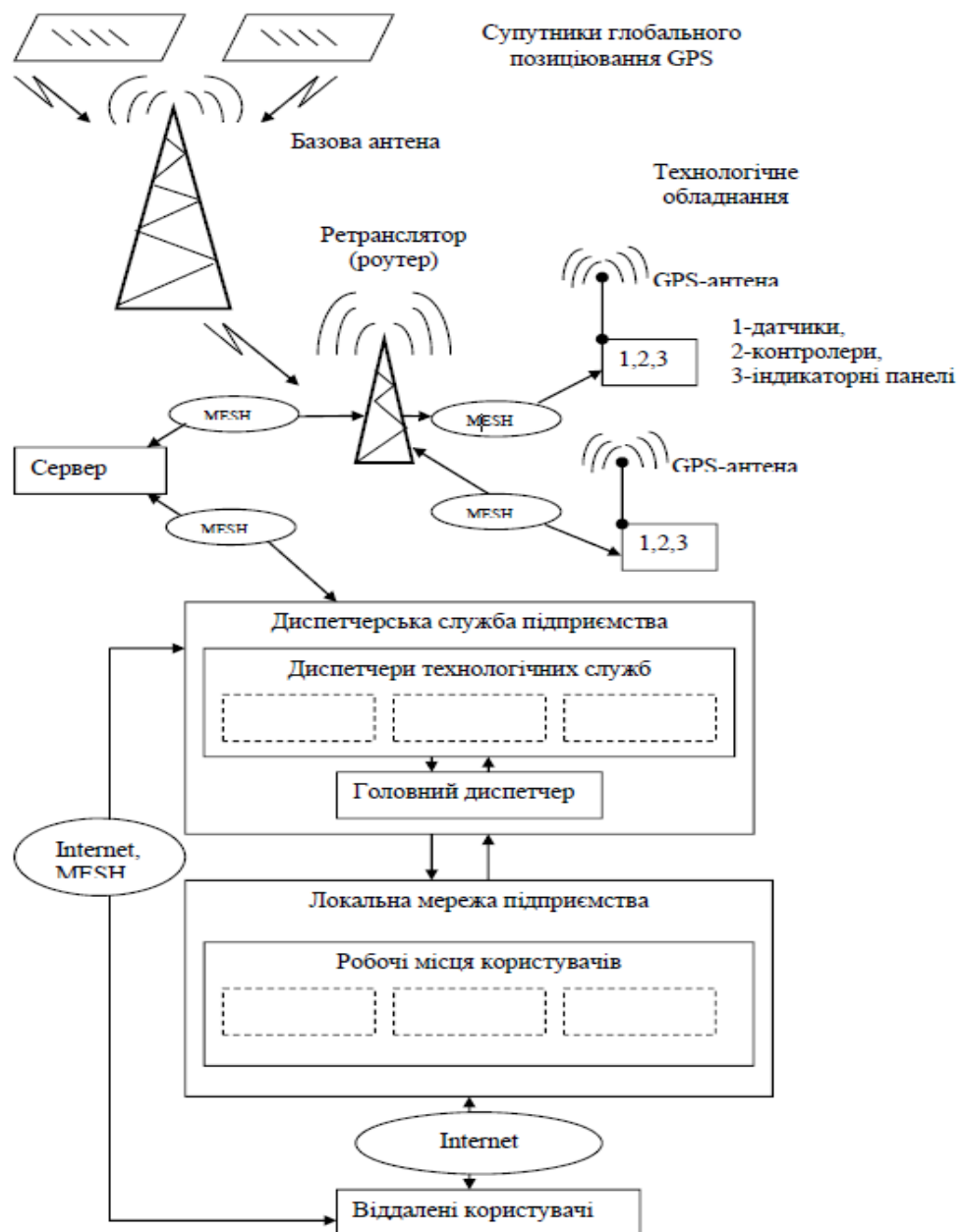



Рисунок 1.1 - Схема інфраструктури автоматизованої системи управління гірничим виробництвом із застосуванням інформаційних технологій

Функціональність програмного забезпечення системи «КАР'ЄР» включає набір базових та допоміжних модулів, склад яких визначається конкретними завданнями підприємства.

Робочі місця (РМ) користувачів формуються адміністратором системи «КАР'ЄР»:

- РМ автодиспетчера (видача поряд на зміну для самоскидів, управління протягом зміни, облік роботи автотранспорту);
- РМ гірничого диспетчера (контроль роботи екскаваторів);
- РМ оператора з випуску водіїв на лінію;

- 
- PM оператора з обліку паливо-мастильних матеріалів;
 - PM механіка автобази тощо.

Важливою особливістю системи є її відкритість для модифікації наявних екранних форм та звітів та створення нових. На той час для зберігання даних використовувалися бази даних Oracle.

Вперше автоматизовано систему управління гірничо-транспортним комплексом на базі технологій GPS було впроваджено на кар'єрі ВАР «Полтавський ГЗК» (Україна) у 1999-2001 рр. [13].

В рамках цього проекту спочатку бортове обладнання системи управління було встановлено на автосамоскиді.

Система була розроблена для візуалізації місця розташування та параметрів роботи машин на карті кар'єра у диспетчерському центрі. Диспетчер міг в режимі реального часу спостерігати за рівнем палива, вагою перевезеного вантажу, швидкістю машини та надавати вказівки водієві через голосовий зв'язок. Серед ключових характеристик системи була її локальність (обмежена робота у зоні радіопокриття), послідовне циклічне опитування об'єктів базовою станцією, можливість часткової втрати даних та обмежена кількість параметрів моніторингу.

Кожен пристрій мобільного обладнання обладнаний "Мобільним терміналом даних" (МТД), що включає в себе бортовий промисловий комп'ютер, сенсорний монітор, радіоприймач системи GPS для визначення місцезнаходження та руху пристрою, та радіостанцію для отримання та передачі технічної та оперативної інформації. Інфраструктура бездротової комунікаційної системи ґрунтується на технології MESH.

Структурні блоки АСУГТР системи автоматизованого управління гірничо-транспортним комплексом Wenco виконують ключові завдання, такі як автоматизація збору та надання інформації про місцезнаходження та стан гірничого та транспортного устаткування для диспетчерського управління; автоматична оптимальна диспетчеризація екскаваторно-автомобільного комплексу; керування завантаженостю автосамоскидів; контроль виконання маршрутів та швидкості переміщення автосамоскидів; відслідковування відхилень технологічного процесу від заданих параметрів і режимів; моніторинг технічного стану та обслуговування обладнання; оперативний та акумулюючий облік роботи устаткування та загальної продуктивності.

Отже, бажання підвищити ефективність використання техніки та збільшити продуктивність праці вимагало вдосконалення систем управління, які могли б відстежувати індивідуальні параметри роботи усього технологічного обладнання та на їх підставі планувати та оптимізовано керувати процесами виробництва. Збільшення асортименту техніки та контрольованих параметрів, значний розширення зони контролю та потреба у моніторингу експлуатаційних параметрів – все це стало передумовою для розвитку системи управління гірничо-транспортним комплексом.





2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ НАКАЧУВАННЯ ШИН КАР'ЄРНИХ САМОСКИДІВ

Система сприяє ефективному управлінню роботою кар'єра, включаючи оптимізацію вантажних потоків та забезпечення необхідного складу корисних компонентів у руді. Реалізація системи управління гірничотранспортним комплексом призводить до збільшення продуктивності використання техніки й обладнання протягом робочої зміни, підвищення ефективності праці, зменшення витрат палива, економії матеріальних й трудових ресурсів на виробництві, покращення трудової дисципліни й технологічної команди, створення об'єктивної системи оцінки служб підприємства та умов для систематичного обслуговування техніки [11, 13].

Отже, користувачі автоматизованої системи отримують доступ до різноманітних інструментів управління гірничо-транспортним комплексом. Ця інформація, що включає в себе сповіщення про порушення роботи, результати контролю планової виробничої потужності обладнання та продуктивності, графічне представлення графіка руху самоскидів та візуальне картографічне відображення даних, призначена для прийняття рішень з метою підвищення продуктивності комплексу та забезпечення планових якісних характеристик добутку.

Тому розглядання проекту автоматичної системи для накачування шин кар'єрних самоскидів як додаткового модулю інтегрованої АСУ кар'єру, який робить їх роботу більш ефективною в умовах відкритої розробки під промислові заводи та складності дистанційного обміну інформацією, можна вважати актуальним.


2.1 Основні задачі АСУТП

Основні задачі системи це працювати як в автономному режимі, так і у взаємодії з людиною. АСУТП складається з комплексу програмних та технічних засобів. Вони можуть бути представлені як окремими пристроями, і їх системами. Підібрати необхідні технічні засоби, домовитися про впровадження АСУТП, а також отримати комплекс послуг (проекування, монтаж, гарантійне обслуговування).

Ефективність управління визначають за наступними критеріями:

- витрати на ремонт, що визначають надійність та довговічність обладнання;
- час на модернізацію, заміну та освоєння (навчання);
- спрощення приладів, їхнє програмування;
- зменшення кількості додаткових пристроїв – датчиків, кабелів, вводів.

Розглянемо принцип функціонування.



Людина прочитує інформацію, вводить параметри, вибирає режим роботи. А прилади вимірюють, порівнюють, керують іншими машинами. Такий тандем забезпечує:

- багатозадачність;
- асиміляцію;
- лабільність.

Основні функції, які виконують системи, включають:

- моніторинг та організацію;
- передачу даних;
- обробку, ранжування, аналіз та зберігання інформації;
- своєчасне реагування на аварійну ситуацію;
- ведення журналів, звітів.

«Людина-машина» робить усю схему гнучкішою. «Розумні» автомати легко програмувати та перепрограмувати. Блоковий принцип організації полегшує ремонт та обслуговування, дозволяє замінити застарілі блоки більш сучасними. При модернізації процесу не слід надовго зупиняти виробництво.

Розглянемо результати впровадження та переваги.

Внаслідок застосування автоматизованих схем промисловець отримує наступні переваги:

- стабільну безаварійну роботу всієї системи та окремих її частин;
- підвищення її економічності, вигідності;
- подовження терміну експлуатації устаткування;
- економію електроенергії, коштів, часу;
- відповідність міжнародним та вітчизняним стандартам;
- підвищення якості кінцевого продукту.

Проте планування технологічного процесу прагне повного усунення чи зниження ролі людини. Так званий «людський фактор» часто стає причиною збою та помилок. Автоматизація дозволяє скоротити обслуговуючий персонал, збільшити багатозадачність машин. Відкрита архітектура виробництва дозволяє швидко його перебудувати, удосконалювати, розширювати.

2.2 Конструктивні та технологічні особливості системи

Основними параметрами до системи автоматизації накачування шин включають:

- автоматичний контроль та регулювання тиску, температури та вологості повітря;
- захист від перепаду напруги, надлишкового тиску, забруднення та вологості повітря;
- інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для оператора (аналоговий та цифровий);
- надійність та безпека експлуатації.

Перелік технічних параметрів:

- тиск повітря: згідно з паспортними даними шин;

- температура повітря: до 50°C;
- вологість повітря: до 4%.

Опис вибору технічних компонентів та схема підключення (Рис.2.1):


- компресор (потужність, що забезпечує необхідний тиск повітря);
- ресивер (ємність для накопичення зжатого повітря з датчиками тиску та температури);
- датчики (тиску, температури, вологості);
- фільтри (очищення повітря);
- осушувач повітря;
- шланг високого тиску;
- пістолет для з'єднання.



Рисунок 2.1 - Схема підключення компонентів.

Алгоритм роботи наступний: панель управління системи (комп'ютер) дає команду на запуск компресора, компресор починає створювати тиск який попадає до фільтрів очищення повітря від масла та очищення повітря від дрібних частинок, осушення повітря, на кожному етапі комп'ютер контролює всі процеси параметрів повітря, після чого проводиться накачування шин до необхідного тиску та відключення компресора після досягнення заданих параметрів. У разі перевищення допустимих параметрів спрацьовують захисні заходи. Весь процес накачування та введенні параметри фіксуються в реальному часі і передаються на сервер (хмару), та паралельно доступні в реальний момент часу віддалено, можна відслідковувати стабільність виконання операції, контролювати виробничий персонал віддалено, виконувати аналіз виконаних операцій.

Перший бік автоматизованої системи, що керує процесом накачування шин, включає автоматичне регулювання параметрів повітря, таких як тиск, температура та вологість. Система має забезпечувати захист від перекрыття, перевищення тиску, забруднення та вологості



повітря. Інтерфейс для оператора має бути простим у використанні, щоб легко налаштувати параметри системи.

2.3 Обґрунтування та вибір технічних рішень

Для втілення цього проекту визначено місце в гірничо-транспортному цеху для проведення шиномонтажних робіт, які включають в себе заміну коліс, монтаж та демонтаж шин і інші дії.

Інсталяція шин відбувається на спеціальній ділянці, де проходить процес нагнітання повітря у шину. Для цього місце має бути обладнане магістраллю стиснутого повітря або повітряно-роздавальною колонкою з манометром або дозатором тиску повітря. У нашому випадку повітря піддається кільком ступеням очищення та осушення, при цьому постійно відбувається слідування та контроль за технічними параметрами.

Приміщення повинно бути оснащено установками пожежогасіння для автомобільного транспорту і звуковою сигналізацією. Бажано, щоб була встановлена автоматична система пожежогасіння, яка має високий потенціал створення безпечного середовища, незалежно від площі приміщення.

Робоче освітлення у приміщеннях, де виконуєте шино-монтажні роботи, має бути загальним та локалізованим.

У разі наявності інших робочих місць або проходів поруч із місцем, де проводите шино-монтажні роботи, використовуйте захисні екрани.

Ці види робіт відносяться до діяльності підвищеної загрози, яка передбачає виконання завдань в умовах небезпечного впливу шкідливих чинників на робочому місці за допомогою технічних засобів або процесів, що характеризуються високим рівнем ризику для аварій, пожеж, загрози здоров'ю та навколишньому середовищу.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Одним із основних напрямків розвитку сучасних систем автоматизації є створення інтегрованих систем управління виробництвом, які вирішують завдання інтеграції традиційних автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП) та автоматизованими системами управління виробництвом (АСУВ) з метою створення єдиного інформаційного простору підприємства для об'єктивної та оперативної оцінки стану підприємства, оперативного прийняття своєчасних та ефективних управлінських рішень, ліквідації інформаційних та організаційних бар'єрів між управлінським та технологічним рівнями.

Як відомо, інтегрована система – сукупність двох або більше взаємопов'язаних систем, функціонування однієї з яких залежить від результатів функціонування іншої (інших) так, що цю сукупність можна розглядати як єдину систему. У літературі відомі кілька позначень інтегрованої системи управління, наприклад:

- інтегрована система управління – система, в якій об'єднані обчислювальні, мережеві, апаратні та інші ресурси, необхідні для досягнення багатокритеріальної мети управління підприємством. Інтегрована система управління об'єднує всі рівні ієрархії системи управління рівень, контролерний, диспетчерський та бізнес-рівень [3];

- інтегрована автоматизована система управління (ІАСУ) є ієрархічно організованим комплексом організаційних методів, технічних, програмних, алгоритмічних та інформаційних засобів, які мають модульну структуру і забезпечують скрізне узгоджене управління матеріальними та інформаційними потоками об'єкта управління [4];

- інтегровані системи управління – це багаторівневі ієрархічні автоматизовані системи управління, які забезпечують комплексну автоматизацію останнього на всіх рівнях [5];


- інтегрована АСУ підприємством (об'єднанням) – це багаторівнева автоматизована система управління, яка призначена для комплексної автоматизації функцій управління інженерно-технічною, адміністративно-господарською, виробничо-технологічною та соціальною діяльністю промислових підприємств і забезпечує ефективніше розв'язання завдань з планування, випуску, розробки, засвоєння, виробництва та реалізації продукції [6].

Дана система управління буде здійснюватися на гірничому підприємстві за допомогою інтегрованої системи автоматизованого контролю диспетчеризації яка створена з метою оптимізації технологічних процесів гірничо транспортних цехів.

Основні напрями автоматизованої роботи системи:

- підвищення оперативності контролю системи керування підприємством;


- створення єдиної автоматизованої системи керування підприємством;

- 
- зниження затрат на організаційну взаємодію виробничих структур;
 - забезпечення інформаційної прозорості виробничої діяльності;
 - підвищення ефективності роботи підприємства;
 - підвищення продуктивності праці;
 - покращення експлуатаційних показників;
 - підвищення ефективності зберігання, обробки, збереження інформації;
 - підвищення рівня безпеки та безаварійності технологічних процесів.
- Структура буде складатися з наступних рівнів АСУТП у якому пропонується виділити три підрівня реалізації управління технологічними процесами.

На нижньому рівні розташовуються датчики, виконавчі механізми та контролери, які встановлюються безпосередньо на технологічних об'єктах. Основне призначення цих пристроїв полягає в зборі інформації про параметри процесу, перетворенні її у спеціальну форму для подальшої передачі на вищий рівень управління. Нижній рівень відповідає за: зібрання даних про технічні параметри процесу; генерацію керуючих сигналів для підтримки поточних значень параметрів або їх зміну відповідно до встановлених правил; видачу сигналів про відхилення параметрів за встановлені межі; блокування помилкових дій персоналу та управляючих пристроїв. Датчики передають отримані дані локальним програмованим логічним контролерам з операційними системами реального часу.

Контролери середнього рівня здійснюють збір інформації з локальних контролерів, можуть підключатися до мережі диспетчерського пункту напряму або через інші контролери. В залежності від завдань, ці контролери виконують різноманітні функції: збір та обробка інформації від контролерів на нижньому рівні, генерація сигналів управління на основі аналізу даних, синхронізація роботи підсистем, зберігання даних, обмін інформацією між локальними контролерами та верхнім рівнем, функціонування в автономному режимі при втраті зв'язку з верхнім рівнем, діагностика та захист від збоїв у елементах підсистем на нижньому рівні.

Верхній рівень управління це диспетчерський пункт що складається з однієї або декількох станцій управління, які є автоматизованими робочими місцями диспетчерів або операторів. На цьому рівні може бути також розміщений сервер бази даних, комп'ютери для фахівців та інше обладнання. Робочі станції управління призначені для відображення технологічного процесу та здійснення оперативного управління. Зокрема, ці завдання виконуються за допомогою SCADA-систем (зокрема, систем дистанційного керування та збору даних). SCADA позначає системи дистанційного моніторингу та управління, включаючи спеціалізоване програмне забезпечення, яке створене для забезпечення інтерфейсу між диспетчером та системою управління, а також для взаємодії з навколишнім середовищем. Функціональні можливості SCADA у системах управління визначаються її функціями.



У даному розділі розглядається повністю автоматизоване комплексне планування та управління гірничим виробництвом, зокрема контроль технологічних процесів на кар'єрах. Ця система базується на поширенні не лише обсягів застосування автоматизованих систем управління, які ґрунтуються на супутникових інформаційних технологіях, а й на розширенні функціональних можливостей таких систем. Основною метою є покращення інтеграції інформаційних комунікацій між рівнями управління підприємством, що включає не лише послідовність "рівень АСУТП - рівень MES-система - рівень ERP-система - рівень OLAR-система", а й зворотний зв'язок в цій системі управління. Поліпшення ефективності використання АСУГТР у галузі методологічного та програмно-інформаційного забезпечення її функціонування пов'язуються з розробкою та впровадженням такого забезпечення для конкретних унікальних завдань гірничого підприємства, а також адаптацією та інтеграцією забезпечення до існуючих базових функціональних модулів системи управління.

Програмне забезпечення WEBSCADA буде використовуватись для диспетчерського управління та збору даних. Ця система швидко відображає інформацію на моніторах диспетчера, а графіки дозволяють отримати повну картину про функціонування підприємства протягом конкретного проміжку часу. Для зберігання та обробки інформації встановлено потужні сервери, які підключені за допомогою оптоволоконного кабелю. Зручне дистанційне керування та висока інформативність сприяють швидкості та ефективності роботи персоналу.

Важливою особливістю системи є її відкритість для модифікації наявних екранних форм та звітів та створення нових. На той час для зберігання даних використовувалися бази даних Oracle.

Дана система управління гірничо-транспортним комплексом на базі технологій GPS буде встановлено на бортове обладнання системи управління на автосамоскиді. Основним завданням системи буде візуалізація місця розташування та параметрів роботи машин на карті кар'єра в диспетчерському центрі, для того щоб диспетчер міг у режимі реальної часу бачити зміну тиска в шині, температуру в шині, зміну рівня палива, вагу перевезеного вантажу, відстежувати поточну швидкість машини. Серед основних характеристик системи можна відзначити локальність її роботи (система працюватиме лише у зоні радіопокриття), послідовне циклічне опитування об'єктів базовою станцією, ймовірність часткової втрати даних та обмеженість числа параметрів моніторингу.

Для втілення проекту використовується мікроконтролер із достатньою кількістю портів для підключення датчиків і виконавчих механізмів. Програмне забезпечення написане на мові програмування C і включає необхідні бібліотеки для роботи з сенсорним дисплеєм. Структура програмного забезпечення містить модулі збору даних від датчиків, обробки цих даних та прийняття рішень, управління компресором і клапанами, а також інтерфейс користувача.

Алгоритм управління процесом накачування шин складається з ініціалізації системи, збирання даних від датчиків, аналізу отриманих даних, прийняття рішення щодо активації компресора, контролю параметрів накачування та вимкнення системи після досягнення заданих значень.

3.1 Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації

В якості технічного засобу використовуємо головну електронну обчислювальну машину таку як Arduino Uno.

Технічні характеристики мікроконтролера ATmega328 та порівняльний аналіз з мікроконтролером ATmega168 представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Порівняльний аналіз ATmega328 і ATmega168

Мікроконтролер	ATmega328	ATmega168
Робоча напруга, В	5	5
Мікроконтролер	ATmega328	ATmega168
Вхідна напруга	7-12 В	7-12 В
Вхідна напруга	6-20 В	6-20 В
Цифрові Входи/Виходи	14 (6 з котрих можуть	14 (6 з котрих можуть
Аналогові входи	8	8
Постійний струм через	40	40
Флеш-пам'ять, Кб	32 (0,5	16 (2
ОЗУ, Кб	2	1
ПЗУ, Кб	1	0,512
Тактова частота, МГц	16	16
Розміри, см	1.85 x 4.2	1.85 x 4.2

Arduino Uno є пристроєм, що базується на мікроконтролері ATmega328. Він має в своєму складі всі необхідні компоненти для зручної роботи з мікроконтролером, включаючи 14 цифрових входів/виходів (6 з яких можуть бути використані як ШІМ-виходи), 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на частоті 16 МГц, USB-порт, роз'єм живлення, роз'єм для внутрішньочіпового програмування (ICSP) і кнопку скидання.

Контролер надає управління системою автоматизації смарт-дому, включаючи освітлення, клімат-контроль, вікна, двері та сигналізацію. Він отримує дані від датчиків, обробляє їх, і видає необхідні імпульси для керування змінних стану виконавчих механізмів за допомогою реле або транзисторів.

На сьогоднішній день існує більше 200 модифікацій мікроконтролерів. Популярністю у розробників користуються 8-бітові мікроконтролери PIC фірми Microchip Technology та AVR фірми Atmel, 16-бітові MSP430 фірми TI, а також ARM.

У той час як 8-розрядні процесори загального призначення повністю витіснені продуктивнішими моделями, 8-розрядні мікроконтролери продовжують широко використовуватися. Це пояснюється тим, що існує велика кількість застосувань, які не потребують високої продуктивності.

У пристрої, що розробляється, не знадобиться високопродуктивний мікроконтролер (такі як 16-бітові MSP430), так як число завдань в системі оповіщення буде не велике.

Розглянемо і порівняємо між собою два найбільш популярні 8-розрядні мікроконтролери, які широко використовуються на даний момент.

Мета цього порівняння полягає у виборі найбільш відповідного мікроконтролера для центрального блоку системи, що розробляється.

У таблиці 3.2 представлені основні характеристики двох мікроконтролерів: Attiny2313 та PIC16F628A.

