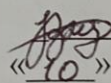


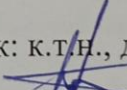
Пояснювальна записка

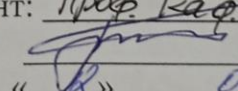
до бакалаврського дипломного проекту та тему:

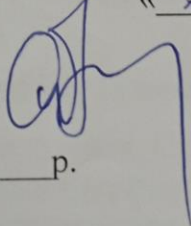
«АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ЗВАЖУВАННЯ ДЛЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО КАР'ЄРУ»

Виконав: студент 4 курсу, групи 1АКІТ-206,
спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології

 Кравченко В.Л.
« 10 » 06 2024 р.

Керівник: к.т.н., доцент кафедри АІІТ
 Кабачій В.В.
« 10 » 06 2024 р.

Рецензент: проф. каф. КСУ Бикоб М.М.

« 10 » 06 2024 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри 
« 18 » 06 20__ р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування
Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітньо-професійна програма Інтелектуальні комп'ютерні системи управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АІТ

д.т.н., професор

О.В. Бісикало

2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА БАКАЛАВРСЬКИЙ ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Кравченко Володимир Леонідович

1. Тема проєкту Автоматизована система зважування для спеціалізованого кар'єру

керівник проєкту Кабачій Владислав Володимирович, к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від « 11 » 03 20 року № 80

2. Термін подання студентом проєкту 10 червня 2024 р.

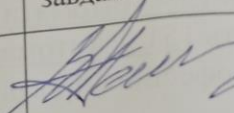
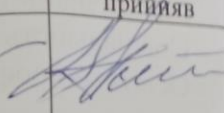
3. Вихідні дані до проєкту Автоматизована система зважування (АСЗ) є складовою частиною автоматизованої системи управління (АСУ) виробництвом (АСУВ) спеціалізованого кар'єру. Вона призначена для підвищення точності завантаження залізничних вагонів готовою продукцією кар'єру. В якості прикладу такого кар'єру можна використати Гніванський гранітний кар'єр. На цьому кар'єрі при завантаженні щебню або каменю у залізничні вагони використовуються вагонні ваги моделі 7260S / 1+1 фірми "МЕТТЛЕР ТОЛЕДО". Технічні характеристики електронних ваг - максимальна границя зважування – 100 т; розрізняювальна спроможність – 100 кг. Завантаження залізничних вагонів щебнем та камінням здійснюється потужним автомобільним завантажувачем. Цей завантажувач постійно переміщується по території складського майданчику кар'єру, набираючи до свого ківшу необхідний щебінь чи камінь. Проблема даного технічного процесу полягає в тім, що водій завантажувача не бачить результатів вимірів поточної ваги вагону, бо термінал електронних ваг розміщений у приміщенні вагової. Тому водій, як правило, навантажує вагони приблизно, тобто "на око". В результаті більшість вагонів завантажуються не до повної їх вантажопідйомності, а деякі із них і перевантажуються

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки 1) Техніко-економічне обґрунтування дипломного проєкту. 2) Концептуальне проєктування інтеграції АСЗ з АСУВ підприємства. 3). Проєктування технічної частини АСЗ.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1) Автоматизована система зважування. Схема електрична структурна. 2) Автоматизована система зважування. Схема електрична функціональна. 3). Автоматизована система зважування. Схема електрична принципова.

6. Консультанти розділів проекту

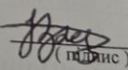
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Папінов В.М., професор кафедри АІТ		

7. Дата видачі завдання 12.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

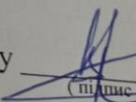
№ з/п	Назва та зміст етапу	Терміни виконання	Примітка
1	Техніко-економічне обґрунтування дипломного проекту	24.05.24 р.	
2	Концептуальне проектування функціональної структури ІСУ підприємства	24.05.24 р.	
3	Розробка технічного завдання на дипломне проектування	24.05.24 р.	
4	Проектування електричної структурної схеми системи	31.05.24 р.	
5	Проектування електричної функціональної схеми системи	05.06.24 р.	
6	Проектування електричної принципової схеми системи	10.06.24 р.	

Студентка


(підпис)

Кравченко В.Л.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту


(підпис)

Кабачій В.В.
(прізвище та ініціали)

Анотація

Бакалаврській дипломний проєкт складається з 88 сторінок формату А4, на яких є 35 рисунків, 10 таблиць, список використаних джерел містить 35 найменувань.

Метою проєкту є підвищення якісних показників технічного процесу завантаження продукції у залізничні вагони, який є частиною виробничого процесу Гніванського гранітного кар'єру, шляхом розробки та впровадження автоматизованої системи зважування (АСЗ), побудованої на основі електронних вагонних ваг компанії "Mettler Toledo" та сучасних комунікаційних програмно-апаратних засобах промислової автоматизації й працюючої у складі єдиної інтегрованої системи управління підприємством.

У загальній частині роботи проведений аналіз існуючого виробничого процесу гранітного кар'єру та його технічного процесу завантаження готової продукції у залізничні вагони, виявлені їх недоліки та намічені шляхи їх усунення за допомогою вдосконаленої автоматизованої системи зважування, яка включена до складу інтегрованої системи управління (ІСУ) підприємством. В розрахунково-конструкторській частині роботи спроектована концепція інтегрованої системи управління підприємством та технічна частина АСЗ (схема електрична структури, схема електрична функціональна та схема електрична принципова).

Ключові слова: автоматизована система зважування, технічний процес завантаження, залізничний вагон, гранітний кар'єр, інтегрована система управління підприємством

Abstract

The bachelor's diploma project consists of 88 A4 pages, which have 35 figures, 10 tables, the list of sources used contains 35 items.

The goal of the project is to improve the quality indicators of the technical process of loading products into railway wagons, which is part of the production process of the Hnivansky granite quarry, by developing and implementing an automated weighing system (ASZ), built on the basis of electronic wagon scales of the company "Mettler Toledo" and modern communication software and hardware means of industrial automation, working as part of a single integrated enterprise management system.

In the general part of the work, an analysis of the existing production process of the granite quarry and its technical process of loading finished products into railway cars was carried out, their shortcomings were identified and ways of their elimination were planned with the help of an improved automated weighing system, which is included in the integrated management system (IMS) of the enterprise . In the calculation and design part of the work, the concept of the integrated management system of the enterprise and the technical part of the ASZ (electric structure diagram, electrical functional diagram and electrical principle diagram) were designed.

Keywords: automated weighing system, loading technical process, railway car, granite quarry, integrated enterprise management system

Перелік скорочень

АСЗ – автоматизована система зважування.

АСУ – автоматизована система управління.

АСУВ – автоматизована система управління виробництвом.

АСУТП – автоматизована система управління технічним/технологічним процесом.

АСУП – автоматизована система управління підприємством.

ІСУ – інтегрована система управління

КІСУ – комп'ютерно-інтегрована система управління.

ТП – технічний/технологічний процес.

ТЗА – технічний засіб автоматизації.

ІПК – індустріальний промисловий комп'ютер;

ПЛК – програмований логічний контролер.

ПЗ – програмне забезпечення.

ФСА – функціональна схема автоматизації.

ФІТА – факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації.

ВНТУ – Вінницький національний технічний університет.

PLC – Programmable Logic Controller.

HMI – Human-Machine Interface.

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition.

MES/MOM - Manufacturing Execution System/Manufacturing Operations Management.

Вступ.....	7
1 Техніко – економічне обґрунтування дипломного проекту	9
1.1 Дослідження виробничого та технічного процесів, що автоматизуються	9
1.2 Аналіз недоліків існуючих систем автоматизації ТП.....	16
1.3 Формування напрямків проектування та розробка технічного завдання	21
2 Концептуальне проектування інтеграції АСЗ з АСУВ підприємства	23
2.1 Вимоги діючих стандартів до проектування АСУВ	23
2.2 Обґрунтування загальної архітектури ІСУ підприємства	27
2.3 Функціональна структура ІСУ підприємства	31
3 Проектування технічної частини АСЗ	42
3.1 Аналіз варіантів розробки	42
3.2 Розробка електричної структурної схеми	52
3.3 Розробка електричної функціональної схеми	54
3.4 Проектування електричної принципової схеми	58
3.4.1 Передавальна частина бездротового каналу передавання цифрових даних	58
3.4.2 Приймальна частина бездротового каналу передавання цифрових даних	61
3.4.3 Мікропроцесорний контролер приймальної частини каналу передавання цифрових даних	65
Висновки	71
Література	72
Додаток А (обов'язковий) Технічне завдання на дипломне проектування.....	76
Додаток Б (обов'язковий) Графічна частина.....	80
Автоматизована система зважування. Схема електрична структурна	81
Автоматизована система зважування. Схема електрична функціональна	82
Автоматизована система зважування. Схема електрична принципова	83
Додаток В (обов'язковий) Протокол перевірки дипломного проекту на наявність текстових запозичень	87

					08-31.БДП.010.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизована система зважування для спеціалізованого кар'єру. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Кравченко В.Л.		10.06				
Перевір.		Кабачій В.В.		10.06			6	
Реценз.								
Н. контр.		Овчинников К.В.		10.06				
Затверд.		Бісікало О.В.				ВНТУ, гр. ІАКІТ-206		

Вступ

Найбільшого поширення автоматизовані системи зважування на основі електронних вагонних ваг знайшли на підприємствах металургійної, хімічної і нафтохімічної галузей, гірничодобувної промисловості й енергетичного комплексу. Також в останні роки на залізницях для забезпечення заходів безпеки руху стали широко використовуватися спеціальні вагонні ваги для визначення осьового навантаження вагонів і визначення положення центру мас.

Для вирішення вказаних практичних задач у різних галузях промисловості міжнародна компанія «Mettler Toledo» вже з початку ХХ століття займається розробкою і продажом вагонних ваг і на сьогодні є першою у світі, що налагодила серійне виробництво електронних ваг з тензометричними цифровими датчиками ваги [1]. За багато років експлуатації на підприємствах практично всіх країн світу ці ваги зарекомендували себе як високоточні, надійні, прості в обслуговуванні, стійкі до великих перепадів температур (до 100°C) і максимально захищені від впливу зовнішніх факторів.

Для побудови автоматизованих систем зважування такі вагонні ваги зазвичай комплектуються широким набором пристроїв відображення інформації - від простих вагових індикаторів до цілком автономних контролерів, що автоматично зважують вагони в русі і передають інформацію в комп'ютерну мережу. Якщо підключити ще систему автоматичної ідентифікації вагонів, то разом з інформацією про вагу вагонів можна одержувати і передавати дані про номер вагону, відправника вантажу, вантажоодержувача і перевезену у вагоні продукцію.

З іншого боку, використання цих електронних ваг для конкретного виробничого, технологічного чи технічного процесу може вимагати і обов'язкового поліпшення їх конструкції, і створення на їх основі оригінальної автоматизованої системи зважування.

Саме цій задачі і присвячений даний бакалаврський дипломний проєкт стосовно використання вказаних вагонних електронних ваг у виробничому процесі конкретного гранітного кар'єру, який включає і видобуток гранітної сировини, і виготовлення готової продукції - різних видів щебню і каменю, і відпуск продукції чисельним споживачам [2-5].

Метою проєкту є підвищення якісних показників технічного процесу завантаження продукції у залізничні вагони, який є складовою частиною виробничого процесу ТОВ "Гніванський гранітний кар'єр" [6, 7], за рахунок розробки та впровадження автоматизованої системи зважування (АСЗ), побудованої на основі існуючих електронних вагонних ваг компанії «Mettler Toledo» та сучасних комунікаційних програмно-апаратних засобів промислової автоматизації, яка працюватиме у єдиній інтегрованій системі управління підприємством.

Для цього в роботі вирішуються такі задачі:

- аналіз виробничого та технічного процесів, що автоматизуються;
- аналіз конструкції існуючих електронних ваг та виявлення недоліків існуючої системи автоматизації процесу зважування;
- формування напрямків проектування автоматизованої системи зважування;
- розробка технічного завдання на дипломне проектування;
- обґрунтування загальної архітектури ІСУ підприємства;
- розробка функціональної структури ІСУ підприємства;
- аналіз варіантів розробки структури АСЗ;
- проектування електричної структурної схеми АСЗ;
- проектування електричної функціональної схеми АСЗ;
- проектування електричної принципової схеми АСЗ.

Об'єкт дослідження: технічний процес завантаження продукції гранітного кар'єру у залізничні вагони.

Предмет дослідження: автоматизоване управління процесом завантаження залізничного вагону автомобільним завантажувачем на основі поточних результатів автоматичного зважування вагону.

Основні методи дослідження: аналіз, синтез, аналогія, абстрагування, узагальнення, класифікація, індукція.

Науково-технічний рівень розробки: запропонований ефективний спосіб покращення якісних показників процесу завантаження залізничного вагону продукцією гранітного кар'єру за рахунок збільшення інформованості водія автомобільного завантажувача щодо результатів автоматичного вимірювання ваги продукції у вагоні.

Практичне значення отриманих результатів: проєкт нової автоматизованої системи зважування, виконаний в даному дипломному проєкті, може бути використаний як ескізний проєкт для аналогічних практичних застосувань на інших спеціалізованих кар'єрах.

Апробація результатів проектування: основні результати виконання бакалаврського дипломного проєкту опубліковані у матеріалах щорічної НТК викладачів та студентів ВНТУ (Вінниця, ВНТУ, 2024 р.) [7].

Розробка системи автоматизованого обліку борошна за темою бакалаврського дипломного проєкту проводилась на основі індивідуального завдання, складеного та затвердженого кафедрою автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій ВНТУ, а також розробленого технічного завдання на дипломний проєкт (додаток А).

1 Техніко-економічне обґрунтування дипломного проєкту

1.1 Дослідження виробничого та технічного процесів, що автоматизуються

Щебінь — це нерудний кам'яний матеріал (рисунок 1.1), без якого на сьогодні не обходиться жодне будівництво [2]. Щебінь використовують при різних видах робіт, зокрема незамінний він для:

- виготовлення бетонних виробів (у цьому випадку щебінь використовують у якості заповнювача);
- будівництва доріг, відсіпання залізничних колій;
- заливки фундаменту цементною сумішшю зі щебню;
- декорування басейнів та водойм.



Рисунок 1.1 - Види щебню

Застосування новітніх технологій для виробництва будівельних матеріалів і виробів на їхній основі зумовлює підвищені вимоги і до якості щебню. Тому процес виробництва цього будівельного матеріалу досить трудомісткий і постійно вдосконалюється [2-5].

Для виробництва щебню використовують різні види сировини (від чого залежить і вид щебню):

- тверді гірські породи (базальт, граніт);
- осадові гірські породи (гравій, вапняк);
- будівельне «сміття»;
- металургійні відвальні шлаки.

Виділяють 3 основні етапи виробництва щебню, під час яких його добувають, дроблять і сортують.

На першому етапі перед безпосереднім видобутком гранітного чи гравійного буту, як правило, на гранітному кар'єрі проводять розкривні роботи: видаляють рослинний шар, піщано-глинисті породи, а в деяких випадках — непридатний камінь верхньої зони. Коли кам'яний масив підготовлений, розпочинаються роботи з відділення окремих блоків (негабаритів), які будуть проходити наступну обробку. Для видобутку кам'яних блоків застосовують бурові машини та верстати, за допомогою яких бурять свердловини (шурфи). У них закладають вибухові снаряди.

Зазвичай масовий вибух проводять у чітко визначений час і обов'язково стежать за тим, аби в небезпечній зоні не було людей і техніки (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Проведення масового вибуху на кар'єрі

Масовий вибух повинен бути чітко спланований, оскільки від цього залежить відокремлення якісних блоків потрібної величини. Якщо після вибуху утворилися великі брили, їх підривають вдруге.

Далі кам'яні блоки вантажать екскаваторами в автосамоскиди та транспортують ними (рисунок 1.3) до дробильно-сортувальних цехів (ДСЦ).



Рисунок 1.3 – Транспортування кам'яних блоків до ДСЦ

На другому етапі виробництва щебню технологічний процес переробки кам'яного буту поділяється на дві стадії – первинного і вторинного дроблення.

При первинному дробленні бут рівномірно подається живильником у дробарку, де подрібнюється на менші частини (рисунок 1.4). Іноді первинне

дроблення каменю здійснюють безпосередньо у кар'єрі. У такому випадку на завод доставляються не суцільні кам'яні брили, а частково дроблені.

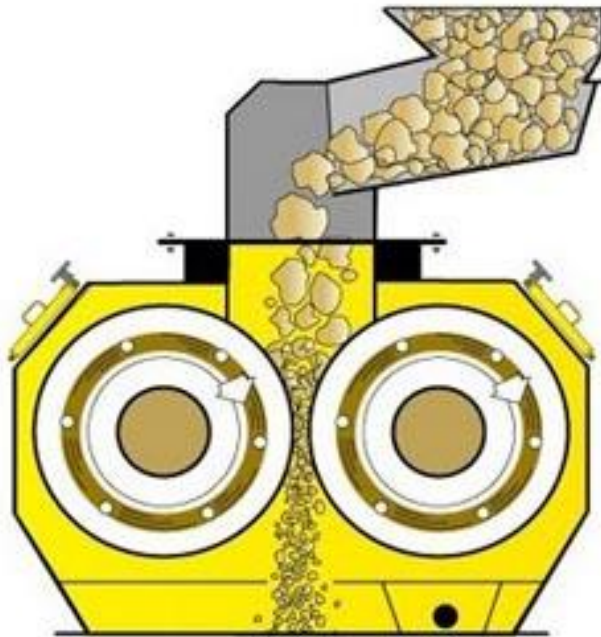


Рисунок 1.4 – Стадія первинного дроблення кам'яного буту

При вторинному дробленні стрічковий транспортер подає гірську породу, що пройшла первинну обробку, в дробарку вторинного дроблення (рисунок 1.5).

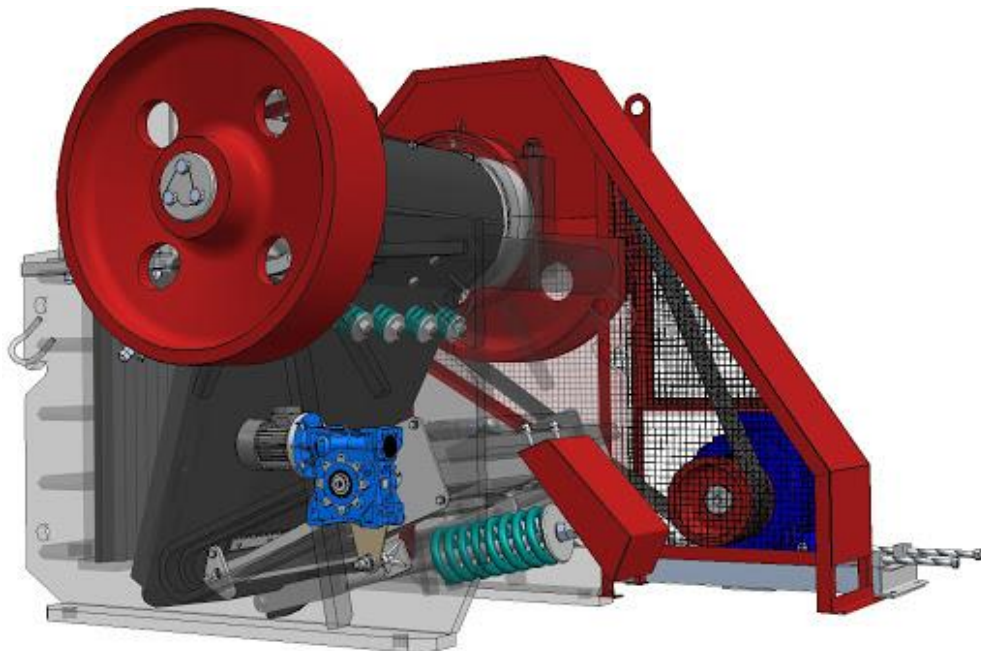


Рисунок 1.5 - Дробарка вторинного дроблення каміння

На третьому етапі виробництва щебню виконується технологічний процес сортування щебню на фракції (грохочення). Основна задача цього етапу – регулювання розміру та кількості кам'яного матеріалу. Цей етап не завжди виділяють в окремий; іноді його розглядають як третю стадію переробки кам'яного буту.

Під час грохочення отриманий в результаті дроблення щебінь сортується на окремі фракції за розміром. Це здійснюється за допомогою спеціального пристрою — грохота (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Зразок промислового грохоту

Грохочення може бути:

- попереднє (застосовують для відокремлення дрібних частинок з матеріалу, що піддається дробленню);
- контрольне (має на меті виділення продуктів, що потребують повторного дроблення);
- товарне (сортування на товарні фракції).

Після грохоту виконується сортування подробленого каміння на фракції та транспортування відсортованої продукції промисловими конвеєрами до відповідних місць їх тимчасового зберігання на спеціальних відкритих складських майданчиках підприємства (рисунок 1.7).

З цих майданчиків готова продукція далі вивозиться до споживачів тим чи іншим способом – або залізничним транспортом, або автомобільним транспортом. У першому випадку до складських майданчиків підводиться залізнична колія, а завантаження щебню у вагони здійснюється або спеціальними конвеєром, або екскаватором, або автомобільним завантажувачем.



Рисунок 1.7 – Приклад транспортування відсортованого щебню на складський майданчик підприємства

Якщо ж вивіз щебню здійснюється автотранспортом, то для його завантаження до складського майданчика підводиться автодорога з твердим покриттям, а завантаження автомобілів виконується також одним з означених вище способів (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – Завантаження автотранспорту готовою продукцією

У обох випадках при вивезенні готової продукції зі складських майданчиків підприємства обов'язково виконуються операції зважування.

Організація виробничого процесу у цій частині може відрізнятися для різних підприємств. Тому подальший аналіз доцільно проводити для конкретного підприємства, наприклад, для ВАТ «Гніванський гранітний кар'єр» [6, 7]. В наш час це одне з найбільших підприємств з виробництва щебеневої продукції в Україні.

На рисунку 1.9 показане територіальне розміщення виробничих об'єктів даного підприємства.

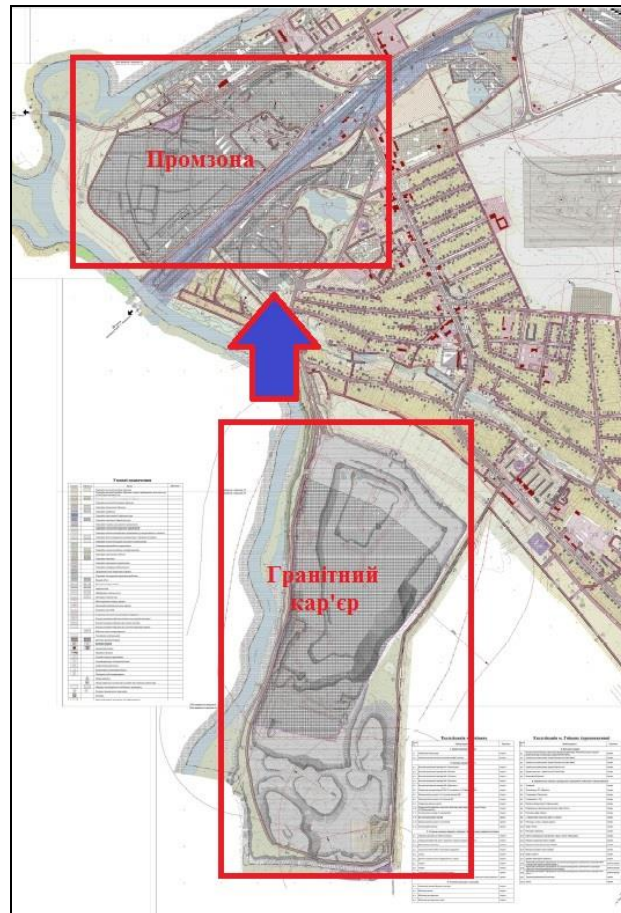


Рисунок 1.9 –Виробничі об'єкти ВАТ «Гніванський гранітний кар'єр»

Основними об'єктами є гранітний кар'єр (рисунок 1.10) та промислова зона, які зв'язані між собою автодорогою. В промисловій зоні розміщені два дробильно-сортувальні цехи (ДСЦ №1, ДСЦ №2) з системами вихідних конвеєрів та декілька складських майданчиків для готової продукції (рисунок 1.11). До складського майданчику №1 підведені залізничні колії для здійснення відпуску готової продукції підприємства з її вивезенням залізничним транспортом. До складських майданчиків №2 та №3 підведена система автодоріг для здійснення відпуску готової продукції підприємства з її вивезенням автомобільним транспортом. При цьому заїзд та виїзд автотранспорту відбувається через спеціальну прохідну, де встановлені автомобільні ваги (на в'їзді та виїзді).



