

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
РАДІОТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

кафедра РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

“На правах рукопису”
УДК _____

“До захисту допущено”
Завідувач кафедри РТС
_____ **Сергій ЖУК**

“ ____ ” _____ 2024 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою

“Радіотехнічні комп’ютеризовані системи”

зі спеціальності 172 **“Телекомунікації та радіотехніка”**

на тему: _____ Система обліку та контролю зернового продукту
аграрного виробництва

Виконав (-ла): студент (-ка) 2 курсу, групи РС-321 мп

ВІННИК Роман Леонідович

(прізвище, ім’я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник: *доцент каф. радіотехнічних систем*
к.т.н., ст. викл., Вишневий Сергій Валерійович

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

(підпис)

Рецензент: *доцент каф. ПРЕ, старший викладач, к.т.н.*
Титенко Олександр Трохимович

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

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент (-ка) _____
(підпис)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри РТС
_____ Сергій ЖУК

«13» листопада 2023 року

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

ВІННИКУ Роману Леонідовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації _____ Система обліку та контролю зернового продукту
аграрного виробництва

науковий керівник дисертації

Вишневий Сергій Валерійович, к.т.н.

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

затверджені наказом по університету від «09» листопада 2023 р. №5206-с

2. Термін подання студентом
дисертації

_____ 05 січня 2024 року

3. Об'єкт дослідження: розробка структурної схеми системи обліку та контролю зернового продукту аграрного виробництва та блок-схеми алгоритму функціонування.

4. Вихідні дані: концепція системи проведення обліку та контролю зернового продукту, структурна схема, блок-схема алгоритму роботи.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

1. Виконати аналіз існуючих рішень, які використовуються для практичної реалізації задач контролю та обліку вантажів.
2. Проаналізувати переваги та недоліки існуючих аналогів та шляхи покращення діючих систем контролю та обліку вантажів, які застосовуються на практиці.
3. Визначити основні вимоги до системи контролю та обліку зернового продукту та модулів передачі даних результатів роботи системи на пристрій відображення засобами бездротового зв'язку.
4. Розробити структурну схему системи контролю та обліку зернового продукту в аграрному виробництві та блок-схему алгоритму

функціонування модуля передачі даних результатів роботи системи по каналу бездротового зв'язку.

5. Провести необхідні дослідження та розрахунки, а також аналіз можливості реалізації запропонованих рішень.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: слайди для презентації результатів роботи над магістерською дисертацією, структурна схема системи, блок-схема алгоритму.

7. Консультанти розділів дисертації: науково-педагогічні працівники радіотехнічного факультету.

8. Дата видачі завдання: 14 листопада 2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Усвідомлення завдання на виконання магістерської дисертації	14 листопада по 19 листопада 2023р.	
2	Робота над першим розділом магістерської дисертації. Огляд практичних сфер застосування та особливостей функціонування систем контролю та обліку вантажів.	20 листопада по 25 листопада 2023р.	
3	Робота над другим розділом магістерської дисертації. Аналіз існуючих аналогів.	26 листопада по 08 грудня 2023 р.	
4	Робота над третім та наступними розділами магістерської дисертації.	09 грудня по 25 грудня 2023 року	
5	Оформлення кваліфікаційної роботи у відповідності до встановлених вимог.	26 грудня 2023р. по 04 січня 2024р.	
6	Подання магістерської дисертації керівнику для підготовки відгуку.	05 січня 2024 року	
7	Підготовка матеріалів та результатів магістерської дисертації для подання на попередній захист.	06 по 07 січня 2024р.	
8	Попередній захист магістерської дисертації.	08 січня 2024р.	
9	Подання магістерської дисертації на перевірку щодо дотримання академічної доброчесності.	09 січня 2024 р.	
10	Подання магістерської дисертації на рецензію.	10 січня 2024 р.	