Таблиця 3.2 - Основні характеристики мікроконтролерів

Характеристики		Attiny2313	PIC16F628A
Швидкодія	Макс. Такт. Частота (МГц)	20	20
	Flash-пам'яті програм (байт)	2048	2048
Пам'ять	EEPROM (байт)	128	128
	SRAM (байт)	128	224
	Число портів введення/виводу	18	16
	Послідовний інтерфейс	USART	USART
Периферія	Вбудований тактовий генератор	Є	Є
	Напруга живлення	2,7-5,5 В	3-5,5 В
	Аналоговий компаратор	Є	Є
Дод. хар-ки	Детектор зниженого живлення	Є	Є
	Цінна, грн	150	250

Отже, кожен мікроконтролер може бути використаний розробки центрального блоку системи оповіщення. Проте ціновий чинник залишається вирішальним. Тому для пристрою, що розробляється, вибирається схема Attiny2313 (див. рис. 3.1).

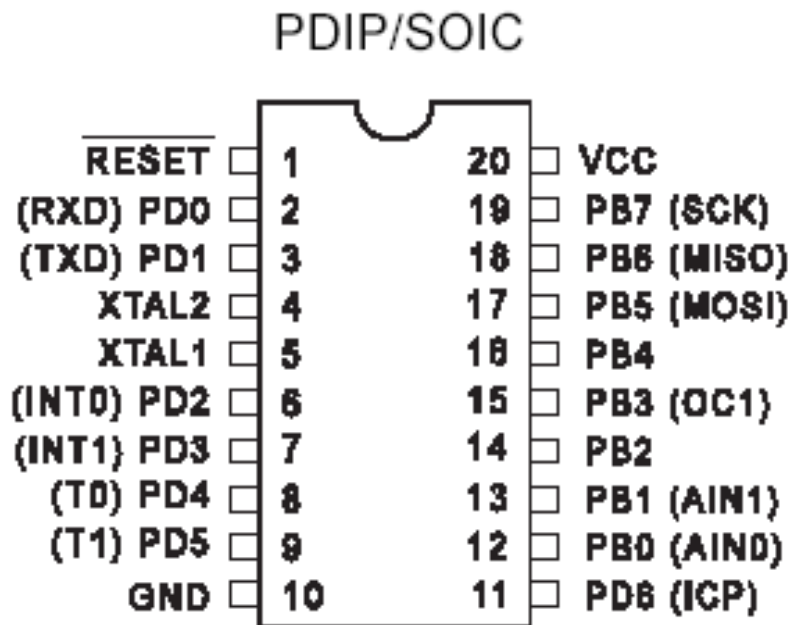


Рисунок 3.1 - Чіп ATtiny2313

Розглянемо порядок роботи системи.

На рисунку 3.2 показана схема електрична принципова модуля, що розробляється.

Після ввімкнення живлення або натискання кнопки Reset пристрій входить у той режим, в якому був востаннє – “очікування постановки на охорону” або “охорона”. Але якщо телефон не підключений або з ним якісь проблеми, то світлодіод буде дуже рідко спалахувати (горить ~0,5сек, ~5сек пауза), поки не підключать телефон або проблема не вирішиться.

У режимі очікування пристрій чекає піднесення ключа до зчитувача. Якщо ключ піднесли, він є в пам'яті, всі зони закриті, то світлодіод блимне довгими спалахами три рази і пристрій стане в режим "охорона". Якщо хоч одна із зон не закрита, то пристрій моргне тричі короткими спалахами і не встане в режим "охорона". Закритою вважається зона, яка замкнута на землю. Якщо вам не потрібно всі чотири зони, то зайві повинні бути закриті. Якщо піднесеного ключа немає в пам'яті, то світлодіод також моргне три рази.

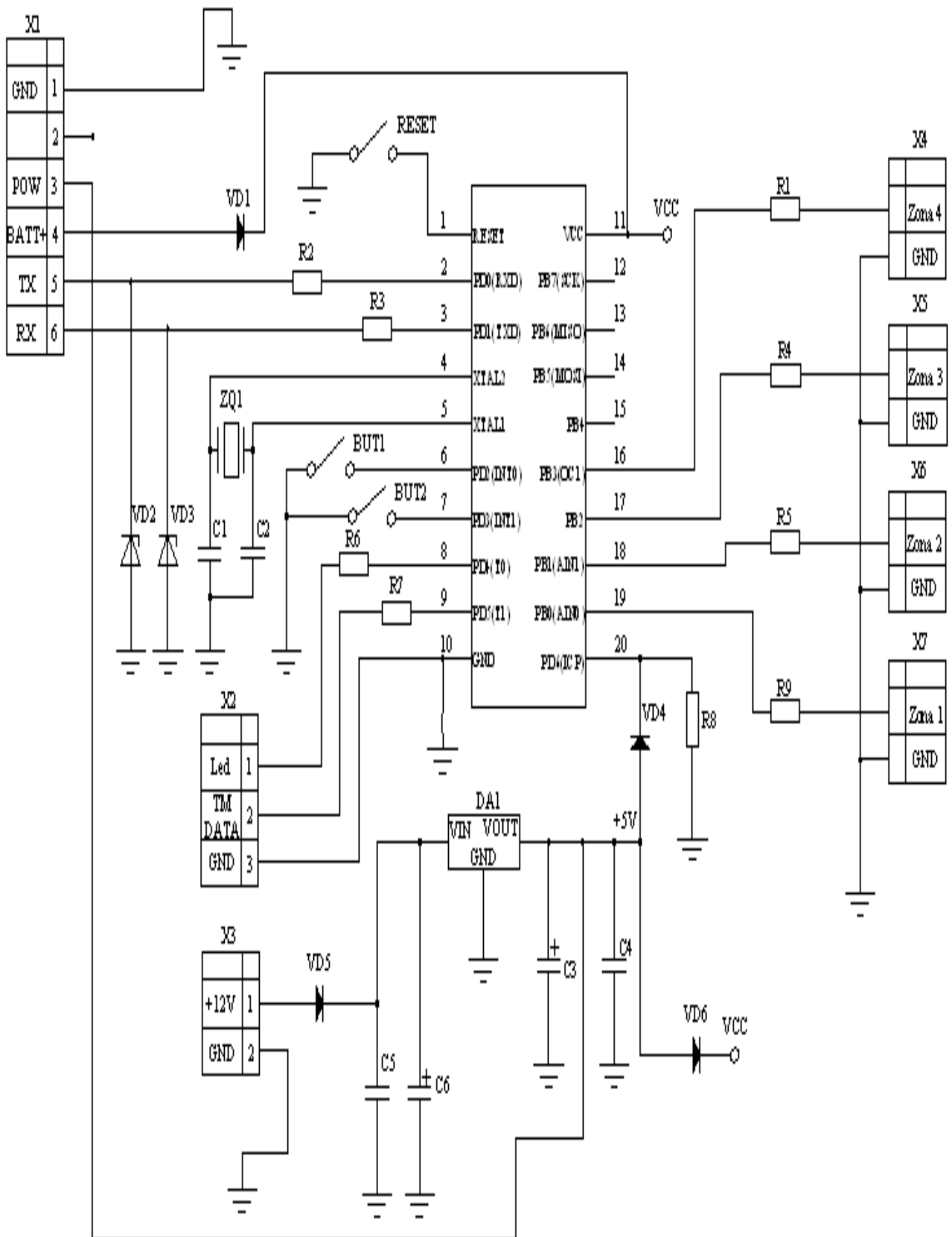


Рисунок 3.2 - Схема електричного пристрою принципова

В даному режимі світлодіод зрідка моргає, опитуються всі зони на розрив та перевіряється наявність зовнішнього живлення. При розриві будь-якої з зон на номери телефонів, занесені в пам'ять мобільного телефону, надсилаються СМС і надходять короточасні дзвінки. Після

чого світлодіод починає швидко моргати, і пристрій очікує виходу з цього режиму дотиком до зчитувача, який є в пам'яті. Якщо в цьому режимі відбудеться відключення зовнішнього живлення, то на всі номери одноразово прийде СМС з текстом «Vidklucheno zovnishne zhivlenia», а пристрій, як уже було сказано, буде продовжувати роботу від акумулятора мобільного телефону. Вихід із цього режиму та перехід у режим «очікування постановки на охорону» відбудеться під час піднесення ключа, який є в пам'яті.

На рисунку 3.3 наведено приклад роботи системи.

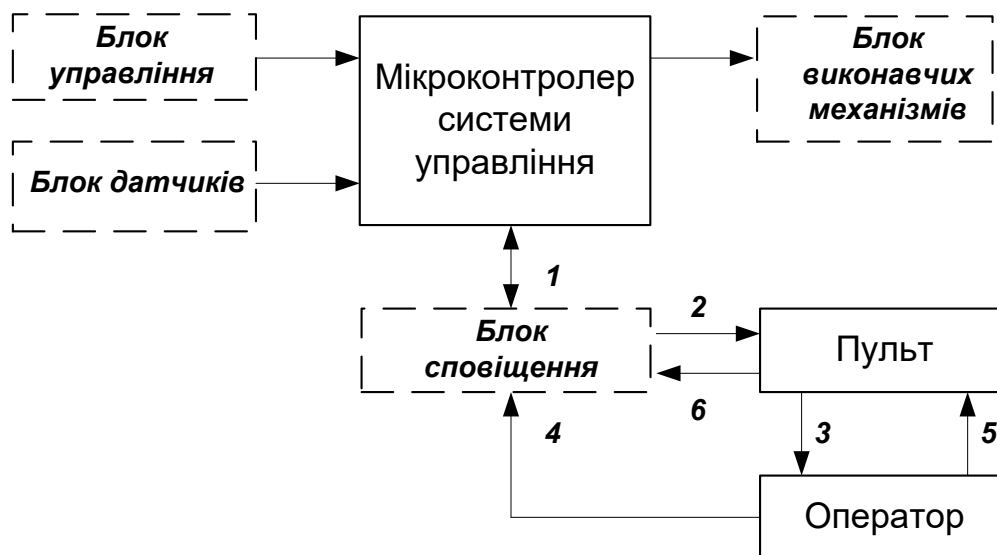


Рисунок 3.3 - Робота GSM-каналу

Розглянемо режим програмування та налаштування телефону. У цьому режимі програмуються ключі в пам'ять, і телефон налаштовується для роботи. Для початку слід стерти всі SMS та номери телефонів, що знаходяться в пам'яті телефону та на SIM карті, з якою буде працювати телефон. Після чого потрібно створити в записнику від одного до трьох телефонів, на які надалі надходять дзвінки та СМС. На цьому операції із телефоном закінчено.

Після цього потрібно увійти в режим програмування пристрою. Для чого натисніть кнопку But1 і, утримуючи її, натисніть та відпустіть кнопку Reset. Опустіть кнопку But1. Світлодіод на зчитувачі почне моргати: один раз спалахнув, потім пауза і повтор. Це свідчить про вхід у режим програмування.

У першому режимі програмування заносяться ключі, які використовуватимуться пам'ять пристрою. Щоб занести ключ у пам'ять, торкніться зчитувача. Світлодіод моргне три рази – це говорить про успішне програмування ключа в пам'ять. І так три ключі. Щоб перейти до другого режиму програмування, натисніть кнопку But1, доки світлодіод не перестане моргати, після чого опустіть кнопку. Світлодіод на зчитувачі почне моргати: двічі спалахнув, потім пауза і повтор. Це свідчить про вхід у другий режим програмування.

У другому режимі програмування раніше запрограмовані ключі, при піднесенні їх до зчитувача, будуть стиратися з пам'яті. Тобто все протилежно першому режиму: у першому записували, у другому стираємо.

Для переходу в третій режим програмування, натисніть кнопку But1, поки світлодіод не перестане моргати, після чого опустіть кнопку. Світлодіод на зчитувачі почне моргати: тричі спалахнув, потім пауза і повтор. Це свідчить про вхід у третій режим програмування. У третьому режимі стираються всі ключі, без піднесення їх до зчитувача. Для цього натисніть та утримуйте кнопку But2, поки світлодіод не зробить паузу, а потім моргне три рази. Це означатиме, що всі ключі стерті.

Для переходу в четвертий режим програмування, аналогічно натисніть кнопку But1, поки світлодіод не перестане моргати, після чого опустіть кнопку. Світлодіод на зчитувачі почне моргати: чотири рази спалахнув, потім пауза і повтор. Це свідчить про вхід у четвертий режим програмування.

Четвертий режим програмування необхідний для підготовки телефону, саме, для створення в телефоні СМС, які він потім буде відправляти. Для цього натисніть кнопку But2, доки світлодіод не перестане моргати. Після цього відпустіть кнопку. Пристрій створить у пам'яті телефону п'ять СМС і блимне світлодіодом тричі. Ці SMS будуть потім використовуватися при роботі, а саме SMS з текстом "Vzлом zoni 1" буде відправлятися при розриві шлейфу «Zona1» і т.ін. Ви можете відредагувати цю СМС написавши потрібний текст, наприклад "Vzлом Garaja". Але тільки відредагувати, а не стирати та створювати нові СМС, інакше пристрій не зможе працювати.

І п'ята SMS з текстом "Vidklucheno zovnishne zhivlenia" буде відправлятися, якщо в режимі охорони пропаде живлення 12 вольт. Пристрій ще деякий час зможе працювати від акумулятора телефону.

Четвертим режимом програмування був останній режим програмування. Натисніть кнопку Reset, щоб вийти з будь-якого режиму програмування.

За участю вибраного контролера, відомих датчиків і підсистем керування, а також відомих потоків даних, які потрапляють до мікропроцесора, було створено спеціальну таблицю входів (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 - Входи / виходи мікроконтролера і пристроїв

Пристрій	Вхід мікроконтролера	Вхід пристрої
УЗ - датчик, 3 шт	D2 - D7	Trig Echo
DHT 11	D8	I / O
IRL3705N	D9	G
MOSFET VDC24V, 3 шт	A0 - D2	DC+
WAVGAT Relay Module	A3	DC+

Датчиком температури повітря був обраний датчик DHT11.

З'єднання VCC забезпечує живлення датчика. Хоча можлива напруга живлення у діапазоні від 3,3 до 5,5 В, рекомендується використовувати живлення на рівні 5 В. При живленні напругою 3,3 В необхідно не перевищувати довжину кабелю 1 метр, інакше падіння напруги в лінії може призвести до похибок вимірювань. Вивід Data призначений для зв'язку між датчиком та мікроконтролером. NC не підключений. GND необхідно підключити до землі Arduino.

Основні характеристики датчика DHT11 можна переглянути у таблиці 3.4. Ілюстрація з'єднання датчика DHT11 з Ардуіно можна побачити на рисунку 3.4.

Таблиця 3.4 - Основні технічні характеристики датчика DHT11

Характеристика	Значення
Струм вимірювання/очікування, мА	0,3 / 60
Напруга живлення, В	3,3 або 5
Визначення вологості	20-80% з точністю 5%
Визначення температури	0-50 ° С з точністю 2%
Частота опитування, Гц	1
Розміри, мм	15,5x12x5,5

Датчики, як PIR (пасивні інфрачервоні), використовуються для виявлення руху і широко застосовуються в системах сигналізації. Ці датчики компактні, економічні у використанні, мають низьке споживання енергії і практично не вимагають обслуговування. Крім PIR, їх також можна знайти під позначенням піроелектричних та інфрачервоних датчиків руху. Схема підключення PIR датчика до Ардуіно представлена на рисунку 3.5.

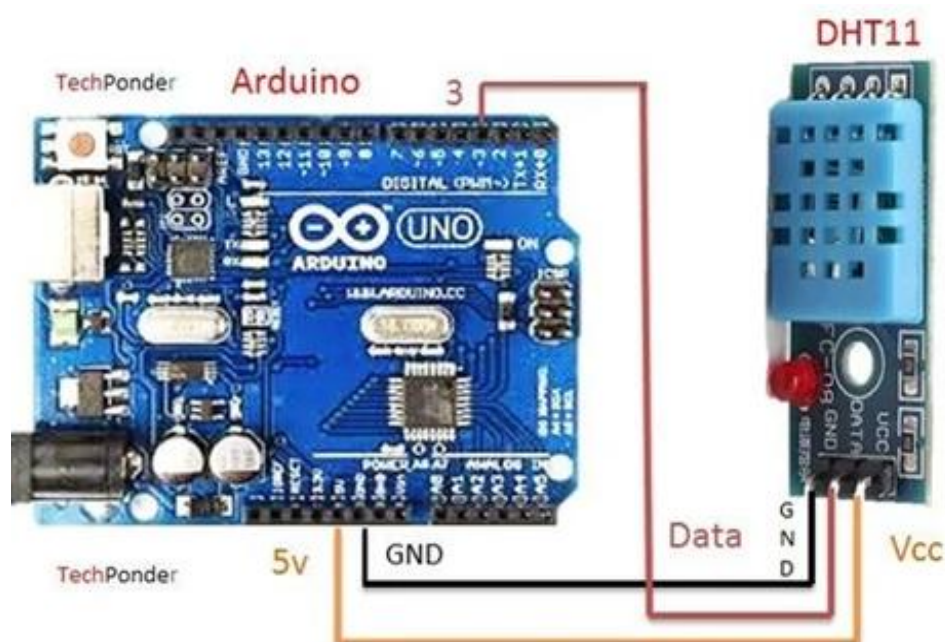


Рисунок 3.4 - Схема підключення датчика DHT11 до Ардуіно

PIR датчики руху в основному складаються з піроелектричного чутливого компонента, який виявляє рівень інфрачервоного випромінювання. Навколо них є трохи радіації. Зі збільшенням температури зростає рівень випромінювання. Датчик поділений на дві частини, бо важлива тільки наявність руху в його зоні чутливості, а не сам рівень випромінювання. Ці дві частини вже розташовані таким чином, що, якщо одна частина виявляє більше випромінювання, ніж інша, сигнал виводить значення високий або низький.

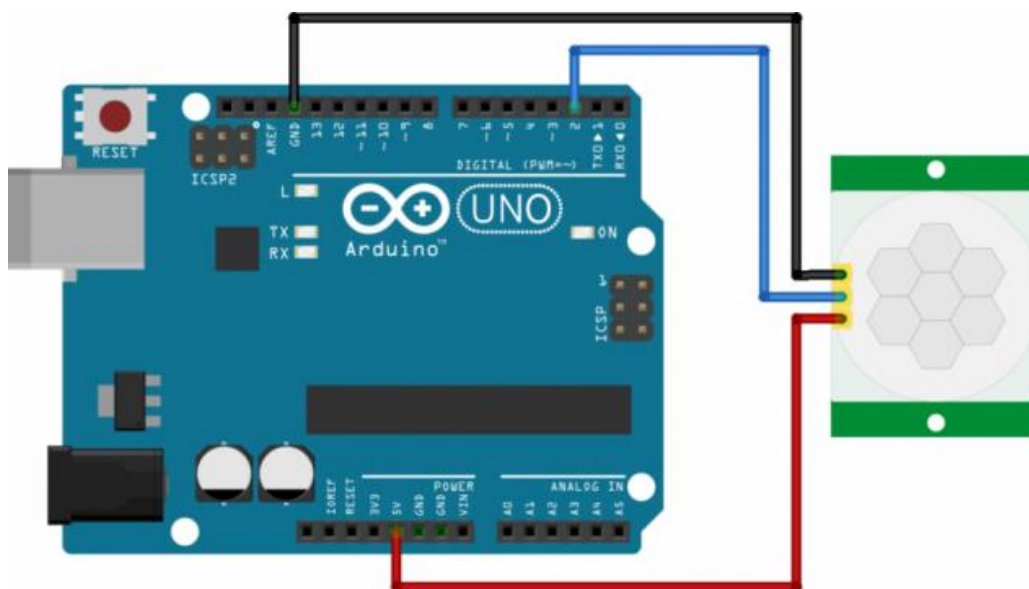


Рисунок 3.5 - Схема підключення датчика PIR до Ардуіно

Радіочастотна ідентифікація (RFID) - це автоматична безконтактна ідентифікація об'єктів за допомогою радіочастотного каналу зв'язку.

Ідентифікація об'єктів відбувається за допомогою унікального цифрового коду, який зчитується з пам'яті електронної мітки, що прикріплена до об'єкта ідентифікації. Зчитувач складається з передавача та антени, яка випромінює електромагнітне поле на певній частоті. При потраплянні в зону дії пристрою, який зчитує поля радіочастотні мітки, вони надсилають свій сигнал, що містить інформацію (ідентифікаційний номер товару, дані для користувача та інше). Антена зчитувача сприймає сигнал, інформація розшифровується та передається на комп'ютер для подальшої обробки. Більшість сучасних систем контролю доступу використовують ідентифікатори, що працюють на частоті 125 кГц. Серед них також використовуються картки EM-Marlin, HID і Indala. Ці карти зазвичай використовуються для відкриття дверей і турнікетів, проте не забезпечують високого рівня захисту від несанкціонованого доступу, як їх легко копіювати та підробляти.

Основні технічні характеристики RFID наведені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Технічні характеристики RFID

Характеристика	Значення
Споживаний струм, мА	13-26
Робоча частота, МГц	13,56
Дальність зчитування, мм	0 ~ 60
Напруга живлення, В	3,3
Інтерфейс	SPI, максимальна швидкість передачі 10 Мбіт / с
Розмір, мм	40 × 60

Схема підключення RFID до Ардуіно представлена на рисунку 3.6. Дійсний захист від копіювання та підробки забезпечують такі ідентифікатори, вірність яких додатково захищена криптографічними методами. Це безконтактні смарт-карти, які працюють на частоті 13,56 МГц, найпоширенішими з яких є карти Mifare. У картах даних стандартів крипто захист впроваджено на високому рівні, і підробка таких карт практично неможлива.

Реле - це пристрій, що відкриває або закриває електричне коло. Шляхом управління реле можна контролювати прохід електричного струму через нього. У рисунку 3.7. зображено схему підключення реле до платформи Arduino.

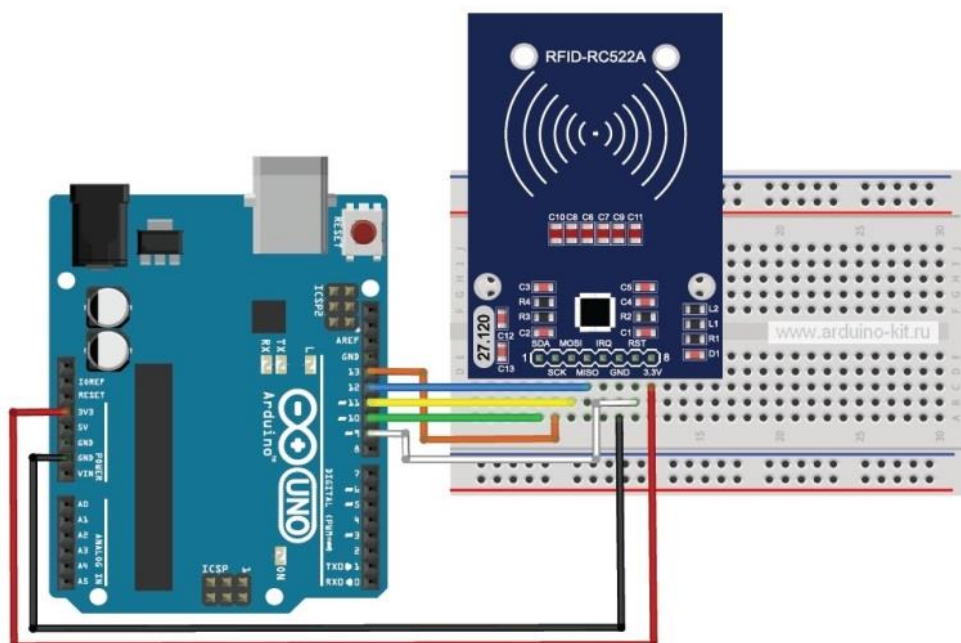


Рисунок 3.6 - Схема підключення RFID до Ардуіно

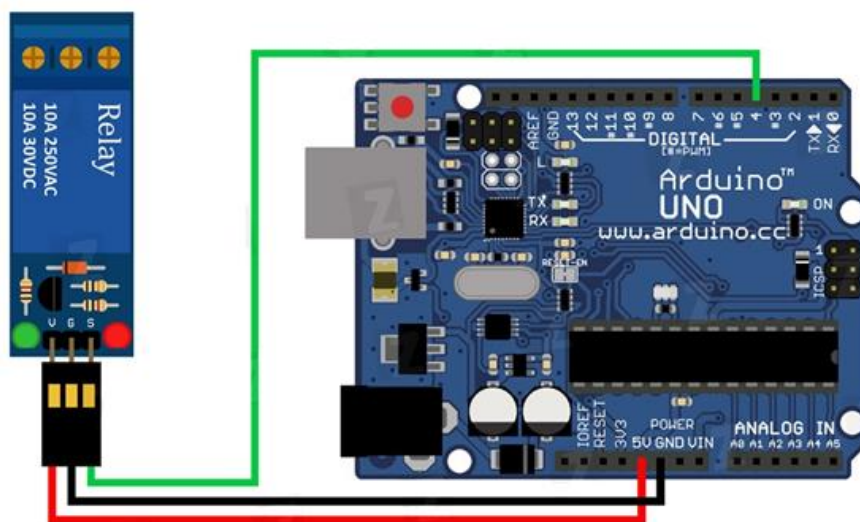


Рисунок 3.7 - Схема підключення реле до Ардуіно

На сучасному етапі наявно більше 200 варіацій мікроконтролерів. До популярних серед розробників відносяться 8-бітові мікроконтролери від компанії Microchip Technology під брендом PIC та від Atmel під брендом AVR, 16-бітові MSP430 від компанії TI, а також ARM. Навпаки, хоча загалом призначені 8-бітові процесори вже були замінені на більш продуктивні моделі, 8-бітові мікроконтролери продовжують залишатися популярними. Це пояснюється тим, що існує велика кількість застосувань, де не потрібна відмінна продуктивність.