Рисунок 1.9 – Гранітний кар'єр поблизу міста Гнівань

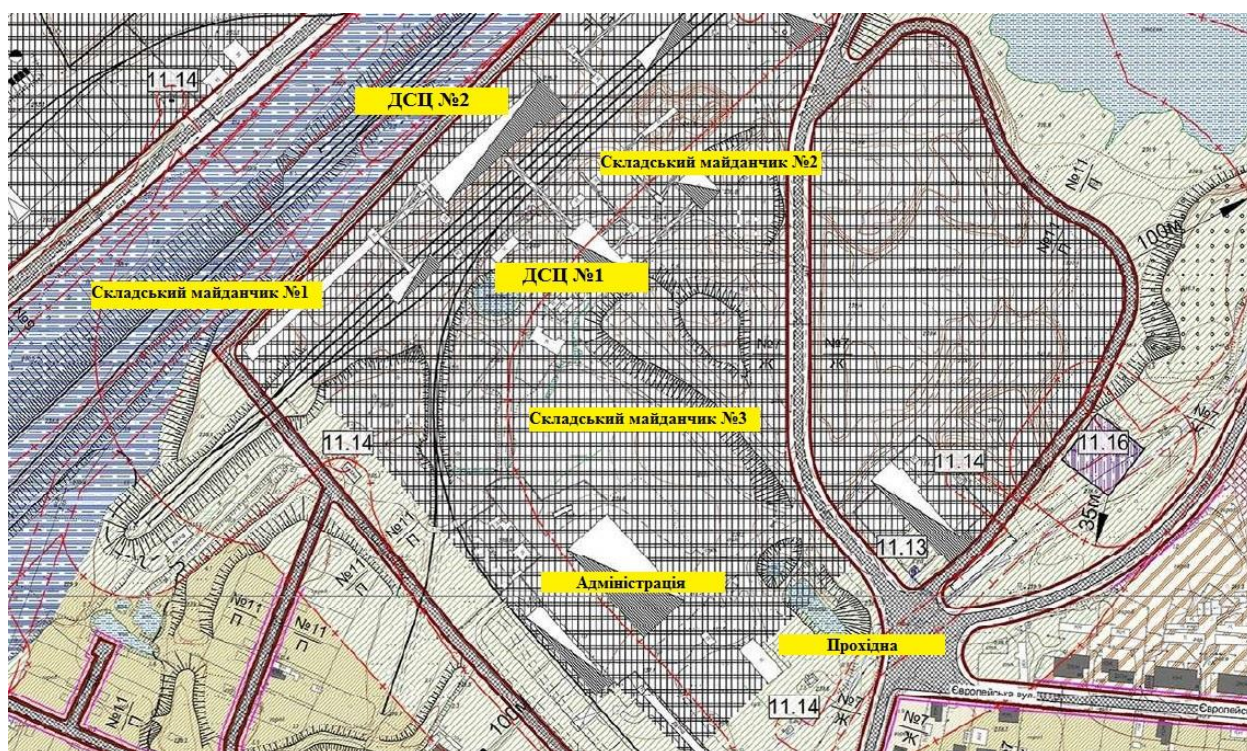


Рисунок 1.10 – Схема промислової зони в місті Гнівань

Проаналізуємо тепер існуючі на даному підприємстві системи автоматизації технічних процесів (ТП) завантаження готової продукції, які передбачають обов'язкове виконання операцій її зважування, по-перше, для контролю кількості продукції, що відпускається конкретному покупцю (споживачу), по-друге, для формування звітності для адміністрації підприємства щодо обліку готової продукції та обсягів її продажу.

1.2 Аналіз недоліків існуючих систем автоматизації ТП

Враховуючи вимоги індивідуального завдання на дипломне проєктування, розглянемо детальніше технічний процес завантаження залізничних вагонів готовою продукцією.

На ВАТ «Гніванський гранітний кар'єр» для автоматизації цього ТП використовуються вагонні ваги моделі 7260S/1+1 фірми «Mettler Toledo» [1]. Вони призначені для статичного зважування вагонів, геометричні розміри яких дозволяють їхню установку на вантажно-приймальній платформі. При цьому забезпечується зважування з інтенсивністю до 70 вагонів у добу.

В таблиці 1.1 наведені основні технічні характеристики цих ваг.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики ваг моделі 7260S / 1+1

Найменування характеристики	Значення
Вид зважування вагонів і поїздів з них	одного вагону, статичне
Найбільша границя зважування вагона, т	100
Дискретність, кг	100
Число перевірочних розподілів n_e	2000
Найменша межа зважування	20 е
Клас точності при статичному зважуванні за ДСТ 29329	середній
Клас точності при зважуванні в русі зчеплених вагонів і поїзда з них за ДСТУ 30414-96*	-
Швидкість руху вагонів при зважуванні, км/год	-
Напрямок руху при зважуванні	-
Число модулів у вантажно-приймальному пристрої	2
Габаритні розміри вантажно-приймального модуля:	
довжина, м	3,8
ширина, м	2
Діапазон робочих температур, °C:	
- для вантажно-приймального пристрою	від -45 до +45
- для інших пристроїв	від -10 до +45
Параметри електричного живлення:	
- напруга змінного струму, В	220 (від 187 до 242)
- частота, Гц	50 ± 2
- споживана потужність, ВА	не більше 300

Електронні ваги мають два вантажно-приймальних модуля, на яких розміщуються візки вагонів під час зважування (рисунки 1.10, 1.11).



Рисунок 1.11 – Загальна конструкція вагової платформи

Основними конструктивними елементами вагонних ваг є такі:

- вагова платформа;
- датчики ваги;
- ваговий термінал (індикатор);
- сполучні кабелі й коробки;
- система грозозахисту;
- спеціалізоване програмне забезпечення, у випадку підключення вагового терміналу до РС;

Вагова платформа складається з двох міцних вантажно-приймальних модулів, встановлюваних у прямокутний корпус. Модульна конструкція забезпечує простий монтаж ваг без застосування зварювальних робіт. Модулі мають можливість розширюватися й стискуватися при зміні температури й прикладеного навантаження. При обслуговуванні ваг доступ до всіх компонентів здійснюється через панелі, що зрушуються.

Конструкція й розміри вагової платформи вибрані за способом зважування й парком вагонів, які зважуються на вагах.

Найважливішим конструктивним елементом ваг є тензометричний датчик ваги моделі DigiTOL. Вбудований до нього мікропроцесор перетворює аналоговий сигнал у цифровий, а також вводить виправлення на температуру навколишнього середовища (від мінус 40°C до плюс 45°C). При цьому захищеність цифрового сигналу в 6 мільйонів разів вища, ніж у звичайного датчика з аналоговим виходом, що дозволяє уникнути перекручувань, викликаних впливом сильних електромагнітних полів. Мікропроцесор із внутрішньою діагностикою забезпечує легкий пошук несправностей і дає можливість автоматизувати процес калібрування ваг. Результат вимірів у цифровому вигляді передається по кабелю на ваговий термінал (індикатор).

Корпус датчика ваги повністю герметичний і виготовлений з нержавіючої сталі з використанням лазерного зварювання й заповнений інертним газом. Для зменшення зношування опорні поверхні датчика покриті нітридом кремнію. Форма нижньої п'яти виключає провертання вагового датчика при експлуатації, а сферична форма поверхні верхньої п'яти запобігає виникненню тангенціального складового навантаження.

Вагонні ваги комплектуються спеціальними кабелями із двома оболонками, що екранують. Зовнішня оболонка, плетена з нержавіючої сталі, досить міцна щоб протистояти значним механічним навантаженням і захищати кабель від гризунів. Герметичне рознімання забезпечує надійний контакт навіть у випадку занурення у воду. Сполучні коробки виконані з нержавіючої сталі й поставляються в комплекті зі спеціальними фітінгами й прокладками, що захищають внутрішні з'єднання по класу IP67.

Вагові термінали - це пристрої для подання інформації, отриманої від датчиків вагової платформи, а також обробки й передачі результатів вимірів. Вагові термінали розрізняються по своїх функціональних можливостях. Прості моделі виконують базові завдання: виведення результату на дисплей, рахунок штук, підсумовування, складання рецептур, відстеження заданої ваги. Складні моделі терміналів містять у собі комп'ютер з відкритою архітектурою в промисловому виконанні. Через різні інтерфейси термінали можуть передавати накопичену інформацію в комп'ютерну мережу цеху або підприємства.

Ваги Гайворонського кар'єру постачені ваговими терміналами моделі “Cougar”, який працює через ваговий інтерфейс DigiTOL (рисунок 1.12). Це простий термінал, що підтримує базові функції зважування й оснащений інтерфейсом RS232 (таблиця 1.2).



Рисунок 1.12 – Зовнішній вигляд вагового терміналу моделі “Cougar”

Таблиця 1.2 – Характеристики вагового терміналу моделі “Cougar”

Характеристика	Значення
Матеріал корпусу	Нержавіюча сталь
Промисловий клас захисту	IP65
Дисплей	Рідкокристалічний
Клавіатура	Мембранна
Інтерфейси	RS232
Базові функції	Нагромадження, робота з датчиками ваги , перевірка працездатності.
Застосування	Цифрові датчики ваги DigiTOL
Габаритні розміри	300 x 178 x 159 мм
Варіанти закріплення	Монтаж до стіни
Максимальна розрізнявальна спроможність	60 000 d
Частота опитування ваг	до 300 Гц

Грозозахист це комплекс апаратних засобів, призначений для захисту вагової апаратури від імпульсів напруги по ланцюгу змінного струму й електромагнітних імпульсів, які можуть бути «наведені» розрядом блискавки.

У число подібних засобів входять:

- фільтр захисту від перенапруг по ланцюгу змінного струму;
- газорозрядні елементи й шунтувальні датчики ваги, установлені в сполучних коробах;
- використання оболонок, що екранують, кабелю в якості «апаратної землі»;
- спеціальний обміднений триметровий стрижень заземлення й плетена шина, що з'єднує стрижень із корпусом вагового термінала.

Як показує практика, ваги оснащені системою грозозахисту мають високу стійкість до електромагнітних імпульсів і зберігають працездатність навіть у випадку близького влучення блискавки.

Тепер щодо організації виконання процесу завантаження залізничних вагонів та застосування в ході цього процесу описаних електронних ваг. Як зазначено у індивідуальному завданні, завантаження щебню та каміння у вагони здійснюється за допомогою потужного автомобільного завантажувача (рисунок 1.13). Цей завантажувач повинен постійно переміщуватися по території складського майданчику промзони підприємства до куп потрібного щебню/каміння, набирати його до свого ківшу і їхати до вагону, що стоїть на

вантажно-приймальній платформі електронних ваг. При цьому головна проблема такої організації автоматизованого процесу (автоматизується лише вимірювання поточної ваги вагону з завантаженням вже щебнем/камінням) полягає в тому, що водій завантажувача не бачить результатів вимірів поточної ваги вагону, бо термінал електронних ваг розміщений у приміщенні вагової на відстані приблизно 10 м від вантажно-приймальної платформи. Тому водій, як правило, завантажує вагони приблизно, тобто "на око", що призводить до зниження якісних показників виконання даного технічного процесу, наприклад, вагони або завантажуються не до повної їх вантажопідйомності, або, навпаки, перевантажуються.

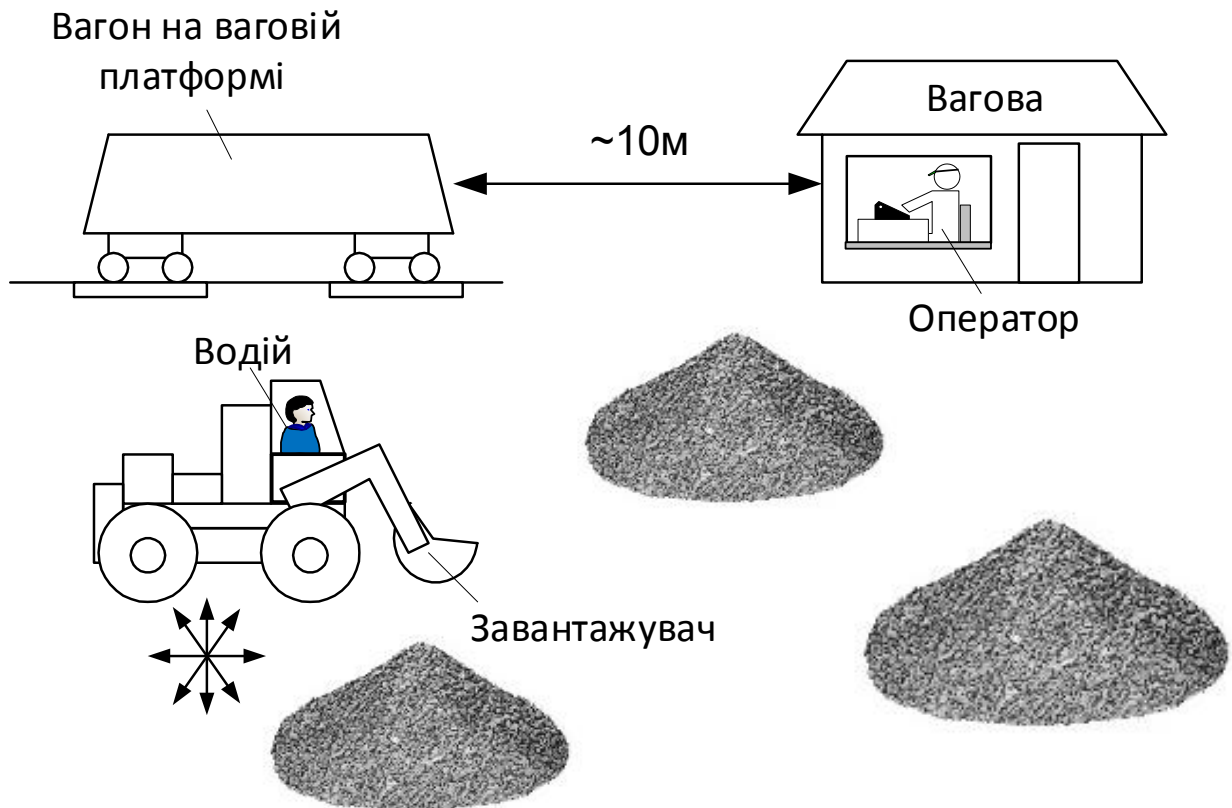


Рисунок 1.13 – Існуючий автоматизований ТП

Початок виконання даного ТП та його закінчення відбуваються за наказом оператора вагової, де розміщений термінал електронних ваг та комп'ютер, підключений до локальної мережі підприємства. У свою чергу, оператор вагової отримує завдання на виконання завантаження поточної партії готової продукції від диспетчера складу, який через свій комп'ютер та локальну мережу підприємства надсилає наряд-заказ на виконання відпуску готової продукції на комп'ютер оператора вагової. Отримавши це завдання, оператор вагової усно інструктує водія завантажувача і дає команду на початок ТП. В ході ТП оператор вагової веде облік завантаженої продукції у

задану кількість вагонів потяга і за результатом цього обліку дає команду водію завантажувача на закінчення процесу. Після цього оператор вагової надсилає диспетчеру зі свого комп'ютера електронний звіт про виконання наряд-заказу на поточне завантаження.

Після закінчення завантаження усіх вагонів диспетчер за допомогою радіозв'язку дає відповідні команди машиністу локомотива та охороні залізничної прохідної про дозвіл на виїзд потягу з території підприємства, а також звітує через локальну цифрову мережу про завершення даного ТП перед відповідною службою адміністрації підприємства.

Дещо по іншому організоване управління ТП завантаження автомобільного транспорту на даному підприємстві. В цьому ТП застосовані дві автомобільні електронні ваги – на в'їзді на складські майданчики і на виїзді з них. Кожна з цих ваг має свою вагову і оператора, який через свій комп'ютер та локальну цифрову мережу зв'язаний з комп'ютером диспетчера складського господарства. При цьому диспетчер повинен не тільки надавати накази операторам вагових, але і керувати рухом автомобілів по території складських майданчиків до місця їх завантаження, і давати накази декільком завантажувачам на завантаження конкретних автомобілів, і стежити за технічним станом обладнання (ваги, завантажувачі), викликаючи при потребі відповідні ремонтні служби, і оперативно змінювати хід ТП в залежності від появи різних нештатних ситуацій (поламка обладнання, нестача потрібного сорту щебню/каміння і т.д.).

Таким чином, в існуючій системі автоматизації ТП складського господарства даного підприємства автоматизуються лише операції зважування (при завантаженні залізничних вагонів, при в'їзді порожнього автотранспорту, при виїзді завантаженого автотранспорту) і операції передавання інформації між диспетчером, операторами вагових та адміністрацією. Решта операцій не автоматизована, зокрема, передача інформації водію завантажувача про вагу вже завантаженого у вагон щебню/каміння. Також не автоматизована передача оперативних наказів і розпоряджень від диспетчера до водіїв автотранспорту, до водіїв завантажувачів, до операторів вагових, якщо вони знаходяться не на робочому місці, до ремонтних служб підприємства.

1.3 Формування напрямків проєктування та розробка технічного завдання

Виходячи з тих недоліків існуючих систем автоматизації ВП та ТП, які були виявлені вище, сформуємо основні напрями подальшого проєктування як вдосконаленої АСЗ для ТП завантаження готової продукції у залізничні вагони, так і її інтеграції з більш автоматизованою системою управління виробництвом (АСУВ) даного підприємства.

По-перше, треба спроектувати більш досконалу автоматизовану систему зважування (АСЗ) для складського майданчику №1 ВАТ «Гніванський гранітний кар'єр», використавши в ній вже існуючі електронні ваги, але додавши до них спеціальний канал оперативного передавання цифрових даних про поточну вагу вагону з терміналу електронних ваг до водія завантажувача, який здійснює в даний момент технічний процес завантаження вагону готовою продукцією. В результаті цього водій завантажувача зможе в режимі реального часу отримувати об'єктивну інформацію про вагу вже завантаженого у вагон щебню/каміння і більш точно виконувати довантаження вагону до встановленої норми як по загальній вазі вантажу у вагоні, так і по її розподілу між осями колісних пар.

Загалом це вдосконалення АСЗ можна зробити, якщо у систему електронних ваг включити відповідний контур автоматизованої системи зважування, де є вихід на додаткове цифрове табло, яке може бачити водій завантажувача в ході виконання технічного процесу завантаження вагону.

По-друге, враховуючи те, що операції автоматизованого зважування виконуються на всіх складських майданчиках підприємства (для залізничного та автомобільного транспорту), а керує всім виробничим процесом один диспетчер складського господарства, то доцільно об'єднати усі АСЗ у єдину систему шляхом їх інтегрування з автоматизованою системою управління виробництвом (АСУВ) даного підприємства, на якому виробничий процес складського господарства є його невід'ємною частиною. За рахунок такої автоматизації диспетчер складського господарства зможе більш ефективно керувати операціями виробничого процесу, які пов'язані не тільки зі зважуванням продукції, але і з керуванням руху автомобільного та залізничного транспорту по території складу, і з керуванням в'їзду та виїзду транспорту з території складу, і з організацією та керуванням процесами ремонту чи профілактики обладнання складу, і з керуванням процесів відпуску конкретних партій готової продукції її покупцям/споживачам.

На основі цих двох основних напрямів подальшого проектування було розроблене технічне завдання на дипломне проектування, яке наведено в додатку А.

2 Концептуальне проектування інтеграції АСЗ з АСУВ підприємства

2.1 Вимоги діючих стандартів до проектування АСУВ

Концепція комп'ютерно-інтегрованого виробництва «СІМ» (Computer Integrated Manufacturing) була сформована наприкінці ХХ століття, тоді ж були розроблені перші міжнародні стандарти у цій області [9-11]. Ці стандарти надають конкретні рекомендації як щодо організації самого комп'ютерно-інтегрованого виробництва (неперервного, дискретного, періодичного), так і щодо побудови відповідних інтегрованих систем управління (ІСУ) цим виробництвом.

Так, в [9] визначена загальна ієрархічна структура ІСУ промисловим підприємством, яка має такі складові частини (горизонтальні рівні управління) – АСУП або ERP система (рівень управління бізнес процесами), АСУВ або MES/MOM система (рівень управління виробництвом), АСУТП або SCADA система (рівень управління окремими технологічними процесами та виробничими об'єктами).

В такій ІСУ на рівні управління бізнес процесами (АСУП або ERP система) мають виконуватися об'ємне стратегічне й оперативне (місячне) планування, бюджетування, фінансування, логістика та взаємодія з постачальниками й споживачами продукції. На рівні управління виробництвом (АСУВ або MES/MOM система) мають виконуватися контроль, облік, календарне планування й оперативне управління виробництвом і всіма його обслуговуючими службами. На рівні управління окремими технологічними процесами та виробничими об'єктами (АСУТП або SCADA системи) мають виконуватися контроль, облік і оперативне управління виробничими переділами – технологічними агрегатами, транспортними лініями, сховищами (складами, силосами, газгольдерами, парками резервуарів), ділянками компаундування напівфабрикатів, секціями прийому сировинних компонентів і відпуску готової продукції.

Розглянемо більш детально вимоги діючих стандартів щодо побудови ІСУ на рівні управління виробництвом, що є темою даного дипломного проекту. Так, спеціальна міжнародна асоціація виробників систем управління виробництвом «MESA» зафіксувала в 1994 році типові функції систем рівня АСУВ/MES для підприємств всіх галузей промисловості дискретного, періодичного й безперервного типів [12]. Ця стандартна функціональна структура показана на рисунку 2.1. Ця структура містить такі функції:

- 1). Контроль стану й розподілу виробничих ресурсів (англ. Resource Allocation and Status, RAS). Поточний аналіз наявних різних виробничих ресурсів, виявлення відсутніх і зайвих ресурсів, які можуть змінити оперативні виробничі плани. Дані вводяться зі складів і з виробничих ділянок.

- 2). Оперативне (календарне) планування (детальний розклад) всіх

виробничих процесів (англ. Operations/Detail Scheduling, ODS). Складання детального графіка роботи всього встаткування на поточний календарний інтервал, спостереження за його виконанням, необхідне коректування. Використовуються дані планового відділу, виробничі дані, дані складського обліку.