У пристрої, над яким йде розробка, не потрібен мікроконтролер високої продуктивності (наприклад, 16-бітовий MSP430), оскільки кількість завдань у системі оповіщення буде невеликою.

3.2 Проектування системи накачування шин кар'єрних самоскидів

Система - це структура в якій елементи ранжуються або розташовуються один над одним, як правило, на різних рівнях важливості або повноважень. В автоматизації структура зазвичай складається з різних рівнів управління, кожен з яких відповідає за керування певним технологічним процесом. Такий тип структури допомагає встановити чіткі процеси прийняття рішень системі [17].

Деякі загальні елементи ієрархічної структури можуть включати:

- 1) організаційний рівень:
 - управління процесом накачування шин;
 - моніторинг ефективності процесу;
 - ресурсне забезпечення.
- 2) технічний рівень:
 - методи накачування шин;
 - контроль тиску та об'єму шин;
 - забезпечення безпеки під час процесу накачування.

3) інформаційний рівень:

- системи моніторингу тиску в шинах;
- системи звітності про ефективність накачування;
- збір та аналіз даних для оптимізації процесу.

4) комунікаційний рівень:

- взаємодія операторів та технічного персоналу;
- комунікація з постачальниками обладнання для накачування.

План контролю великогабаритних шин включає організаційні, технічні, інформаційні та комунікаційні аспекти для успішного керування цим процесом.

Для розробки програмного забезпечення для системи управління та контролю накачування велико-габаритних шин можна використовувати різні підходи в залежності від вимог та функціональності системи. Один з можливих варіантів - використання архітектури клієнт-сервер, де клієнтська частина відповідає за взаємодію з оператором, а серверна частина управляє процесом накачування шин.

Додатково, можна використовувати систему з веб-інтерфейсом, що дозволяє операторам контролювати процес насичення через браузер. Для забезпечення безпеки та надійності може бути враховане застосування алгоритмів управління та моніторингу, а також створення зручного та інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу користувача.


У цьому конкретному випадку, основною частиною процесу розробки буде вивчення вимог до системи, визначення потрібного функціоналу та вибір оптимальної структури програмного забезпечення для досягнення запланованих цілей.

Основними вимогами до автоматизованої системи управління процесом накачування шин є надійний контроль параметрів повітря, таких як тиск, температура і вологість, автоматичний моніторинг перешкод, таких як перепади напруги, зайвий тиск, забруднення та вологість повітря. Інтерфейс користувача має бути легким у користуванні, щоб оператор міг швидко налаштувати параметри системи без зайвих зусиль.

Для впровадження та реалізації даного проєкту вибрано місце на території гірничо-транспортного цеха у відділенні для проведення шиномонтажних робіт. Шиномонтажні роботи передбачають заміну коліс транспортного засобу, монтаж і демонтаж шини та інше.

Шиномонтажні роботи проводяться на спеціально відведеній дільниці, місце де відбувається процес накачування повітрям шини повинне бути забезпечене магістраллю стиснутого повітря або повітро-роздавальною колонкою з манометром або дозатором тиску повітря, в нашому випадку повітря проходить декілька ступенів очищення, а також осушення, ведеться постійний контроль та моніторинг за технічними параметрами.

Приміщення повинне бути обладнане для автомобільного транспорту установками пожежогасіння, а також звуковою сигналізацією, бажано щоб була також встановлена автоматична установка



пожежогасіння, незалежно від площі приміщення ця система має високий потенціал для створення безпечного середовища.

Робоче освітлення у приміщеннях, де виконуєте шино-монтажні роботи, має бути загальним та локалізованим.

У разі наявності інших робочих місць або проходів поруч із місцем, де проводите шино-монтажні роботи, використовуйте захисні екрани.

Ці роботи відносяться до робіт підвищеної небезпеки — це робота в умовах впливу шкідливих та небезпечних виробничих чинників з застосуванням технічних засобів праці або технологічних процесів, що характеризуються підвищеним ступенем ризику виникнення аварій, пожеж, загрози життю, заподіяння шкоди здоров'ю, майну або довкіллю.

3.3 Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації при передачі інформації з рухомого об'єкта

Мета пристрою це можливість передачі повідомлень системи безпеки телефонними каналами загального призначення, де об'єктом проектування є пристрій передачі повідомлень каналами GSM та GPRS.

Як в результаті розглянемо апаратну частину автоматизованої сигналізації, повідомлення якої здійснюються на основі стільникового зв'язку. Склад системи визначено, що включає центральний блок, датчики, мобільний телефон та зчитувач ключів. Також були встановлені основні параметри. Розглянутий алгоритм функціонування системи та принципова схема пристрою. І не залишились без уваги заходи з техніки безпеки та охорони праці.

В одному голосовому каналі GSM (режим CSD) можлива передача даних з максимальною швидкістю 9600 Кбіт/с, тоді як багатоканальний режим HSCSD дозволяє передавати дані зі швидкістю 19 200 Кбіт/с та вище. Але присутні і недоліки використання голосового каналу GSM це є велика вартість передачі кілобайта інформації та негативний вплив на економічні показники системи через затрати часу на організацію зв'язку між модемами під час передачі невеликих обсягів даних.

Наприклад, передача 20 Кбіт інформації зазвичай займає близько 2 секунд, у той час як час налаштування сеансу може варіюватись від 2 до 16 секунд в залежності від типу модемів.

Максимальна можлива швидкість передачі даних через технологію GPRS теоретично може досягати 170 Кбіт/с. GPRS технологія включила в себе інноваційну конструкцію пакету розміром у 456 біт, що складається із чотирьох інформаційних блоків по 114 біт, при цьому гарантуючи загальну швидкість передачі через канал у 22,8 кбіт/с. А для збільшення гнучкості та ефективності передачі даних в системі GPRS можна використовувати чотири різних схеми кодування, від CS1 до CS4.

Для ефективного управління роботою радіолінії у режимі пакетної передачі було створено спеціальний протокол RLC (Radio Link Control), що забезпечує можливість адаптивного налаштування, програмну зміну частоти та контроль потужності.

Адаптація радіолінії включає в собі вибір конкретної схеми кодування (CS1 - CS4) в залежності від характеру переданої інформації, параметрів радіоканалу та рівня зовнішніх завад (рисунок 3.8).

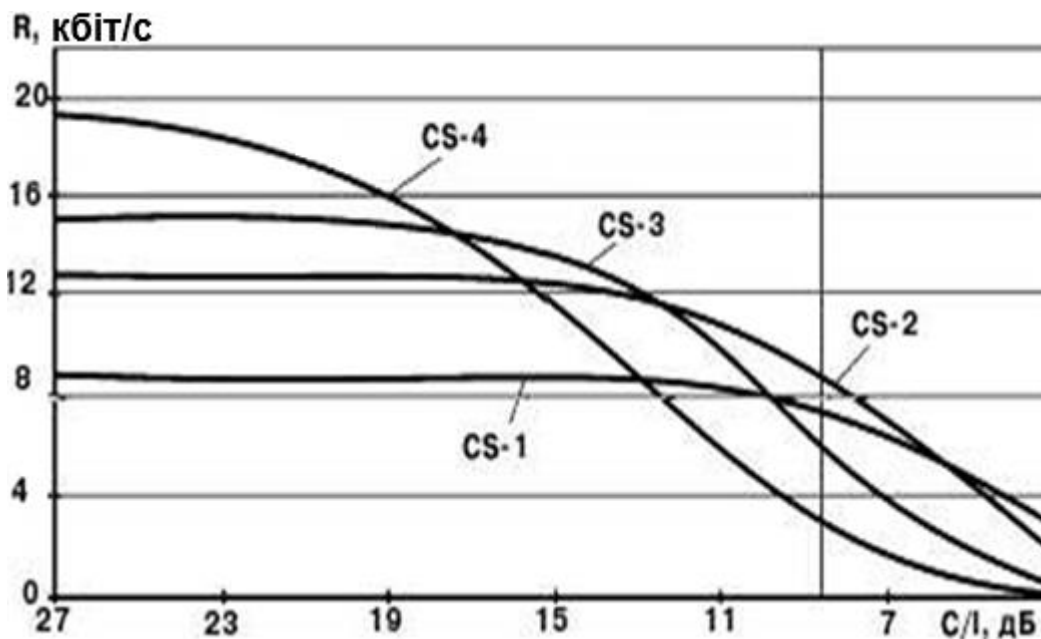



Рисунок 3.8 - Залежність пропускної спроможності від схеми кодування

У режимі GPRS кожному абоненту може бути надано від 1 до 8 канальних інтервалів. Під час передачі пакетів ресурси ліній зв'язку «вверх» і «вниз» можуть виявлятися різними незалежно одне від одного - у цій системі дозволяється використання асиметричного режиму передачі. На сьогоднішній день, коли використовується схема кодування CS2, швидкість передачі даних у GPRS-системі складає 115,2 (8x14,4) кбіт/с, але в теорії вона може бути підвищена до 171,2 (8x21,4) кбіт/с, якщо застосувати схему кодування CS4.

У проведених у жовтні 2008 році дослідженнях швидкості мобільного підключення було виявлено, що реальна середня швидкість вхідного з'єднання складає 130 кілобіт на секунду, а вихідного - 57 кілобіт на секунду. Ні один з операторів мобільного Інтернету не досягнув максимально можливої для стандарту швидкості (474 кілобіт на секунду для EDGE у GSM).

Звертаю увагу на те що швидкість передачі даних значно збільшується при використанні технології EDGE, є важливим аспектом.

EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) є новітньою цифровою технологією для мобільного зв'язку, яка діє як розширення для 2G та 2.5G (GPRS) мереж. Для використання EDGE у GSM мережі необхідно задати конкретні зміни та покращення. У заснованій на EDGE мережі можуть працювати: ECSD - прискорений доступ до Інтернету через CSD, EHSCSD - через HSCSD, та EGPRS - через GPRS. EDGE вперше був представлений у 2003 році в Північній Америці.



Незважаючи на те, що використання EDGE вимагає модернізації підсистеми базових станцій (BSS) у мережі GSM, це не потребує апаратних змін у NSS. Для підтримки EDGE потрібно встановити трансивери, які підтримують 8PSK модуляцію, оновити програмне забезпечення та мати телефони, що підтримують модуляцію та кодові схеми, які використовуються в EDGE. В даний момент близько шістнадцяти операторів в світі використовують EDGE, включаючи МТС, КиївСтар та Лайф.

В результаті огляду можливих варіантів передачі сигнали маємо апаратну частину автоматизованої сигналізації, повідомлення якої здійснюються на основі стільникового зв'язку. Визначено склад (центральний блок, датчики, мобільний телефон, зчитувач ключів) та основні параметри. Тобто сигналізація по GSM-каналі може бути вдосконалена дорожчими датчиками, мобільним телефоном, зчитувачем ключів, які володітимуть великою кількістю функцій, що виконуються і працюють у більш жорстких умовах експлуатації.

На дальність радіозв'язку впливають такі фактори: місце розташування BS та MS та рельєф місцевості; потужність та чутливість MS; потужність та чутливість BS; використовуються на MS та BS антени.

Зазвичай базові станції мають вихідну потужність 20-30 ватт. Антени можуть бути штирьовими або направленими. Чутливість базових станцій зазвичай коливається від -100 дБ до 115 дБ. Користувач не має можливості впливати або змінювати ці параметри. Більшість операторів обмежують дальність зв'язку мобільного телефону від базової станції до 35 км для GSM-900 і близько 10 км для GSM-1800 через особливості стандарту. Однак стандарт GSM також передбачає нестандартну конфігурацію стільників, яка може збільшити дальність зв'язку до 70-100 км (режим Extended Cell). Проте при такій конфігурації кількість розмовних каналів може зменшитися до 2-3, що може вплинути на пропускну спроможність мережі. Використання такого режиму у місті або біля оператора може бути неефективним. Іноді цей режим використовується на узбережжі для забезпечення покриття у береговій зоні.

Залізобетонні будівлі, відвали, насипи, здатні послаблювати сигнали, що проходять через них (при внутрішньому покритті), у 100-1000 разів (тобто на 20-30 дБ). До перешкод можна також віднести кузови автомобілів, крони дерев і т.д. Вплив можуть й атмосферні опади.

При розрахунку зони покриття застосовується модель Хата, яка досить проста у використанні. Ця модель дозволяє обчислити втрати на радіотрасі для конкретної місцевості та параметрів базової станції.

Після встановлення відповідних значень параметрів P (дБ), S (дБ) (зазвичай 20 дБ), Q (дБ) (у випадку MS -110 дБ), можна розрахувати довжину надійного зв'язку R . Ця інформація використовується для визначення покриття базової станції з точки зору якості сигналу, не враховуючи завантаження на стільниці та можливостей базової станції за пропускну здатністю.

На рисунку 3.9 демонструється типовий вигляд функції рівня сигналу у залежності від відстані між базовою станцією і абонентом. Перетин цієї функції з прямою Q показує значення максимального радіусу зони обслуговування, при якому забезпечується достатня якість послуг. У відповідності з стандартом GSM-900, радіус R складає приблизно 3-10 км (в окремих випадках - до 30 км).

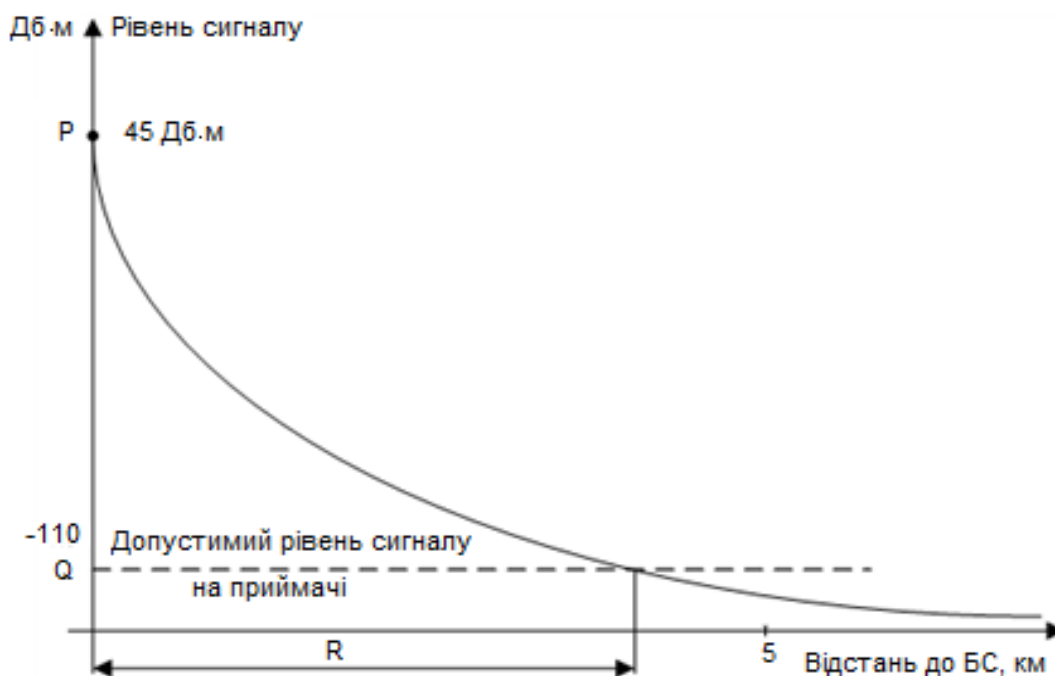


Рисунок 3.9 - Залежність сигналу від відстані між БС та абонентом

Тому і доводиться звужувати зону покриття та збільшувати кількість БС, виходячи з прогнозів абонентського навантаження на соту.

Перевіримо навантаження на базову станцію, яка обслуговує потреби, наприклад, селища з 50 котеджами, де встановлені системи безпеки, які використовують голосовий канал для передачі повідомлень.

Навантаження на БС складається із системних дзвінків та дзвінків, що здійснюються цивільними абонентами.

Системи безпеки, що працюють на основі технології GSM, можна використовувати як у приватних, так і в централізованих системах охорони та моніторингу. Використання GSM сигналізації дуже вигідне, а іноді це єдина можлива опція для об'єктів, де складно провести кабельне або телефонне підключення.

GSM-сигналізація підвищує захищеність об'єкта власності завдяки наступним факторам:

- факт наявності сигналізації змусить не досвідчених злочинців відмовитися від своїх злочинних намірів;
- оперативна передача тривожного повідомлення на телефон власника або на центральний пункт прийому повідомлень (ЦППП), а також спрацювання сирени, призведуть, зрештою, до прибуття на місце групи



швидкого реагування або наряду міліції, що у свою чергу призведе до затримання злочинців.

Перше та дуже важливе вимога полягає у забезпеченні вандалостійкості сигналізації, що означає розташування її у металевому корпусі, де встановлені всі необхідні елементи, такі як GSM-термінал, колодки для підключення шлейфів та блок живлення. Це є необхідним для правильної роботи сигналізації, зокрема передачі тривожних повідомлень та управління іншими пристроями.


Другий важливий пункт - пристрій повинен бути обладнаний щонайменше чотирма роз'ємами для підключення різноманітних датчиків. Бажано, щоб кожен з цих роз'ємів був програмованим для певної функціональності, наприклад, один для датчиків руху, інший для димових датчиків, третій для геркона на входних дверях, а четвертий для датчиків удару. Також важливо мати два виходи для зв'язку з виконавчими пристроями, наприклад, для світлової та звукової сигналізації.

Третє – велику увагу слід звернути на належне обладнання вбудованого джерела електроживлення. Безперебійне живлення та акумулятор повинні забезпечувати надійну функціональність централі і підключених датчиків під час припинення постачання електроенергії не менше як на один день. Електроживлення має бути розраховане на захист акумулятора від глибокого розряду і урізаної потужності випусків електроживлення 12 Вольт.

Четверте - бажано мати видиму LED-індикацію, яка дозволяє візуально перевіряти роботу приладу. Це особливо важливо при використанні електронних ключів типу Touch Memory, радіобрелоків та карт для віддаленого управління активацією та вимкненням захисної системи.

П'яте - адекватне інформування про стан системи включає передачу тривоги зі зазначенням відповідної зони, інформацію про робочий стан системи, статус підключених реле, рівень заряду батареї та іншу корисну інформацію, наприклад, щодо стану телефонної лінії. На додачу, інтелектуальні системи GSM-охорони можуть автоматично реагувати на проблеми, а не просто звітувати про них. Це може бути надзвичайно важливо, оскільки зловмисники можуть блокувати стільникову мережу, але система може спрацьовувати якнайшвидше, активуючи та захисні заходи, які можуть включати освітлення, сирену або реагент, який викликає сльозоточиві реакції.

Шосте – дуже важливо, щоб система сигналізації могла виявляти наявність чи відсутність сигналу базової станції. Для більшості GSM-сигналізації використання засобів для приглушення сигналу або створення перешкод є серйозною проблемою. Система має надсилати попередження власнику будівлі у випадку погіршення якості сигналу від базової станції. Важливо, що якщо GSM-панель надсилає повідомлення одночасно декільком користувачам та центральним пультам спостереження. Повідомлення для централізованого пульта повинні бути



передані у зашифрованому вигляді (що підвищує надійність охоронної системи). Повідомлення для користувача мають бути легкими для читання та детально інформативними. Краще, коли в одному повідомленні повністю описується стан усієї системи, вказуючи на тривогу, зону, стан централі, увімкнені реле та наявність електромережі 220 В.

Для забезпечення надійного радіозв'язку важливо брати компоненти, такі як зовнішні антени. Існують три ситуації, в яких стаціонарні спрямовані пасивні антени можуть допомогти:

- нестійкий зв'язок на межі зони покриття із граничної віддаленості від найближчої базової станції (БС);
- робота всередині зони покриття, але в місцях радіотіні (складки рельєфу, екранування великими природними та штучними спорудами);
- зв'язок усередині приміщення з високим ступенем ослаблення сигналу (підвали та напівпідвали, металеві споруди, будівлі, обшиті металом тощо).

Персоналізований зросток у покритті можливий за допомогою використання виносної антени, але в межах відрізняються від стандарту до стандарту.

Ефективність використання GSM-репітерів демонструє значне покращення сигналу, проте велика ціна додає обмеження при їх раціональному застосуванні на просторах територіях. Переповненість телефонних ліній у часи великих свят є серйозною проблемою. Для вирішення цього можна встановити пристрій, який працюватиме з sim-картами двох різних мобільних операторів, спрямований на об'єкт.


Оптимальним рішенням для GSM-сигналізацій є поєднання різних функцій, таких як SMS та голосове повідомлення. Також ефективною стратегією є використання GSM як дублюючого або додаткового каналу сповіщення для дротових та інших радіоканальних систем передачі. З точки зору пропускнуої здатності каналу, використання технології EDGE є обґрунтованим.

3.4 Математичне, алгоритмічне й програмне забезпечення окремих задач системи

Перш за все, для надійної та ефективної роботи необхідно провести математичні розрахунки, щоб визначити оптимальний тиск, швидкість насосу та інші параметри.

Щоб розрахувати необхідний об'єм повітря для накачування шини розміром R51.00 до тиску 7,8 атмосфер, нам знадобиться деяка вихідна інформація. Для початку, необхідно знати об'єм шини в нескompресованому стані та повний об'єм повітря в шині при тиску 1 атмосфера.

Ці дані можна знайти в технічному паспорті шини або на веб-сайті виробника. Після встановлення цих значень можна використовувати ідеальний газовий закон:


$$(PV = nRT) \quad (3.1)$$

де P – тиск;
 V - об'єм;
 n - кількість речовини газу;
 R - універсальна газова константа;
 T - температура.

За умовами задачі абсолютна температура (у Кельвінах) залишається незмінною, тому ми можемо застосувати наступну формулу для розрахунку об'єму V_2 шини за тиску:

$$P_2: V_2 = (P_1 * V_1) / P_2, \quad (3.2)$$

де P_1 та V_1 - початковий тиск та об'єм;
 P_2 - новий тиск;
 V_2 - новий об'єм.

Потім необхідно розробити алгоритм роботи системи, який враховує ряд чинників, таких як розмір шин, потужність насосу, швидкість накачування та багато інших. Цей алгоритм повинен бути оптимізованим для швидкого та ефективного накачування шин без пошкодження ні шин, ні системи.


Ось загальний алгоритм, який можна використовувати:

- встановлення параметру для кожного типу шини, включаючи рекомендований тиск та максимальний тиск шини;
- врахуйте параметри, такі як розмір шин, потужність насосу, швидкість накачування та інші фактори для підрахунку необхідного тиску та часу накачування;
- надати можливість користувачеві вибирати тип шин та вводити параметри і переглядати результат;
- слідкувати за процесом накачування шин;
- забезпечити можливість автоматичного вимикання насосу при досягненні встановленого тиску.