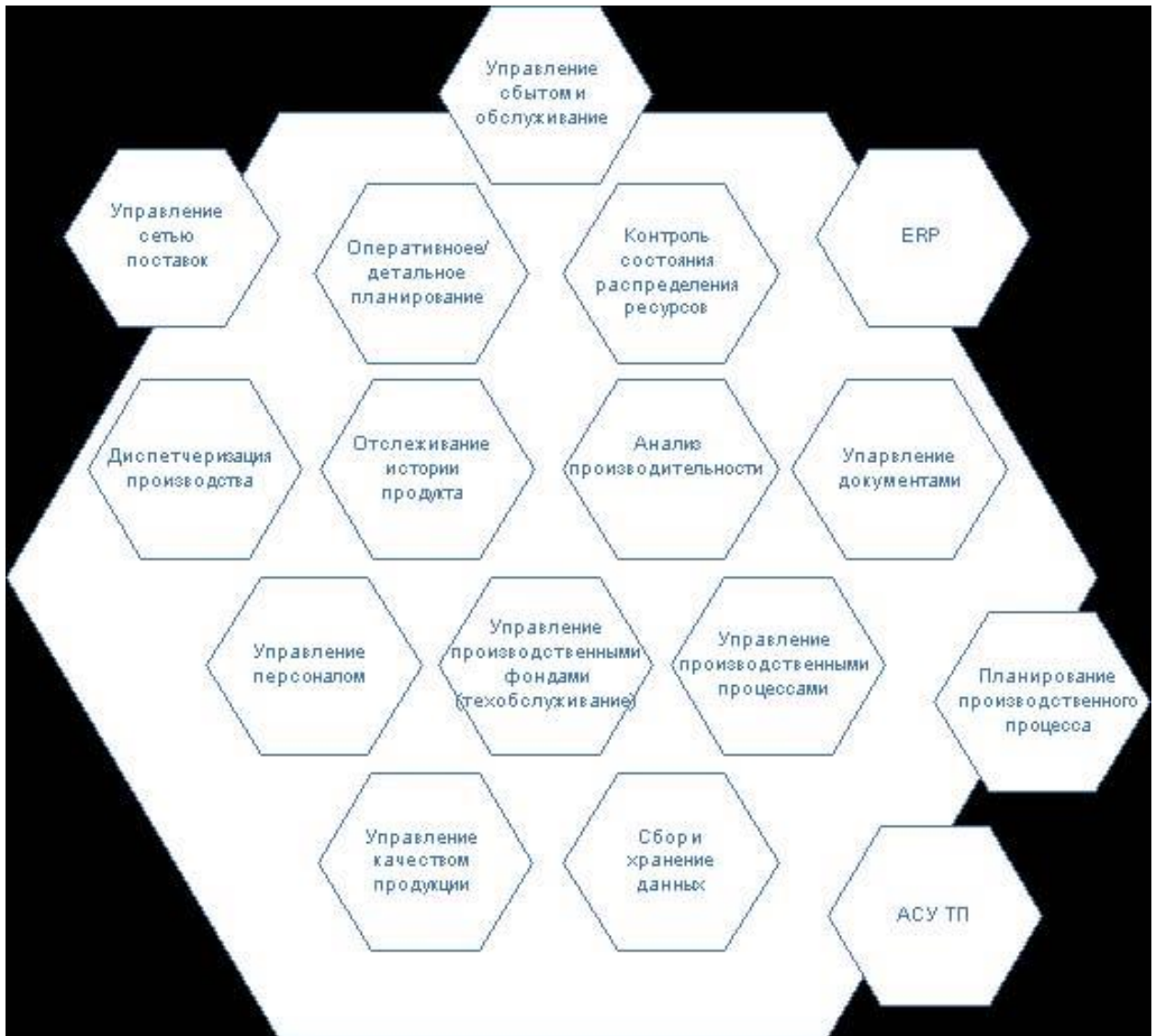


Рисунок 1.2 – Стандартна функціональна структура ІСУ на рівні АСУВ/MES

3). Диспетчеризація виробництва (англ. Dispatching Production Units, DPU). Забезпечення поточного контролю за ходом всіх виробничих процесів, за різними порушеннями в протіканні процесів і вироблення рекомендацій з їхнього усунення.

4). Управління документацією (англ. Document Control, DOC). Введення, зберігання й видача документів планового й звітного типів, конструкторського й технологічного змісту, повідомлень про технічні зміни

й т.д. Формування загальних оперативних зведень про хід виробництва, необхідних для прийняття рішень у фінансово-господарських підрозділах підприємства.

5). Збір інформації про хід виробництва й зберігання даних (англ. Data Collection/Acquisition, DCA). Інформаційна взаємодія різних виробничих систем для одержання, нагромадження, передачі всіх даних, що циркулюють у виробничому середовищі підприємства.

6). Управління персоналом у режимі реального часу (англ. Labor Management, LM). Узгодження графіка роботи виробництва з розподілом робочої сили.

7). Аналіз і управління якістю продукції (англ. Quality Management, QM). Збір інформації про якість сировини, напівфабрикатів, готової продукції й виявлення відхилень якості від заданих норм, які вимагають втручання керуючого персоналу.

8). Управління виробничими процесами і їхнім коректуванням (англ. Process Management, PM). Відстеження ходу виробничих процесів і їхніх режимів, виявлення відхилень і видача рекомендацій для їхньої компенсації.

9). Управління ремонтами встаткування (англ. Maintenance Management, MM). Моніторинг технічного стану встаткування, планування й оперативне управління ремонтами, контроль проведення робіт з обслуговування й по ремонтах.

10). Спостереження за місцем і часом виконання робіт з кожного виробу (англ. Product Tracking and Genealogy, PTG). Забезпечення керівництва підприємства всіма оперативними даними про хід виробничих процесів.

11). Аналіз продуктивності – порівняння планової й фактичної продуктивності (англ. Performance Analysis, PA). Формування звітів про продуктивність окремих ділянок виробництва, цехів, виробництва в цілому за різні інтервали часу. Зіставлення їх із плановими показниками, з попередніми результатами й вироблення рекомендацій.

В 2004-ом році із цього складу типових функцій MESA виключила три функції:

- «Оперативне планування», через наявність на ринку окремого класу систем досконалого планування - APS (Advanced Planning & Scheduling);
- «Управління документацією», через появу окремого класу систем електронного документообігу Docflow;
- «Управління ремонтами встаткування», через широке поширення окремого класу систем управління основними фондами підприємства - EAM (Enterprise Asset Management).

Комітет з розробки стандартів інтеграції керуючої й технологічної інформації міжнародної організації по стандартизації - ISA в 2000 р. випустив спеціальний стандарт - ISA-95 "Enterprise Control System Integration", що визначає основні положення розробки MES для будь-яких

виробництв і підприємств всіх галузей промисловості [13]. Стандарт складається з п'яти частин, у яких формулюється термінологія, варіанти використовуваних моделей, їхніх характеристик, взаємозв'язків виробничих процесів з бізнес процесами. Головні розглянуті в стандарті області: виробнича діяльність, технічне обслуговування, підтримка якості й операції із запасами. Стандарт визначає форми опису:

- виробництва, устаткування, матеріалів, персоналу;
- інформації про виробничі процеси, продукти, графіки роботи, параметри устаткування;
- функцій управління виробництвом, обслуговування встаткування, обліку запасів, оцінки якості продукції.

Стандарт також фіксує структури повідомлень між різними інформаційними системами підприємств (між автоматизованими функціями) та типові зв'язки між двома рівнями ІСУ – рівнем «АСУВ/MES системи» і рівнем «АСУП/ERP системи».

Таким чином, стандартний функціонал ІСУ на рівні «АСУВ/MES системи» повинен містити автоматизацію функцій контролю, обліку, календарного планування й оперативного управління виробництвом, які виходять за рамки окремих виробничих об'єктів і охоплюють все виробниче середовище або його досить самостійні окремі виробничі служби. З урахуванням цього весь функціонал даного рівня ІСУ можна розділити на дві такі досить самостійні частини:

- базовий компонент, що є фундаментом для виконання будь-яких завдань управління виробництвом і без якого не може функціонувати будь-який інший компонент даного рівня ІСУ. Таким базовим компонентом є інформаційна платформа, тобто, система контролю й обліку роботи виробництва і його окремих служб, яка виконує функції збору даних про поточний стан виробництва; їх математичної й логічної обробки й розрахунку необхідних для управління матеріальних, енергетичних, якісних, екологічних показників; зберігання й документування даних і показників; оперативного зв'язку з персоналом підприємства, зі спеціалізованими компонентами даного рівня ІСУ, з АСУП/ERP системою і її бізнес процесами;

- спеціалізовані компоненти автоматизації різних служб виробництва, що опираються у своїй роботі на базовий компонент і автоматизують задачі контролю, обліку й управління, що реалізовані в різних виробничих службах. Спеціалізованими компонентами є системи автоматизації, що виконують функції зведення матеріального балансу по виробництву, календарного планування й оперативного управління виробництвом. До них належать також системи, що автоматизують роботу основних підрозділів виробництва: ремонтних служб виробничого встаткування різних класів і типів, виробничих лабораторій, служб електроенергетики і теплоенергетики.

Світова практика впровадження систем рівня «АСУВ/MES» дозволяє виділити такі основні особливості їх побудови:

- процес проектування й впровадження всіх окремих компонентів, що входять у комплекс під назвою «АСУВ/MES», при умовах достатнього й безперервного фінансування робіт і послідовного впровадження окремих компонентів є досить витратним і тривалим у часі (не менше 3-5-ти років);

- окремі компоненти комплексу «АСУВ/MES» можуть розроблятися (і в переважній більшості випадків розробляються) різними організаціями на базі програмних і технічних засобів різних виробників, але з передбачуваною відкритістю використовуваних засобів автоматизації для досить вільної їх взаємодії один з одним;

- підприємства-замовники комплексу «АСУВ/MES», у переважній більшості, досить слабо представляють сучасні можливості автоматизації виробництва і його служб і не можуть самі скласти необхідні, досить повні й конкретні вимоги на компоненти даного комплексу і, відповідно, не можуть оцінити якість їхньої побудови.

Тепер на основі проведених вище аналізів вимог діючих стандартів до побудови ІСУ виробництвом на рівні «АСУВ/MES» та існуючих аналогічних АСУТП можна сформулювати напрямки подальшого проектування ІСУ підприємством ВАТ «Гніванський гранітний кар'єр» та розробити її концептуальне рішення (концепцію), яка означить загальне бачення проєкту такої системи.

2.2 Обґрунтування загальної архітектури ІСУ підприємства

Враховуючи рекомендації діючих стандартів в області комп'ютерно-інтегрованого виробництва ІСУ підприємства ВАТ «Гніванський гранітний кар'єр» доцільно будувати за ієрархічним принципом, згідно з яким вона повинна включати два обов'язкових рівня управління – «АСУТП/SCADA система» та «АСУВ/MES система», які за допомогою інформаційних потоків об'єднуються у єдину цілісну систему. Світовий досвід застосування такого концептуального рішення ІСУ показує, що воно зазвичай дає такі якісні результати:

- підвищення продуктивності виробничого процесу;
- стабілізація якості готової продукції виробництва;
- значне скорочення енерговитрати на виробництво;
- зниження витрати на обслуговування й ремонт устаткування;
- збільшення економічної ефективності виробництва;
- підвищення культури управління виробництвом.

Саме тому цю концепцію ми і застосуємо при побудові даної ІСУ.

Як було зазначено вище, рівень управління «АСУВ/MES система» в

такій ІСУ доцільно поділяти на дві досить самостійні частини:

- базовий компонент у вигляді інформаційної платформи;
- спеціалізовані компоненти автоматизації різних служб виробництва.

По своїй суті інформаційна платформа рівня «АСУВ/MES система» являє собою систему контролю й обліку роботи виробництва, саме тому її ще йменують як «Manufacturing Information System» (MIS), тобто інформаційна виробнича система [13, 14]. В її функції входять збір, обробка, зберігання й видача користувачам оперативної, ретроспективної й нормативної інформації про різні аспекти роботи окремих переділів виробництва й про поточний стан виробництва. У цій системі також виконується збереження інформаційної моделі виробництва та узагальнюються усі дані про хід виробництва. Завдяки наявності цієї системи значно спрощується реалізація взаємозв'язків різних користувачів з будь-якою виробничою інформацією, виключається як будь-яке дублювання даних в окремих системах автоматизації виробництва, так і необхідність складного пошуку інформації про хід виробництва в ряді систем і засобів автоматизації окремих переділів виробництва.

Функціональний склад інформаційної платформи для рівня «АСУВ/MES система» можна розділити на такі групи: збір вихідних даних, їх математична й логічна обробка, видача оброблених даних і розрахованих показників для різних груп користувачів, довгострокове зберігання інформації про роботу виробництва.

Розглянемо детальніше існуючі рекомендації щодо реалізації в інформаційній платформі групи функцій «Збір вихідних даних». В [14] зазначається, що надходження цих даних до інформаційної платформи може здійснюватися як автоматично через реалізацію інформаційного зв'язку із системами й засобами автоматизації нижнього рівня управління (наприклад окремих технічних/технологічних процесів чи виробничих об'єктів, ділянок, служб), так і вручну через спеціальні комп'ютерні термінали, що установлені на робочих місцях оперативного персоналу (наприклад операторів технологічних процесів). При автоматичному збиранні даних відповідний інформаційний зв'язок може встановлюватися або з окремим локальним сервером конкретної системи нижнього рівня управління, або безпосередньо з програмою класу «АСУТП/SCADA», що виконується на робочій станції (комп'ютері) оперативного персоналу такої системи.

Крім того, для забезпечення надійної роботи інформаційної платформи (інформаційної виробничої системи), зменшення сторонніх перешкод, обмеження навантажень на її мережу й сервер, а також для спрощення її обслуговування, доцільно дотримуватися визначених правил при її реалізації в ІСУ [14]. Ці правила можна конкретизувати у вигляді таких практичних рекомендацій:

- інформаційна платформа (інформаційна виробнича система) повинна замикатися лише на одному ієрархічному рівні управління - рівні

управління виробництвом «АСУВ/MES»; це означає, що вона не повинна поєднуватися за технічною структурою й функціональним складом ні з будь-якою системою нижнього рівня (наприклад з АСУТП/SCADA системою), ні з будь-якою системою верхнього рівня (наприклад з АСУП/ERP системою);

– інформаційна платформа (інформаційна виробнича система) повинна збирати, виробляти й видавати необхідну інформацію для керівництва підприємства, виробничих служб чи бізнес відділів, але вона не повинна замінити ці спеціалізовані системи автоматизації і зливатися з ними; це означає, що вона повинна тільки здійснювати взаємний обмін необхідною інформацією зі спеціалізованими системами автоматизації верхніх рівнів.

Враховуючи усі наведені вище рекомендації щодо побудови та реалізації ІСУ підприємством, можна запропонувати відповідну раціональну загальну архітектуру ІСУ для БАТ «Гніванський гранітний кар'єр», яка показана на рисунку 2.2.

Як видно з рисунку, така ІСУ має складатися з двох ієрархічних рівнів управління – «АСУТП/SCADA» (автоматизовані системи управління, вимірювання та контролю технічного/технологічного процесу) та «АСУВ/MES» (автоматизована система управління виробничим процесом). Нижній рівень системи утворюється двома автоматизованими системами – АСЗ готової продукції кар'єру та спеціалізованою автоматизованою системою (САС) вимірювання/контролю додаткових технічних/технологічних параметрів. Верхній рівень системи утворюється також двома автоматизованими системами – інформаційною виробничою системою (ІВС) та системою автоматизованих служб управління виробництвом. Перша система служить інформаційною платформою для реалізації функцій другої автоматизованої системи.

АСЗ здійснює усі функції щодо управління технічним процесом завантаження готової продукції в режимі реального часу, наприклад, збирає та зберігає відповідні цифрові дані про поточний стан та хід технічного процесу. Усі ці дані повинні зберігатися на локальному сервері даної системи, а частина з них через цифрову мережу підприємства повинна передаватися до глобального сервера ІВС. До цього ж сервера через ту ж саму мережу підприємства передаються і усі додаткові цифрові дані про стан та хід технічного процесу, які збирає САС вимірювання/контролю. Введення САС до складу ІСУ пояснюється тим, що для реалізації тих чи інших управлінських функцій відповідними виробничими службами, як правило, недостатньо лише тих даних про ТП, які надає АСЗ.

В ІВС здійснюється збирання, збереження та оброблення тих цифрових даних про стан та хід усього виробничого процесу, які потрібні для автоматизованих служб управління виробництвом. Передавання цифрових даних з глобального сервера ІВС до автоматизованих служб здійснюватися або через загальну мережу підприємства, або, у окремих випадках, через інші канали передавання даних, наприклад, стільниковий зв'язок.

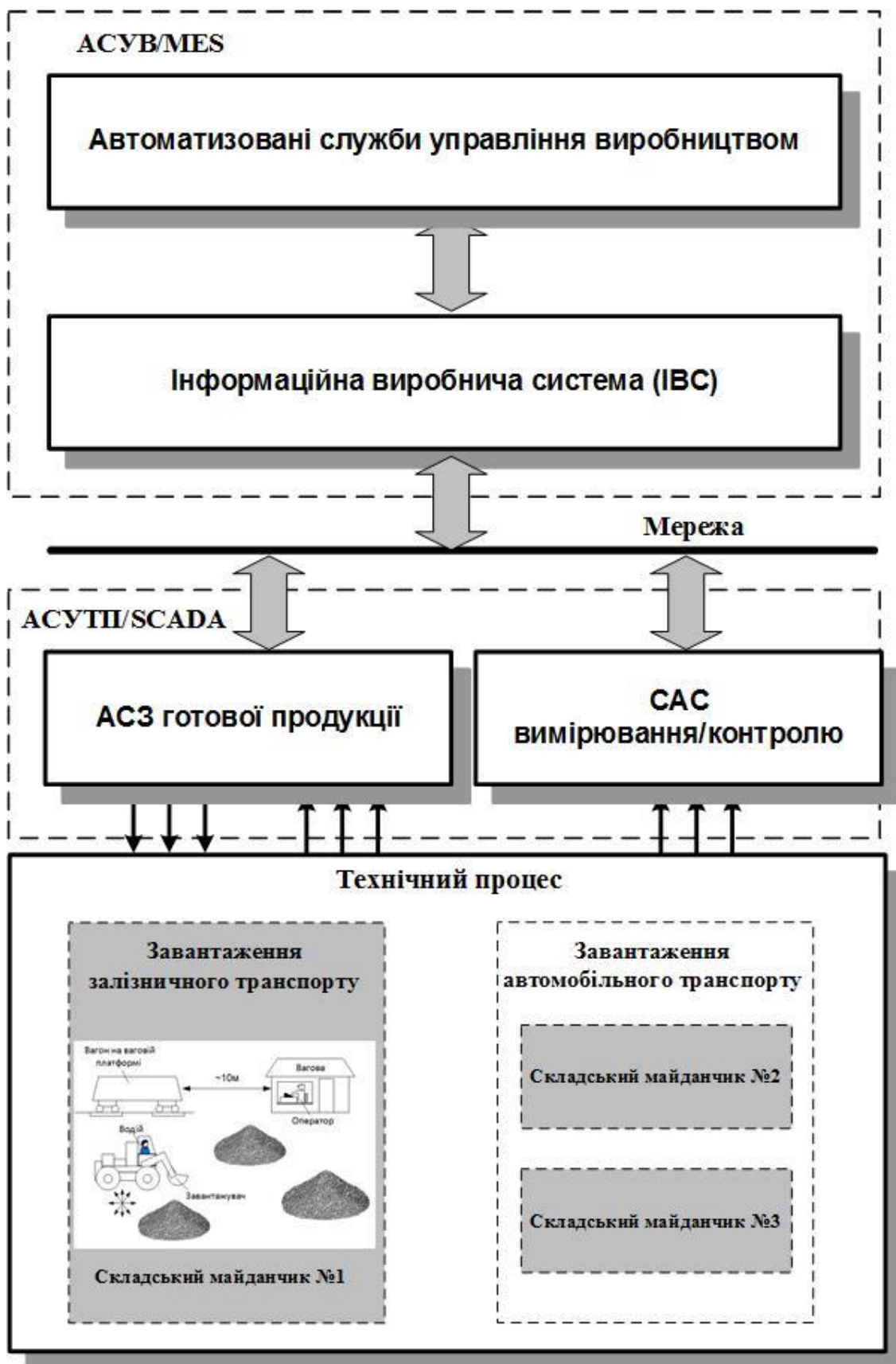


Рисунок 2.2 – Загальна архітектура ІСУ підприємства

Підводячи підсумок розгляду даної архітектури, можна зазначити, що в ній враховані усі наведені вище рекомендації щодо її раціональної будови, наприклад, ІВС даної ІСУ не поєднується за своєю технічною структурою й функціональним складом з будь-якою автоматизованою системою нижнього рівня управління (АСЗ або САС).

Сформуємо тепер напрями подальшого проектування такої складової частини описаної архітектури ІСУ як «САС вимірювання/контролю». Як було зазначено вище, ця спеціалізована автоматизована система нижнього рівня призначена для збирання даних про додаткові параметри як автоматизованого ТП завантаження готової продукції, так і всього виробничого процесу складського господарства ВАТ «Гніванський гранітний кар'єр», для ефективного виконання автоматизованих функцій на рівні «АСУВ/MES». Тому вимоги до даної складової частини ІСУ означимо нижче, коли будуть остаточно сформовані напрями проектування та вимоги до автоматизованих функцій рівня «АСУВ/MES» ІСУ даного підприємства.

2.3 Функціональна структура ІСУ підприємства

Виробничий процес складського господарства відноситься до періодичного типу [15], який суміщає у собі неперервні (тривалі) технічні процеси зберігання готової продукції та дискретні (короткочасні) технічні процеси її транспортування з дробильно-сортувальних цехів (ДСЦ) підприємства до місць зберігання та (дискретні технічні процеси завантаження готової продукції при її вивезенні автомобільним або залізничним транспортом. Тому функції автоматизованих служб управління таким виробничим процесом мають певну специфіку їх реалізації у порівнянні з обов'язковими управлінськими функціями, що описані, наприклад, в стандарті «MESA-11» [12]. Іншими словами, на конкретному підприємстві зазначені в стандарті управлінські функції можуть розподілятися між тими виробничими службами, які вже існують в організаційній структурі даного підприємства. Наприклад, стандартна функція «Диспетчерування» (рівень «АСУВ/MES) для виробничого процесу, що реалізований на конкретному добувному підприємстві, може бути суміщена з деякими функціями операторського управління технічним процесом зважування готової продукції, яка відноситься до рівня «АСУТП/SCADA».

Тому розглянемо детальніше конкретний варіант реалізації виробничого процесу складського господарства ВАТ «Гніванський гранітний кар'єр». На рисунку 2.3 показана його спрощена схема. Загальне управління процесом здійснюється диспетчером (на рисунку позначений як «Dispatcher»). Складське господарство має свою прохідну для персоналу підприємства (на рисунку позначена як «1»), через яку проходять робочі,

порожнього автотранспорту по складській території до місця його завантаження (позначене на рисунку як «7») відповідним завантажувачем «8» (на рисунку цей маршрут показаний зеленою пунктирною лінією зі стрілкою). Купи готової продукції різних сортів розміщуються на території складу за визначеною схемою. Між ними обов'язково передбачені проїзди заданої ширини для автотранспорту та завантажувачів. Після повного завантаження автотранспорт за вказаним диспетчером маршрутом виїжджає з території складу (на рисунку цей маршрут показаний червоною пунктирною лінією зі стрілкою) і заїжджає на вихідні автомобільні ваги «4». Відповідальний працівник фіксує вагу завантаженого автотранспорту та передає ці дані диспетчеру, який вираховує точну вагу готової продукції, що вивозиться цим автотранспортом, та робить відповідну помітку у накладній/путьовому листі водія. Після цього автотранспорт через окремих проїзд «3», оснащений шлагбаумом, виїжджає з території підприємства.

При відпуску готової продукції залізничним транспортом потяг з порожніми вагонами заїздить на складську територію через окрему прохідну (на рисунку не показана) і почергово підганяє вагони до місця їх завантаження автомобільним завантажувачем «6». При цьому вагон, що завантажується має стояти на вантажно-приймальній платформі електронних ваг. Оператор цих ваг фіксує вагу порожнього вагону, дає команду водію завантажувача починати завантаження вагону тією продукцією, що вказана диспетчером, та контролює процес завантаження. Після закінчення завантаження всієї партії готової продукції у задану кількість вагонів оператор електронних ваг надає диспетчеру відповідний звіт.

Таким чином, диспетчер в ході управління даним періодичним виробничим процесом багато часу витрачає на формування та передачу наказів як працівникам підприємства (означає їх роботи), так і водіям порожнього чи завантаженого автотранспорту (означає маршрути руху по складській території), а, крім того, на перевірку виконання усіх цих наказів. Так, при виникненні будь-яких нештатних ситуацій у АСУТП завантаження готової продукції диспетчер повинен з'ясувати причину чи місце її виникнення, а потім сформулювати та передати робоче завдання для фахівця КВПіА або ремонтної служби (позначений на рисунку як «9»), який далі буде детальніше досліджувати нештатну ситуацію, що виникла, та усувати її причини та наслідки (наприклад замінювати датчик вагонних ваг, що вийшов з ладу, або ремонтувати механізм завантажувача). При цьому даний фахівець може тим чи іншим способом спілкуватися з диспетчером, вирішуючи в ході виконання завдання різні робочі питання.

Враховуючи те, що описаний складський виробничий процес фактично відбувається у польових умовах і розподілений по великій площі, спосіб реалізації описаної функції управління персоналом з боку диспетчера потребує кардинального вдосконалення, зокрема, спрощення та прискорення.

Розглянемо як зараз в області промислової автоматизації більш

ефективно вирішується аналогічна проблема. Наприклад, відома американська компанія «MaintainX» пропонує мережевий програмний додаток для управління роботою команди (бригади) по технічному обслуговуванню і ремонту промислового обладнання [16], яке здійснюється в режимі реального часу через чат у оригінальному месенджері (рисунок 2.4). Ця програмна платформа означення (призначення) робіт (послідовностей робіт) спроектована для мобільного, планшетного та настільного застосування.



Рисунок 2.4 – Означення робіт та ділове спілкування через чат

Переваги такого рішення автоматизованої функції управління персоналом такі:

1). Застосування чату заощаджує час і уникає помилок, бо операційні менеджери (наприклад диспетчери) можуть не тільки використовувати типові можливості програмної системи означення (призначення) робіт, наприклад, календарне планування виконання робіт, управління активами, вдосконалене звітування, управління матеріально-технічним запасами та автоматизація запитів на роботи, але і різко підвищувати ефективність своєї роботи завдяки спілкуванню з персоналом через чат. На відміну від електронної пошти, миттєве передавання сповіщень (ІМ) через чат забезпечує швидке та синхронне рішення проблеми технічного обслуговування, яка раніше могла б бути і не поміченою. Нижче наведені приклади того, як застосування програмного чату дозволяє економити час на технічне обслуговування:

– заохочується стислість, бо користувачі обов’язково замислюються, як висловити щось через чат більш стисло, а от електронна пошта та паперова комунікація, навпаки, заохочують тривалих і надмірних пояснень, а телефонне спілкування взагалі забирає багато часу;

– підтримує тривалу комунікацію: менеджер може активізувати обговорення або у межах всієї послідовності робіт, або у межах якогось окремого її розділу чи категорії, або у межах окремої групи дій, при цьому ланцюг таких обговорень не буде втрачений, як це могло б статися при паперовій комунікації чи через електронну пошту;

зменшуються часові затримки: у випадку телефонного зв’язку, паперової комунікації чи електронної пошти виконавцю можна відкласти відповідь на будь-який час, проте, отримання миттєвого повідомлення через чат у рамках порталу виконання конкретної роботи тільки заохочує більш швидку реакцію з боку виконавця.

2). Менеджери легко реалізують підтримку своєї групи виконавців: миттєва передача сповіщень дає працівникам ефективний спосіб швидкого отримання потрібних відповідей від менеджера для закінчення своєї роботи, крім того, менеджер може завантажити довідники обладнання у вигляді PDF-файлів прямо у відповідну тематику коментарів до призначених робіт.

3). Програмне забезпечення на основі чату спрощує розуміння робочих завдань: для сучасних працівників є більш комфортним використання ПЗ на основі чату ніж традиційного ПЗ означення (призначення) робіт, бо більшість таких людей вже застосовує деякі з функцій чату кожного дня у месенджерах типу Facebook, WhatsApp або стандартного передавання текстових сповіщень.

4). Вбудований програмний чат спрощує опублікування критичних до часу об’яв, бо найшвидшим та найпростішим способом сповіщення членів команди (бригади) про важливі зміни плану робіт є саме миттєве передавання сповіщень (IM) через чат, замість того, щоб чекати, коли працівники перевірять свої поштові скриньки у разі електронного листування.

На сучасному виробництві ПЗ означення (призначення) робіт повинно надавати більших можливостей ніж звичайне планування, виконуване у РМ (Process Management) системах, зокрема, працівники на виробництві повинні відчувати себе впевненіше щодо швидкості зв’язку, вирішення будь-яких технічних проблем та надійного отримання файлів, потреба в яких може виникати у режимі реального часу при виконанні робочих завдань. Саме тому програмний продукт компанії «MaintainX» є першою у світі програмною платформою означення (призначення) робіт, яка, по перше, включає функціональні можливості чату, по-друге, спроектована для мобільних пристроїв. При цьому операційні менеджери (наприклад диспетчери) можуть зв’язуватися з мобільними пристроями працівників через настільні комп’ютери, а працівники переглядатимуть отримані графіки робіт через свої мобільні пристрої на основі iOS або Android.

Застосуємо саме такий сучасний підхід до автоматизованого управління персоналом в рамках диспетчерської служби ІСУ підприємства ВАТ «Гніванський гранітний кар'єр». Таке концептуальне технічне рішення можна відобразити у вигляді вдосконаленої схеми виробничого процесу (рисунок 2.5).

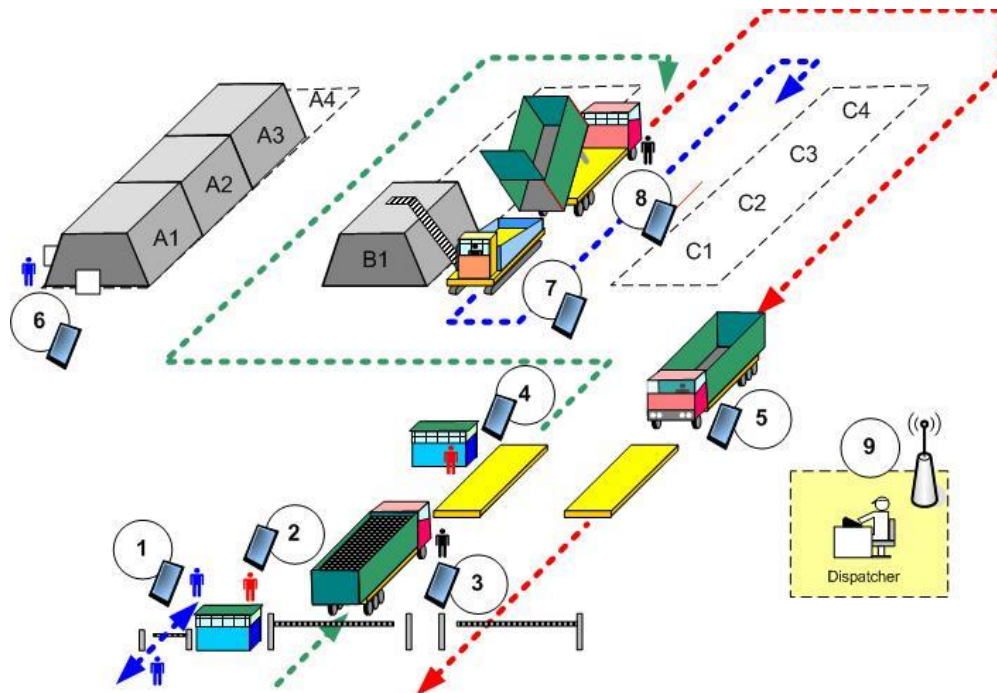


Рисунок 2.5 – Концепція технічного рішення вдосконаленого управління персоналом виробничого процесу

На цій схемі показано, що усі учасники виробничого процесу повинні мати відповідні технічні пристрої мережевого зв'язку, які дозволяють підтримувати ділове спілкування через чат якогось розповсюдженого месенджера (Telegram, Viber, Facebook, WhatsApp і т.п.):

- «1» - мобільні пристрої (смартфони) працівників, які входять на складську територію підприємства;
- «2» - мобільний пристрій (смартфон) працівника (охоронця), який чергує на прохідній та на автомобільному в'їзді/виїзді складу підприємства;
- «3» - мобільний пристрій (смартфон) водія порожнього автотранспорту, який в'їжджає на складську територію підприємства;
- «4» - мобільний пристрій (смартфон) оператора, який здійснює контроль за роботою автоматичних автомобільних ваг;
- «5» - мобільний пристрій (смартфон) водія завантаженого автотранспорту, який виїжджає зі складської території підприємства через вихідні автомобільні ваги;
- «6» - настільний комп'ютер диспетчера, оснащений бездротовим з'єднанням з мережею Інтернет чи з мобільною мережею зв'язку;

- «7» - мобільний пристрій (смартфон) водія автомобільного завантажувача;
- «8» - мобільний пристрій (смартфон) водія автотранспорту, який завантажувється у вказаному диспетчером місці на складській території;
- «9» - мобільний пристрій (смартфон) працівника (охоронця), який чергує на залізничному в'їзді/виїзді складу підприємства;
- «10» - мобільний пристрій (смартфон) оператора, який здійснює контроль за роботою автоматичних вагонних ваг;
- «11» - мобільні пристрої (смартфони) фахівців КВПіА та ремонтних служб, які забезпечують справну роботу обладнання АСУТП складського господарства.

Таке технічне рішення значно спрощує диспетчеру функцію надсилання наказів (робочих завдань) усім учасникам виробничого процесу складського господарства через чат вибраного для цього месенджера, а також, у разі необхідності, надавати їм пояснення щодо цих завдань, наприклад, надсилати файли зі скріншотами основного екрану ПЗ комп'ютера диспетчера з зображенням території складу та спланованого диспетчером маршруту руху по ньому порожнього чи завантаженого автотранспорту.

Виходячи з такого концептуального технічного рішення автоматизації управління персоналом виробничого процесу складського господарства ВАТ «Гніванський гранітний кар'єр», можна визначити тепер і загальну схему взаємодій основних автоматизованих функцій даної ІСУ, які мають виконуватися в цій системі на рівні «АСУВ/MES» (рисунок 2.6).

На рисунку показані такі управлінські автоматизовані функції рівня «АСУВ/MES» ІСУ підприємства:

- DPU (англ. Dispatching Production Units,) - диспетчеризація виробничого процесу;
- PM (англ. Process Management) - управління виробничим процесом і його коректуванням;
- PTG (англ. Product Tracking and Genealogy) - спостереження за місцем і часом виконання робіт;
- RAS (англ. Resource Allocation and Status) - контроль стану й розподіл ресурсів, пов'язаних з виконанням виробничого процесу;
- LM (англ. Labor Management) – облік і управління персоналом, що виконує виробничий процес.

Автоматизована диспетчерська служба виконує в цій ІСУ на рівні «АСУВ/MES» зразу чотири функції – «DPU», «PM», «RAS» і «PTG». Функцію «LM» може виконувати інша автоматизована служба, наприклад відділ кадрів.

Первинні дані про весь персонал, який на даний момент доступний для управління з боку диспетчера, отримуються функцією «LM» з

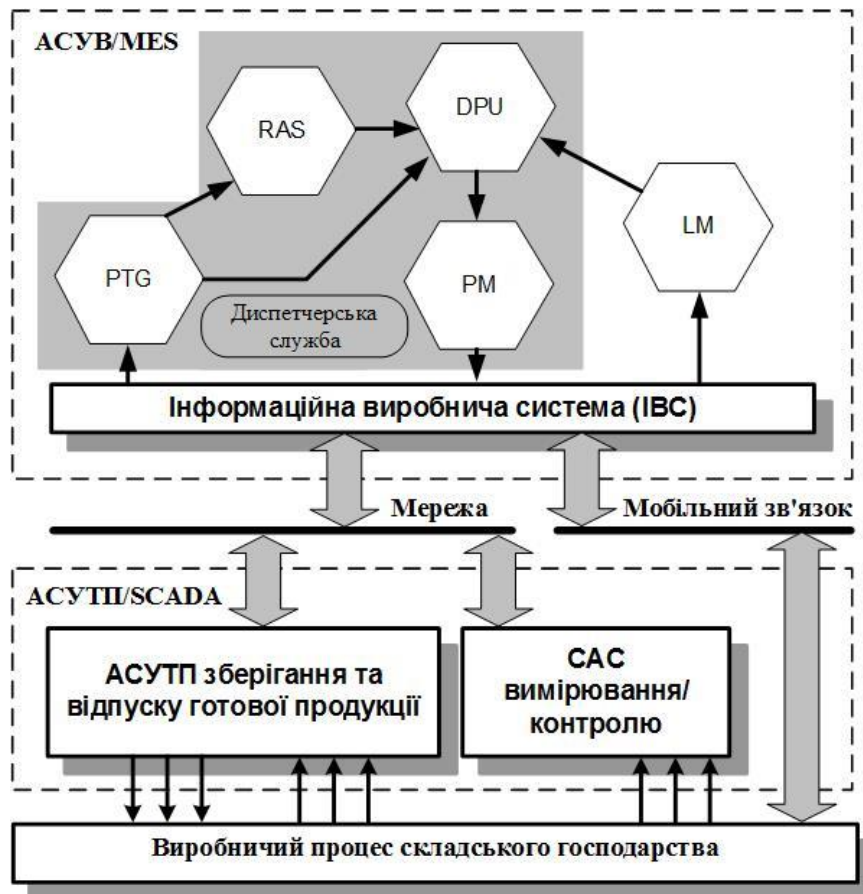


Рисунок 2.6 – Автоматизовані функції рівня «АСУВ/МЕС» ІСУ підприємства

інформаційної виробничої системи (ІВС) даної ІСУ. Якщо ці дані стосуються штатних працівників підприємства, то вони, по-перше, повинні відображати факт приходу/уходу конкретного працівника через автоматизовану прохідну підприємства, а, по-друге, містити відомості про будь-які нові зміни реквізитів мобільного зв'язку з цим працівником для підтримки ділового спілкування з ним через чат підприємства (ці зміни вводяться в систему через комп'ютерний термінал, встановлений у прохідній). Якщо ж мова йде про водіїв автотранспорту, які не є штатними працівниками даного підприємства (покупцями та споживачами готової продукції можуть бути різні фізичні особи та будівельні підприємства), то введення у систему усіх потрібних даних про кожного водія також провадиться через комп'ютерний термінал прохідної. Таким чином, автоматизована функція «DPU» диспетчерської служби через відповідний інформаційний зв'язок може у будь-який час отримати від функції «LM» усі потрібні відомості про доступні людські ресурси для виконання виробничого процесу.

Функція «DPU» у свою чергу формує електронні накази (вказівки,

робочі завдання) для таких складових виробничого процесу як АСУТП відпуску готової продукції чи САС вимірювання/контролю, так і для штатних/нештатних працівників підприємства. Для автоматизованих систем ці електронні накази можуть бути спрямованими або на технічний пристрій, або на людський ресурс, наприклад на оператора вагової. Для управління працівниками електронні накази (вказівки, робочі завдання) призначені для безпосередньої передачі їх цим працівникам через чат підприємства.

Передавання усіх зазначених електронних наказів (вказівок, робочих завдань) до складових виробничого процесу здійснює автоматизована функція «РМ», яка надає їм такої цифрової форми, яка зручніша для сприйняття адресатами. Наприклад, для інструктажу водія автотранспорту про маршрут руху по складській території функція «РМ» може формувати файл скріншоту головного екрану ПК диспетчера, де цей маршрут нанесений на тривимірну модель складської території. У випадку зі штатним працівником електронне робоче завдання формується у вигляді короткого сповіщення через чат підприємства, до якого додаються відповідні ідентифікатори цього працівника, наприклад прізвище та ініціали.

Контроль за виконанням надісланих електронних наказів (вказівок, робочих завдань) покладений на автоматизовану функцію «РТГ», яка отримує потрібні дані також з інформаційної виробничої системи (ІВС). Щодо виконання наказів, надісланих через чат підприємства, то результати їх виконання також надсилаються у вигляді миттєвих повідомлень даного чату. Тому функція «РТГ» просто пересилає цю інформацію до функції «DPU», яка здійснює загальне управління виробничим процесом. Щодо результатів виконання виробничого процесу у цілому, то функція «РТГ» обробляє отримані з ІВС дані та надсилає результат до функції «RAS». Наприклад, якщо мова йде про завантаження автотранспорту готовою продукцією, то по кожній одиниці автотранспорту визначається фактична вага завантаженої продукції, її сорт та фіксуються ідентифікатори самого автотранспорту чи його водія. Крім того, підсумком що накопичується, вираховується поточна вага відпущеного щебню/каменю відповідного сорту. Усі ці дані зберігаються функцією «RAS» і постійно надаються функції «DPU» для здійснення нею управління усім виробничим процесом (наприклад диспетчер може визначити, що якийсь сорт продукції закінчується на певному місці складу і треба переходити до іншого місця завантаження, для чого він формує відповідні накази відповідним водію завантажувача та водіям автотранспорту). Крім того, функція «РТГ» збирає дані про результати роботи автоматизованих систем нижнього рівня (АСУТП, САС), наприклад добовий звіт від АСУТП або аварійне повідомлення від САС. Ці дані також повинні передаватися до функції «DPU» для коригування виробничого процесу.

Проаналізувавши зміст та характер взаємодії усіх цих функцій, можна визначити тепер і перелік тих автоматизованих функцій, які повинні

виконуватися в ІСУ на рівні її інформаційної платформи («ІВС») з метою збирання тих оперативних даних, які потрібні, наприклад, для управління персоналом підприємства. По-перше, це дані про штатних працівників (час приходу/уходу через прохідну, виконуване на поточний момент часу робоче завдання, дані ділових обговорень та результати його виконання, зміни реквізитів мобільного зв'язку). По-друге, це дані про нештатних працівників підприємства – водіїв автотранспорту (час приїзду/виїзду, номер автотранспорту, дані наряду/путьового листка, вага завантаженого та порожнього автотранспорту, реквізити мобільного зв'язку та їх зміни). Для здійснення контролю з боку диспетчерської служби за роботою автоматизованих систем нижнього рівня (АСУТП, САС) у інформаційній платформі «ІВС» ІСУ підприємства треба збирати у встановлені моменти часу звітні дані про роботу цих систем, а також усі повідомлення, що надсилають ці системи у будь-який час про аварійні/нештатні ситуації чи події.

З урахуванням визначених функцій інформаційної платформи ІСУ підприємства, можна тепер визначити і автоматизовані функції для системи нижнього рівня даної ІСУ, а саме, для системи «САС вимірювання/контролю» (див. рисунок 2.2). Так, ця система повинна здійснювати додаткові автоматичні/автоматизовані функції, які не виконуються в рамках АСУТП зберігання та відпуску готової продукції складського господарства, а саме, автоматичний контроль приходу/уходу працівників через прохідну підприємства та автоматизоване оновлення особових даних, автоматичний контроль в'їзду/виїзду автотранспорту через шлагбауми підприємства та автоматизоване збирання даних про водіїв цього автотранспорту, автоматичне вимірювання ваги кожної одиниці завантаженого та порожнього автотранспорту.

Таким чином, для всіх складових частин загальної архітектури ІСУ підприємства, яка показана на рисунку 2.2, були визначені переліки їх основних автоматизованих функцій. Опираючись на ці результати, розробимо тепер концепцію функціональної структури ІСУ для ВАТ «Гніванський гранітний кар'єр».

Це концептуальне рішення наведене на рисунку 2.7.

Функціональна структура поділена на ті ж самі складові частини, що і загальна архітектура ІСУ (див. рисунок 2.2). Всередині зображення цих складових частин перелічені їх основні автоматизовані функції, які вони повинні виконувати при роботі даної ІСУ, а на стрілках, що відображають інформаційні потоки між функціями, вказані основні дані, що ними передаються.

Для подальшого детального проектування показаної на рисунку ІСУ підприємства вибираємо таку її систему як АСЗ для ТП завантаження готової продукції у залізничні вагони, яка є складовою частиною «АСУТП зберігання та відпуску готової продукції».

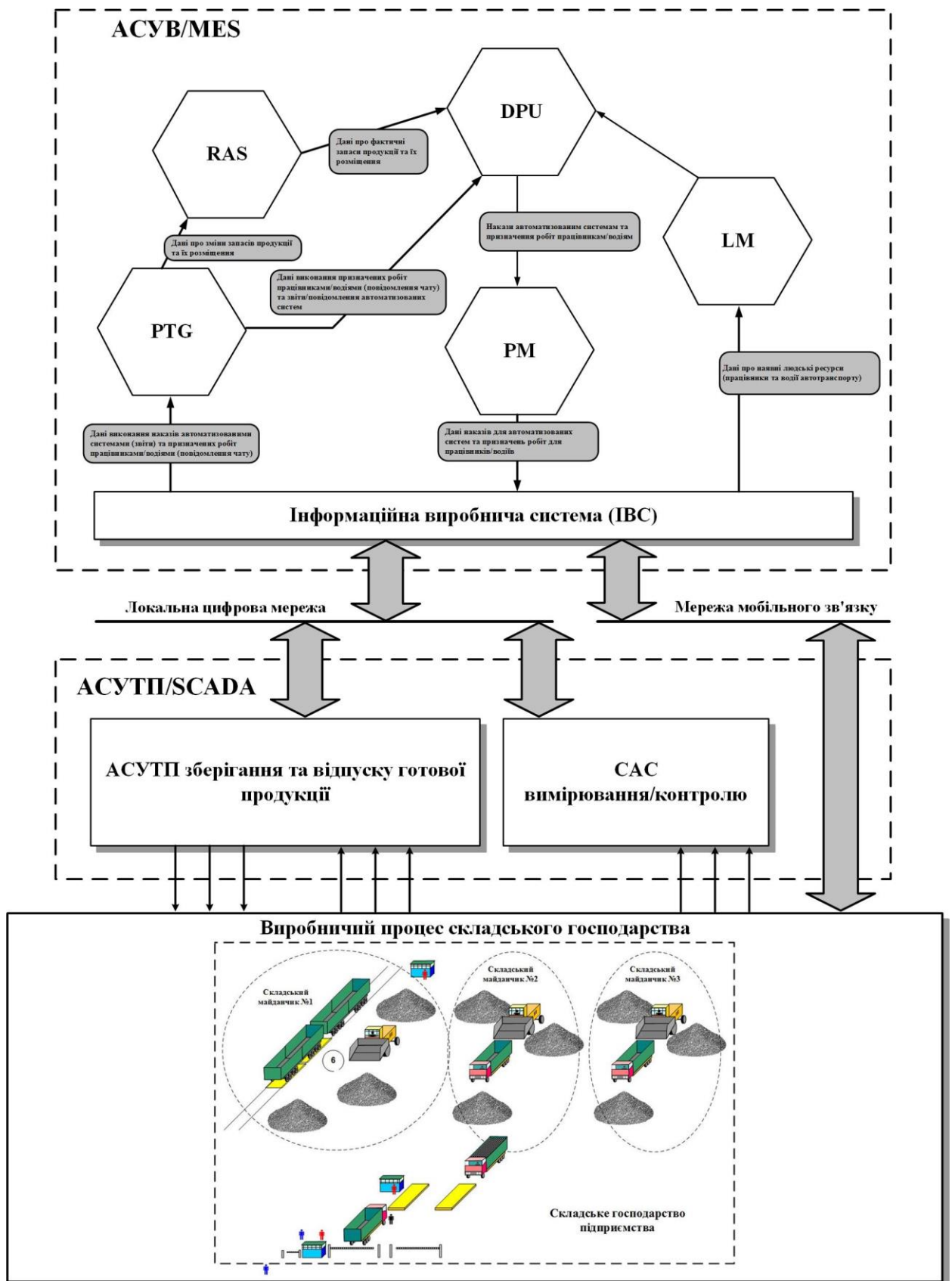


Рисунок 2.7 - Концепція функціональної структури інтегрованої системи управління підприємства

3 Проєктування технічної частини АСЗ

3.1 Аналіз варіантів розробки

Очевидно, що необхідне вдосконалення існуючої автоматизованої системи зважування для ТП завантаження залізничних вагонів готовою продукцією, можна зробити, якщо оснастити існуючі вагонні електронні ваги додатковим цифровим табло, яке бачив би водій завантажувача в процесі своєї роботи.

Найбільш простим та логічним способом реалізації такого вдосконалення є дублювання існуючого штатного рідкокристалічного індикатору вагонних електронних ваг. При цьому додаткове цифрове табло доцільно було б розмістити ззовні приміщення вагової так, щоб водій навантажувача в процесі роботи міг би бачити це табло і отримувати в режимі реального часу інформацію про результат виміру поточної ваги щєбню/каміння у вагоні, який стоїть на вантажно-приймальній платформі електронних ваг (рисунок 3.1).