Програмне забезпечення для системи накачування шин розроблене для автоматизації процесу накачування та моніторингу різних параметрів. Наприклад візуалізацію даних, підтримку зв'язку з оператором та автоматичне вимірювання тиску в шинах.

Для реалізації програмного забезпечення для системи накачування шин, я рекомендую використовувати мову програмування Python з інтерфейсом користувача на базі бібліотеки Tkinter. Програма може бути розбита на наступні модулі:

- 1) моніторинг параметрів:
 - розробити функцію для автоматичного вимірювання тиску в шинах та моніторингу інших важливих параметрів шини.
- 2) візуалізація даних:



- створення графіків та діаграм для відображення даних про тиск у шинах та інші параметри.

3) спілкування з оператором:

- забезпечити можливість взаємодії з оператором через текстовий або графічний інтерфейс для отримання додаткової інформації або вказівок.

4) автоматизація процесу накачування:

- розробити алгоритм автоматичного накачування шин з урахуванням вимог безпеки та оптимального тиску для конкретного типу автомобіля.

Такий підхід до розробки системи накачування шин допоможе покращити продуктивність, безпеку та комфорт технологічного персоналу що використовують транспортні засоби.

3.5 Розрахунок та дослідження динаміки АСР тиску

Канал регулюючого впливу (зміна завдання регулятора на 2кг/см², як показано в таблиці 3.6) характеризується кривою розгону об'єкта.

Таблиця 3.6 - Крива розгону об'єкта

t,хв	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
P, кг/см ²	11	11,1	11,5	12	12,8	13,4	13,8
t,хв	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9
P, кг/см ²	14,3	14,6	14,9	15	15,1	15,1	15,1

Канал впливу, що обурює (зміна на 20% ходу регулюючого органу) - передавальна функція об'єкта у вигляді аперіодичної ланки 1-го порядку:

$$W(p) = K / ("Tp" + 1) \quad (3.3)$$

$$T=1,3\text{хв}; K = 0,9; m=0,221.$$

Функціональна схема автоматичної системи регулювання показана на рисунку 3.10.

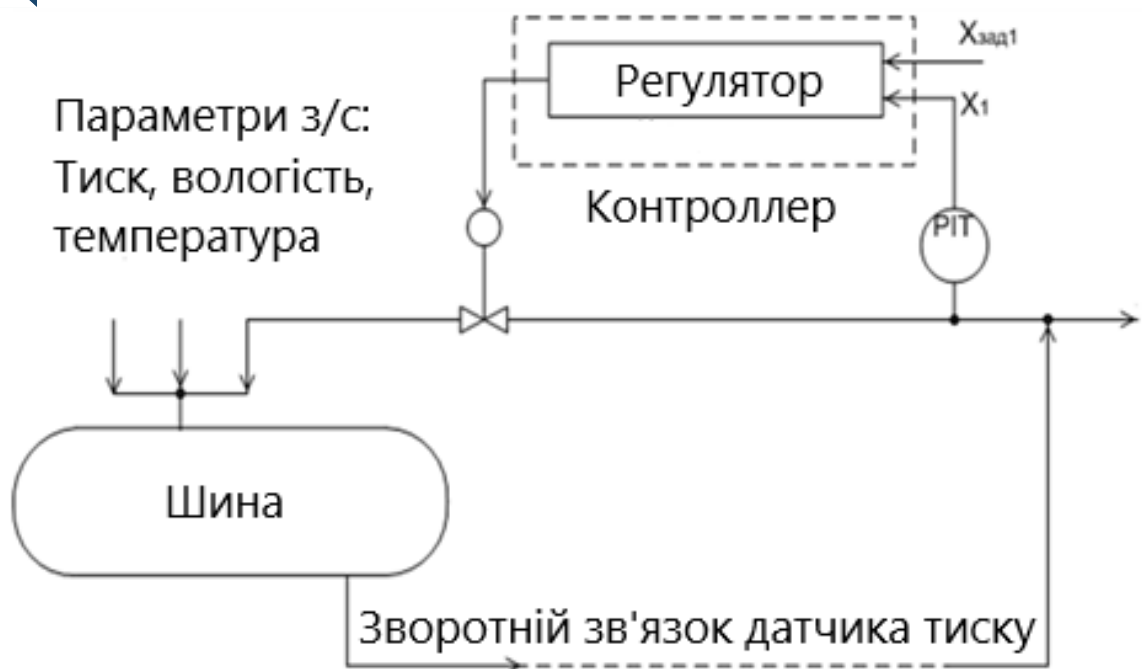


Рисунок 3.10 - Структурна схема пневматичної схеми

Аналіз схеми:

- 1) опис АСР: функціональна та структурна схема системи, передавальні функції, системи по каналах регулювання та обурення;
- 2) визначення параметрів передавальної функції об'єкта каналом регулювання шляхом обробки експериментальної перехідної функції. Перевіряє адекватність отриманої моделі;
- 3) розрахунок оптимальних налаштувань регуляторів методом розширених частотних характеристик (РАФГ);
- 4) побудова в площині параметрів налаштування ПІ-регулятора межі області стійкості та межі області заданого запасу стійкості за критерієм $m=0,221$. Визначення оптимальних налаштувань ПІ, ПІД-регуляторів. Побудова графіків перехідних процесів АСР з ПІ, ПІД-регуляторами:
 - при ступінчастому впливі по каналу регулювання;
 - при ступінчастому впливі по каналу обурення.
- 5) аналіз якості перехідних процесів у системі з різними законами регулювання. Загальна функціональна схема регулятора наведена на рисунку 3.11.

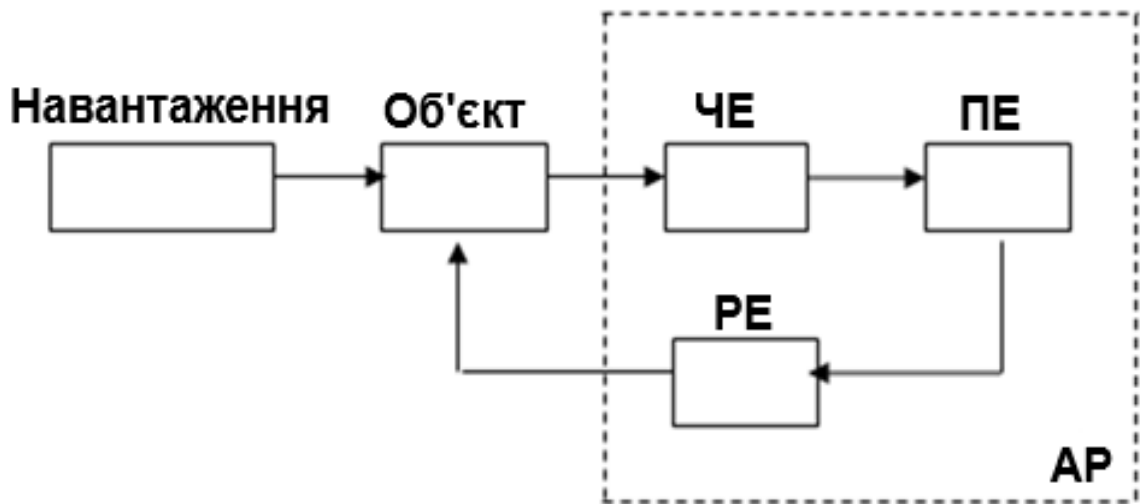


Рисунок 3.11 - Загальна функціональна схема регулятора

Автоматичний регулятор об'єкта, призначений для регулювання одного параметра, зазвичай містить такі основні елементи: чутливий елемент (ЧЕ), перетворювальні та підсилювальні елементи (ПЕ), регулюючий елемент (РЕ). Останній іноді органічно поєднується з об'єктом регулювання.

Чутливий (вимірювальний) елемент (ЧЕ) реагує відхилення регульованого параметра від заданого значення. У регуляторі є зазвичай пристрій для налаштування - датчика, виконаний або як самостійний елемент, або входить до структури ЧЕ. Чутливий елемент впливає через підсилювальний елемент на регулюючий елемент. Сигнал від ЧЕ може виражатися, наприклад, як зміни напруги, струму, тиску, зусилля. Як ЧЕ застосовуються різні механічні, електричні та інші пристрої. Конструктивно такі елементи можуть виконуватися у вигляді поплавця відцентрового маятника, терморпари, моста зі змінними опорами, фотоелемента.

Регулюючий елемент безпосередньо впливає на середовище, що регулюється. При цьому сигнал від ЧЕ може надходити до РЕ або (у найпростіших випадках) без змін та зусиль, або видозміненим та значно посиленним.

Як РЕ можуть бути: реостати, вентилі, засувки, керма, тощо.

Перетворюючий і підсилювальний елементи з'єднують між собою ЧЕ та РЕ, таким чином, здійснюють вплив першого на другий, що залежить від зміни параметра, що регулюється. Т.к. сигнал, одержуваний на виході ЧЕ, буває, недостатній для приведення в дію РЕ, необхідно застосовувати ті чи інші підсилювальні елементи, що використовують зовнішні джерела енергії різного виду, а також різні перетворюючі елементи (перетворювачі фази, частоти, струму).

Крім того, може використовуватися ряд елементів, призначених для покращення динамічних властивостей системи регулювання. У деяких регуляторах частина елементів (вторинні підсилювачі, перетворювачі) можуть бути відсутніми. Однак у відповідних випадках, схема може бути

суттєво розвинена; наприклад, ЧЕ може бути складним і мати додаткову частину, що реагує не тільки на зміну параметра, що регулюється, але і на швидкість цієї зміни. У систему можуть бути включені складні коригувальні, логічні та обчислювальні пристрої.

Структурна схема даної автоматичної системи регулювання показана на рисунку 3.12.

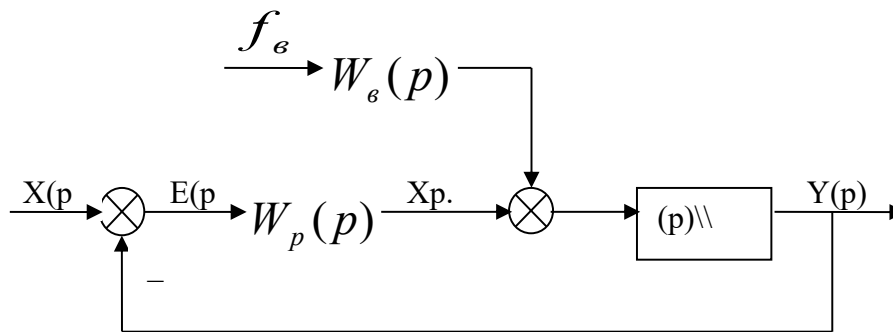


Рисунок 3.12 - Структурна схема цієї автоматичної системи регулювання

На схемі позначені:

$$\varepsilon(p) = X_3(p) - Y(p) , \quad (3.4)$$

де $W_o(p)$ - передавальна функція об'єкта;
 $W_v(p) = k / (T_p p + 1)$ - передатна функція каналу впливу, що збурює;
 $W_p(p) = S_1 + S_0/p + S_2 \times p$ - передаточна функція каналу регулюючого впливу (для ПІД-регулювання, а для П-, І- та ПІ-регулювання – окремі випадки з цього виразу).

Визначення параметрів передавальної функції об'єкта регулювання за експериментальною перехідною функцією методом "площ".

Побудова математичної моделі лінійної системи за експериментальною перехідною функцією проводиться в наступному порядку:

- з форми перехідної функції й у залежність від фізичних властивостей досліджуваної системи встановлюється вид передавальної функції моделі;

- визначаються значення коефіцієнтів передавальної функції за умови найкращого наближення моделі та об'єкта;

- проводиться оцінка точності апроксимації.

Розглянемо метод площ.

Розглянемо функцію $h(t)$, яка отримана з експериментальної перехідної функції об'єкта шляхом виключення чистого запізнення τ та нормування. Нехай $h(0) = h'(0) = 0$.

При апроксимації функції $h(t)$ практично зазвичай задаються наступними структурами передавальної ф. моделі:

$$W_a(p) = \frac{1}{a_3 p^3 + a_1 p + 1}; \quad (3.5)$$

$$W_a(p) = \frac{1}{a_2 p^2 + a_1 p + 1}; \quad (3.6)$$

$$W_a(p) = \frac{b_1 p + 1}{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + 1}; \quad (3.7)$$

Вираз:

$$\frac{1}{W_a(p)}, \quad (3.8)$$

зворотній від передавальної функції можна розкласти в ряд за ступенями p :

Вочевидь, що з моделі 1.1: $a_1 = S_1$; $a_2 = S_2$; $a_3 = S_3$;

для моделі 1.2: $a_1 = S_1$; $a_2 = S_2$; $a_3 = S_3$;

для моделі 1.3: коефіцієнти $b_1, a_1, \dots, b_i, a_i$ де $i=1,2,3$

пов'язані з коефіцієнтами S_i розкладання 1.4 системою рівнянь:

$$a_1 = b_1 + S_1;$$

$$a_3 = b_1 S_2 + S_3;$$

$$a_2 = b_1 S_1 + S_2;$$

$$0 = b_1 S_3 + S_4.$$

Для визначення S_i скористаємося зв'язком між S та деякими функціями від $(1-h)$. Величину $L(1-h)$ можна так:

$$L(1-h) = L(1) - L(h) = \frac{1-W(p)}{p} \quad (3.9)$$

Звідси:

$$\frac{1}{W(p)} [1 - pL(1-h)] = 1 \quad (3.10)$$

Або

$$\frac{1}{W(p)} \left[1 - p \int_0^\infty (1-h) e^{-pt} dt \right] = 1 \quad (3.11)$$

Розкладемо функцію e^{-pt} в ряд за ступенями pt :

$$e^{-pt} = 1 - \frac{t}{1!} + p^2 \frac{t^2}{2!} - p^3 \frac{t^3}{3!} + \dots \\ + (-1)^k p^k t^k + \dots \quad (3.12)$$

Підставивши ряд рівняння, отримаємо з урахуванням формули вираз:

$$(1 + S_1 p + S_2 p^2 + \dots + S_k p^k + \dots) [1 - p \int_0^\infty (1-h) dt + p^2 \int_0^\infty (1-h) t dt - p^3 \int_0^\infty (1-h) \frac{t^2}{2} dt + p^4 \int_0^\infty (1-h) \frac{t^3}{6} dt + \dots + (-1)^{k+1} p^{k+1} \int_0^\infty (1-h) \frac{t^k}{k!} dt + \dots] = 1. \quad (3.13)$$

З виразу маємо, що коефіцієнти S_i пов'язані з перехідною функцією $h(t)$ співвідношенням:

$$S_1 = \int_0^\infty (1-h) dt \quad (3.14)$$

$$S_2 = \int_0^\infty (1-h)(S_1 - t) dt \quad (3.15)$$

$$S_3 = \int_0^\infty (1-h)(S_2 - S_1 t + \frac{t^2}{2}) dt \quad (3.16)$$

$$S_4 = \int_0^\infty (1-h)(S_3 - S_2 t + S_1 \frac{t^2}{2} - \frac{t^3}{6}) dt \quad (3.17)$$

Моментом i -го порядку функції $1-h(t)$ називається невластний інтеграл виду:

$$M_i = \int_0^\infty t^i (1-h) dt \quad (3.18)$$

тоді:

$$S_1 = M_0 \quad (3.19)$$

$$S_2 = S_1 M_0 - M_1 = S_1^2 - M_1 \quad (3.20)$$

$$S_3 = S_2 M_0 - S_1 M_1 + (1/2) * M_2 \quad (3.21)$$

$$S_4 = S_3 M_0 - S_2 M_1 + (1/2) * S_1 M_2 - (1/6) * M_3 \quad (3.22)$$

Визначивши за графіком $h(t)$ значення M_i методом чисельного інтегрування і обчисливши із співвідношень величини "площ" S_i визначають значення коефіцієнтів передавальної функції.

Вибір виду передавальної функції моделі проводиться з таких міркувань, якщо коефіцієнти S_1, S_2, S_3 позитивні, то залежно від виду функції $h(t)$ задаються моделлю або, якщо хоч один з коефіцієнтів S_1, S_2, S_3 негативний, задаються моделлю.

Щодо наданої методики визначаємо коефіцієнти передавальної функції (рисунок 3.13) за програмою 1 (далі КР1), вибравши крок дискретизації $\Delta t=1$ і здійснивши нормування відповідно до формули:

$$y(t) = \frac{P_i - P_0}{P_{\max} - P_0} \quad (3.23)$$

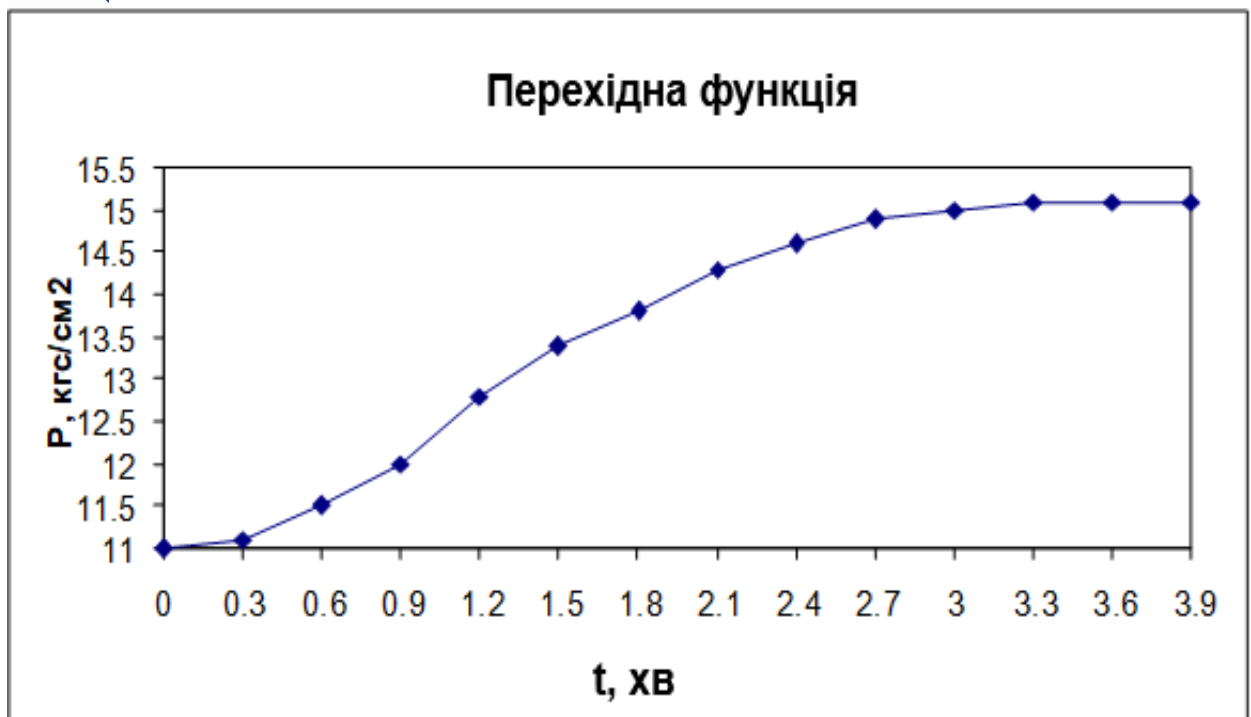


Рисунок 3.13 - Графік експериментальних значень (крива розгону)

Приведення кривої розгону до нормованого, тобто безрозмірного виду, здійснюється за допомогою формули:

$$W_0(p) = \frac{1}{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + 1} \quad (3.24)$$

(це - загальний вид передавальної функції, оскільки коефіцієнти a_1 , a_2 , a_3 позитивні).

Використовуючи програму КП-1, отримуємо наступні значення (таблиця 3.6) при коефіцієнтах:

$$\begin{aligned} a_1 &= 1,4378049 \approx 1,438 \\ a_2 &= 0,7853323 \approx 0,785 \\ a_3 &= 0,2921244 \approx 0,292 \end{aligned}$$

$$W_0(p) = \frac{1}{0,292p^3 + 0,785p^2 + 1,438p + 1} \quad (3.25)$$

Таблиця 3.6 - Значення передавальної функції

P, кг/см ²	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
(Нормовані значення)	0	0,0244	0,122	0,2439	0,439	0,5854	0,6829
	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
	0,8049	0,8781	0,9512	0,9756	1	1	1

Графік експериментальних значень наведена на рисунку 3.14.

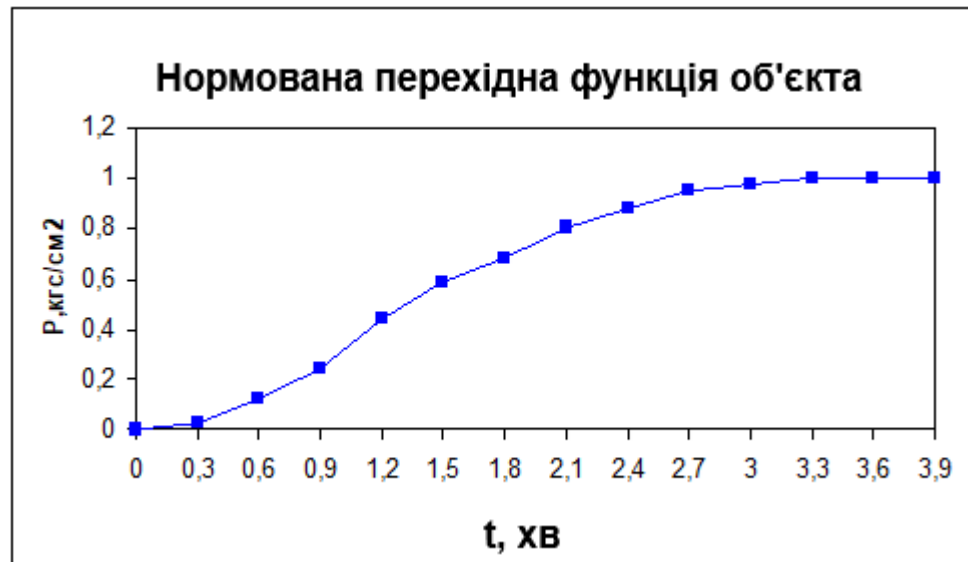


Рисунок 3.14 - Графік експериментальних значень (крива розгону)

Проведемо розрахунок оптимальних налаштувань регуляторів шляхом розширених частотних характеристик.

Налаштування регуляторів.

Система автоматичного регулювання повинна насамперед задовольняти двом основним вимогам. По-перше, система повинна мати достатній запас стійкості, наявність якого гарантує захист системи автоматичного регулювання від втрат стійкості при змінах статичних і динамічних характеристик, що входять до неї ланок, що завжди існують в реальних умовах. Друга вимога у тому, що у межах запасу стійкості щонайменше заданого, якість регулювання має бути найкращим.

Розглянутий метод базується на критерії стійкості Найквіста, який можна інтерпретувати як критерій запасу стійкості за розташуванням коренів характеристичного рівняння, якщо ввести поняття розширеної амплітудно-фазової характеристики.

Розширена амплітудно-фазова характеристика є окремим випадком передавальної функції. Для неї оператор $p = -m\omega \pm j\omega$ де ω - кругова частота; m - ступінь коливання (постійна величина для даної розширеної амплітудно-фазової характеристики, яка є критерієм запасу стійкості за розташуванням коренів характеристичного рівняння замкнутої системи).

Подібно до того, як звичайна АФХ є відображення на площині передавальної функції уявної осі площини комплексного змінного p розширена АФХ є відображення променів, що виходять з початку координат, в лівій напівплощині під кутом $\arctg m$ по відношенню до позитивної і негативної піввіссі. Ця характеристика може бути отримана з передавальної функції підстановкою $p = -m\omega \pm j\omega$ або визначена графоаналітичним методом звичайної АФХ.

Власне розрахунок оптимальних налаштувань регуляторів методом розширених АФХ:

Амплітудно-фазовий критерій стійкості як критерій запасу стійкості по РАФХ можна сформулювати: “Якщо розширена АФХ стійкої або нейтральної розімкнутої системи $W_{po}(m, j\omega)$ при зміні ω від 0 до ∞ проходить через точку з координатами $(-1; j0)$ її на більш високих частотах, то коріння характеристичного рівняння замкненої системи будуть розташовані в лівій напівплощині на променях $-m+j\omega$ і всередині сектора, обмеженого цими променями”.