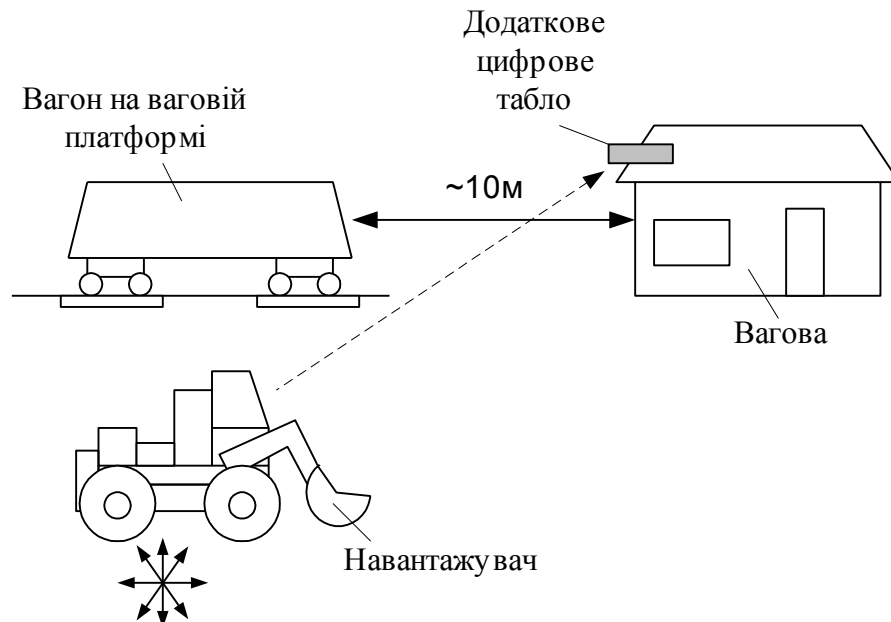


Рисунок 3.1 – Варіант вдосконаленої АСЗ з дублюванням цифрового індикатору електронних ваг

Розглянемо можливість практичної реалізації такого технічного рішення. Ваговий термінал існуючих вагонних електронних ваг має вбудований рідкокристалічний індикатор виробництва фірми ІЕЕ [17]. Він являє собою індикаторний модуль серії Daystar™ Nova, що працює на ефекті двопроменевого переломлення рідкого кристалу.

Це забезпечує максимальний контраст при великих кутах огляду, коли візуальне сприйняття зображення на дисплеї не змінюється при розгляданні

його практично з будь-якого напрямку.

Основні властивості цього індикатору:

- матриця (комірка) на основі ефекту двопроменевого переломлення (SHE);
- електролюмінісцентне (ЕЛ) підсвічування для роботи при дуже низькій зовнішній освітленості;
- низька напруга живлення плюс 5 В (не потрібне напруга від'ємної полярності);
- розширений діапазон робочих температур;
- дистанційне керування на відстані до 15 м із застосуванням опції послідовного введення даних;
- убудована температурна компенсація.

Модуль має 4 рядки з 40 темно-синіх знакомісць на золотаво-зеленому тлі з бібліотекою з 197 буквено-цифрових, символних і користувацьких знаків. Для конкретного застосування, без запису в бібліотеку набір використовуваних символів можна розширити на 206 знаків послідовним введенням з відповідних кожному з них 8-бітових пачок. В таблиці 3.1 наведені технічні та експлуатаційні параметри індикаторного модуля Daystar™ Nova [17].

Таблиця 3.1 - Технічні й експлуатаційні параметри індикаторного модуля Daystar™ Nova

Технічні параметри	
1	2
Загальна робоча зона	248,7x51,5 мм
Кут огляду: по вертикалі по горизонталі	+50...-70° (тип.), ±45°
Контрастне відношення	10:1 (хв.)
Час відгуку: включення вимикання	100 мс (тип.) при 25°C, 2000 мс (тип.) при -30°C; 150 мс (тип.) при 25°C, 4000 мс (тип.) при -30°C

Продовження таблиці 3.1

1	2
Параметри послідовного введення	
Дані	7 або 8 біт
Кручений паритету	непарний, парний/непарний, без біта паритету
Швидкість двійкової передачі (бод)	9600
Експлуатаційні параметри	
Діапазон робочих температур	від -30 до +80°C (без підсвічування)
Діапазон температур зберігання	від -40 до +85°C
Відносна вологість	95% (без конденсації вологи) при температурі <40°C
Вібрація (у робочому стані)	10g
Удар (у робочому стані)	10g

Індикаторний модуль оснащений мікропроцесорним контролером (рисунок 3.2), який підтримує 4-4-розрядний інтерфейс із розташуванням на платі (за замовленням) контролером інтерфейсу послідовного введення EIA-232.

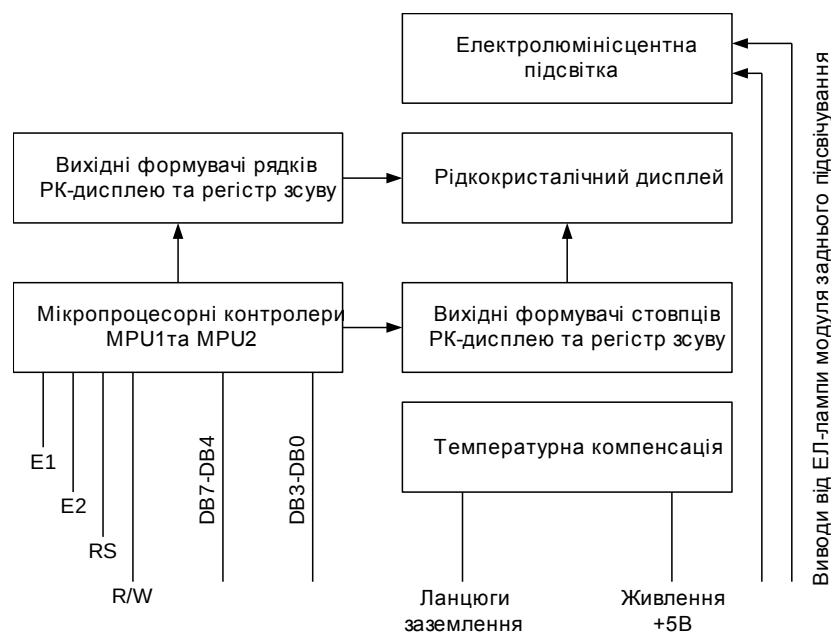


Рисунок 3.2 – Функціональні вузли індикаторного модуля

Функції по формуванню часових діаграм, регенерації й відтворенню зображення реалізуються під керуванням модулів вихідних формувачів, а електроживлення заднього підсвічування забезпечується централізованою системою, підключеною окремо.

Мікропроцесор керує мультиплексуванням і декодуванням знаків. Схема температурної компенсації оптимізує кут огляду й контрастність індикатора у всьому діапазоні робочих температур.

Перетворювач живлення ЕЛ - підсвічування (поставляється окремо) виробляє відповідну напругу для функціонування системи заднього підсвічування.

Виходячи зі схеми на рисунку 1.5 можна запропонувати варіант дублювання цифрового індикатору електронних ваг, коли додатковий індикаторний модуль підключається до тих самих ліній управління, живлення та даних, що застосовує штатний індикаторний модуль. Таке рішення можливе, якщо в якості додаткового індикаторного модуля використовувати модуль тієї ж самої серії Daystar™ Nova фірми ІЕЕ.

Висота знака, символні поля, колір світіння й кут спостереження при цьому є важливими параметрами для вибору додаткового індикаторного модуля. У якості основного емпіричного правила рекомендується таке - збільшувати на 1 мм висоту знака на кожні 30 см відстані від спостерігача до екрану.

Таким чином, якщо керуватися рисунком 3.1, то при відстані від водія до додаткового цифрового табло в межах від 10 до 20 метрів висота символів додаткового цифрового табло повинна бути як мінімум 70 мм.

Фотометричні параметри рідкокристалічних дисплеїв для серії модулів Daystar™ Nova наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Фотометричні параметри рідкокристалічного дисплею індикаторного модуля Daystar™ Nova

Параметр	Значення
Колір	Чорний чи сірий
Висота знакомісця	8,5...25,4 мм
Кількість знаків	8...160
Кут огляду	40° у вертикальній площині, 80° у горизонтальній площині
Ресурс дисплея (тип.)	100 000 год

Як видно з таблиці 3.2, найбільша висота символів може бути тільки 25,4 мм, що не може вдовольняти нас. Крім того, для нашої розробки кут огляду дуже малий у горизонтальній площині, вважаючи те, що

навантажувач постійно рухається в процесі роботи і водій має спостерігати табло у широкому діапазоні кутів огляду.

Тому слід шукати інший шлях дублювання цифрового табло ваг. В [18] описані різні засоби відображення виробництва фірми ІЕЕ. Усі вони будуються або на вакуумно-люмінесцентних дисплеях, або на рідкокристалічних дисплеях. При цьому кут огляду у горизонтальній площині для вакуумно-люмінесцентних дисплеїв більший ніж у рідкокристалічних. Усі індикаторні модулі по замовленню користувачів постачаються додатковими платами адаптерів інтерфейсу RS-232. Тобто можна було б закупити додатковий індикаторний модуль з вакуумно-люмінесцентним дисплеєм, оснастити його платою послідовного інтерфейсу і підключити його до COM-порту вагового терміналу (рисунок 3.3).

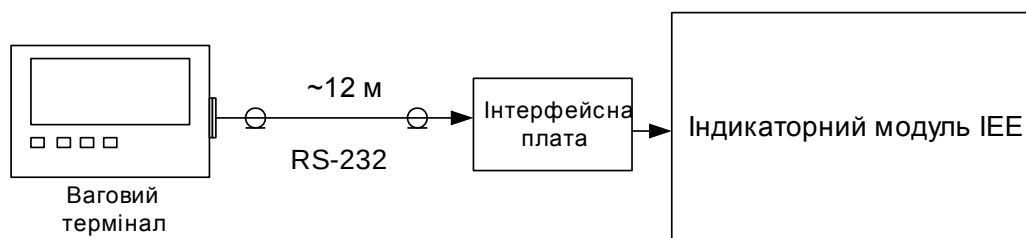


Рисунок 3.3 – Підключення додаткового індикаторного модуля до COM-порту вагового терміналу

Певні проблеми при цьому можуть виникнути при настройці режимів передавання даних між ваговим терміналом і індикатором (узгодження форматів даних та протоколів обміну), але головна проблема такого рішення полягає в іншому. Як вже відмічалось вище, висота символів додаткового цифрового табло повинна бути як мінімум 70 мм. Фірма ІЕЕ випускає індикаторні модулі промислового призначення з символами такого (і більшого) розмірів, але чим більші розміри символів, тим дорожчий індикаторний модуль. Вартість потрібного нам модуля на даний час складає приблизно 700 умовних одиниць, а його підключення до вагового терміналу може викликати перелічені вище труднощі. Тому є певний ризик значних матеріальних втрати при реалізації цього способу дублювання цифрового індикатору ваг, а результат не буде досягнутий.

З економічної та технічної точок зору слід шукати інше технічне рішення проблеми постачання водія навантажувача інформацією про поточну вагу вантажу, що знаходиться в вагоні.

Проведений аналіз таких рішень довів, що найбільш вдалим з них є таке, коли додаткове цифрове табло розміщується безпосередньо у кабіні навантажувача, а дані про поточну вагу у цифровій формі передаються на табло з вагового терміналу дистанційно тим чи іншим способом (рисунок 3.4).

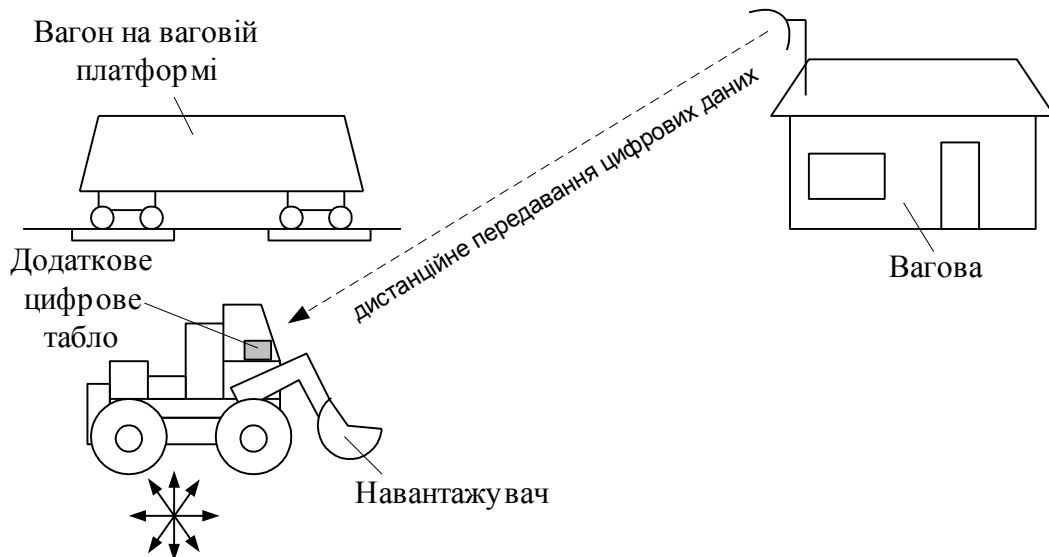


Рисунок 3.4 – Розміщення додаткового цифрового табло в кабіні завантажувача

При застосуванні такого рішення відпадає необхідність застосування дорогих цифрових табло великого формату, а також забезпечується зручне та ефективно зчитування цифрової інформації водієм завантажувача в процесі роботи, коли завантажувач постійно рухається у довільних напрямках по виробничій території.

Розглянемо можливі варіанти практичної реалізації такого технічного рішення. З аналізу технічної літератури [18-26] можна зробити висновок, що на існує кілька ефективних способів бездротового передавання цифрових даних у виробничих умовах:

- інфрачервоні канали передавання даних;
- канали мобільного зв'язку;
- цифрові радіоканали.

Розглянемо детальніше кожний з цих способів.

З економічної точки зору самим вигідним варіантом є використання інфрачервоного (ІЧ) каналу, тому що сучасна елементна база дозволяє з мінімальними труднощами організувати як прийом, так і передачу даного виду випромінювання.

На рисунку 3.5 наведена схема ІЧ передавача з використанням універсального асинхронного приймача/передавача (UART), що входить до складу AVR мікроконтролера.

Особливістю його є те, що кожний переданий біт, що надходить на вивід "TXD" (вихід передавача UART), програмним способом модулюється частотою 36 кГц, яка необхідна для роботи ІЧ приймача стандарту RC-5. Модульований сигнал може виводитися на будь-який вивід мікроконтролера (у цьому випадку вивід "PD4"), до якого підключений ІЧ-світлодіод. Вивід "TXD" варто залишити не використовуваним, тому що підпрограма

передавача під час своєї роботи читає логічний стан саме із цього виводу.

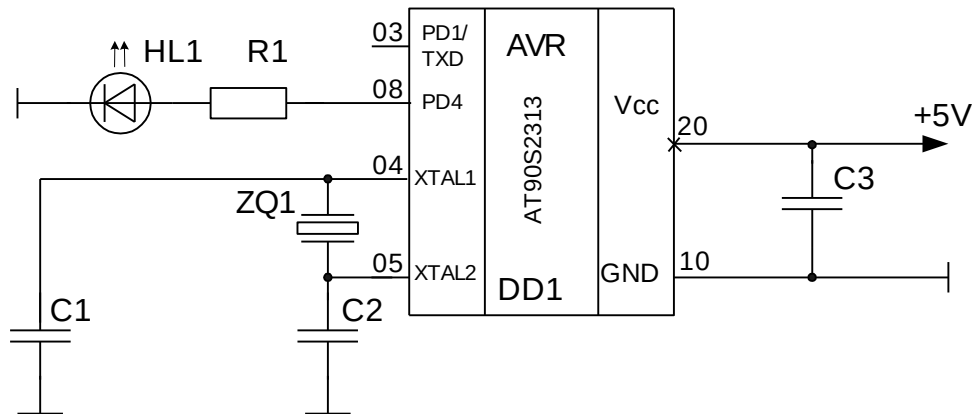


Рисунок 3.5 – Принципова схема ІЧ передавача з використанням UART мікроконтролера

Нижче наведена програма ІЧ - передавача, написана на Асемблері для мікроконтролера AT90S2313. У її складу входять кілька підпрограм. Перша з них - підпрограма, що обслуговує переривання таймера/лічильника 0. Вона використовується для організації широтно-імпульсного модулятора (ШІМ) із частотою 36 кГц. Друга підпрограма є передавачем (точніше, модулятором) сигналу UART. Варто також сказати, що в даній підпрограмі відбувається інвертування переданого байта (це необхідно для правильного декодування байта, отриманого з ІЧ - приймача).

```

;=====
;  ІЧ передавач
;=====
.org 000
rjmp reset                ;Вектор скидання
.ore 006
rjmp tim_ovf0             ;Вектор переривань від таймера/лічильника 0
;=====
; Підпрограма обробки переривань від таймера/лічильника 0.
;=====
tim_ovf0:
out tcnt0, r18             ;Завантажуємо таймер тривалістю напівперіоду
                           ; частоти модуляції
inc r19                   ;Збільшуємо значення регістра на одиницю
sbrc r19, 0               ; Перевіряємо на парність молодший біт r19
cbi portd, 4              ;Встановлюємо на виводі PD4 логічний 0
sbrs r19, 0               ; Перевіряємо на парність молодший біт r19
sbi portd, 4              ; Встановлюємо на виводі PD4 логічну 1

```

```

reti                ;Вихід з підпрограми обробки переривання
;=====
;  Із цього місця починається основна програма.
;=====
reset:
ldi  r16,0b01010010
out  ddrd, r16      ;Встановлюємо напрямок робота порту D
ldi  r16, 0b01101100
out  portd, r16     ;Встановлюємо відповідні логічні
                    ;рівні на виходах порту D

ldi  r16, $80
out  spl, r16       ;Організуємо стек
ldi  r16, 0b00001000
out  ucr, r16       ;Дозволяємо роботу передавача UART
ldi  r16, $ff
out  ubrr, r16      ;Задаємо швидкість роботи UART
ldi  r16, $1
out  tccr0, r16     ;Синхронізуємо роботу таймера/ лічильника 0
ldi  r18, $cb       ;Задаємо напівперіод частоти модуляції
sei                ;Дозволяємо переривання
start:
...
...
mov  r1, r31        ;Перепишуємо в r1 байт який,
                    ;потрібно передати
call uart           ;Викликаємо підпрограму модуляції
                    ;сигналу
rjmp start          ;Вертаємося в початок програми
;=====
;  Підпрограма модуляції й передачі байта UART.
;=====
uart:
out  udr, r1        ;Завантажуємо байт у регістр передавача  UART
up:
out  tcnt0, r18     ;Завантажуємо таймер тривалістю напівперіоду
                    ;частоти модуляції
ldi  r16, 0b00000010
out  tmsk, r16      ;Дозволяємо переривання по переповненню
                    ;таймера/лічильника 0

up_1:
sbis pind,1         ;Перевіряємо логічний рівень на виводі  PD1
rjmp up_1
ldi  r16,0b00000000

```

```

out timgsk,r16      ;Забороняємо переривання від таймера/ лічильника 0
cbi portd,4         ; Встановлюємо логічний 0 на виводі PD4
down:
sbis pind,1         ;Перевіряємо логічний рівень на виводі PD1
rjmp up
sbic usr, txc       ;Перевіряємо, чи не встановлений прапор
                    ; закінчення передачі

rjmp exit
rjmp down
exit:
sbi usr, txc        ;Скидаємо прапор закінчення передачі
ret

```

На приймальному боці ІЧ - приймач підключається також до AVR мікроконтролера. ІЧ - сигнал, прийнятий, посилений і інвертований стандартним RC-5 приймачем, надходить на вивід "RXD" мікроконтролера, що є входом UART.

Програми, що обслуговують прийом байта UART, можна побудувати двома способами. Перший спосіб полягає у використанні переривання по закінченню прийому байта UART. Він вигідний у тих випадках, коли пристрій під час роботи перебуває в режимі зниженого енергоспоживання (Idle mode), а при прийманні байта входить в активний режим роботи й обробляє прийнятий байт. Другий спосіб побудови програми прийому байта заснований на періодичному опитуванні прапора RXC у регістрі UART USR, що встановлюється по закінченню прийому.

Для нашого випадку застосування описаного інфрачервоного каналу передавання даних буде полягати в сполученні мікроконтролера передавача з СОМ-портом вагового терміналу та в оснащенні мікроконтролера приймача засобами виведення цифрової інформації на символний індикатор.

Проте дальність прийому ІЧ-сигналу, звичайно, залежить від характеристик приймача й світлодіоду. При побудові пристроїв по описаному вище способу цей параметр не буде перевищувати 2-4 м. Для збільшення дальності зв'язку можна збільшити струм через випромінюючий світлодіод за рахунок додаткового транзистора.

Але все ж таки дальність інфрачервоного зв'язку недостатня для надійного передавання даних з вагової, де розміщений ваговий термінал, до кабіни навантажувача. Слід також враховувати значні зовнішні впливи на надійність роботи інфрачервоного каналу.

Засоби мобільного зв'язку все частіше використовуються в системах промислової автоматики. При цьому використовуються як стандарт GSM мобільного зв'язку, так і його розвиток – стандарт GPRS. Відповідні засоби передавання цифрових даних у вигляді GSM- та GPRS-модемів виготовляються зараз багатьма провідними виробниками (Siemens, Dataforth,

Advantech та ін.). Дальність зв'язку обмежується тільки розмірами зони покриття, що забезпечує оператор мобільного зв'язку.

Проте для нашого випадку функціональні можливості промислових зразків модемів занадто великі, ніж вимагається. Вони одночасно підтримують декілька каналів зв'язку та велику швидкість передавання даних, обробку та зберігання інформації. Іншими словами, використання мобільного зв'язку для передавання даних на цифрове табло в кабіні навантажувача можна вважати недоцільним. Крім того, треба враховувати, що за постійний мобільний зв'язок треба буде платити оператору мобільного зв'язку, а це вже немалі гроші.

Більш дешевим та не менш ефективним рішенням є застосування цифрового радіоканалу. В промислових системах автоматики для цього використовуються так звані радіомодеми.

На рисунку 3.6 представлений спосіб утворення такого каналу передавання цифрових даних на табло в кабіні навантажувача через радіомодеми ADAM-4550 фірми Advantech.

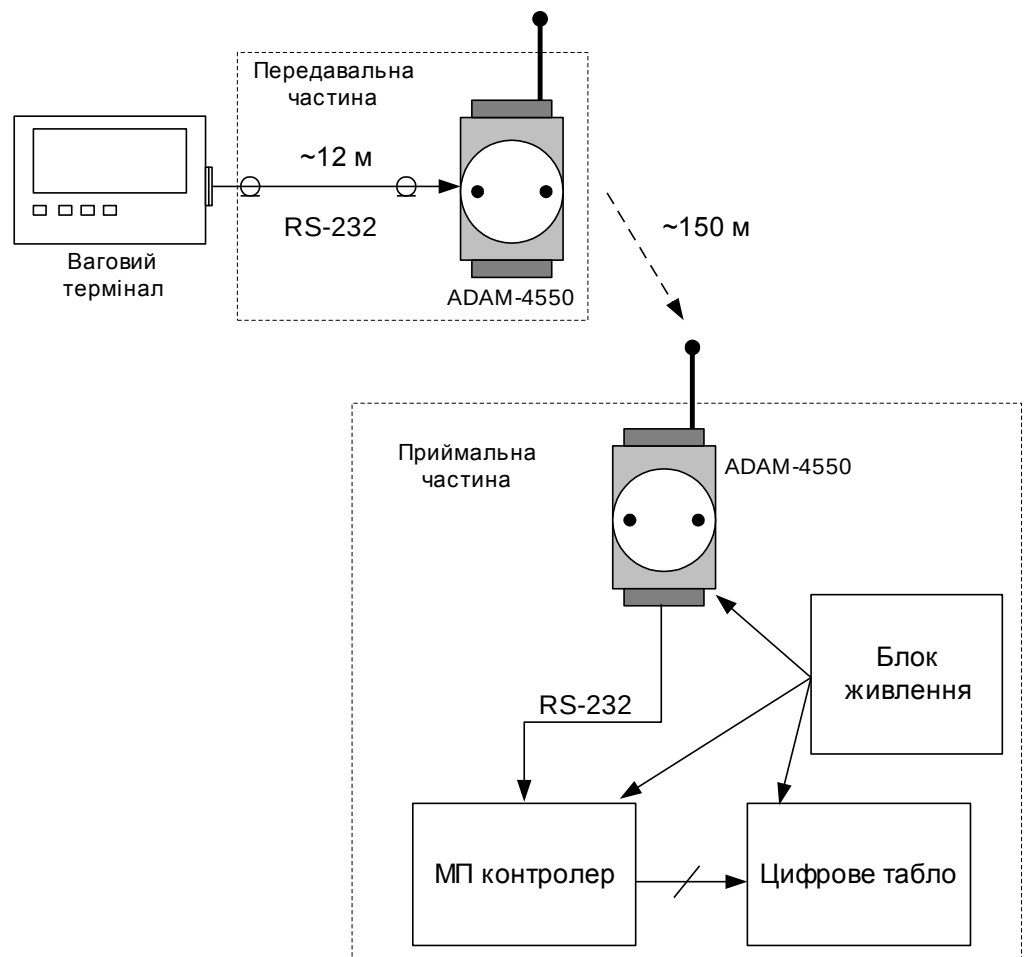


Рисунок 3.6 – Варіант передавання даних на цифрове табло через радіомодеми ADAM-4550

Цей радіомодем працює на частоті 2,45 ГГц, швидкість передавання даних по зовнішньому послідовному інтерфейсу RS-232 складає 115,2 кБод, швидкість передавання даних у ефірі складає 1 МБод, потужність передавача досягає 0,1 Вт, а дальність впевненого зв'язку без застосування додаткових антен – 150 м.

Радіомодеми оснащені послідовним портом з інтерфейсом RS-232, тому їх легко узгодити з ваговим терміналом електронних ваг. Цифрові дані, що надсилаються у ефір передавальною частиною каналу, отримуються радіомодемом приймальної частини каналу. Через послідовну лінію RS-232 вони будуть надходити до СОМ-порту вбудованого мікропроцесорного контролера. Ці дані обробляються і виводяться на цифрове табло, що розміщене перед водієм навантажувача. Актуальним питанням є організація живлення усіх блоків приймальної частини необхідними рівнями напруги.

Такий варіант технічного рішення вдосконалених вагонних електронних ваг, що забезпечує створення додаткового цифрового табло для водія навантажувача, з технічної точки зору можна вважати оптимальним. Але з економічної точки зору можна його ще покращити. Вартість одного радіомодему типу ADAM-4550 зараз складає приблизно 450 умовних одиниць. Тобто на придбання модемів потрібно витратити 900 умовних одиниць. При цьому отримуємо надлишкове технічне рішення (за швидкістю передавання даних та за дальністю зв'язку).

Тому більш доцільним є застосування в схемі на рисунку 3.6 двох простих радіо-модемів власної розробки. На рисунку 3.7 наведена відповідна структурна схема такого каналу дистанційного передавання цифрових даних від вагового терміналу до цифрового табло, встановленого в кабіні завантажувача.

3.2 Розробка електричної структурної схеми

На основі вибраного технічного рішення, що відображено на рисунку 3.7, була розроблена електрична структурна схема вдосконаленої АСЗ, яка наведена у додатку Б.

Схема складається з таких основних частин: вантажно-приймального модуля №1, вантажно-приймального модуля №2, вагового терміналу та додаткового каналу бездротового передавання цифрових даних. Останній містить передавальну частину, радіоканал та приймальну частину. Вантажно-приймальний модуль №1 існуючих вагонних електронних ваг фірми “МЕТТЛЕР ТОЛЕДО” оснащений тензометричним датчиком ваги моделі DigiTOL, який складається з тензометричного первинного перетворювача (блок 1), вимірювальної схеми (блок 2), аналого-цифрового перетворювача (блок 3), мікропроцесора (блок 4) та послідовного порту RS232 (блок 5).

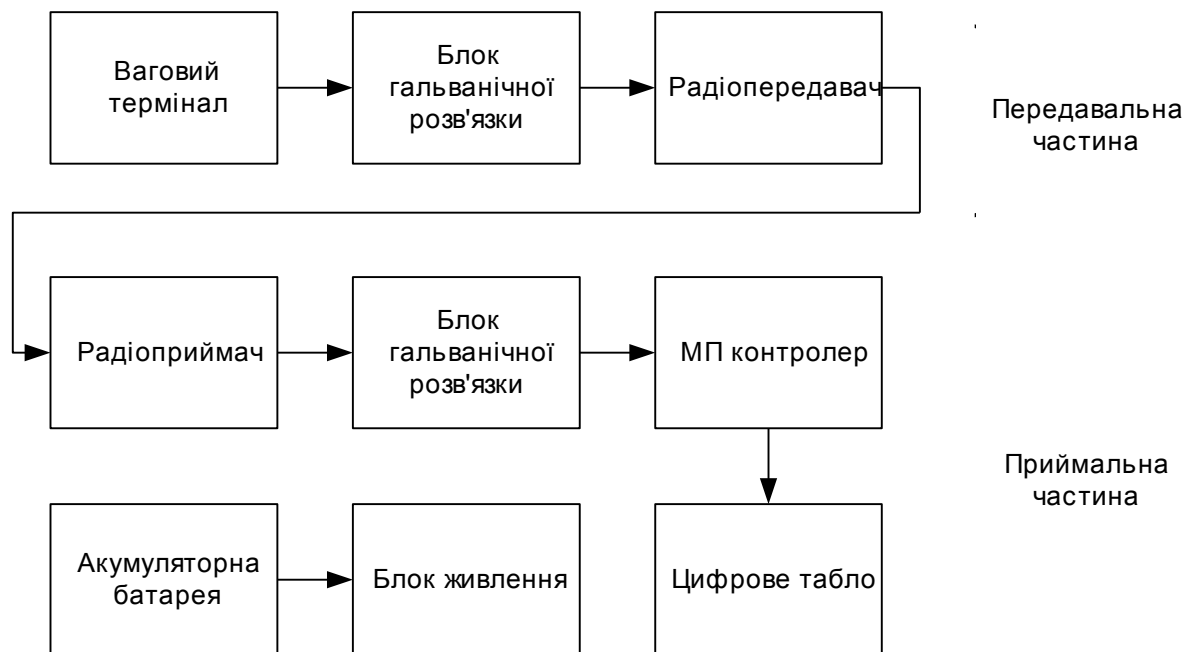


Рисунок 3.7 – Структурна схема радіоканалу передавання цифрових даних з вагового терміналу до кабіни завантажувача

Вантажно-приймальний модуль №2 вагонних електронних ваг також оснащений тензометричним датчиком ваги моделі DigiTOL, який теж складається з тензометричного первинного перетворювача (блок 6), вимірювальної схеми (блок 7), аналого-цифрового перетворювача (блок 8), мікропроцесора (блок 9) та послідовного порту RS232 (блок 10).

Обидва тензометричних датчика через спеціальні кабелі підключені до двох послідовних портів (блоки 11 та 12) вагового терміналу моделі “Cougar”, який побудований на основі мікропроцесора (блок 14), мембранної клавіатури (блок 15) та символічного дисплею (блок 16). Ваговий термінал має також додатковий послідовний порт (блок 13) для підключення комп'ютера. Саме цей порт ми використовуємо для організації додаткового каналу бездротового передавання цифрових даних про поточну вагу щебеню (каменю) у вагоні.

Як відмічалось вище, додатковий канал бездротового передавання цифрових даних має передавальну та приймальну частини. Перша монтується в приміщенні вагової, а друга – у кабіні завантажувача.

Передавальна частина містить блок гальванічної розв'язки (блок 17), радіопередавач імпульсних сигналів (блок 18) та джерело живлення (блок 19). Блок гальванічної розв'язки потрібен для забезпечення безпечного підключення схеми радіопередавача (блок 18), який живиться від власного джерела живлення (блок 19), до послідовного порту вагового терміналу (блок 13).

Приймальна частина додаткового каналу бездротового передавання

цифрових даних містить радіоприймач імпульсних сигналів (блок 20), блок гальванічної розв'язки (блок 21), послідовний порт RS232 (блок 22), мікропроцесор (блок 23), символьний дисплей (блок 25) та перетворювач постійної напруги (блок 24). Останній перетворює напругу акумуляторної батареї навантажувача (12 В) у дві напруги живлення схеми приймальної частини - $U_{ж2}$ та $U_{ж3}$. Перша напруга призначена для живлення схеми радіоприймача, а друга – для живлення цифрової частини схеми (мікропроцесор, дисплей, послідовний порт). Блок гальванічної розв'язки (блок 21) потрібен саме для забезпечення електричного з'єднання двох частин схеми (радіоприймача та мікропроцесора), які живляться від різних джерел напруги.

Цифрові дані, які мікропроцесор отримує з вагового терміналу, обробляються прикладною програмою, а результат обробки через шину даних (ШД) виводиться на символьний дисплей (блок 25), де і відображається значення поточної ваги щебеню (каменю) у вагоні, що завантажуються.

3.3 Розробка електричної функціональної схеми

Розроблювана електрична функціональна схема пояснює певні процеси як в окремих функціональних ланцюгах, так і у всій вдосконаленій АСЗ в цілому. Як правило, на електричній функціональній схемі зображують головні електричні ланцюги проєктованого приладу чи системи, а допоміжні (наприклад живлення) - не показують [27]. Функціональні частини та зв'язки між ними зображують у вигляді умовних графічних позначень, встановлених стандартами ЄСКД.

В нашому випадку проєктується не уся схема АСЗ, а тільки схема додаткового бездротового каналу передавання цифрових даних від існуючого вже вагового терміналу до символьного дисплею, встановленого в кабіні автомобільного завантажувача. Тому в подальшому будемо деталізувати розробку електричних схем саме для цього каналу.

Згідно до розробленої вище електричної структурної схеми вдосконаленої АСЗ канал бездротового передавання цифрових даних містить передавальну частину та приймальну частину. Передавальна частина отримує вхідні цифрові дані від вагового терміналу через його послідовний порт з інтерфейсом RS-232. Ці дані поступають у вигляді послідовності 10-бітних пачок, кожна з яких несе інформацію про значення одного десяткового розряду поточної ваги вантажу у вагоні. З урахуванням того, що електронні ваги мають діапазон вимірів від 0 до 100 тон з дискретністю 100 кг, кількість пачок цифрових даних буде дорівнювати 4. За технічною документацією на електронні ваги моделі 7260S / 1+1 першою 10-бітною пачкою є код старшого десяткового розряду ваги (сотні), а останньою – код

першого після коми десяткового значення ваги (десятова частка).

Передавальна частина бездротового каналу передавання цифрових даних містить вузол гальванічної розв'язки, який запобігає пошкодженню СОМ-порту вагового терміналу.

Розглянемо вузол гальванічної розв'язки. Різні варіанти вузлів розв'язки на фото-транзисторних оптронах добре відомі й навіть наведені в [28] і інших довідниках і посібниках по застосуванню цих приладів. Як правило, їхнє використання обмежується порівняно повільними лініями зв'язку зі швидкістю передачі не більше 9600 Бод. При подальшому підвищенні швидкості тривалість наростання й спаду вихідного струму фототранзистора стає порівнянною із тривалістю переданих імпульсів, що приводить до неприпустимих перекручувань.

Перехід на швидкодіючі фотодіодні оптрони практично знімає обмеження по швидкості, але виникає інша проблема. Вихідний струм фотодіода дуже малий, тому обов'язково потрібно його посилення. Це приводить до досить громіздких технічних рішень із великим числом операційних підсилювачів (ОП) і ізольованих 2-полярних джерел напруги 2x12 В [29].

Значно спрощує пристрій гальванічної розв'язки використання в них оптронних мікросхем з убудованими підсилювачами. Такі мікросхеми промисловість випускає в досить великому асортименті. Вони є в серіях К249, К262, К293, імпортованих HCPL. Перешкодою до широкого застосування в адаптерах інтерфейсу RS-232 цих мікросхем з вихідними рівнями ТТЛ є помилкове уявлення про те, що на вхідні лінії цього інтерфейсу обов'язково потрібно подавати сигнали з розмахом 12 В.

Розглянемо це питання докладніше. Дійсно, згідно специфікації RS-232, рівні сигналів повинні перебувати в межах $\pm (5...15)$ В, але тільки на виходах передавачів. І навіть ця вимога найчастіше виконується "по мінімуму". У більшості випадків логічні рівні напруги на виходах стандартних драйверів не перевищують за абсолютним значенням 8-9 В, а наприклад, у швидкодіючих мікросхем MAX3322 (швидкість до 250 кБод) їхнє типове значення на грані припустимого ($\pm 5,4$ В). Чим менше розмах формованих сигналів, тим менше часу (за інших рівних умов) витрачається на перезарядження ємності лінії зв'язку.

Приймачі сигналів інтерфейсу RS-232, згідно специфікації, повинні інтерпретувати вхідну напругу так: напруга менше мінус 3 В – це логічна «одиниця», а більше плюс 3 В - логічний «нуль».

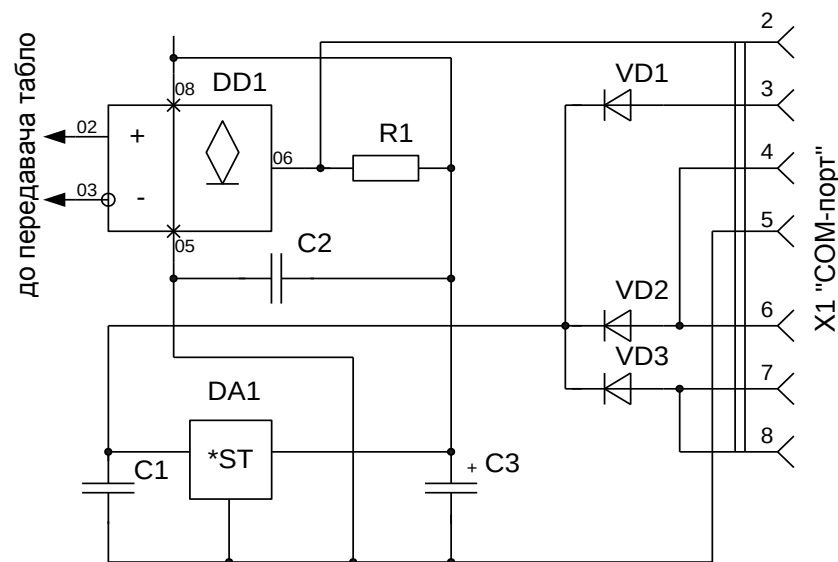
Перші варіанти мікросхем-приймачів RS-232 - SN75154 і її вітчизняні аналоги 169УП2 і К170УП2 мали спеціальну перехідну характеристику. За рахунок розкиду параметрів мікросхем ширина зони гістерезису могла бути різною, не виходячи, однак, за припустимі ± 3 В, причому "верхній" поріг завжди був позитивним, а "нижній" - негативним. Однак у кожного із чотирьох входів у таку мікросхему приймачів є входи керування "нижнім"

порогом (виводи 1-3, 14). Якщо подати на нього напругу +5 В, "нижній" поріг переміщається в позитивну область вхідної напруги. Формально відповідаючи вимогам RS-232, приймач виявляється майже сполучений по входу й з логічними мікросхемами структур ТТЛ і КМОП. "Майже" тому, що з урахуванням можливого розкиду параметрів сумісність все-таки не гарантована.

Більш пізні версії приймачів RS-232, наприклад, SN75189, ідентичні по призначенню виводів SN75154, надають можливість плавно регулювати обидва граничних рівня шляхом зміни подаваної на відповідні виводи напруги й номіналів включених послідовно з ними резисторів.

Типова перехідна характеристика приймача розповсюджених сьогодні інтерфейсних мікросхем MAX232 вже повністю сумісна із ТТЛ. Практика показала, що заводостійкість приймачів з подібною характеристикою цілком достатня в будь-яких ситуаціях, тому входи керування порогоми відсутні.

На рисунку 3.8 наведена схема вузла оптоелектронної розв'язки на мікросхемі K293ЛП7Р, що відома також за назвою "оптореле 5П7" і розрахована на передачу даних зі швидкістю до 10 МБод [30].



C1, C2 - 0,1 мкФ; C3 - 22 мкФх15В; DA1-
KP1170EH5; DD1 - K293ЛП7Р; R1 - 1 кОм

Рисунок 3.8 – Електрична принципова схема гальванічної розв'язки

Живлення мікросхеми DD1 напругою 5В здійснюється від ліній інтерфейсу RS-232 по схемі, що стала вже класичною, на діодах VD1 - VD3 і інтегральному стабілізаторі DA1. Резистор R1 - навантаження виходу мікросхеми DD1, виконаного за схемою з відкритим колектором.

Розетку X1 підключають до вилки COM - порту вагового терміналу безпосередньо або за допомогою модемного, виконаного за схемою 1:1,

кабелю.

Необхідно сказати кілька слів про підключення входів мікросхеми К293ЛП7Р до входу передавача цифрового табло. Найкращий по швидкодії, але самий неекономічний по споживаному струму, варіант показаний на рисунку 3.9.

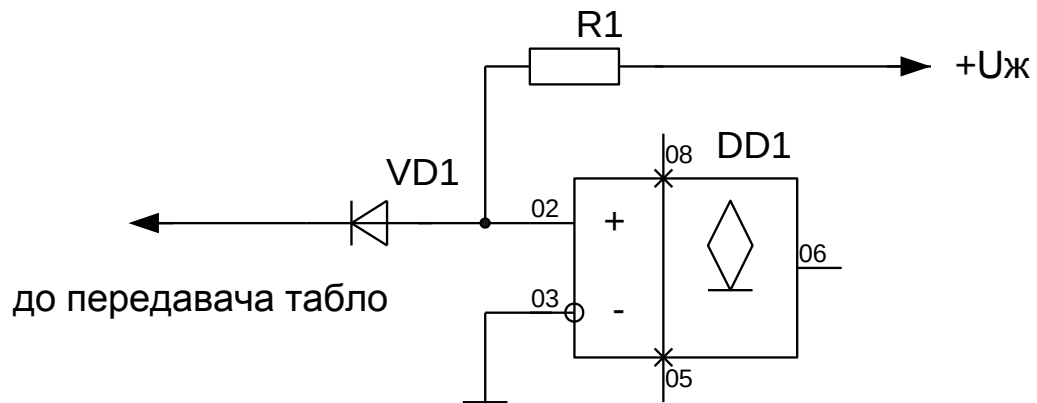


Рисунок 3.9 – Спосіб підключення вузла гальванічної розв’язки до радіопередавача каналу

Сигнал на вході радіопередавача буде такої полярності – якщо з вагового терміналу передається логічна “одиниця”, то він буде мати значення, близьке до напруги живлення, в протилежному випадку – близький до нуля. Коли його рівень високий, через резистор R1 і випромінюючий діод тече струм, а діод VD1 закритий. При низькому рівні сигналу струм тече через резистор R1, діод VD1 і вхід передавача, не відгалужуючись у випромінюючий діод, тому що сумарне спадання напруги на входному колі передавача й діоді VD1 у цій ситуації менше ніж вимагається для відкривання випромінюючого діода. Висока швидкодія досягається завдяки порівняно невеликій зміні напруги між виводами випромінюючого діода й практично постійному струмі через резистор R1.

В додатку Б наведена розроблена електрична функціональна схема вдосконаленої АСЗ, яка пояснює особливості побудови схеми бездротового каналу передавання цифрових даних.

Існуючий ваговий термінал показаний на схемі за допомогою трьох основних функціональних вузлів – мікропроцесора U1, послідовного порту U2 з інтерфейсом RS-232 та символьного дисплею U3. Обмін цифровими даними між цими вузлами здійснюється через шину даних ШД. На цю ж шину поступають і цифрові дані від двох тензOMETричних датчиків моделі DigiTOL, що встановлені у двох вантажеприймальних модулях вагонних ваг.

Через послідовний порт U2 цифрові дані подаються на вузол гальванічної розв’язки передавальної частини каналу, який зібраний на мікросхемі DD1 за схемою на рисунку 3.1. Далі цифрові дані оступають на

радіопередавач U4 з антеною WA1.

Приймальна частина бездротового каналу передавання цифрових даних містить антену WA2, радіоприймач U5, вузол гальванічної розв'язки на мікросхемі DD2, послідовний порт U7 з інтерфейсом RS-232, мікропроцесор U8, символний дисплей U9 та перетворювач постійної напруги U10. Останній формує дві напруги живлення вузлів приймальної частини - $U_{ж2}$ та $U_{ж3}$. Вузол гальванічної розв'язки зібраний за такою ж схемою, що і вузол передавальної частини.

3.4 Проектування електричної принципової схеми

3.4.1 Передавальна частина бездротового каналу передавання цифрових даних

Згідно до розроблених вище електричної структурної та електричної функціональної схем АСЗ її бездротовий канал передавання цифрових даних повинен складатися з двох частин – передавальної та приймальної.

Приймальна частина взаємодіє з СОМ-портом вагового терміналу, отримуючи від програмного забезпечення електронних ваг цифрові дані про поточну вагу вантажу (щебеню, каменю) у вагоні.

На рисунку 3.10 показана розроблена електрична принципова схема радіопередавача передавальної частини каналу. Ця схема відрізняється малим енергоспоживанням.

ВЧ генератор, що задає, зібраний на транзисторі VT1 і кварцовому резонаторі ZQ1, і збуджується на частоті f_{ZQ1} дорівнює 26945 кГц із появою сигналу високого рівня на виході елемента DD1.4. Це можна досягти шляхом натискання кнопкового перемикача, що призначений для режиму настройки тракту передачі сигналів. Підсилювач потужності виконаний на транзисторі VT2. Його коливальний контур L1C7 настроєний на ту ж частоту f_{ZQ1} . При натисканні кнопки мултивібратор, зібраний на елементах DD1.1, DD1.2, збудиться на частоті біля F дорівнює

Спади імпульсів на виході елемента DD1.2 ланцюг, що диференціює, R5C2 перетворить у короткі - тривалістю $t_{\text{имп}}$ рівною 20 мс - імпульси низького рівня, що надходять на верхній за схемою вхід елемента DD1.4. На виході цього елемента виникають одиничні імпульси, що створюють умови збудження передавача. І поки кнопка буде натиснута, антена випромінює короткі пачки високочастотних імпульсів, розділені паузами.

Поклавши час входження в режим кварцового автогенератора t_{ϕ} рівним Q_{ZQ1}/f_{ZQ1} і добротність кварцового резонатора Q_{ZQ1} рівною 100000, отримаємо, що t_{ϕ} приблизно дорівнює 4 мс. Це значить, що пачка високочастотних імпульсів передавача стане на трохи мілісекунд коротше $t_{\text{имп}}$.

Якщо на вхід передавача з вузла гальванічної розв'язки буде подана напруга низького рівня (логічний “нуль”), то на виході елемента DD1.4 також встановлюється напруга низького рівня, що закриває обидва транзистора, і споживаний передавачем струм стає близьким до нуля. Це режим очікування передавання даних.