Аналітично цю умову записують у вигляді:

$$W_{po}(m, j\omega) = W_0(m, j\omega) \cdot W_p(m, j\omega) = -1 \quad (3.26)$$

як вихідні дані математичну модель об'єкта, з умови можна знайти параметри регулятора, що забезпечує роботу системи із заданим запасом стійкості $m=m_{зад}$. П-, І-, ПІ-закон регулювання.

Нехай:

$$W_{po}(m, j\omega) = W_0(m, j\omega) W_p(m, j\omega) \quad (3.27)$$

Де

$$W_0(m, j\omega) = U + jV \quad (3.28)$$

амплітудно-фазова характеристика об'єкта по каналу регулюючого впливу

$$W_p(m, j\omega) = k_p + k_p/T_{и} (1/((-m\omega + j\omega))) \quad (3.29)$$

Амплітудно-фазова характеристика ПІ-регулятора.

Підставляючи $W_{po}(m, j\omega)$, $W_0(m, j\omega)$, $W_p(m, j\omega)$ у вираз $W_{po}(m, j\omega)$, отримаємо:

$$(U + jV) \left[k_p + \frac{k_p}{T_{и}} \left(\frac{1}{(-m\omega + j\omega)} \right) \right] = -1. \quad (3.30)$$

Або

$$-m\omega U k_p + j\omega U k_p - j m \omega V k_p - \omega V k_p + U \frac{k_p}{T_{и}} + j V \frac{k_p}{T_{и}} - m\omega + j\omega = 0. \quad (3.31)$$

З рівняння отримаємо систему двох рівнянь з трьома невідомими ω , K_p , $K_p/T_{и}$:

$$a) V \frac{K_p}{T_{и}} - \omega(V - U)K_p + \omega = 0 \quad (3.32)$$

$$б) U \frac{K_p}{T_{и}} - \omega(U + V)K_p - m\omega = 0 \quad (3.33)$$

Вирішуючи систему щодо невідомих $(K_p/T_{и})$ і K_p матимемо:

$$\frac{K_p}{T_{и}} = -\omega(m^2 + 1) \frac{V}{U^2 + V^2}; \quad (3.34)$$

$$K_p = -\frac{U + mV}{U^2 + V^2}; \quad (3.35)$$

АФХ об'єкта зручно уявити у такій формі:

$$W_0(m, j\omega) = A_0(m, \omega)e^{-jF_0(m, \omega)} = \\ = A_0(m, \omega)\cos F_0(m, \omega) - jA_0(m, \omega)\sin F_0(m, \omega) \quad (3.36)$$

де

$A_0(m, \omega)$ - РАЧХ об'єкта;

$F_0(m, \omega)$ - РФЧХ об'єкта;

З порівняння виразів випливає, що:

$$U = A_0(m, \omega) \cos F_0(m, \omega) , \quad (3.37)$$

$$V = - A_0(m, \omega) \sin F_0(m, \omega). \quad (3.38)$$

Підставляючи ці вирази до формул отримаємо остаточно:

$$S_0 = \frac{K_p}{T_u} = \frac{\omega(m^2+1)\sin F_0(m, \omega)}{A_0(m, \omega)} \quad (3.39)$$

$$S_1 = K_p = \frac{m \sin F_0(m, \omega) - \cos F_0(m, \omega)}{A_0(m, \omega)} \quad (3.40)$$

У площині параметрів налаштування ПІ-регулятора (у площині з координатами K_p/T_i , K_p) отримані вирази описують параметричну криву, яка разом із прямою $(K_p/T_i)=0$ обмежує область заданого запасу стійкості. Ця область є відображенням на площині параметрів налаштування K_p/T_i , K_p сектора в площині комплексного змінного p обмеженого променями, що виходять з початку координат в лівій напівплощині під кутом $\arctg m$. Зміна частоти ω , а отже, і зміна положення точки на кривій, що описується отриманими рівняннями, відповідає переміщенню пари комплексно пов'язаних коренів характеристичного рівняння променями $p = -m\omega \pm j\omega$.

Налаштування, що лежать поза межами області, обмеженою кривою розгону і прямою $(K_p/T_i)=0$, відповідають корінням характеристичного рівняння поза сектором, обмеженим променями $p = -m\omega \pm j\omega$, І- та ПІ-регулятори є частими випадками ПІ-регулятора. Налаштування їх лежать відповідно на осі $K_p=0$ та $(K_p/T_i)=0$.

Для І-регулятора випливає, що:

$$m \sin F_0(m, \omega) - \cos F_0(m, \omega) = 0 , \quad (3.41)$$

$$F_0(m, \omega) = -\frac{\pi}{2} - \arctg m \quad (3.42)$$

З огляду на це отримаємо:

$$\frac{K_p}{T_u} = \frac{\sqrt{m^2 + \omega}}{A_0(m, \omega^*)} \quad (3.43)$$

де ω^* - частота, для якої виконується умова:

$$F_0(m, \omega) = -\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} m \quad (3.44)$$

Для П-регулятора з виразу випливає, що:

$$\sin F_0(m, \omega) = 0, \quad (3.45)$$

$$F_0(m, \omega) = \pi. \quad (3.46)$$

З урахуванням цього отримуємо:

$$K_p = \frac{1}{A_0(m, \omega^{**})} \quad (3.47)$$

де ω^{**} - частота, для якої виконується умова:

$$F(m, \omega^{**}) = \pi \quad (3.48)$$

ПІД-регулятор.

$$W_p(p) = K_p T_{\text{пр}} p + K_p + \frac{K_p}{T_{\text{и}}} \frac{1}{p} \quad (3.49)$$

Для визначення параметрів налаштування ПІД-регулятора з умови отримуємо формули наступного виду:

$$\frac{K_p}{T_{\text{и}}} = \frac{\omega(m^2+1) \sin F_0(m, \omega)}{A_0(m, \omega)} + K_p T_{\text{пр}} \omega^2 (1 + m^2) \quad (3.50)$$

$$\frac{K_p}{T_{\text{и}}} = \frac{\omega(m^2+1) \sin F_0(m, \omega)}{A_0(m, \omega)} + K_p T_{\text{пр}} \omega^2 (1 + m^2) \quad (3.51)$$

Простір параметрів налаштування регуляторів при цьому тривимірний. Задаючись різними значеннями параметра $K_p T_{\text{пр}}$ будують у площині K_p , $K_p/T_{\text{и}}$ криві рівного ступеня коливання. Визначивши оптимальні налаштування $(K_p/T_{\text{и}})_0$ та $(K_p)_0$ для кожного значення $K_p T_{\text{пр}}$, вибирають найкращу з них.

Оптимальні параметри налаштування регуляторів знаходяться з умови мінімуму інтегрального квадратичного критерію якості:

$$I_{\text{кв}} = \min \int_0^{\infty} [y(t) - y(\infty)]^2 dt \quad (3.52)$$

Відповідно до якого визначається $\omega_p = 1, 2\omega_0$, відповідна т. А кривої $m = m_{\text{зад}}$. П- та І-регулятори є окремими випадками ПІ-регулятора. Налаштування П-регулятора визначають при $S_0 = 0$, а налаштування І-регулятора - при $S_1 = 0$ на кривій $m = m_{\text{зад}}$.

Оптимальне налаштування ПІД регулятора, що відповідає min критерію якості має вигляд:

$$K_p T_{пр} = 0,2 \frac{K_p^2}{T_i} \quad (3.53)$$

Відповідно до вище викладеної методики, за програмою КР4 роблять розрахунок налаштувань регуляторів.

Результатом роботи програми буде задається інтервал зміни частоти ω з кроком дискретизації, що задається, на основі яких будуються межі області стійкості і межі області заданого запасу стійкості за критерієм $m=0,366$. А також відповідній цій частоті модуль, фаза, налаштування S_0 , S_1 .

За табличними даними, будуємо графік залежності $S_0(S_1)$, за цим графіком визначаємо ω_0 відповідної $\max S_0$, далі визначаємо $\omega_p=1,2\omega_0$ і відповідної частоті налаштування S_{0opt} і S_{1opt} - це і будуть налаштування ПІ-регулятора. Налаштування П-регулятора визначаються при $S_0=0$; Налаштування І-регулятора при $S_1 = 0$;

Для визначення налаштувань ПІД-регулятора розраховуємо налаштування S_2 регулятора з умов:

$$S_2 = 0,2S_{12} / S_0, \quad (3.54)$$

Де

$$\frac{S_1^{opt}}{S_0^{opt}} = T_i \quad (3.55)$$

- час ізодрому;

$$(0,2 \div 0,5) \cdot T_i = T_{пр} \quad (3.56)$$

- Час попередження;

$$K = \frac{p^{max} - p^{min}}{КРВ} \quad (3.57)$$

КРВ - канал регулюючого впливу

$$K = \frac{19,31 \text{ кг/см}^2 - 15,0 \text{ кг/см}^2}{2 \text{ кг/см}^2} = 2,05 \quad (3.58)$$

Використовуючи програму КП-4, отримуємо такі значення K (таблиця 3.7).

Таблиця 3.7 - Значення після прорахунку програмою

ω частота	$M_0(m; \omega)$ модуль	$\phi_0(m; \omega)$ фаза	Налаштуванн я S_0	Налаштуванн я S_1
0,01	2,056	-0,825	0	-0,485
0,21	2,167	-17,497	0,031	-0,409
0,41	2,24	-34,169	0,108	-0,314
0,61	2,285	-50,426	0,216	-0,204
0,81	2,332	-66,26	0,333	-0,086
1,01	2,414	-82,315	0,435	0,035
1,21	2,553	-100,067	0,489	0,154
1,41	2,721	-121,953	0,461	0,263
1,61	2,723	-150,056	0,31	0,434
1,81	2,298	-180,752	-0,011	0,359
2,01	1,665	-205,765	-0,55	0,483
2,21	1,159	-223,011	-1,364	0,501
2,41	0,822	-234,816	-2,513	0,481
2,61	0,602	-243,298	-4,061	0,418
2,81	0,455	-249,713	-6,079	0,307
3,01	0,352	-254,77	-8,642	0,14
3,21	0,279	-258,888	-11,829	-0,086
3,41	0,225	-262,326	-15,724	-0,379
3,61	0,185	-265,252	-20,419	-0,744
3,81	0,154	-267,782	-26,006	-1,186

На рисунку 3.15 наведена розширена амплітудно-фазова характеристика, а на рисунку 3.16 - крива рівня коливання.

З аналізу рисунків маємо:

$$S_{0_{\max}} = 0,492; S_{1_{\text{опт}}} = 0,308; S_{0_{\text{опт}}} = 0,411.$$

Що відповідає: $\omega=1, \sqrt{5}$

$$\omega_{\text{робоча}} = \omega_0 \times 1,2 = 1,25 \times 1,2 = 1,5. \quad (3.59)$$

Налаштування І-регулятора: $S_0=0,4$ (при $S_1=0$).

Налаштування П-регулятора: $S_1=0,433$ (при $S_0=0$).

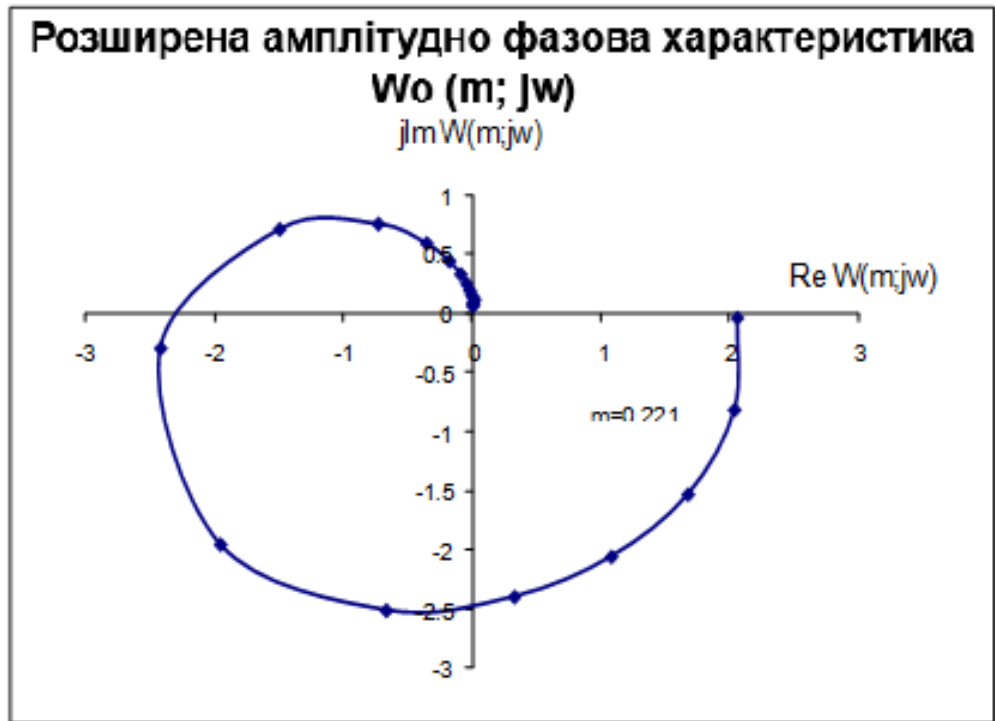


Рисунок 3.15 - Розширена амплітудно-фазова характеристика

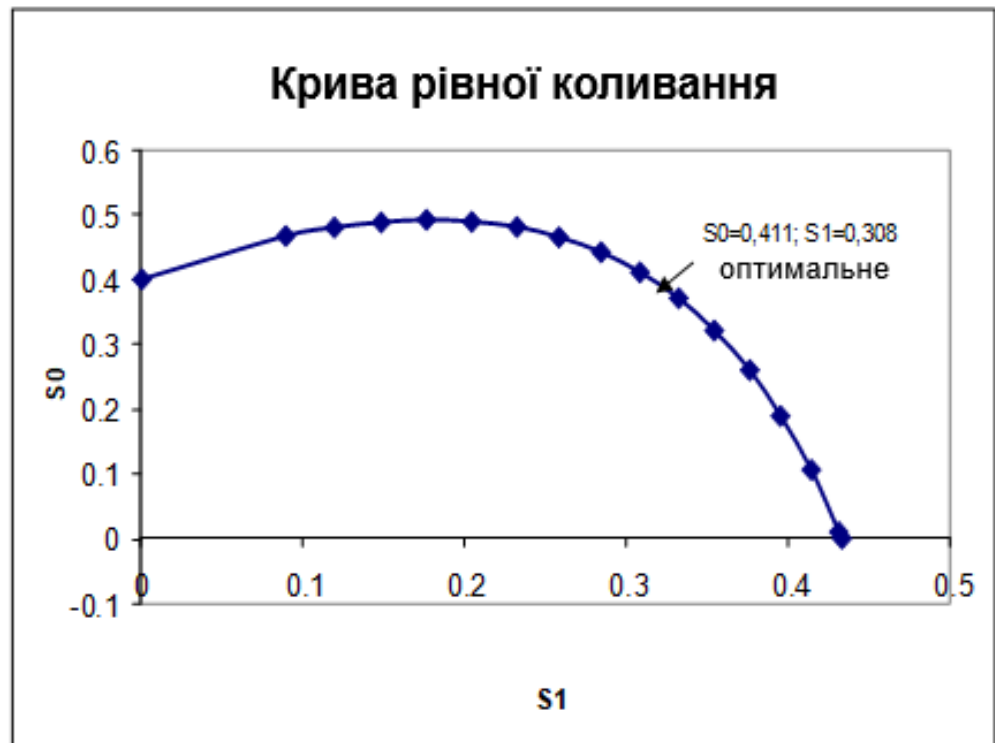


Рисунок 3.16 - Крива рівня коливання

Проведемо налаштування ПІД-регулятора.
Визначимо постійну часу інтегрування за оптимальними параметрами налаштування ПІ-регулятора:

$$T_{\text{и}} = \frac{S_1^{\text{опт}}}{S_0^{\text{опт}}} = \frac{0,308}{0,411} = 0,749 \quad (3.60)$$

Задаємося трьома значеннями постійного часу диференціювання:

$$T_{пр} = 0,2 * T_i = 0,1498. \quad (3.61)$$

Відповідно налаштування Д-регулятора

$$S_2 = 0,2 * \frac{S_0^2}{S_1} \quad (3.62)$$

дорівнюватиме:

$$S_2 = 0.2 * (0.4112 / 0.308) = 0.11 \quad (3.63)$$

За отриманими значеннями визначимо S_0 і S_1 для ПІД-регулятора (КП-4-ПІД), які наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Налаштування ПІД-регулятора

ω частота	$M_0(m; \omega)$ модуль	$\phi_0(m; \omega)$ фаза	S_0	S_1
0,01	2,056	-0,825	0	-0,484
0,21	2,167	-17,497	0,036	-0,399
0,41	2,24	-34,169	0,127	-0,294
0,61	2,285	-50,426	0,259	-0,175
0,81	2,332	-66,26	0,409	-0,047
1,01	2,414	-82,315	0,553	0,084
1,21	2,553	-100,067	0,658	0,213
1,41	2,721	-121,953	0,69	0,332
1,61	2,723	-150,056	0,609	0,437
1,81	2,298	-180,752	0,367	0,522
2,01	1,665	-205,765	-0,084	0,581
2,21	1,159	-223,011	-0,801	0,608
2,41	0,822	-234,816	-1,843	0,598
2,61	0,602	-243,298	-3,275	0,545
2,81	0,455	-249,713	-5,168	0,443
3,01	0,352	-254,77	-7,596	0,287
3,21	0,279	-258,888	-10,64	0,07
3,41	0,225	-262,326	-14,383	-0,213
3,61	0,185	-265,252	-18,915	-0,568
3,81	0,154	-267,782	-24,331	-1,001

На рисунку 3.17 наведена крива рівної коливальної ПІД-регулятора.

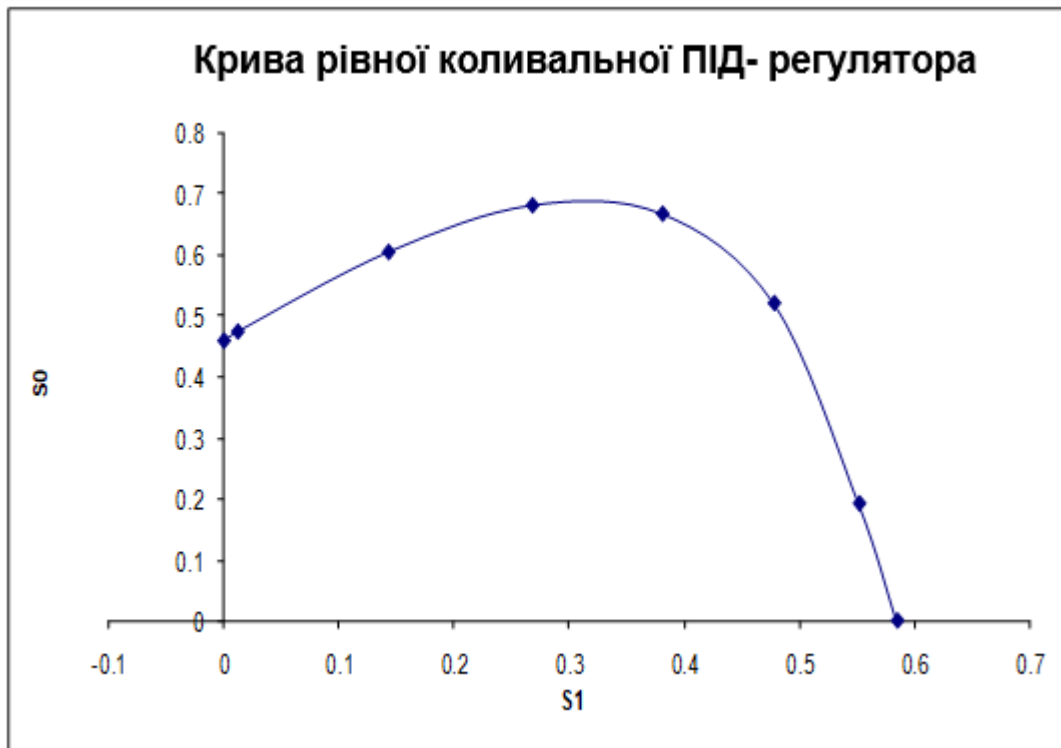


Рисунок 3.17 - Крива рівної коливальної ПІД-регулятора

Налаштування ПІД-регулятора:

$$S0 = 0,67; S1 = 0,381; S2 = 0,236.$$

Побудова графіків перехідних процесів АСР із різними типовими законами регулювання:

- 1) при ступінчастому впливі по каналу регулювання;
- 2) при ступінчастому впливі по каналу обурення.

На рисунку 3.18 наведена структура АСР з передатними функціями складових блоків для отримання перехідних процесів в системі.

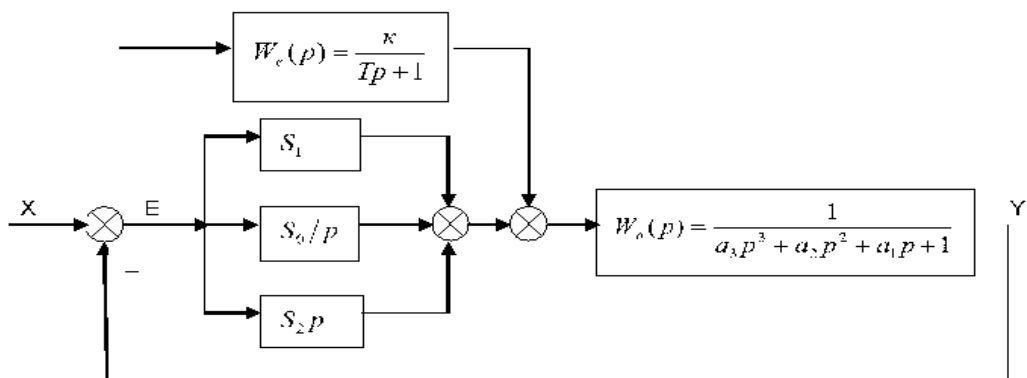


Рисунок 3.18 - Побудова перехідних процесів АСР

Знайдемо вираз передавальної функції всієї АСР:

$$\begin{aligned}
W(p) &= \frac{k(S_2 p^2 + S_1 p + S_0)}{p(Tp+1)(a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + 1)} \Big/ 1 + \frac{k(S_2 p^2 + S_1 p + S_0)}{p(Tp+1)(a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + 1)} = \\
&= \frac{k(S_2 p^2 + S_1 p + S_0)}{(Tp^2 + p)(a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + 1) + k(S_2 p^2 + S_1 p + S_0)} = \\
&= \frac{k(S_2 p^2 + S_1 p + S_0)}{Ta_3 p^5 + a_3 p^4 + a_2 T p^4 + a_2 p^3 + a_1 T p^3 + a_1 p^2 + T p^2 + p + k S_2 p^2 + k S_1 p + k S_0} = \\
&= \frac{k(S_2 p^2 + S_1 p + S_0)}{Ta_3 p^5 + p^4(a_3 + a_2 T) + p^3(a_2 + a_1 T) + p^2(a_1 + T + k S_2) + p(1 + k S_1) + k S_0} \quad (3.64)
\end{aligned}$$

$$W(p) = \frac{y(p)}{\chi(p)}; \quad (3.65)$$

$$\begin{aligned}
(Ta_3 p^5 + p^4(a_3 + a_2 T) + p^3(a_2 + a_1 T) + p^2(a_1 + T + k S_2) + p(1 + k S_1) + k S_0)y(p) &= \\
= k(S_2 p^2 + S_1 p + S_0)\chi(p) \quad (3.66)
\end{aligned}$$

Зробимо зворотнє перетворення Лапласа лівої та правої частини рівняння (тобто знайдемо оригінал):

$$\begin{aligned}
Ta_3 \frac{d^5 y(p)}{dt^5} + (a_3 + a_2 T) \frac{d^4 y(p)}{dt^4} + (a_2 + a_1 T) \frac{d^3 y(p)}{dt^3} + (a_1 + T + k S_2) \frac{d^2 y(p)}{dt^2} + (1 + k S_1) \frac{dy(p)}{dt} + \\
+ k S_0 y(p) = k S_2 \frac{d^2 \chi(p)}{dt^2} + k S_1 \frac{d\chi(p)}{dt} + k S_0 \chi(p) \quad (3.67)
\end{aligned}$$

При дії

$$\chi(p) = 1(p) \quad (3.68)$$

$$\frac{d^2 \chi(p)}{dt^2} = \frac{d\chi(p)}{dt} = 0 \quad (3.69)$$

тоді

$$\begin{aligned}
Ta_3 \frac{d^5 y(p)}{dt^5} + (a_3 + a_2 T) \frac{d^4 y(p)}{dt^4} + (a_2 + a_1 T) \frac{d^3 y(p)}{dt^3} + (a_1 + T + k S_2) \frac{d^2 y(p)}{dt^2} + \\
+ (1 + k S_1) \frac{dy(p)}{dt} + k S_0 y(p) = k S_0 \quad (3.70)
\end{aligned}$$

Позначивши, $y = y_1$ запишемо систему диференціальних рівнянь першого порядку


$$y_1 = y_2 \quad (3.71)$$

$$y_2 = y_3 \quad (3.72)$$

$$y_3 = y_4 \quad (3.73)$$

$$y_4 = y_5 \quad (3.74)$$

$$y_5 = [k S_0(1 - y_1) - y_2(1 + k S_1) - y_3(T + a_1 + k S_2) - y_4(T a_1 + a_2) - y_5(T a_2 + a_3)] / T a_3 \quad (3.75)$$



Отриману систему диференціальних рівнянь вирішимо методом Рунге-Кутта (програма КП-5).