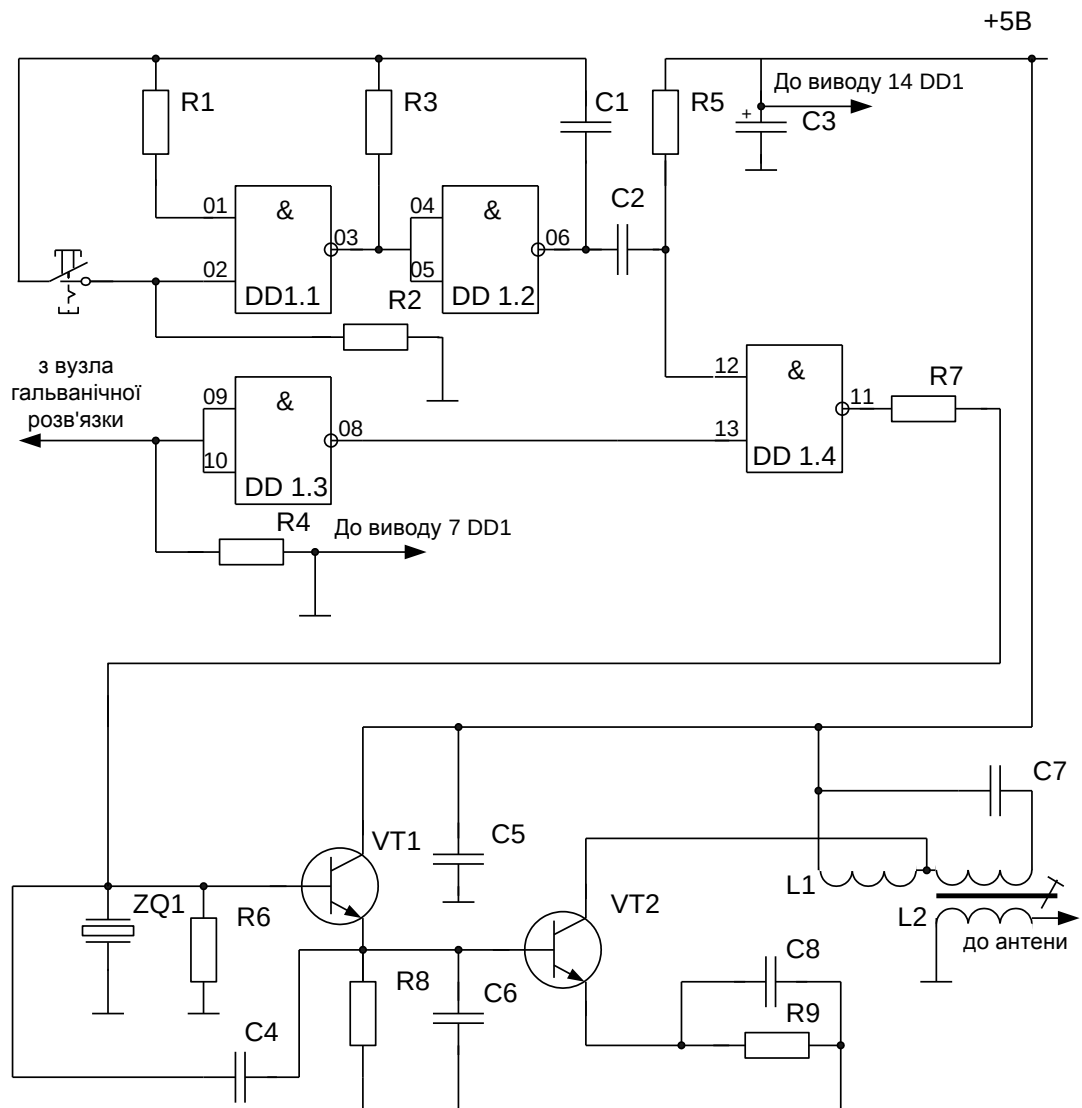


Рисунок 3.10 – Електрична принципова схема радіопередавача передавальної частини каналу

Якщо вузол гальванічної розв'язки формує одиничні імпульси (логічні “одиниці”), то кожний із цих імпульсів перетвориться у ВЧ пачку тривалістю біля ($t_{\text{имп}} - t_{\text{ф}}$).

До спроби збільшити $t_{\text{имп}}$ збільшенням ємності конденсатора C2 варто віднести з обережністю. Тривалість, що збільшується, струму його перезарядження може призвести до перегріву й виходу з ладу мікросхеми. Для того щоб уникнути небезпеки, досить включити резистор опором 5,1-9,1кОм послідовно конденсатору C2.

Всі резистори в передавачі - МЛТ-0,125. Конденсатори: С1, С2, С5, С8 - КМ-6; С4, С6, С7 - КД; С3 - будь-який оксидний діаметром не більше 8 мм.

Котушку L1 намотують проводом ПЕВ-2 0,33. Вона містить 16 покладених в один ряд витків з відводом від середини. Котушку L2 - 4 витки проводом ПЭШО 0,2 - намотують поверх витків котушки L1 з боку виводу 1. Каркас - пластмасовий. Карбонільний підстроєчник М3х8 мм угвинчують в осьовий отвір каркаса, що має різьблення М3.

Передавач монтують на платі, що виготовляють із фольгованого по обидва боки склотекстоліту товщиною 1,5 мм. Фольга під деталями використані як екран і загальний провід. Під опори каркаса котушок L1, L2 варто ввести по краплі клею. Кварцовий резонатор - РГ-05, малогабаритний, у металевому корпусі. Його кріплять до плати дротовою скобою.

Плату трьома гвинтами М2 прикріплюють до пластини з полістиролу товщиною 3 мм, що буде служити передньою панеллю передавача. На ній же встановлюють і підключають до котушки L2 антенне гніздо коаксіального рознімання СР- 50-73Ф. Позаду плата прикрита кожухом - пластмасовою коробкою підходящих розмірів.

Для передавача підійде будь-яка антена від портативної Сі-Бі радіостанції із дротовою противагою довжиною 1...1,5 м - електричним еквівалентом відсутнього оператора. Звичайно, антена може бути й повного розміру, але це приведе до істотного збільшення "далекобійності" передавача, що, швидше за все, буде зайвим.

При налагодженні передавача до антенного рознімання підключають еквівалент антени — резистор R_n дорівнює 50 Ом, а до нього — високочастотний (не менш 30 МГц) вольтметр. Для контролю напруги живлення й споживаного струму можна використовувати будь-які вольтметр і міліамперметр постійного струму.

Вхід передавача з'єднують тимчасовою дротовою перемичкою із плюсовим дротом живлення й, переміщаючи підстроєчник у котушці, настроюють контур L1С7 на частоту кварцового резонатора по максимуму показань ВЧ вольтметра. Якщо він нічого не показує, тоді замінюють резонатор ZQ1.

За показниками приладу обчислюють випромінювану потужність $P_{\text{изл}}$. Її розраховують по формулі

$$P_{\text{изл}} = U_{\text{изм}}^2 / 50 \text{ [Вт]}, \quad (3.1)$$

де $P_{\text{изл}}$ — потужність випромінювання, Вт;

$U_{\text{изм}}$ — обмірюване ефективне значення ВЧ напруги, В.

Далі замикають кнопковий перемикач (вхід передавача відключають) і вимірюють споживаний струм в імпульсному режимі.

Результати повинні бути близькі до показаного в таблиці 3.3.

Якщо до антенного виходу передавача, навантаженому антеною або її

еквівалентом, підключити високочастотний осцилограф (не менш 30 МГц), то настроювання контуру й оцінку потужності випромінювання можна виконати безпосередньо по зображенню високочастотного імпульсу на екрані.

Таблиця 3.3 – Показники настройки передавача табло

$U_{ж}, В$	$I_{ж}, мА$, при високому рівні		$P_{изл}, мВт$
	на вході	на виході перемикача	
9	33	0,9	110
8	30	0,7	88
7	23	0,5	58
6	18	0,35	35
5	11	0,18	17
4,2	5	0,08	≈ 2

Для настроювання годиться й осцилограф С1-95, що не тільки "бачить" високочастотний імпульс, але й добре синхронізується їм у режимі, що чекає. Проконтролювати високочастотні імпульси на котушці L2 корисно в кожному разі, оскільки в передавачі такої структури час входження в режим залежить і від ступеня узгодження з антеною.

3.4.2 Приймальна частина бездротового каналу передавання цифрових даних

Приймальна частина бездротового каналу передавання цифрових даних монтується в кабіні навантажувача. Вона складається з таких вузлів: радіоприймача цифрових даних з передавальної частини каналу, вузла гальванічної розв'язки, мікропроцесора, символного дисплею та джерела живлення у вигляді перетворювача напруги постійного струму.

Сигнали передавача здатні прийняти практично будь-який радіоприймач. Однак далеко не всякий виявиться придатним по енергоспоживанню - одному з найбільш важливих показників.

Принципова електрична схема радіоприймача каналу передавання цифрових даних, розробленого для спільної роботи з описаним вище радіопередавачем, зображена на рисунку 3.11.

У приймачах такого призначення особливої уваги заслуговує техніка прямого перетворення радіосигналу, відмінна тим, що основне його посилення відбувається в підсилювачі низької частоти [31].

Індуктивно пов'язаний з антеною контур L2C3 настроєний на частоту прийнятого сигналу $f_c = 26945$ кГц. Гетеродин приймача, зібраний на транзисторі VT1, працює на частоті кварцового резонатора ZQ1 f_r , близької до f_c . На цю же частоту настроєний і контур L3C4.

Ефірний сигнал і сигнал гетеродина надходять на змішувач — на базу транзистора VT2, на навантаженні якого знаходиться П - фільтр C7L4C9R4, на виході якого виникає різницевий сигнал ЗЧ $|f_c - f_r|$. Різницеву частоту встановлюють добіркою підходящих кварцових резонаторів у генераторі, що задає, передавача й у гетеродині приймача. Це неважко зробити, оскільки розкид значень частоти в доступних резонаторів досить широкий. До того ж частота збудження кварцового генератора залежить не тільки від резонатора, але й від схеми його включення, настроювання пов'язаних з ним коливальних контурів, підключених безпосередньо до резонатора реактивних елементів.

Добіркою пари резонаторів, а при необхідності - їхнім підстроюванням, установимо в системі різницеву частоту (між f_c та f_r) рівною 1,3...1,4кГц. Частота зрізу f_{cp} П - фільтра - верхня границя його вікна прозорості - залежить від номіналів елементів C7, C9, L4 і R4: C7 дорівнює C9 і дорівнює $1/2\pi f_{cp}^4$; L4 дорівнює $R4/\pi f_{cp}$. Прийmemo R4 рівним 6,2 кОм й f_{cp} рівною 4 кГц, тоді C7 дорівнює C9 і дорівнює 6800 пФ і L4 дорівнює 0,5Гн.

Вхідний щабель підсилювача ЗЧ виконаний на польовому транзисторі VT3, а наступні за нею три щаблі — на ОП DA1 - DA3. З низькочастотної сторони смуга підсилювача обмежена ємністю конденсаторів C11, C13, C14, а з високочастотної — відношенням $f_1/K_u \sim 4,5$ кГц, де $f_1 = 100$ кГц — вища частота "одиначного" посилення використаних ОП; $K_u \sim 22$ — посилення щабля.

Досвід показав, що реально підсилювач ЗЧ має частотну смугу 0,4...2,3 кГц, коефіцієнт підсилення по напрузі від затвора транзистора VT3 до виходу ОП DA3 — 30000 і напруга шумів на вході (включаючи шуми змішувача) $U_{ш} = 1...1,5$ мкВ.

У результаті перетворення радіосигналу й посилення на виході ОП DA3 виникають радіоімпульси, які надходять на детектор C16VD2VD3C17R14 і у вигляді відеоімпульсу — на вхід, що не інвертує, ОП DA4. Якщо на вході, що інвертує, цього ОП встановлено (резистором R15) напруга $U_{и}$, що перевищує фонові флуктуації напруги на вході, що не інвертує, то вихідна напруга $U_{в}$ ОП буде $U_{в} \sim 0$, якщо $U_{н} < U_{и}$ й $U_{в} \sim +(U_{ж} - 0,7 \text{ В})$, якщо $U_{н} > U_{и}$.

Так, переходом вихідної напруги від близького до нуля до близького до $U_{ж}$ приймач відреагує на прийом радіоімпульсу.

Друковану плату приймача виготовляємо із фольгованого по обидва боки склотекстоліту товщиною 1,5 мм. Котушки L1, L2 і L3 намотані на двох однакових каркасах. Котушка L2 містить 16 витків проводу ПЕВ-2 0,33. Котушка L1 – 2 витки проводу ПЕШО діаметром 0,2-0,25 мм – намотують

поверх котушки L2 з боку “заземленого” виводу. Котушка L3 – 16 витків проводу ПЕВ-2 0,33; відвід – від її середини. Обидва каркаси постачені підстроєчниками МЗх8 з карбонільного заліза.

Котушка L4 намотана на кільці типорозміру К 16х12х5 з фериту М3000НМ. Перед намотуванням ребра кільця необхідно притупити наждаковим папером і покрити його двома-трьома шарами лаку. Число витків – 500, індуктивність – близько 500 мГн. При іншому магнітопроводі число витків N підраховують по формулі:

$$N \sim 280 \sqrt{L / \mu}, \quad (3.2)$$

де L - індуктивність котушки, мГн;

$l_{\text{ср}}$ - довжина середньої магнітної лінії магнітопроводу, см;

μ - його магнітна проникність, відн. одиниць;

S - площа поперечного перерізу магнітопроводу, см².

Намотування виконують тонким проводом, наприклад, ПЕВ-2 0,07. Готову котушку поміщають між двома гумовими дисками й кріплять до плати гвинтом.

Кварцовий резонатор ZQ1 такий же, як у передавача. У температурному інтервалі -10...+60 °С його ТКЧ залишається в межах +0,36 10⁻⁶ °С⁻¹ [32]. Неважко переконалися в тім, що настроювання $|f_c \text{ мінус } f_r|$ залишиться в смузі підсилювача ЗЧ при температурному дрейфі в кілька десятків градусів навіть при самому несприятливому сполученні ТКЧ обох резонаторів.

Всі постійні резистори приймача - МЛТ-0,125, підстроєчний R15 – СПЗ-38б. Конденсатори С1, С2, С8, С11 -С16, С17 - КМ-6 або К 10-176; С3-С6 - КД-1 або імпорного; С7, С9 повинні мати ТКЕ не гірше НЗО; С10, С18 - будь-які оксидні підходящих розмірів (на платі їх монтують у положенні лежачи). Мікросхеми підсилювачів - TLC27L4IN. Безпосередньо на платі може бути розміщене й антенне рознімання СР- 50-73ФВ [33].

Плату приймача поміщають у бляшану коробку, що служить одночасно екраном. Піддійте й пластмасова коробка, але її необхідно оклеїти зсередини фольгою (краще мідною) і з'єднати її із загальним дротом приймача. У коробці можна виділити відсік для установки батареї живлення.

Приймач настроюють по сигналах розташованого поблизу свого передавача, що встановлюють у режим періодичного випромінювання коротких радіоімпульсів.

Швидше за все, для збудження гетеродину виявиться достатнім лише підстроїти його контур L3C4. Може бути, буде потрібно уточнити ємність конденсатора С6. Правда, що дуже погано збуджується (а те й просто несправним) може виявитися сам кварцовий резонатор. Гетеродин повинен стійко працювати у всьому інтервалі можливих значень напруги живлення.

До виходу ОП DA2 підключають осцилограф і в режимі, що чекає, по

зображенню на екрані низькочастотної пачки встановлюють значення різницевої частоти $|f_c - f_r|$. При необхідності її виводять на середину смуги підсилювача ЗЧ.

Завершують процес настроюванням контуру L2C3 на максимум амплітуди низькочастотних пачок. Цю операцію необхідно виконувати діелектричною викруткою.

Якщо передавач перевести в режим безперервного випромінювання, приймач можна настроїти й без осцилографа. До виходу ОП DA2 підключають будь-який підсилювач ЗЧ із динамічною головкою на виході, а до конденсатора C17 - цифровий вольтметр (опір на шкалі 1 В не менше 1 МОм). Різницеву частоту $|f_c \text{ мінус } f_r|$ вимірюють частотоміром мультиметра.

Для приймача годиться будь-яка 5-10-Омна Сі-Бі антена. Можливо, буде досить і просто підключеного до антенного гнізда короткого відрізка дроту.

На закінчення перевіряють здатність приймача працювати в заданому інтервалі напруги живлення й по споживаному струмі оцінюють його економічність.

Для реалізації вузла гальванічної розв'язки приймальної частини цифрового табло застосовується та ж сама схема, що і для передавальної частини бездротового каналу передавання цифрових даних.

Електрична принципова схема бездротового каналу передавання цифрових даних для вдосконаленої АСЗ наведена у додатку Б.

3.4.3 Мікропроцесорний контролер приймальної частини каналу передавання цифрових даних

Мікропроцесорний контролер (МК) будуємо на основі центрального мікропроцесорного пристрою та символного дисплею. Вибір елементної бази для реалізації його принципової схеми є дуже важливим етапом розробки.

Для забезпечення мінімальних масо-габаритних характеристик конструкції МК (зменшення кількості корпусів інтегральних мікросхем) центральний мікропроцесорний пристрій виконаємо у вигляді однокристальної мікро-ЕОМ. Для зменшення кількості периферійного оточення мікро-ЕОМ повинна містити в собі постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП) з ультрафіолетовим стиранням. Такою мікро-ЕОМ є 87C52 [34, 35], що має вбудований оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП) ємністю 256 байт, ПЗП ємністю 8Кбайт з ультрафіолетовим стиранням та 32 лінії введення-виведення (чотири восьмибітних порти). Тактові частоти цієї мікро-ЕОМ можуть бути 12, 16, 20 та 24 МГц. Вітчизняним аналогом цієї мікросхеми є KM1830BE752, що має тактову частоту не більшу за 12 МГц.

Крім того, мікросхема вживає значно більшу потужність джерела живлення, ніж 87C52. Тому для досягнення мінімального вихідного струму джерела живлення вибираємо для центрального МП пристрою саме мікро-ЕОМ 87C52.

Решта елементів, що будуть утворювати обрамлення 87C52 будемо намагатись створювати на найбільш розповсюдженій серії мікросхем 1533. Вони відрізняються зниженням вживання енергії від джерела живлення, що є дуже цінною їх властивістю.

Схема електрична принципова мікропроцесорного контролера цифрового табло наведена на рисунку 3.12. Ядром схеми є вибрана однокристальна мікро-ЕОМ 87C52 (елемент DD1).

В МК використовуються три восьмибітних паралельних порти мікро-ЕОМ (P0, P2, P3). Дані, що вводяться/виводяться через порти фіксуються в спеціальних регістрах портів SFR.

Порт P0 будемо використовувати тільки в режимі виведення даних, тобто в режимі шини даних. Інше його призначення, а саме виведення молодшого байта адреси зовнішнього пристрою, нам не потрібно. Старший байт адреси виводиться через паралельний порт P2 мікро – ЕОМ і зберігається на шині адреси на протязі усього часу виконання команди.

Порт P3 являється портом шини управління, кожний біт якого виконує ті чи інші управляючі функції. З бітів цього порту ми будемо використовувати такі: “WR” – для організації режиму виведення даних через порт P0, а також вхід вбудованого асинхронного приймача/ передавача RXD.

Основна програма роботи мікро-ЕОМ побудована так, що постійно знаходиться в режимі очікування даних, що отримуються через асинхронний приймач.

Як тільки ці данні отримані від передавальної частини бездротового каналу передавання цифрових даних, то програма обробляє їх і послідовно виводить на символний дисплей, виконаний у вигляді цифрового індикатора. Всього виводиться чотири десяткові розряди ваги вантажу у вагоні – три цифри цілої частини значення ваги та одна цифра десяткових значень цієї ваги.

Для виведення даних для кожної цифри в МК передбачений канал динамічної індикації, який дозволяє одночасно відображати на вбудованому цифровому індикаторі усі чотири цифри.

Для реалізації цього в МК передбачені такі основні елементи: цифровий світлодіодний індикатор АЛС318А (HG), дешифратор двійково – десяткового коду даних у код семисегментного індикатора К564ИД5 (DD2), дешифратор номера знакомісця К531ИД7 (DD3), буферний регістр каналу індикації К555ИР13 (DD4).

Після переходу мікро – ЕОМ до виконання відповідної підпрограми індикації даних до регістру DD4 виводиться байт управляючого слова, молодша тетрада якого являє собою двійково – десятковий код десяткової

цифри, що виводиться, а молодша тетрада – код знакомісця індикатора, куди треба розмістити цю десяткову цифру.

Цифровий індикатор АЛС318А має дев'ять десяткових розрядів. Тому для одночасного виведення необхідної інформації їх навіть забагато. Зліва на індикаторі буде розташовуватись поточне значення вимірюваної ваги, а місця справа будуть резервні (для подальшого вдосконалення вагонних електронних ваг).

Індикація всіх вибраних розрядів індикатора відбувається в динамічному режимі, тобто виведення кожного окремого розряду відбувається з певною частотою (більшу за 2 кГц), що зовсім не помітно для очей. Якщо послідовно виводити на індикатор усі дані з вказаною частотою, то буде складатись враження, що кожний розряд світиться постійно. Це і є принципом динамічної індикації. За її організацію повністю відповідає певний програмний модуль мікро – ЕОМ.

Важливим вузлом приймальної частини бездротового каналу передавання цифрових даних є джерело живлення, що повинно постачати стабілізовану напругу живлення на усі розроблені вище вузли.

Електроустаткування навантажувача працює при напрузі живлення плюс 12 В. При запуску двигуна великий струм, споживаний стартером (більше 100 А), може призвести до тимчасового зниження напруги акумулятора до 6В. Іншою крайністю є викиди напруги до 70В в результаті комутації навантаження.

Хоча конструкцію необхідно оптимізувати для роботи з максимальним ККД при номінальній напрузі 12 В, система живлення повинна бути здатна забезпечити повну потужність для всіх електричних систем у всьому робочому діапазоні зміни вхідної напруги.

Більшості вимог, пропонованим до неізолюючих понижувальних перетворювачів, задовольняє схема перетворювача з вольтовою добавкою (buck converter).

Вихідна напруга цього перетворювача приблизно дорівнює значенню вхідної напруги, помноженого на коефіцієнт заповнення імпульсів комутації перетворювача. Тому вихідною напругою даного перетворювача можна управляти, регулюючи коефіцієнт заповнення. Звичайно це реалізується шляхом зміни тривалості включеного стану силового ключа при фіксованій частоті комутації (широтно-імпульсна модуляція). Однак для перетворювача, що знижує напругу з 70 до 5В та менше, необхідне значення коефіцієнта заповнення значно менше 10%. У сполученні із прагненням використовувати як можна більшу частоту комутації для зменшення розмірів пасивних компонентів це приводить до того, що час включеного стану ключа не перевищує декількох сотень наносекунд. Звичайно ШІМ - контролери з потугою можуть з необхідною точністю керувати настільки малим часом вмикання.

Іншим способом керування є робота перетворювача з фіксованим часом замикання ключа й регулюванням вихідної напруги шляхом зміни частоти комутації (частотно-імпульсна модуляція). Такий режим роботи використовується в гістерезисних перетворювачах.

В автомобільній апаратурі, що працює в діапазоні вхідної напруги від 6 В до 70 В, зміна частоти комутації може сягати 10 разів.

Таким чином, робота в режимі гістерезису одночасно дозволяє реалізувати значний коефіцієнт зниження напруги й високу частоту комутації. Обидва параметри є досить істотними для автомобільної апаратури з обмеженнями на площу, займану джерелом живлення. Єдина проблема полягає в тому, що широкий діапазон зміни частоти комутації може призвести до непередбачених електромагнітних випромінювань і інтерференції.

Мікросхема LM5010A працює як гістерезисний контролер і тому має всі переваги, описані вище. Єдина відмінність від стандартної схеми полягає в тому, що тривалість знаходження ключа в замкнутому стані IC LM5010A «запрограмована» вхідною напругою. У міру зростання вхідної напруги тривалість включеного стану приладу скорочується таким чином, що у всьому діапазоні зміни вхідної напруги частота комутації залишається відносно постійною. Однак при малих струмах навантаження відбувається перехід роботи джерела живлення в режим переривчастої провідності (коли струм через індуктивність під час паузи встигає зменшитися до нуля), а частота комутації в схемі джерела буде знижуватися.

Мікросхема LM5010A працює як цифровий регулятор релейного типу й тому не має потреби в елементах частотної корекції зворотного зв'язка. Це усуває звичайно пов'язану з ланцюгами корекції затримку й дозволяє контролеру реагувати на зміну вихідного навантаження або вхідної напруги вже в наступному такті комутації, тобто в межах мікросекунди. Крім того, оскільки зміни вхідної напруги майже миттєво приводять до зміни тривалості включеного стану приладу, швидкі зміни вхідної напруги дуже мало впливають на вихідну напругу, що практично виключає викиди напруги на виході при відключенні навантаження.

Розробка пристроїв на основі мікросхеми LM5010A не представляє особливих труднощів, при цьому розроблювач має можливість вибирати номінальну робочу частоту комутації [33]. Робота при більш високих частотах зменшує габаритні розміри компонентів потужного каскаду й дозволяє використовувати малогабаритні керамічні конденсатори.

При невеликому навантаженні (звичайно менше 10% від максимальної) перетворювач напруги входить у режим переривчастої провідності (discontinuous conduction mode, DCM) і частота комутації починає лінійно знижуватися разом з падінням струму навантаження. Точка, при якій відбувається перехід у цей режим, може бути заздалегідь розрахована.

Вибір більш високої номінальної частоти комутації або більшого значення індуктивності вольтової добавки дозволить зменшити значення вихідного струму, при якому відбувається зниження частоти через виникнення режиму DCM. Більш низька робоча частота, як буде показано нижче, дозволяє підтримувати високий ККД перетворення навіть при дуже малих навантаженнях.

Мікросхеми LM5010A випускаються в корпусах двох типів, що мають тепловий опір перехід-корпус усього $40^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ [33]. При максимальному струмі навантаження 1 А мікросхема LM5010A, встановлена на макетній платі, має температуру корпусу всього на 30°C вище температури навколишнього середовища.

Висновки

В результаті виконання даного бакалаврського дипломного проекту була розроблена на основі рекомендацій діючих стандартів концепція функціональної структури нової інтегрованої системи управління виробництвом ВАТ «Гніванський гранітний кар'єр», в складі якої детально спроектована автоматизована система зважування для складського господарства. Ця система у порівнянні з існуючою системою дозволяє забезпечити якісні показники виконання технічного процесу завантаження залізничних вагонів готовою продукцією підприємства.

Проектування автоматизованої системи зважування виконувалось на основі встановлених вже на виробництві електронних вагонних ваг та сучасних комунікаційних програмно-апаратних засобів. Для цього був проведений детальний аналіз технічного процесу як об'єкту автоматизації, зроблений обґрунтований вибір комунікаційних програмно-апаратних засобів по критерію «функціональність/ціна», розроблені електричні схеми автоматизованої системи зважування – структурна, функціональна та принципова.

Література

- 1 Офіційний сайт фірми Mettler Toledo [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mtrus.com/p/van/?from=dir>.
- 2 Гранітний Щебінь: Виробництво, Властивості, Застосування [Електронний ресурс]. URL : <https://ektabud.in.ua/granitnyj-shchebin-vyrobnyctvo-vlastyvosti-zastosuvannya.html>.
- 3 Як виготовляють щебінь: технології, процес, обладнання [Електронний ресурс] : Boss Technology / URL : <https://www.bosstechnology.com.ua/ua/yak-vigotovlyayut-shhebin/>.
- 4 Виробництво щебню: особливості технології видобутку і переробки буту [Електронний ресурс]. URL : <https://granit-pk.com/ua/articles/vyrobnytstvo-shchebenyu-osoblyvosti-tekhnohiiyi-vydobutku-i-pererobky-zbutu>.
- 5 Дробильно-сортувальна установка для виготовлення щебню E-Mak Challenger [Електронний ресурс]. URL : <https://hydrolider.com.ua/ua/p1139785448-drobilno-sortirovochnaya-ustanovka.html>.
- 6 ТОВ "Гніванський гранітний кар'єр" [Електронний ресурс]. URL : <https://gnivan-miskrada.gov.ua/gnivanskij-karer-19-15-59-30-03-2017/>.
- 7 Наша продукція : ТОВ "Гніванський гранітний кар'єр" [Електронний ресурс]. URL : <https://karer.biz/nasha-produktsiya>.
- 8 Кравченко В.Л., Папінов В.М. Автоматизована система зважування для спеціалізованого кар'єру / Матеріали щорічної НТК викладачів та студентів ВНТУ (Вінниця, ВНТУ, березень 2024 р.) [Електронний ресурс]. URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2024/paper/view/20770/17197>.
- 9 Пупена О., Ельперін І., Міркевич Р. Огляд сучасних стандартів інтегрованого виробництва// Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. - Т.8. - №3. – 2016.
- 10 ISA-88/95/106 в Україні [Електронний ресурс]. URL : <https://sites.google.com/site/isa88inua/home>.
- 11 Пупена О. М. Практичні рекомендації до реалізації елементів стандарту ІЕС 61512 в програмному забезпеченні систем керування/ О. М. Пупена, Р. М. Міркевич, О. М. Клименко. – К: АППАУ, ТК 185 «Промислова автоматизація», 2020. – 46 с.
- 12 MESA Model: A Framework for Smarter Manufacturing [Електронний ресурс]. URL : <https://mesa.org/topics-resources/mesa-model/>.
- 13 Shraddha Kakade. Manufacturing execution system (MES) [Електронний ресурс]. URL : <https://www.techtarget.com/searcherp/definition/manufacturing-execution-system-MES>.

- 14 Itskovich Emmanuil. Fundamentals of Design and Operation of Manufacturing Execution Systems (MES) in Large Plants [Електронний ресурс]. URL: <https://dplp.org/rec/conf/mim/Itskovich13.bib>.
- 15 Комплексна автоматизація технологічних процесів [Електронний ресурс]. URL : <https://extremeltd.ua/solutions/industrial-automation/>.
- 16 Work Order Software with Chat: Revolutionizing Maintenance [Електронний ресурс] / URL: https://www.getmaintainx.com/blog/work-order-software-chat-the-next-big-thing-in-2022/?~channel=Direct%20Traffic&~feature=organic&~campaign=%2F&~last_page_seen=https%3A%2F%2Fwww.getmaintainx.com%2F.
- 17 Жданкін В. Огляд засобів відображення інформації фірми IEE// Сучасні технології автоматизації . – 2015. - №1. – С.6-14.
- 18 Жиленков М. Нові технології бездротового передавання даних // Сучасні технології автоматизації. – 2013. - №4. – С.44-47.
- 19 GSM-модеми// Короткий каталог продукції PROSOFT. – 2017. - №12. – С.109-111.
- 20 Духнович О., Григор'єв А. Бездротове передавання даних на базі мікроконтролерів загального застосування // Схемотехніка. – 2014. - №9. – С.10-12.
- 21 Давиденко Ю. Інфрачервоний порт IrDA для комп'ютера // Схемотехніка. – 2014. - №12. – С.16-18.
- 22 Давиденко Ю. Інфрачервоний порт IrDA для комп'ютера // Схемотехніка. – 2015. - №1. – С.14-16.
- 23 Контролери серії ADAM-4000// Короткий каталог продукції PROSOFT 6.0. – К.: «Дельта-М», 2011. – 224 с.
- 24 ADAM-4550. Радіомодем діапазону 2,4 ГГц// Все необхідне для автоматизації. – 2015. – т.91. – С.12-11.
- 25 Бездротові радіозонди Testo Saveris [Електронний ресурс]. URL : <http://www.tinvest.ua/catalog/info/?id=772>.
- 26 Ethernet-зонди Testo Saveris [Електронний ресурс]. URL : <http://www.tinvest.ua/catalog/info/?id=771>.
- 27 Ванін В.В., Блюк А.В., Гнітецька Г.О. Оформлення конструкторської документації: Навч. посібн. 4-те вид., випр. і доп. - К.: Каравела, 2012. – 200 с.
- 28 Ревіч Ю. Гальванічна розв'язка пристроїв, підключених до COM-порту комп'ютера // Радіоаматор. - 2006. - №3. - С.33-34.
- 29 Іванов І., Аксьонов О., Юшин А. Напівпровідникові оптоелектронні прилади. Довідник. - К.: Техніка, 1989. - 478с.
- 30 Марамигін М. Блок гальванічної розв'язки інтерфейсу RS-232 // Радіоаматор. - 2004. - №3. - С.32-33.
- 31 Поляков В. Т. Трансивер прямого перетворення. - К: УНІКС, 2004. - 268 с.
- 32 Мартинов В. Д., Райков П.М. Кварцові резонатори // Радіоаматор. - 1999. - №3. - С. 21-23.

- 33 Моуслі Й. Надійне перетворення енергії у автомобільноиу електрообладнанні // Електронні компоненти. - 2006. - №6. - С. 49-51.
- 34 Васюра А.С., Кривогубченко С.Г., Кулик А.Я., Компанець М.М. Елементи локальних систем автоматики / Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 1998.-103с.
- 35 Васюра А.С., Кривогубченко С.Г., Кулик А.Я., Компанець М.М., Возняк О.М. Мікропроцесорні засоби передавання інформації. /Навчальний посібник. -Вінниця: ВДТУ, 1998.-103 с.

Додатки

Додаток А
(обов'язковий)

Вінницький національний технічний університет
факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри АІТ ВНТУ

д.т.н., професор

Олег БІСІКАЛО

"14" 05 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на дипломне проектування

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ЗВАЖУВАННЯ ДЛЯ

СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО КАР'ЄРУ

08-31.БДП.010.00.000 ТЗ

Керівник дипломного проекту

к.т.н., доцент

Владислав КАБАЧІЙ

"10" 06 2024 р.

Виконавець: студент гр.1АКІТ-206

Володимир КРАВЧЕНКО

"10" 06 2024 р.

Вінниця 2024

1 Назва і галузь застосування

Автоматизована система зважування (АСЗ) для спеціалізованого кар'єру.

Галузь застосування АСЗ – добувна промисловість. АСЗ дозволяє водію автомобільного навантажувача в режимі реального часу отримувати інформацію про поточну вагу щебеню (каменю) у вагоні, що стоїть на платформі електронних вагонних ваг, при переміщеннях навантажувача по території складського майданчику.

2 Підстава для розробки

Розробку АСЗ здійснювати на підставі наказу по університету №____ від _____20____ р. та індивідуального завдання на дипломне проектування, складеного та затвердженого кафедрою автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій (АІТ) ВНТУ.

3 Мета та призначення розробки

Метою проекту є підвищення якісних показників технічного процесу завантаження продукції у залізничні вагони, який є складовою частиною виробничого процесу добувного підприємства, за рахунок розробки та впровадження автоматизованої системи зважування (АСЗ), побудованої на основі електронних вагонних ваг та сучасних комунікаційних програмно-апаратних засобів промислової автоматизації, яка працює у єдиній інтегрованій системі управління підприємством.

АСЗ призначена для використання у виробничому процесі ТОВ "Гніванський гранітний кар'єр", де існуючий процес зважування організований з застосуванням електронних вагонних ваг компанії «Mettler Toledo».

4 Джерела розробки

Джерелами розробки є такі:

1. Офіційний сайт фірми Mettler Toledo [Електронний ресурс]. URL : <http://mtrus.com/p/van/?from=dir>.
2. ТОВ "Гніванський гранітний кар'єр" [Електронний ресурс]. URL : <https://gnivan-miskrada.gov.ua/gnivanskij-karer-19-15-59-30-03-2017/>.

3. Жданкін В. Огляд засобів відображення інформації фірми IEE// Сучасні технології автоматизації . - 2015. - №1. - С.6-14.

5 Показники призначення

5.1. За умовами експлуатації АСЗ відноситься до пересувної радіоелектронної апаратури.

5.1.1. Температура навколишнього

середовища, град.....від мінус 40 до плюс 60.

5.1.2.Відносна вологість повітря, %до 93.

5.1.3.Знижений атмосферний тиск, кПа.....61.

5.1.4. Вібраційне навантаження.

5.1.4.1.Частота вібрацій, Гц.....10 -30.

5.1.4.2.Віброприскорення, м/с².....до 19,6.

5.1.5.Можливо утворення інею і роси.

5.2. Електрична міцність конструкції АСЗ повинна забезпечувати захист від пробивної напруги змінного струму до 1000 В.

5.3. АСЗ повинні бути стійкими до перешкод у мережі живлення.

5.4. Ізоляція елементів джерела вторинного живлення, що знаходяться під підвищеною напругою мережі, повинні витримувати пробивну напругу до 1 кВ.

5.5. По ступеню захищеності від поразки електричним струмом АСЗ відповідають класу I (наявність тільки основної ізоляції і захисного заземлення).

5.6. Конструкція АСЗ повинна виключати можливість виникнення короткого замикання, що може призвести до збитку життю людей.

5.7. Технічні параметри.

5.7.1.Відстань передавання цифрових даних, м.....150.

5.7.2. Максимальна границя зважування, т.....100.

5.7.3. Дискретність відображення результатів, кг.....100.

5.7.4.Цифровий інтерфейс.....RS232.

5.8. АСЗ повинна складатися з вагонних електронних ваг моделі 7260S / 1+1 компанії “МЕТТЛЕР ТОЛЕДО”, додаткового передавального блоку, встановленого у ваговій, пересувного приймального блоку, встановленого на автомобільному навантажувачі, та цифрового індикаторного блоку, встановленого в кабіні водія навантажувача.

5.9 Вимоги по надійності.

5.9.1.Середній час наробітку на відмову не менше, годин.....5000.

5.9.2.Оцінку результатів розрахунку показників надійності здійснити шляхом виробничих іспитів натурних зразків АСЗ.

5.9.3.Надійність підвищується за рахунок застосування переважно цифрової обробки інформації, а також збільшення коефіцієнта

застосовності інтегральних мікросхем середнього і великого ступеня інтеграції.

5.10. Конструкторські вимоги.

5.10.1. Застосовувана в конструкції елементна база повинна відповідати чинним стандартам (посадки, різьблення, шліци, радіуси сполучення, шорсткості поверхні).

5.10.2. Корпуси передавального та приймального блоків додаткового каналу передавання даних - металеві із захисним покриттям емаллю ЕП-с51.

5.10.3. Корпус цифрового індикаторного блоку, встановленого в кабіні водія, має оригінальну конструкцію.

5.10.4. Коефіцієнт застосовності мікросхем не нижче 0,6.

5.10.5. Маса передавального блоку АСЗ не більше 2 кг, а маса приймального блоку АСЗ - не більш 1 кг.

5.10.6. Габарити передавального блоку АСЗ не повинні перевищувати 300х200х100мм³, а габарити приймального блоку АСЗ не повинні перевищувати 200х100х100мм³.

5.11. Вимоги до джерел первинного живлення передавального блоку АСЗ.

5.11.1. Напруга змінного струму, В.....220±10%.

5.11.2. Частота напруги живлення, Гц.....50± 5%.

5.11.3. Споживана блоком потужність не більше, Вт.....15.

5.12. Вимоги до джерел первинного живлення приймального блоку АСЗ.

5.12.1. Напруга постійного струму, В.....12±10%.

5.12.2. Споживана блоком потужність не більше, Вт.....5.

6 Стадії розробки

6.1. Розділ "Техніко-економічне обґрунтування дипломного проєкту" має бути виконаний до 24.05.24 р.

6.2. Проєктування електричної структурної схеми має бути виконано до 24.05.24 р.

6.3. Проєктування електричної функціональної схеми має бути виконано до 31.05.24 р.

6.4. Проєктування електричної принципової схеми має бути виконано до 10.06.24 р.

7 Порядок контролю та приймання

7.1 Рубіжний контроль – 10.06.24 р.

7.2 Попередній захист – 15.06.24 р.

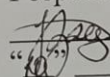
7.3 Захист БДП – в період з 17.06.24 по 30.06.24 р. за графіком, встановленим кафедрою АІТ.

Додаток Б
(обов'язковий)

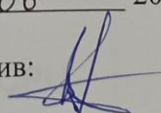
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ЗВАЖУВАННЯ ДЛЯ
СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО КАР'ЄРУ

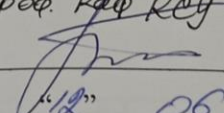
Розробив:

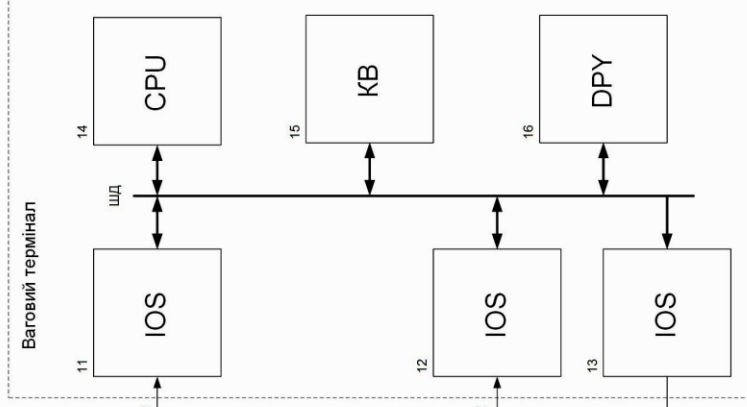
 Кравченко В.Л.
"10" 06 2024 р.

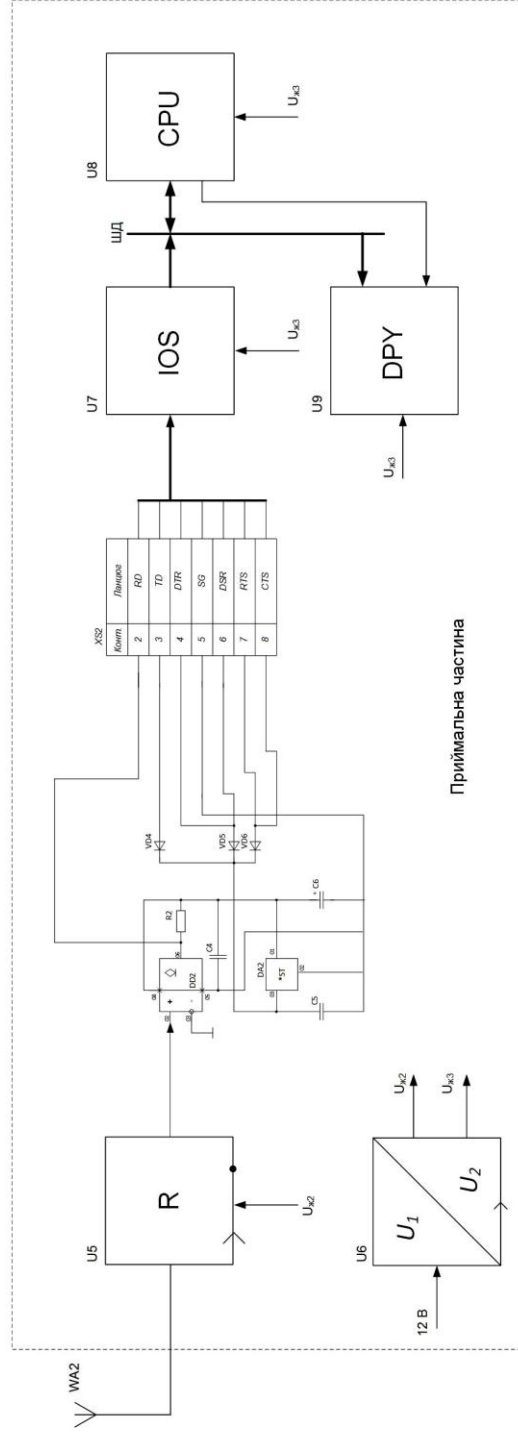
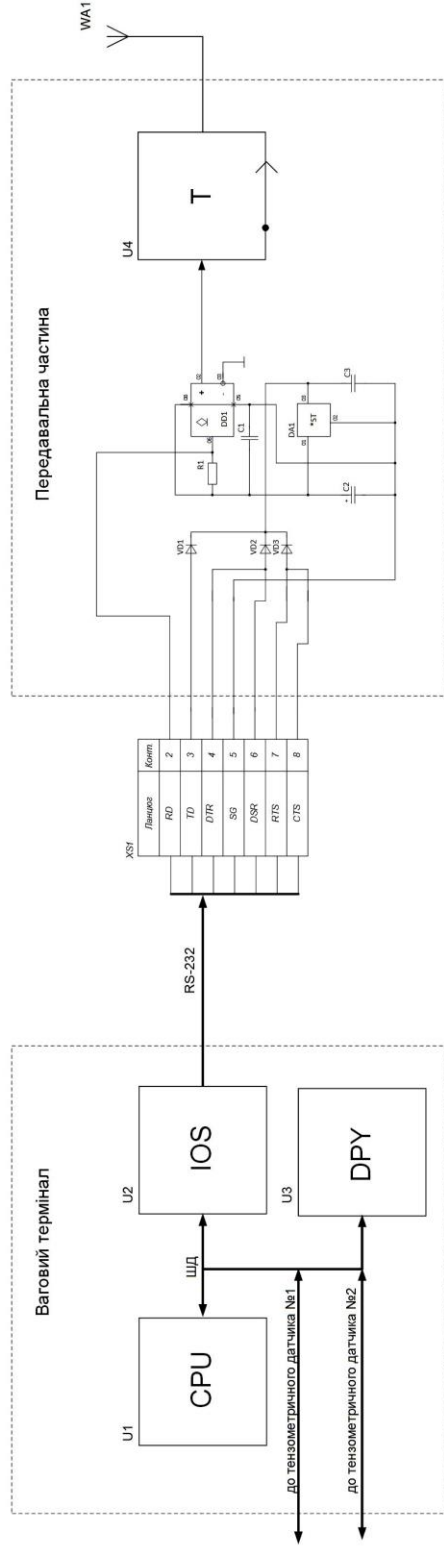
Перевірів:

 Кабачій В.В.
"10" 06 2024 р.

Рецензент: проф. каф. КСУ Биков М.М.


"12" 06 2024 р.

[illegible]

[illegible]



Шина	Номера шасси и номера интегральных микросхем	
	D02	D02 D05
+ 5V	14	07
0V	07	04

Приймальна частина

[illegible]

[illegible]

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітки			
	<u>Мікросхеми аналогові</u>					
DA1	KP1170EH5	1				
DA2...DA5	TLC27L4IN	4				
DA6	KP1170EH5	1				
	<u>Мікросхеми цифрові</u>					
DD1	K293ЛП7Р	1				
DD2	K561ЛА7	1				
DD3	K293ЛП7Р	1				
	<u>Резистори</u>					
R1,R2	C2-11-0,125-1,0 кОм+_5%	2				
R3,R4	C2-11-0,125-240 кОм+_5%	2				
R5	C2-11-0,125-3 мОм+_5%	1				
R6	C2-11-0,125-240 кОм+_5%	1				
R7	C2-11-0,125-910 кОм+_5%	1				
R8	C2-11-0,125-7,5 кОм+_5%	1				
R9	C2-11-0,125-2,7 кОм+_5%	1				
R10	C2-11-0,125-220 Ом+_5%	1				
R11	C2-11-0,125-62 Ом+_5%	1				
R12	C2-11-0,125-470 кОм+_5%	1				
R13	C2-11-0,125-9,1 кОм+_5%	1				
R14	C2-11-0,125-360 кОм+_5%	1				
R15	C2-11-0,125-180 кОм+_5%	1				
R16	C2-11-0,125-6,2 кОм+_5%	1				
R17	C2-11-0,125-130 кОм+_5%	1				
R18	C2-11-0,125-6,2 кОм+_5%	1				
R19	C2-11-0,125-130 кОм+_5%	1				
R20	C2-11-0,125-910 кОм+_5%	1				
R21	СП5-22-0,25- 100 кОм+_5%	1				
R22	C2-11-0,125-750 кОм+_5%	1				
R23,R24	C2-11-0,125-1,0 кОм+_5%	2				
R25	C2-11-0,125-10 кОм+_5%	1				
R26	C2-11-0,125-15 кОм+_5%	1				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	08-31.БДП.010.00.000 ПЗ	Арк.
						2

[illegible]

Додаток В
(обов'язковий)

Протокол перевірки дипломного проєкту на наявність текстових
запозичень

Назва роботи: « Автоматизована система зважування для спеціалізованого
кар'єру»

Тип роботи: Бакалаврський дипломний проєкт
(БДР, МКР)

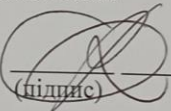
Підрозділ АПТ, ФПТА
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

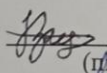
Оригінальність 90,93% Схожість 9,07%

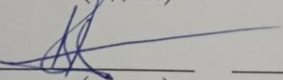
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- ☐ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку  Костянтин ОВЧИННИКОВ
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи  Володимир КРАВЧЕНКО
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Владислав КАБАЧІЙ
(підпис) (прізвище, ініціали)