Системи автоматичного регулювання (САР), що працюють із замкнутим ланцюгом впливу в загальному вигляді можуть розглядатися, що складаються з двох частин, що взаємно впливають - об'єкта регулювання і автоматичного регулятора.

Припустимо, що за відсутності зміни обурень і зміни керуючих впливів чи згодом після припинення їх дії, тимчасово виведеного систему з рівноваги, система автоматичного регулювання перебуває у стані рівноваги, тобто. регульований параметр об'єкта регулювання, має в межах допустимої точності задане значення, що не змінюється з часом. При появі будь-якого обурення або зміни керуючого впливу система регулювання починає рухатися. При цьому так звана стійка система при встановлених значеннях керуючих і обурювальних впливів, через деякий час, знову приходить до стану рівноваги, а нестійка система, прийшовши в рух, не приходить до стану рівноваги, а відхилення її від стану рівноваги буде або весь час збільшуватися, або безперервно змінюватися у формі постійних незагасних коливань.

Умова стійкості системи полягає в тому, що абсолютна величина відхилення регульованого параметра від заданого значення після закінчення досить великого часу має стати менше наперед заданого значення.

Процес переходу системи від одного стану рівноваги до іншого стану рівноваги називається перехідним процесом.

При цьому якість перехідного процесу в стійкій системі за інших рівних умов буде тим вищою, чим швидше протікає перехідний процес і чим менше за час його протікання значення регульованого параметра, що змінюються, відхиляються від тих їх постійних значень, які відповідають новому встановленому стану рівноваги.

Під час розгляду характеру перехідних процесів зазвичай користуються безрозмірними значеннями аналізованих величин. І тому поточні абсолютні відхилення величин відносять до будь-яким постійним їх значенням, притаманним даної системи. Зазвичай це бувають чи номінальні, чи максимальні значення.

Вихідними даними для програми КП-5 є:

-розрахунковий коефіцієнт передачі:

$$K_1 = \frac{\theta_{\max} - \theta_{\min}}{K_{крв}} \quad (3.76)$$

-а1, а2, а3 – коефіцієнти передавальної функції;

-К2 - коефіцієнт передачі передавальної функції об'єкта каналом обурення;

-а4=Т;

- S0, S1, S2 – налаштування відповідних регуляторів;
- V1 - вплив, що задає;
- f3 - вплив, що збурює;
- n=5 - кількість рівнянь;
- h – крок інтегрування;
- w1 -початкове значення часу;
- w2 – кінцеве значення часу.

Використовуючи програму КП-5, отримуємо значення та будуємо перехідні процеси для АСР з П-регулятором, (рисунок 3.19 - по впливу, що задає) та (рисунок 3.20 - по впливу, що збурює).

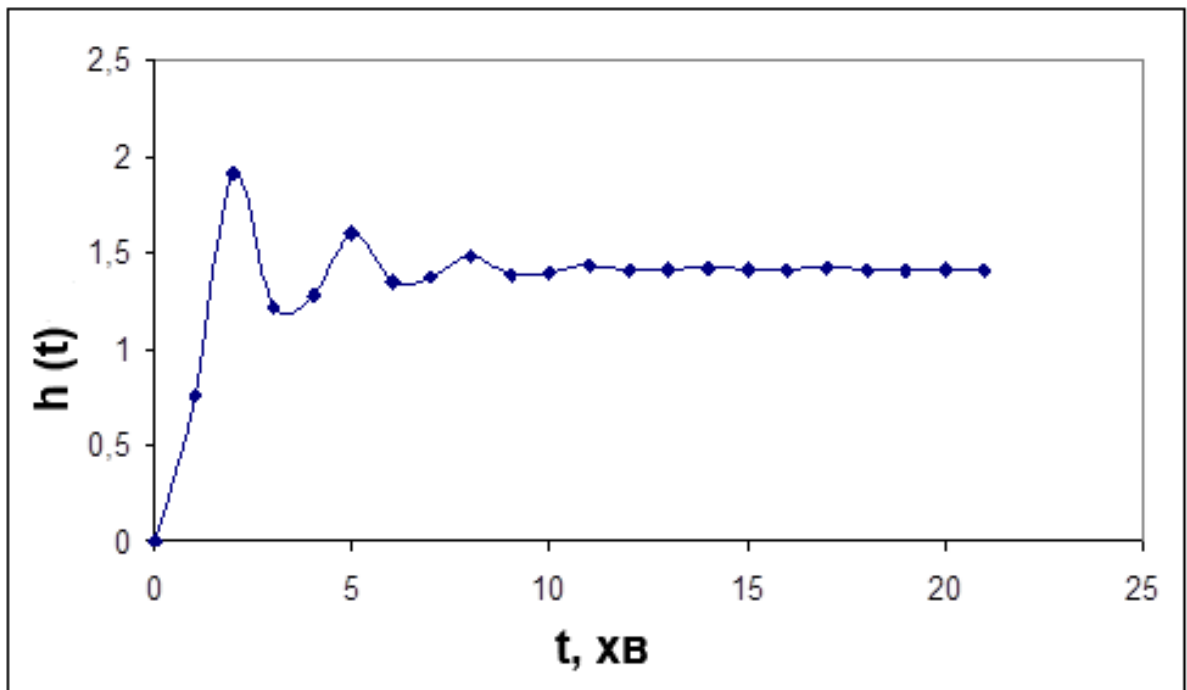


Рисунок 3.19 - Перехідні характеристики за впливом, що задає

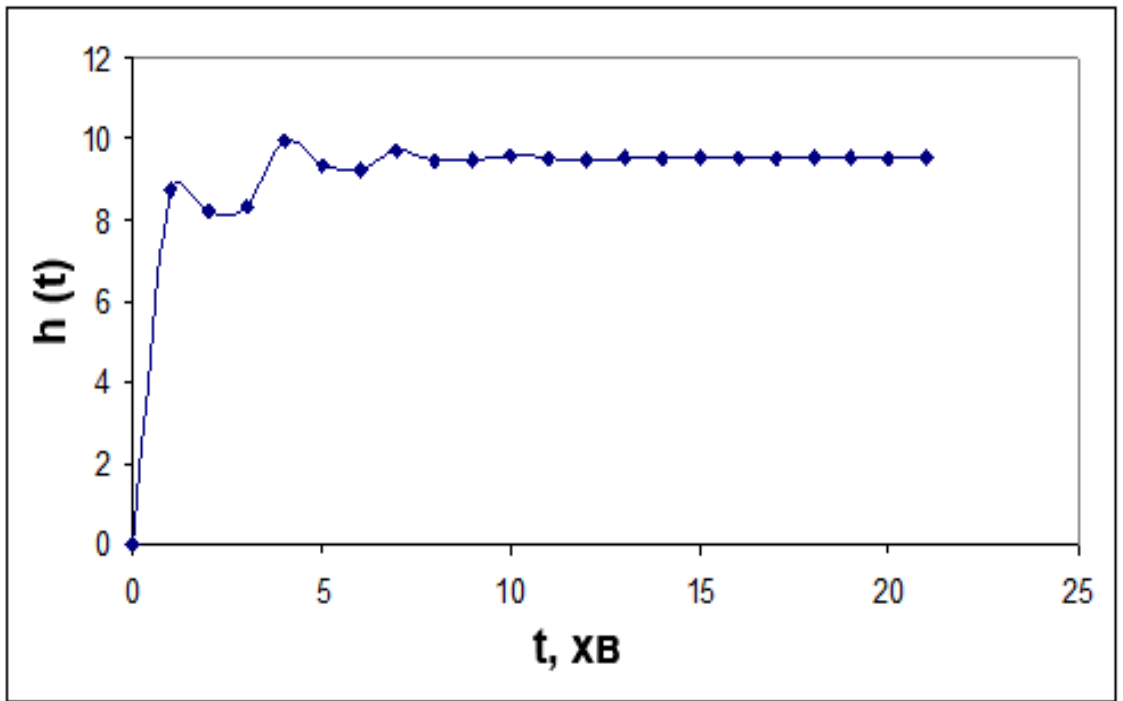


Рисунок 3.20 - Перехідні характеристики по впливу, що збурює

Використовуючи програму КП-5, отримуємо значення та строїмо для АСР з І-регулятором, (по впливу, що задає) та (по впливу, що збурює), зображені на рисунку 3.21 та рисунку 3.22 відповідно.

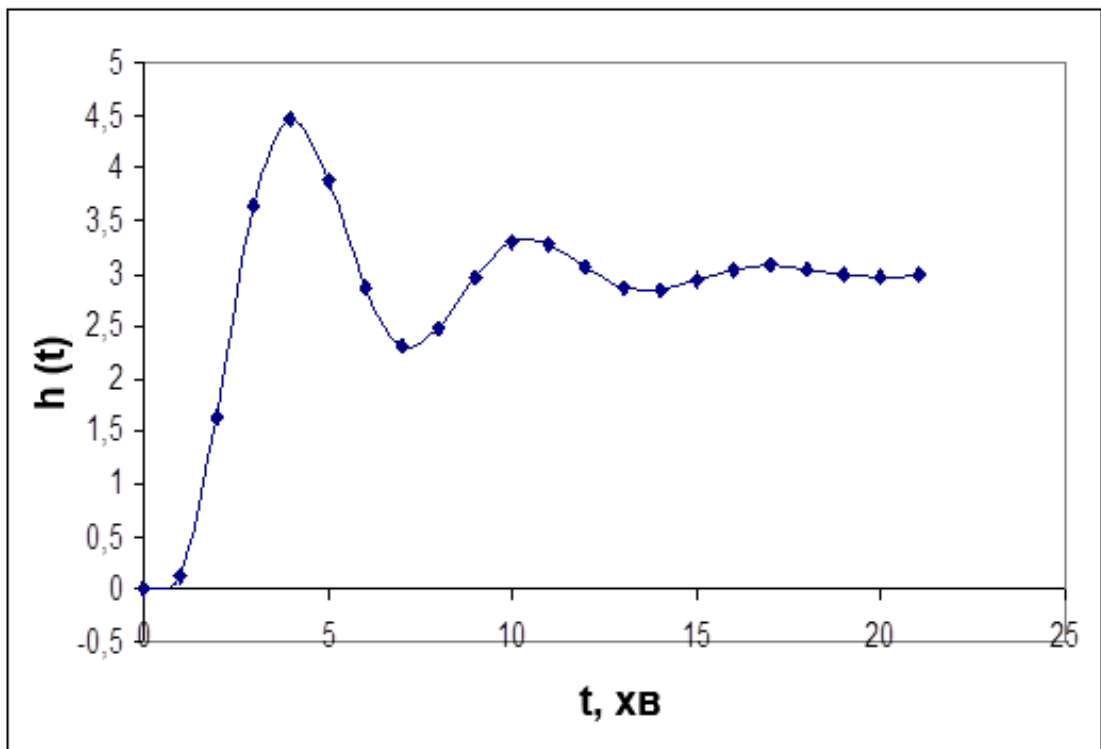


Рисунок 3.21 - Перехідні характеристики о впливу, що задає

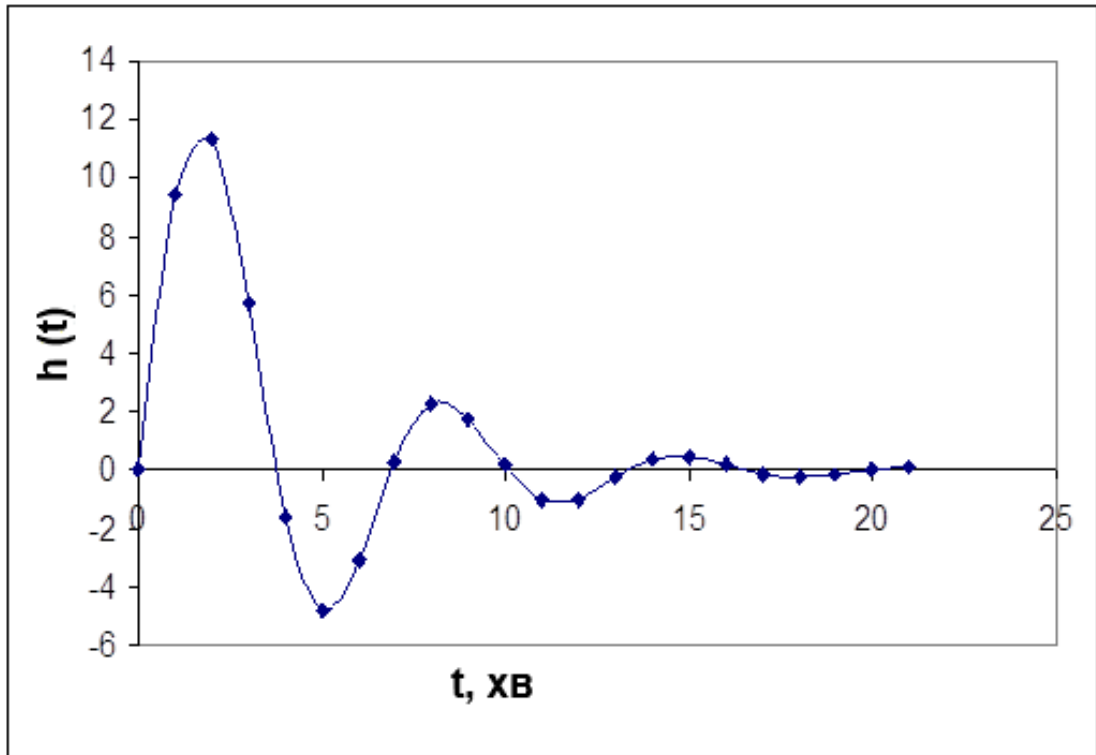


Рисунок 3.22 - Перехідні характеристики по впливу, що збурює

Використовуючи програму КП-5, отримуємо значення та строїмо для АСР з ПІ-регулятором, (по впливу, що задає) та (по впливу, що обурює), зображені на рисунку 3.23 та рисунку 3.24 відповідно.

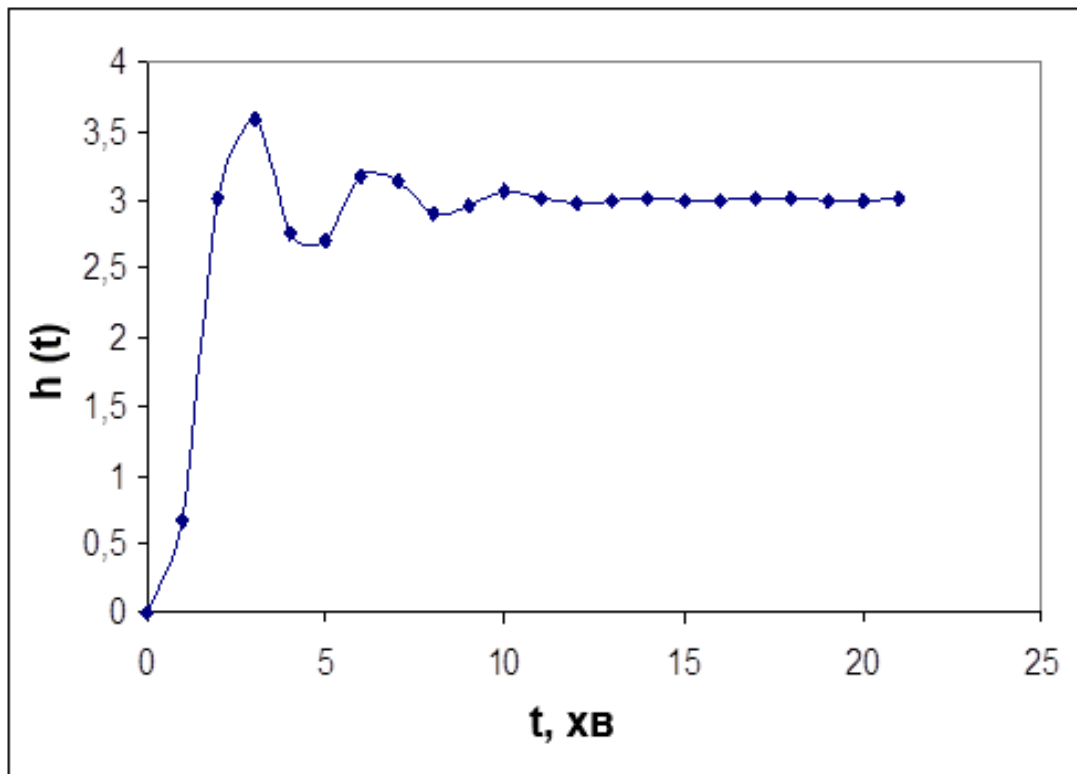


Рисунок 3.23 - Перехідні характеристики за впливом, що задає

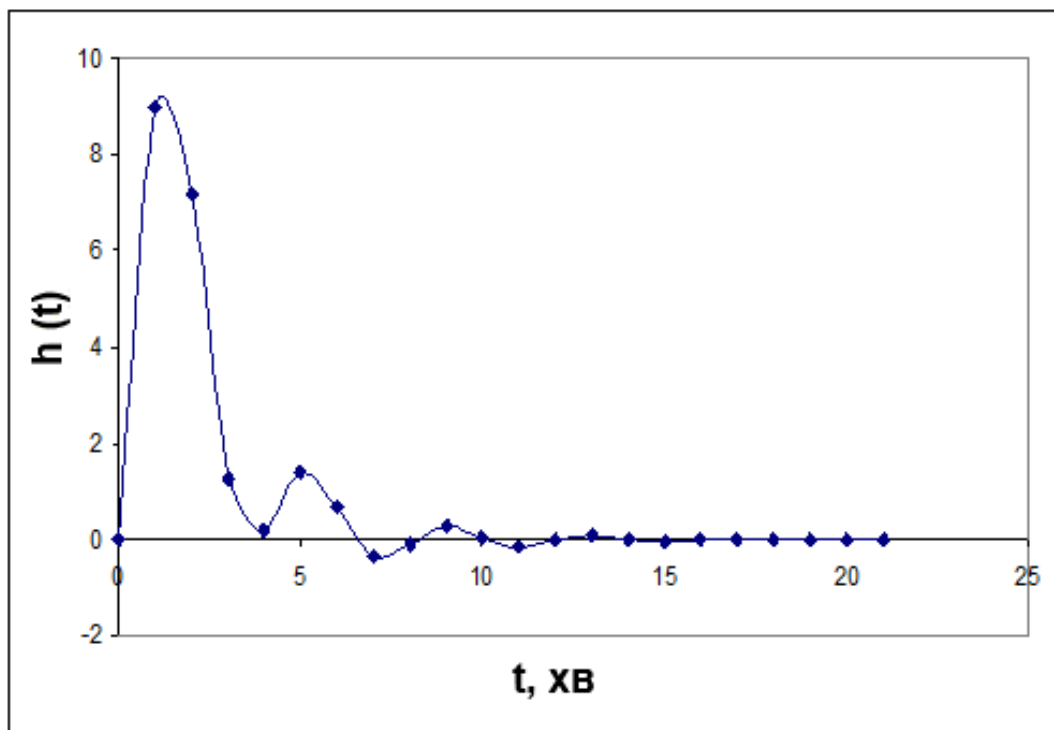


Рисунок 3.24 - Перехідні характеристики по впливу, що збурює

Використовуючи програму КП-5, отримуємо значення та строїмо для АСР з ПІД-регулятором, (по впливу, що задає) та (по впливу, що обурює), зображені на рисунку 3.25 та рисунку 3.26 відповідно.

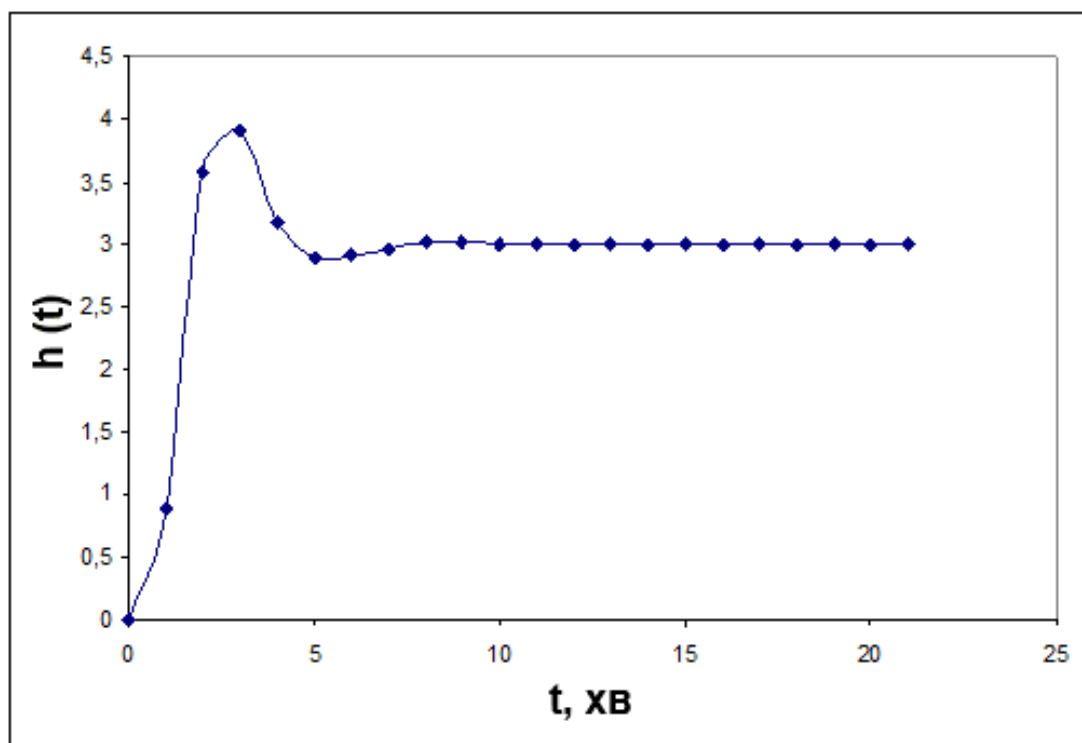


Рисунок 3.25 - Перехідні характеристики за впливом, що задає

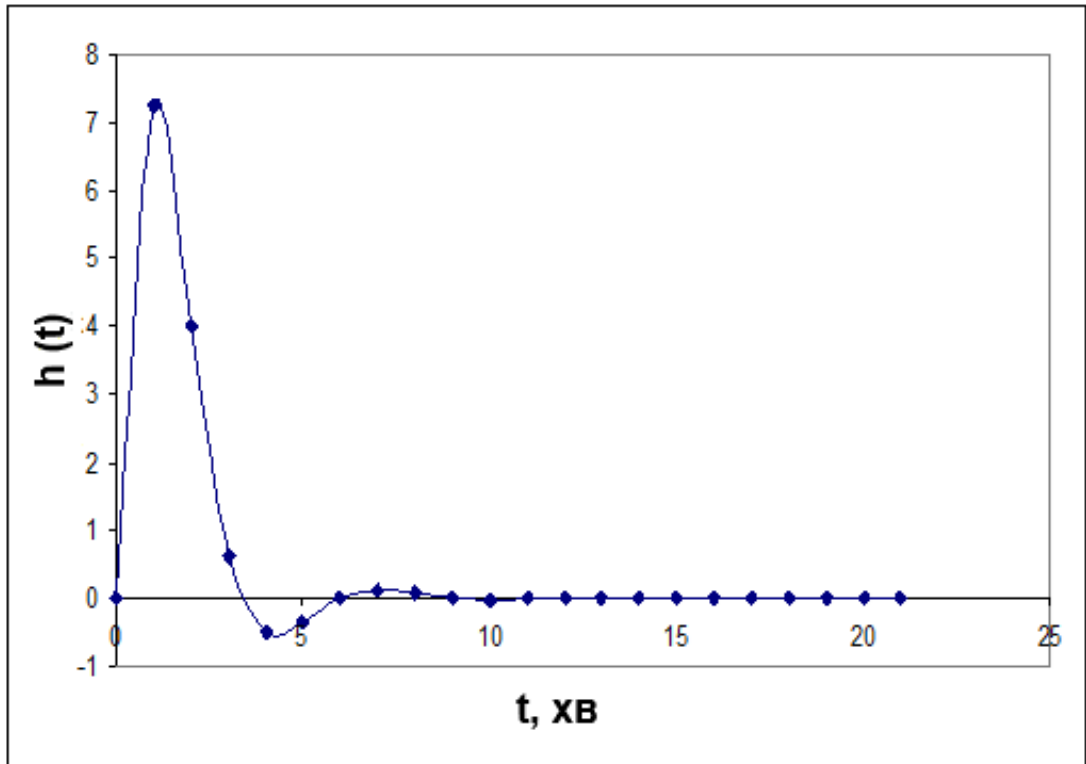


Рисунок 3.26 - Перехідні характеристики по впливу, що збурює

Проведемо аналіз якості перехідних процесів у системі з різними законами регулювання.

Перехідний процес у системі є її реакцією на зовнішній вплив, який у випадку може бути складною функцією часу. найчастіше прямі оцінки якості отримують за кривою перехідної характеристики $h(t)$, тобто. при дії одиничної ступінчастої функції:

$$g(t) = 1(t) = \begin{cases} 1, & \text{при } t > 0; \\ 0, & \text{при } t \leq 0. \end{cases} \quad (3.77)$$

та нульових початкових умовах.

До прямих оцінок якості відносять:

1) Час регулювання. t_p - мінімальний час, після якого регульована величина залишатиметься близькою до значення, що встановилося, із заданою точністю:

$$|\varepsilon_{св}(t)| \leq \Delta \text{ при } t \geq t_p \quad (3.78)$$

або

$$|h(t) - h_{уст}| \leq \Delta \quad (3.79)$$

де Δ зазвичай $= 0,05h_{уст}$ або обговорюється додатково.

2) Перерегулювання δ - максимальне відхилення перехідної характеристики від значення вихідної величини, що встановилося, виражене у відносних одиницях або відсотках:

$$\delta = \frac{h_1^{\max} - h_{уст}}{h_{уст}} \cdot 100\%. \quad (3.80)$$

Зазвичай $\delta=10\div 30$, але може виходити за вказані межі, це залежить від конкретної системи.

3) Коефіцієнт згасання $\Psi = \frac{A_1 - A_3}{A_1}$; (3.81)

Відповідно до вищевикладеного, зведемо аналіз якості перехідних процесів у таблицю 3.9.

При виборі регулятора необхідно суворо знати, що П-регулятори забезпечують максимальну швидкодію системи, але поступаються ПІ та ПІД-регуляторам у мінімізації динамічної помилки. Крім того, використання П-регулятора призводить до виникнення статичної помилки регулювання.

Таблиця 3.9 - Аналіз якості перехідних процесів

Показники якості	Закон регулювання			
	П	I	ПІ	ПІД
Час регулювання t_p	15	21	16	11
Перерегулювання $\sigma = \frac{h_{\max} - h_{уст}}{h_{уст}} 100\%$	35,7%	40,6%	20%	27,9%
Число коливань $N = \frac{t_p}{T}$	3,33	2,33	2,67	1,38
Частота коливань $\omega = \frac{2\pi}{T}$, рад/мин	1,4	0,7	1,05	0,785
Ступінь згасання $\psi = \frac{A_1 - A_3}{A_1}$	0,63	0,78	0,71	0,95

Для І-регулятора статична помилка регулювання відсутня, проте має місце значна динамічна помилка. На практиці в більшості випадків застосовують ПІ-регулятори, оскільки вони практично виключають статичну та динамічну помилку регулювання та мають середні вартісні показники. ПІД-регулятори забезпечують найбільш високу якість регулювання, однак їх слід використовувати тільки у разі крайньої необхідності, оскільки вони найскладніші за конструкцією прилади та дорожчі в експлуатації.

4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

Ефективність створення і впровадження розроблювальної системи контролю повинна досягати максимальної економічної ефективності, тобто отримання результату з мінімальними витратами праці, часу та грошових вкладень.

Проведемо розрахунок собівартості виробу.

Перерахунок вартості пристрою виконується відповідно до затвердженого списку витрат. Суть методу полягає в тому, що прямі витрати на одиницю продукції визначаються через нормативний розрахунок вартості по проектуванню пристрою за розділами калькуляції. Тип виробництва - дрібносерійний. Витрати на закупівлю матеріалів включають в собі витрати на основні матеріали, які витрачаються при виготовленні друкованого вузла. Витрати визначені по кожному найменуванню та приведені в таблиці 4.1.

Затрати на закупівлю виробів та напівфабрикатів включають витрати на придбані готові вироби та напівфабрикати. Перелік виробів та напівфабрикатів формується відповідно до схеми електричної принципової та складальної кресленням блоку системи (таблиця 4.2).

Заплата виробничих працівників складається з основної оплати праці виробничих працівників та інших видів працівників, які безпосередньо пов'язані з виготовленням продукції.

Основна зарплата працівників включає в собі тарифну оплату, додатки та доплати. Тарифну оплату праці визначають для кожної операції як сума нормо-часу та годинних тарифних ставок працівників.

Знайдемо тарифну заробітну плату за формулою:

$$З_T = T_0 * S_{cp} \quad (4.1)$$

де

T_0 - загальна трудомісткість виготовлення блоку GSM -сигналізації;

S_{cp} - середня ставка робітників,

$S_{cp} = 34,2$ грн / год.

Таблиця 4.1 - Вартість покупних комплектуючих виробів

Матеріал	Марка або стандарт	Од.	Норма витрат	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Склотекстоліт	СФ-2-35 ГОСТ 10816-88	кг	0,2	50	10
Припій	ПОС-61 ГОСТ 21931-86	кг	0,1	1222	122,2
Каніфоль соснова Лак	ГОСТ 14256-69	кг	0,8	78	62,4
		кг	0,15	410	61,5
Клей	УР-231.023 ТУ-6-10-863-76 ВК9	кг	0,1	300	30
Всього, грн				286,1	
Невраховані матеріали, 10%, грн				28,6	
Транспортно-заготівельні витрати, 5%, грн				14,3	
Разом, грн				329	

Таблиця 4.2 - Витрати на покупні вироби і напівфабрикати

Виріб	Сума, грн.
Елементи схеми (резистори, конденсатори, транзистори, діоди, мікросхеми) Трансформатор Датчики	223,6

Загальна трудомісткість виготовлення пристрою:

$$T_0 = T_p / \alpha, \quad (4.2)$$

де T_0 - трудомісткість монтажних робіт; α - питома вага виду робіт в загальній трудомісткості, для виробів даного типу.

Трудомісткість монтажних робіт визначаємо за типовими нормами часу на монтажні роботи. Норми часу на окремі операції наведені в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 - Розрахунок норм часу

Операція	Кіл-ть	Норма, хв	Всього, хв
1. Підготовка елементів до монтажу:			
- Травлення і свердління друкованої плати	2	160	320
- резисторів	26	0,129	3,354
- конденсаторів	21	0,129	2,709
- діодів	3	0,129	0,387
- діодів	3	0,164	0,492
- транзисторів	7	0,192	1,344
- мікросхем	1	1,5	1,5
- датчиків	1	0,95	0,95
- трансформаторів			
2. Установка елементів на плату:	26	0,15	3,9
- резисторів	21	0,15	2,9
- конденсаторів	3	0,15	0,45
- діодів	3	0,216	0,648
- транзисторів	7	0,42	2,94
- мікросхем	1	1,4	1,4
- датчиків	1	0,9	0,9
- трансформаторів	300	0,15	45
3. Пайка паяльником	3	1,05	3,15
4. Монтаж роз'ємів	-	5	5
5. Маркувальні роботи	-	2,5	2,5
6. Регульовальні роботи	-	5	5
Всього, хв / год			483 / 8,06

Якщо

$$T_0 = 8,06 / 0,7 = 14,58[\text{час}] \quad (4.3)$$

тоді отримуємо:

$$ЗТ = 14,58 \cdot 34,2 = 496 \text{ грн.} \quad (4.4)$$

Приймемо надбавки і доплати на рівні 60%, тоді основна заробітна плата буде становити:

$$Зосн = 0,6 \cdot 496 + 496 = 793,6 \text{ грн.} \quad (4.5)$$

Маючи отримані дані, можемо скласти калькуляцію собівартості блоку системи та занесемо в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 - Калькуляція собівартості продукції.

№	Статті витрат	Сума, грн
1	Основні матеріали	329,0
2	Куплені вироби і напівфабрикати	223,6
3	Основна заробітна плата основних виробничих робітників	793,6
4	Додаткова заробітна плата (20% від осн.з / п.)	158,7
5	Нарахування на заробітну плату (22% від осн.з / п.)	174,6
6	Знос інструментів і пристосувань цільового призначення (20% від осн.з / п.)	158,7
7	Витрати на утримання і експлуатацію устаткування (80% від осн.з / п.)	634,9
8	Цехові витрати (60% від осн.з / п.)	476,2
9	Цехова собівартість, грн	2949,3
11	Загальнозаводські витрати, (90% від осн.з / п.)	714,2
12	Заводська собівартість, грн	3663,5
13	Поза виробничі витрати (2% від осн.з / п.)	73,3
14	Повна собівартість, грн	3736,8

Визначення ціни виробу.

На ранніх етапах проектування широко використовується метод лімітних цін, що включає визначення нижньої і верхньої межі ціни. Нижня межа ($C_{\text{нг}}$) гарантує досягнення рівня рентабельності, що не нижчий, ніж той, який встановлено для основної продукції підприємства.

$$C_{\text{нг}} = C_{\text{опт}} \left[1 + \frac{\alpha_{\text{ндс}}}{100} \right] \quad (4.6)$$

$$C_{\text{опт}} = C_{\text{п}} \left[1 + \frac{P_{\text{н}}}{100} \right] \quad (4.7)$$

де

$C_{\text{опт}}$ - оптова ціна виробу, грн;

$C_{\text{п}}$ - повна собівартість виробу, 3736,8грн;

$P_{\text{н}}$ - нормативний рівень рентабельності, $P_{\text{н}} = 17\%$;

A - податок на додаткову вартість, %.

Необхідність включення податку на додаткову вартість пояснюється тим, що при встановленні верхньої межі ціни, а потім при узгодженні договірної ціни, податок вже врахований у вартості базового виробу.



Тоді:

$$C_{\text{опт}} = 3736,8 \left[1 + \frac{17}{100} \right] = 4372,1 [\text{грн}] , \quad (4.8)$$

$$C_{\text{нг}} = 4372,1 \left[1 + \frac{20}{100} \right] = 5246,5 [\text{грн}] . \quad (4.9)$$

Це представляє собою максимальну ціну товару ($C_{\text{вг}}$), яка відстоює інтереси покупців і визначається сумою, яку споживач буде готовий витратити на товар з вищою якістю споживання.

$$C_{\text{вг}} = C_{\text{б}} \beta , \quad (4.10)$$

де $C_{\text{б}}$ - ціна базового виробу і вона становить 5200 грн;

β - коефіцієнт якості виробу щодо базового;

$$C_{\text{вг}} = 5200 \cdot 1.55 = 8060 [\text{грн}] . \quad (4.11)$$

Ціна за угодою може бути визначена між виробником та споживачем у рамках між нижньою та верхньою межами ціни.

$$C_{\text{нг}} < C_{\text{дог}} < C_{\text{вг}} ; \quad (4.12)$$

$$5246,5 < C_{\text{дог}} < 8060 . \quad (4.13)$$

Низька вартість створення модуля GSM-сигналізації для системи залежить від доступності виготовлення компонентів та інших матеріалів, необхідних для виготовлення блоку. Також слід врахувати витрати на програмне забезпечення системи.

Також для більш повного розуміння економічної необхідності в контролюванні даного параметра, приймаємо для розрахунків як середню по комбінату вартість 1нієї шини у розмірі 33.00 R51 = 835 427грн. (це ціна середня яка складається з більше ніж 4х фірм та моделей шини в даному розмірі, а також не порушує економічну безпеку стосовно витоків або розголосу конфіденційної інформації).

На 1му кар'єрному самоскиді встановлено 6шт. крупно-габаритних шин у розмірі 33.00R51 тим самим маємо наступне:

$$6 (\text{шин}) * 835 427 (\text{ціна 1шт.}) = 5 012 562 \text{грн.} \quad (4.14)$$

Тобто маємо наступне, 1н кар'єрний самоскид по витратам одноразово по статті затрат «шини» = 5 012 562грн.

На центральному гірничо-збагачувальному підприємстві нараховується близько 51шт. кар'єрного самоскида:

$$51 \text{ (к/с)} * 5\,012\,562 = 255\,640\,662 \text{ грн.} \quad (4.15)$$

Тобто маємо наступне, приймаємо що один комплект шин на один кар'єрний самоскид використовується в середньому 1 рік.

Тобто нам потрібно 255 640 662 грн. на весь парк самоскидів на період терміном в 1 рік., а це приблизно 6 086 682,4\$ це дуже великі витрати щоб не звертати на них увагу, проводити більш глибокий економічний розрахунок не є доцільним, тому що покращення загального стану по ходимості крупно габаритних шин навіть на 1% вже складатиме 60 866,8\$ або ж 2 556 406,62 грн., що перебиває будь які дослідження, та вкладення у розрахунок системи.

Недолік тиску в шинах може призвести до збільшення споживання палива, зносу шин, а також погіршити керуваність автомобіля та збільшити ризик аварій. Таким чином, відслідковування тиску є важливою процедурою для збереження безпеки та економії коштів.


Відхилення від рекомендованого тиску, незалежно від його тренду в бік недокачування (-) або перекачування (+), однаково згубно впливає на пробіг і робочі характеристики КГШ, провокуючи їх прискорене спрацьовування, деформацію плями контакту з ґрунтом, погіршення стійкості до поривів і розрядів, надлишкове напруження боковини шини та інші наслідки.

Рисунок 4.1, наочно демонструє зменшення терміну служби шини за її систематичної експлуатації під тиском, відмінним від рекомендованого.



Рисунок 4.1 - Вплив тиску на ходимість шин

З урахуванням усього вищесказаного, величина і характер відхилення тиску накачування від рекомендованих значень відіграє



найважливішу роль в оцінці ефективності використання КГШ. На рис. 4.1 наведено реальні приклади опрацювання даних контролю тиску в шинах 33.00R51, встановлених на 120-135 тонні кар'єрні самоскиди центрального гірничо-збагачувального комбінату.

Відповідно до наведеної вище інформації та всієї усередненості наведених вище результатів, не можна не відзначити, що понад 41% СКГШ виходять з обігу через причини, не пов'язані з їхнім природним зносом (порізи, удари, розриви, терміко-механічні відшарування гуми та ін.) і з них 23% з приводу невідповідного тиску в шинах.

Сумарні збитки сягають мільйонів доларів США, а цього можна було б уникнути при дотриманні всіх стандартів і правил експлуатації КГШ, включно з відслідковуванням нормативних значень по тиску в шинах.

За всієї складності комплексного вирішення цього завдання, існують реальні приклади підприємств, яким вдалося домогтися збільшення частки природного зносу КГШ до 85%.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Вимоги до процесів накачування велико-габаритних шин.

Монтаж та демонтаж шин в АТЦ (ГТЦ) необхідно виконувати на спеціально відведеній ділянці, обладнаній зйомником для колес, шино монтажним стендом, необхідним обладнанням, інструментом та пристосуванням.

Вулканізаційні роботи повинні проводитись у приміщенні, обладнаному припливно-витяжною вентиляцією. Все електрообладнання, у тому числі й вулканізатори, повинно бути заземлене.

Верстати для шорсткування повинні бути обладнані пристроями для місцевого відсмоктування пилу та мати огороження привода.

Під час знімання коліс під вивішений великовантажний автомобіль або інший технологічний транспортний засіб необхідно ставити підставки, виготовлені для даної марки транспортного засобу, а під колеса, що не піднімаються, підкласти упори (противідкатні башмаки).

Перед відкручуванням гайок кріплення коліс необхідно випустити повітря з шин, що знімаються. Під час знімання задніх здвоєних коліс необхідно випустити повітря з обох шин.

Перед встановленням колеса на великовантажний автомобіль або інший технологічний транспортний засіб необхідно попередньо підкачати шину повітрям до тиску 0,08–0,1 МПа (0,8–1,0 кгс/см²) та переконатися у правильності встановлення замкового кільця.

Під час підкачування шини забороняється перебувати навпроти замкового кільця.

Накачування та підкачування знятих з автомобіля шин необхідно виконувати із застосуванням запобіжних пристроїв, що унеможливають вилітання кільця.

Накачувати шини повітрям до потрібного тиску можна тільки після встановлення і повного закріплення колеса на ступиці.

Допускається знімання та встановлення коліс за допомогою вилкових автонавантажувачів на автомобілях вантажопідйомністю від 25 до 75 т. Забороняється знімати та встановлювати колеса на великовантажних автомобілях вантажопідйомністю 75 т і більше без застосування знімача колес.

Під час накачування шин на спеціально відведеній ділянці повинні бути встановлені манометри, що пройшли випробування, або дозатор тиску повітря.

Під час роботи з пневматичним стаціонарним підйомником для переміщення шин великого розміру обов'язкова фіксація піднятої шини стопорним пристроєм.

Зазначені роботи виконуються відповідно до вимог ПНАОП 0.00-1.72-14 «Правил з охорони праці під час експлуатації великовантажних

автомобілів та інших технологічних транспортних засобів під час розробки рудних і нерудних копалин відкритим способом».

Монтажні та демонтажні роботи здійснюються на шино монтажній ділянці відповідно до інструкцій заводу виробника техніки або виробника шин кваліфікованим персоналом за допомогою спеціального обладнання та інструменту.

Шини та ущільнювальні гумові кільця, що надходять для монтажу, мають бути чистими і сухими. Основа обода, знімні бортові закраїни, знімне посадкове кільце, пружинне замкове кільце мають бути без деформацій і пошкоджень, очищеними від іржі та пофарбовані.

Під час монтажу шини на обід необхідно дотримуватися обережності, не допускати пошкоджень бортів шини, кільця ущільнювача та елементів обода, що забезпечують герметичність з'єднань.

Під час підготовки та проведення монтажних робіт необхідно:


- зняти упаковку і провести зовнішній огляд шини на предмет виявлення пошкоджень;
- зовнішнім оглядом перевірити стан обода та його деталей, очистити їх від бруду та іржі.

З особливою ретельністю необхідно очистити канавки для ущільнювального і замочного кільця. Деталі, що мають пошкодження, тріщини, деформації слід замінити (рисунок 5.1). Монтаж і демонтаж шин слід проводити на шиномонтажному стенді або за допомогою спеціального інструменту, що забезпечує безпеку при проведенні робіт.



Рисунок 5.1 - Непридатний до експлуатації диск

Персонал має бути забезпечений засобами індивідуального захисту. Монтаж повинен бути виконаний якісно, неправильний монтаж може призвести до пошкодження шин або машин, а в деяких випадках до травм персоналу та третіх осіб. Перед монтажем шини на обід необхідно



змастити кільце ущільнювача, борт шини і деталі обода в місцях прилягання борту спеціальним мастилом (силіконом, мильним мастилом).

Визначимо вимоги до процесів накачування велико-габаритних шин.

Процеси накачування велико-габаритних шин вимагають деяких специфічних кроків для безпеки та ефективності. Деякі із важливих вимог включають наступне:

- використання правильного обладнання: для накачування велико-габаритних шин потрібне спеціалізоване обладнання, яке здатне витримувати великий тиск та обсяг повітря;

- перевірка тиску: перед накачуванням шини необхідно перевірити поточний тиск і порівняти його з рекомендованим значенням виробником шин;

- безпека: під час накачування велико-габаритних шин важливо дотримуватись відповідних безпечних процедур, виключити можливість вибуху та уникнути травм;

- відповідність технічним стандартам: процес накачування шин повинен відповідати встановленим технічним стандартам та вимогам безпеки;

- регулярна перевірка: важливо регулярно перевіряти тиск у велико-габаритних шинах та вчасно вирішувати будь-які проблеми з ним.

Накачування шини повітрям проводиться на шино-монтажному стенді із зафіксованим натискним пристроєм або на ділянці, що має спеціальну огорожу що забезпечує безпеку працюючого персоналу в разі зриву замкового кільця при неправильному монтажі шин, повітряного шлангу при накачуванні шини.

Накачування здійснюється в такому порядку:

- попередньо шина накачується до тиску 70-80 кПа і перевіряється правильність складання шини на ободі;

- для забезпечення щільного прилягання борта шини до полиці обода, шина накачується до номінального значення, витримується протягом 10-15 хвилин і перевіряється на герметичність.

Накачування шини здійснюється шлангом завдовжки не менше 3-х метрів з обов'язковим дотриманням інструкцій з техніки безпеки.

Забороняється стояти навпроти колеса при його накачуванні, стійте обличчям до протектора (рисунок 5.2).



Рисунок 5.2 - Порушення правил накачування шини

Перевірка герметичності з'єднань обода в зборі з шиною проводиться мильним розчином, що заливається в канавку бортової закраїни з обох боків колеса. Герметичність з'єднань вентиль - обід і золотникова камера-золотник також перевіряється з використанням мильного розчину.

Остаточна оцінка герметичності колеса в зборі з шиною проводиться манометром за спадом тиску за 24 години. Зниження тиску не допускається. У разі виявлення падіння тиску в шині необхідно встановити і усунути причину.

Після перевірки шини на герметичність тиск у ній знижується до 80-100 кПа і шина передається для встановлення на автомобіль. Після закріплення усіма гайками на маточині вона накачується до робочого тиску.

Демонтаж шини з обода проводиться за відсутності тиску в шині.

Перед зняттям здвоєних (задніх) коліс необхідно випустити повітря з обох шин для запобігання викиду предметів затиснутих між ними і аварійного руйнування обода.

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи було виконано дослідження та проектування автоматичної системи накачування шин кар'єрних самоскидів з метою підвищення їх ефективної роботи в умовах відкритої розробки центрального гірничозбагачувального комбінату, визначено що вдосконалення існуючих рішень дає можливість контролювати поточний стан, проводити аналіз під час експлуатації та після експлуатаційний період, прогнозувати ходимість, а також планувати своєчасну заміну велико габаритних шин.

Повне автоматизоване планування та управління гірничим виробництвом, зокрема контроль технологічних процесів на кар'єрах а саме в гірничо транспортних цехах, базується не лише на розширенні застосування автоматизованих систем управління на основі супутникових технологій, а й на розширенні їхніх функціональних можливостей.

Також було запропоновано проектування системи передачі даних в заданому просторі а саме кар'єру на основі GSM-каналу.

Після дослідження та проектування було визначено, що на основі аналізу якості перехідних процесів визначається оптимальний регулятор. В даному випадку вибираємо ПІД-регулятор з налаштуванням $S_0=0.67$ $S_1=0.381$, так як він має найкращі показники якості в порівнянні з ПІ-регулятором.

Також розглянули основні зміни та доопрацювання обладнання і алгоритмів його роботи, а також оцінили фінансову складову, а саме економічну доцільність після впровадження, у % відсотковому відображенні ми побачили залежність впливу тиску на ходимість шин.

Результат виконаної роботи відповідає пред'явленим вимогам у технічному завданні.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баскаков В.П., Якимів М.М. Перспективи застосування комплексної автоматизованої системи управління на гірничих підприємствах. Гірська промисловість, 2013. 28-30 с.
2. Ткаченко В.Ф., Губа Н.І., Овраменко В.Д., Погуляка О.С. Корпоративна геоінформаційна система підприємства. Металургійна та гірничорудна промисловість, 2007. 97-100 с.
3. Пупена О.М., Ельперін І.В., Луцька Н.М., Ладанюк А.П. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник. Київ: Ліра-К, 2011. 552 с.
4. Ситник В.Ф., Писарівська Т.А., Єрьоміна Н.В., Краєва О.С. Основи інформаційних систем. Київ: КНЕУ, 2001. 420 с.
5. ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення. Київ: УкрНДІССІ, 1994. 92 с.
6. Превісокова Н.В. Інтегровані системи управління. Івано-Франківськ: ДВНЗ «Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника», 2013. - 61 с.
7. Суботін О.В. Підвищення достовірності контролю технологічних параметрів і швидкодії інформаційно-вимірювальних систем прокатних станів: дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук: 05.11.16. Донецьк, 2000. 216 с.
8. Ушенко Ю.О., Гавриляк М.С., Талах М.В., Дворжак В.В. Основи та методи цифрової обробки сигналів: від теорії до практики. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. 308 с.
9. Горпініч А.В. Формування підсистеми інформаційного забезпечення оперативного управління параметрами кар'єрних рудопотоків. Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2006. Том «Відкриті гірничі роботи». 175-182 с.
10. Мельников С.Р., Дроздов О.В., Єгоров В.Є. Автоматизація виробничих процесів на гірничодобувних підприємствах із використанням супутникових технологій. Гірська промисловість. 2000. 6-8 с.
11. Одинцев Н., Стагурова О., Абрамова Є. Інформаційні технології для гірничодобувної галузі. Гірська промисловість. 2005. 13-15 с.
12. Конференція користувачів Систем компанії «ВІСТ Груп». Гірська промисловість. 2006. 6. 70-71 с.
13. Трубецькой К.М., Клебанов А.Ф., Володимиров Д.Я. Автоматизація управління гірничотранспортними комплексами в кар'єрах. Гірський журнал. 2009. 38-41 с.
14. Закону України «Про охорону праці» Стаття 28. : офіційний сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2694-12> (дата звернення: 19.01.2025)
15. Загальні відомості ПАТ «ЦГЗК» офіційний сайт. URL: <https://cgok.metinvestholding.com/ua/about/common> (дата звернення: 20.12.2024)
16. Управління виробництвом ПАТ «ЦГЗК» офіційний сайт.



URL: <https://asdkcgkic.metinvestholding.com/pages/factory> (дата звернення: 19.01.2025)

17. Назарчук Т.В., Косіюк О.М. Менеджмент організацій навчальний посібник, Київ. 2016. 7с.



ДОДАТОК А

ІНСТРУКЦІЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ДЛЯ МОНТУВАЛЬНИКІВ ШИН

1. Загальні положення

1.1. Дана Примірна інструкція розроблена на основі Правил охорони праці на автомобільному транспорті, затверджених наказом Держнаглядохоронпраці України від 13.01.97 № 5, визначає обов'язки монтувальників шин, установлює вимоги безпеки при виконанні шиномонтажних робіт.

На основі цієї примірної інструкції на підприємствах в залежності від наявної виробничої бази і технології розробляється і затверджується інструкція з охорони праці для монтувальника шин конкретного підприємства.

1.2. Для виконання шиномонтажних робіт власник зобов'язаний призначити монтувальників шин, які пройшли навчання за спеціальною програмою, затвердженою Міністерством освіти або міністерствами (відомствами) та погодженою з Держнаглядохоронпраці України та які мають посвідчення на право виконання даних робіт.

1.3. Навчання та атестація монтувальників шин проводиться в порядку, визначеному для працівників, що виконують роботи з підвищеною небезпекою.

1.4. Для виконання шиномонтажних робіт допускаються робітники, які досягли 18 років.

1.5. Перед призначенням на роботу монтувальники шин повинні проходити медичні огляди для визначення відповідності їх фізичного стану вимогам, що ставляться до цієї професії (цього виду робіт). Особи, які мають медичні протипоказання, до виконання даного виду робіт не допускаються.

1.6. Допуск до роботи монтувальників шин (шиномонтажних робіт) оформляється наказом по підприємству.

1.7. Перед допуском до роботи монтувальник шин проходить вступний та первинний інструктаж з охорони праці, а також перевірку знань вимог безпеки при виконанні шиномонтажних робіт і стажування з відповідним оформленням у спеціальному журналі.

Йому повинна видаватися під розписку інструкція з охорони праці при виконанні цих робіт або вивісити її на його робочому місці.


Повторний інструктаж проводиться не рідше одного разу на три місяці.

1.8. Періодична перевірка знань з охорони праці монтувальників шин проводиться комісією підприємства кожні 12 місяців.

У разі, коли на підприємстві відсутня така комісія, періодичну перевірку знань монтувальників шин проводять в комісіях споріднених підприємств.

1.9. Позачергова перевірка знань проводиться у таких випадках:

- при переході з одного підприємства на інше;



- на вимогу працівника органу державного управління і нагляду за охороною праці;

- при перерві в роботі за спеціальністю більше одного року.

1.10. Перевірка знань проводиться за відповідною програмою з урахуванням інструкції з охорони праці для монтувальника шин конкретного підприємства.

1.11. Допущений до самостійної роботи монтувальник шин повинен знати:

- технологію проведення шиномонтажних робіт;

- будову і розміри різних типів і видів шин і коліс, що використовуються на підприємстві, правила їх експлуатації і зберігання;

- безпечні прийоми демонтажу, монтажу та накачування коліс автомобілів різних марок;

- будову і правила безпечної експлуатації обладнання, пристроїв, приладів та інструменту, що застосовуються при шиномонтажних роботах;

- небезпечні фактори при виконанні шиномонтажних робіт, способи надання першої допомоги при нещасних випадках;

- норми тиску в шинах різних розмірів і типів.

1.12. Монтувальник шин зобов'язаний:

- знати і виконувати вимоги цієї інструкції і нормативних актів про охорону праці, пожежної безпеки, правила поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;

- додержуватись зобов'язань щодо охорони праці, передбачених колективним договором (угодою, трудовим договором) та правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства;

- співробітничати з власником у справі організації безпечних і нешкідливих умов праці, особисто вживати посильних заходів щодо усунення будь-якої виробничої ситуації, що створює загрозу його життю чи здоров'ю або оточуючих його людей та навколишньому середовищу, повідомляти про небезпеку свого безпосереднього керівника або іншу посадову особу.

1.13. Під час виконання шиномонтажних робіт можуть мати місце такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- виліт замкового кільця при накачуванні чи підкачуванні шини або знятті здвоєних коліс з автомобіля;

- розрив покришки при накачуванні шини;

- падіння виваженої частини автомобіля;

- самовільний рух автомобіля;

- наїзди транспортних засобів;

- рухомі і обертові частини обладнання (шків, муфти, рухомі частини пристроїв, столів тощо);

- інструменти або їх частини, що відлітають;

- падіння робітників при відкручуванні чи закручуванні гайок кріплення коліс;
- падіння колеса чи шини;
- ураження електричним струмом при відсутності або несправності захисного заземлення чи занулення, ізоляції струмоприймачів;
- знижена температура повітря в холодний період року.

1.14. Монтувальник шин повинен володіти навиками і прийомами безпечного виконання шиномонтажних робіт.

1.15. Обладнання (установки для очищення ободів коліс, шафи для сушіння покришок після миття тощо), при роботі на якому виділяються шкідливі речовини, повинно бути обладнане місцевою вентиляцією (відсмоктувачами).

1.16. Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони повинен перевірятися у визначені терміни і не повинен перевищувати встановлених гранично-допустимих концентрацій: вуглецю оксиду - 20 мг/м³, азоту оксиду - 5 мг/м³, тальк - 4 мг/м³.

1.17. Пристрої, пристосування та інструмент, що застосовуються при виконанні шиномонтажних робіт, повинні відповідати виду робіт, бути справними і підлягають щомісячно контролю та вибракуванню.

1.18. Манометри для вимірювання тиску в шинах повинні проходити держперевірку не рідше 1 разу на 12 місяців, мати штамп про перевірку і бути опломбованими.

1.19. Монтувальники шин повинні бути забезпечені такими засобами індивідуального захисту з терміном носіння: костюм бавовняний - 12 міс, черевики шкіряні - 12 міс, рукавиці комбіновані - 3 міс, окуляри захисні - до зносу та іншими засобами індивідуального захисту згідно колективного договору.

1.20. Температура, вологість і швидкість повітря в приміщенні дільниці повинні відповідати допустимим нормам: в холодний період року - відповідно 15-21°C, 75%, не більше 0,4 м/с, а в теплий період року відповідно - 16-27°C, 75%, 0,2-0,5 м/с


1.21. У приміщенні (робочій зоні) шиномонтажних робіт повинна бути освітленість не менше 200 лк (при застосуванні люмінесцентних ламп) в системі загального освітлення.

1.22. Роботи з монтажу і демонтажу шин, зняття і установлення коліс на транспортні засоби, контролю стану покришок і ободів коліс, тиску в шинах повинні проводитися згідно з технологічною документацією (картою).

1.23. На дільниці повинні бути вивішені такі знаки безпеки:

- заборонні - "Накачування шин без захисного пристрою заборонено", "Ліквідувати {поправляти) положення на диску стопорних (замочних) кілець при наявності тиску в шині забороняється";

- приписуючий - "При накачуванні шин використовуй захисний пристрій".



1.24. Знаходячись на території підприємства і у виробничих приміщеннях, монтувальник шин повинен ходити по пішохідним доріжкам, бути уважним до руху транспорту, не перебігати дорогу близько від транспорту, що рухається, не їздити в кузовах самоскидів, причепів, на підніжках автомобілів тощо.

Переходити через оглядові канали треба по перехідним місткам, не дозволяється їх перестрибувати.

1.25. Монтувальник шин повинен виконувати тільки ту роботу, яка доручена його безпосереднім керівником (бригадиром, майстром, начальником дільниці) та ознайомлений з вимогами безпеки її виконання, а також вимоги правил внутрішнього трудового розпорядку підприємства, режиму праці і відпочинку.

Не дозволяється наступати на електричні кабелі, знаходитись під піднятим вантажем, переодягатись біля верстатів, що працюють, підходити до відкритих люків, наближатися до місць проведення вантажно-розвантажувальних робіт тощо.

1.27. Монтувальник шин, навчений та атестований в установленому порядку згідно з нормативними документами, несе особисту відповідальність за порушення вимог, викладених в цій інструкції з охорони праці, згідно з чинним законодавством України.

2. Вимоги безпеки перед початком виконання роботи

2.1. Перед тим як стати до роботи монтувальник шин повинен:

2.1.1. Перевірити справність засобів індивідуального захисту і одягнути їх.

2.1.2. Уважно оглянути робоче місце, привести його в порядок, прибрати всі предмети, що заважають роботі. Перевірити справність інструментів і пристосувань, розташувати їх і матеріали в зручному і безпечному для користування порядку.

2.1.3. Перевірити і переконатись в справності:

-технологічного устаткування (шиномонтажних стендів, борторозширників, компресорів, гайковертів, домкратів, електричних кабелів, штепсельних з'єднань тощо), пристроїв, приладів, стелажів;


- загально-обмінної і місцевої вентиляції;

- освітлення робочого місця (зони).

2.2. При виявленні під час огляду устаткування, приладів, пристроїв, систем (освітлення, вентиляції тощо) несправностей чи недоліків, які перешкоджають безпечній роботі, і неможливості їх усунення своїми силами монтувальник шин, не приступаючи до роботи, доповідає про це майстру (бригадиру) та інші служби в установленому на підприємстві порядку.

2.3. Монтувальник шин не повинен приступати до роботи при відсутності чи несправності вентиляції, устаткування, приладів, інструменту, освітлення на робочому місці.

3. Вимоги безпеки під час виконання роботи



3.1. Проведення шиномонтажних робіт (зняття і установлення коліс на транспортні засоби, монтаж і демонтаж шин) на підприємстві повинно здійснюватися на спеціально відведеній дільниці (посту) із застосуванням спеціального устаткування, пристроїв та інструменту, передбачених технологічною документацією.

3.2. Робота на дільниці монтування шин повинна проводитися тільки при працюючій загально обмінній припливно-витяжній вентиляції.

3.3. При виконанні робіт монтувальник шин повинен працювати тільки в спецодязгу, спецодяг слід використовувати за своїм призначенням.

3.4. Приступати до виконання шиномонтажних робіт на автотранспортному засобі на спеціалізованому посту треба тільки після того як він буде старанно вимитий, очищений від бруду, льоду і снігу. Якщо в автомобіля не вимита ходова частина ставити його на пост і виконувати шино монтажні роботи не допускається.

3.5. В'їзд (виїзд) в приміщення і постановка автомобілів на шино монтажний пост повинні здійснюватися з дозволу та під керівництвом відповідальної особи (бригадира, майстра, начальника дільниці).

3.6. Перед зняттям колеса необхідно перевірити положення замкового кільця, ослабити затягнення гайки, автомобіль вивішити на спеціальному підйомнику або за допомогою іншого підйимального механізму (спеціальних пристроїв для підймання автобуса безпосередньо за диск колеса, домкрату тощо).

3.7. При проведенні вивішування автомобіля на підйомнику на пульті його управління повинна бути вивішена табличка із написом "Підйомник не включати -працюють люди!"

3.8. Плунжер гідравлічного, пневматичного підйомника у робочому (піднятому) положенні повинен бути надійно зафіксований упором (штангою), що гарантує неможливість довільного опускання підйомника.


3.9. Перед виважуванням частини автомобіля домкратом (спеціальним пристроєм для підймання автобуса безпосередньо за диск колеса тощо) необхідно встановити його на горизонтальну неслизьку площадку, зупинити двигун (крім випадків накачування або підкачування шин від компресора автомобіля), включити знижену передачу, загальмувати автомобіль стоянковим гальмом.

Під колеса, що не підіймаються, необхідно підкласти упорні колодки не менше двох, а під вивішену частину автомобіля - спеціальну підставку (козелок).

В автобусів, які обладнані пневматичними ресорами, для зняття (установлення) колеса після вивішування (підймання) кузова і встановлення під нього підставки необхідно підійняти задню або передню вісь і встановити під нею другу підставку.

Використовувати випадкові предмети, як підставки, для виважування транспортних засобів не допускається.

В автобуса перед виважуванням необхідно перевірити стан опорної поверхні.



При виважуванні автомобіля на ґрунтовій поверхні для попередження зісковзування його вивішеної частини необхідно вирівняти місце установки домкрата, покласти під домкрат міцну (товщиною не менше 40 мм) дерев'яну підставку площею не менше 0,1 м² або дошку.

3.10. При виважуванні частини транспортного засобу плунжер домкрата або надставка до нього, підставки (козелки) повинні бути встановлені у місцях, які вказані у технологічній документації, Керівництві (інструкції) з експлуатації транспортних засобів.

3.11. Перед відкручуванням слід перевірити справність гайкового ключа і як ключ підходить до гайки. Ключі повинні відповідати розмірам гайок і не мати тріщин та забоїн. Робоча головка повинна надійно охоплювати гайку колеса. Обгінна муфта гайковерта повинна автотранспортному засобі а припиняти передачу обертового моменту від двигуна на робочу головку в разі припинення впливу працюючого на важіль вимикача. Гайковерт повинен бути обладнаний гумовими держакми, електропроводка не повинна мати пошкоджень ізоляції.

Електрогайковерт необхідно приєднувати до електромережі тільки за допомогою штепсельних з'єднань.

Не допускається проводити відкручування гайки ключем за допомогою воротка ривком або становитися для цього на вороток ногами, що може призвести до падіння і пошкоджень (переломів) ніг, рук тощо.

3.12. При знятті коліс з маточини для демонтажу або переставлення особливу увагу необхідно приділяти без дисковим колесам і колесам, які складаються із трьох частин, у яких фланці, призначені для з'єднання частин ободу, є одночасно і дисками. Перед відкручуванням гайок кріплення таких коліс необхідно повністю випустити повітря із шини.

3.13. Операції по зняттю, переміщенню та встановленню коліс вантажного автомобіля, автобуса, причепа, напівпричепа повинні бути механізовані (використовуватись спеціальні візки, гайковерти тощо).

3.14. До керування вантажопідіймальною машиною з підлоги і зачіплювання вантажу на гак монтувальники шин допускаються тільки після відповідного навчання за розробленою власником програмою, перевірки навичок з керування машиною та зчіплювання вантажів.


3.15. Демонтаж і монтаж шин повинен проводитися на стенді або на площадці для монтажу коліс.

3.16. Перед демонтажем шини (з диску колеса) повітря із камери повинно бути повністю випущене.

Демонтаж шини, яка щільно прилягає до ободу, повинен виконуватись на спеціальному стенді або за допомогою знімного пристрою.

Монтаж та демонтаж шин в дорозі необхідно проводити монтажним інструментом.

3.17. Перед монтажем шини необхідно перевірити справність і чистоту ободу, диска, бортового і замкового кільця, а також шини.



3.18. Ободи і їх елементи не допускаються до монтажу при виявленні на них деформацій, тріщин, гострих кромок і задирок, іржі у місцях контакту з шиною, розроблення кріпильних отворів більше допустимих розмірів.

3.19. Замкове кільце при монтажі шини на диск колеса повинно надійно входити у виїмку ободу усією внутрішньою поверхнею.

3.20. При виконанні шиномонтажних робіт забороняється:

- при демонтажі шини вибивати диск ковадлом (молотком);
- зняття одного із здвоєних коліс з автомобіля без застосування підйомного механізму (домкрата), шляхом наїзду другого здвоєного колеса на предмет, що виступає;

- при накачуванні шини повітрям поправляти її положення на диску постукуванням;

- монтувати шини на диски коліс, що не відповідають розмірам шин і якщо вони мають задирки та пошкодження, які перешкоджають монтажу;

- під час накачування шини або коли шина знаходиться під тиском поправляти положення бортового та замкового кільця, бити по замковому кільцю молотком, ковадлом або іншими предметами;

- накачувати шину більше норми, встановленої заводом-виготовлювачем;

- перекочувати вручну колеса, диски та шини; для цієї цілі слід користуватися спеціальними візками або телями;

- застосовувати при монтажі шини, замкові та бортові кільця, що не відповідають даній моделі.


3.21. Накачування та підкачування знятих з рухомого складу шин в умовах підприємства повинно виконуватись монтувальником шин тільки на спеціально відведених для цієї мети місцях в запобіжних огороженнях (клітках) або з використанням інших запобіжних пристроїв, що перешкоджають вильоту кільця та травмуванню працюючих при розриві шини. Крім того необхідно слідкувати за показаннями контрольно-вимірювальних приладів (манометрів, дозатора тиску повітря, запобіжних клапанів).

3.22. Довжина шлангу для накачування шин повинна бути рівна відстані від повітророзподільної колонки до запобіжної кліти (огорожі).

3.23. Кран повітророзподільної колонки повинен закриватися (відкриватися) спеціальним ключем (ключем-маркою), який повинен бути у монтувальника шин, що не дозволяє приймати участь у накачуванні шин стороннім особам.

3.24. Накачування шин слід вести у два етапи: спочатку до тиску 0,05 МПа (0,5 кг/см²) з перевіркою положення замкового кільця, а потім переконавшись, що кромка кільця знаходиться під бортом шини, до максимального тиску, який встановлений інструкцією для даної марки автомобіля.

Не дозволяється направляти шланг із стиснутим повітрям на людей.



3.25. У випадку виявлення неправильного положення замкового кільця необхідно випустити повітря із шини, що накачується, поправити положення кільця, а потім повторити вказані в п. 3.24 операції.

При повторному неправильному положенні замкового кільця його необхідно замінити.

3.26. Підкачування шин без демонтажу слід проводити, якщо тиск повітря в них знизився не більше як на 40% від норми і є упевненість, що правильність монтажу не порушена.

3.27. Перед накачуванням шин на розбірних ободах з болтовим з'єднанням необхідно переконатись, що всі гайки затягнуті однаково, відповідно до інструкції з технічного обслуговування автомобілів; не допускаються до експлуатації ободи, у яких немає хоч би однієї гайки.

3.28. На ділянці повинен бути установлений і використовуватися дозатор тиску повітря або манометр, які дозволяють регулювати величину тиску для різних шин під час їх накачування.

3.29. Редуктор на стенді для демонтажу та монтажу шин повинен бути закритий кожухом.

3.30. При накачуванні шин у дорожніх умовах необхідно використовувати запобіжну вилку відповідної довжини та міцності, запобіжні пристрої інших конструкцій або покласти колесо замковим кільцем униз.

3.31. Для огляду внутрішньої поверхні шини необхідно застосовувати спредер.

3.32. При огляді покришок необхідно працювати тільки в рукавицях, так як можливе поранення рук застряглими в шинах предметами.

3.33. Для вилучення із шини металевих предметів, цвяхів слід користуватися кліщами, а не виворотком, шилом чи ножем.

3.34. При роботі з пневматичним стаціонарним підйомником для переміщення покришок великого розміру обов'язкова фіксація піднятої покришки стопорним пристроєм.


3.35. Обладнання, пристрої та інструмент повинні використовуватись за призначенням, їх слід розміщувати у легкодоступних місцях таким чином, щоб виключалась можливість випадкового переміщення або падіння.

3.36. При виконанні робіт для попередження нещасних випадків монтувальник шин повинен тримати своє робоче місце в чистоті і порядку, не допускається захарашувати приміщення колесами, шинами, ободами тощо. Вони повинні знаходитися на стелажах або в спеціально відведених для цього місцях.

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

4.1. По закінченні роботи монтувальник шин зобов'язаний додержуватись таких вимог:

4.1.1. Привести в порядок робоче місце. Інструмент і пристосування протерти і скласти на відведене для них місце.



4.1.2.Доповісти майстру (бригадиру) про всі несправності і неполадки, виявлені під час роботи, і про вжиті заходи щодо їх усунення.

4.1.3. Зняти і покласти (здати) на зберігання у встановленому місці захисний одяг.

4.1.4.Відключити споживачі електроенергії у всіх приміщеннях дільниці.

4.1.5. Після закінчення робіт необхідно ретельно вимити з милом обличчя і руки та прийняти душ.

5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

5.1. Про нещасний випадок з ним монтувальник шин повинен (при можливості сам або через інших працівників) доповісти безпосередньому керівникові або іншим посадовим особам і звернутися за допомогою в медпункт або до лікаря.

5.2.При несправності устаткування для уникнення аварійної ситуації необхідно негайно відключити:

- компресор, якщо не спрацьовує запобіжний клапан при перевищенні допустимого тиску стиснутого повітря;
- шино монтажний стенд, якщо вийшла з ладу гідростанція;
- борторозширник, якщо не спрацьовує запобіжний клапан при перевищенні допустимого тиску стиснутого повітря.

Для усунення несправності слід звернутися в установленому порядку до відповідної служби підприємства.

5.3. При виникненні пожежі необхідно негайно повідомити про це безпосередньому керівникові (бригадиру, майстру, тощо), знеструмити устаткування (при необхідності) і приступити до ліквідації (локалізації) пожежі.

5.4.У випадку подальшого розповсюдження вогню, що загрожує життю, необхідно залишити приміщення самому і допомогти залишити його іншим працівникам згідно з планом евакуації дільниці або зони.

5.5.У разі несправності електрообладнання, виходу з ладу місцевої або загальної припливно-витяжної вентиляції необхідно негайно припинити роботу, відключити обладнання від джерел живлення і доповісти про несправності безпосередньому керівникові або звернутися в установленому порядку до відповідної служби.