Студент

(підпис)

Роман ВІННИК

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник

(підпис)

Сергій ВИШНЕВИЙ

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка обсягом 58 сторінок складається із 4 розділів і містить 28 рисунків, 31 таблиці та 11 бібліографічних найменувань, презентація із 14 слайдів.

Актуальність роботи: Галузь сільського господарства є досить важливою в житті людини. Втрати зернової продукції можуть негативно вплинути на економічне становище країни. Запобігти цьому можна вдосконаливши механізми контролю за виробництвом. Впровадивши відповідні технічні рішення з використанням радіотехнічних систем для ведення обліку та контролю зернової продукції можна провести аналіз ефективності роботи підприємства.

Метою роботи є впровадження технічного рішення для реалізації системи обліку зернового продукту з використанням бездротової технології зв'язку Bluetooth Low Energy.

Об'єктом дослідження є робота системи обліку зернового продукту з використанням радіотехнічних систем.

Предметом дослідження є апаратне та програмне забезпечення радіотехнічних систем, які використовуються для обліку зернового продукту.

Результатом роботи є технічне рішення ідентифікації машин, які займаються перевезенням зернового продукту з використанням бездротової технології зв'язку Bluetooth Low Energy за допомогою радіоміток.

Ключові слова: Бездротова технологія зв'язку Bluetooth Low Energy, радіочастотна ідентифікація, супутниковий моніторинг, GPS.

ABSTRACT

The 58-page explanatory note consists of 4 chapters and contains 28 figures, 31 tables and 11 bibliographic names, a presentation of 14 slides.

Relevance of the work: The field of agriculture is quite important in human life. Losses of grain products can negatively affect the economic situation of the country. This can be prevented by improving production control mechanisms. By implementing appropriate technical solutions using radio-technical systems for accounting and control of grain products, it is possible to analyze the efficiency of the enterprise.

The purpose of the work is to implement a technical solution for implementing a grain product accounting system using Bluetooth Low Energy wireless communication technology.

The object of the study is the operation of the grain product accounting system using radio technical systems.

The subject of the research is the hardware and software of radio technical systems used for grain product accounting.

The result of the work is a technical solution for the identification of machines that transport grain products using Bluetooth Low Energy wireless communication technology using radio tags.

Keywords: Bluetooth Low Energy wireless communication technology, radio frequency identification, satellite monitoring, GPS.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
1 ОГЛЯД ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ	5
1.1 Висновки по розділу.....	8
2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ОБЛІКУ ЗЕРНОВОГО ПРОДУКТУ З ВИКОРИСТАННЯМ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ	9
2.1 Обладнання для зернозбирального комбайна	9
2.1.1 Трекер Bitrek 920 TREK	9
2.1.2 RFID зчитувач карток BI CONNECT MF	12
2.1.3 Система Bitrek Connect	14
2.1.4 GPS-трекер BI 810 Connect.....	15
2.1.5 Модуль BI RL Connect	17
2.1.6 Модуль BI RF Connect	18
2.1.7 Модуль BI EX Connect	19
2.1.8 Модуль BI CN Connect	20
2.1.9 Система відеоспостереження	22
2.2 Обладнання для перевантажувального бункера накопичувача	27
2.2.1 Вагова система	28
2.2.2 Модуль BI RS Connect.....	29
2.3 Обладнання для вантажівок	31
2.4 Висновки по розділу	34
3 ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РАДІОЗВ'ЯЗКУ BLUETOOTH LOW ENERGY	35
3.1 Обладнання для реалізації обліку з використанням технології BLE..	36
3.1.1 Радіомодуль BL.....	36
3.1.2 BLE радіомітка	37
3.2 Розрахунок дальності передавача.....	38
3.3 Алгоритм роботи системи обліку та контролю зернового продукту з використанням BLE	39
3.4 Висновки по розділу	43

4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ	44
4.1 Опис ідеї проекту	44
4.2 Технологічний аудит проекту.....	45
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску проекту	46
4.4 Розробка ринкової стратегії проекту	52
4.5 Розроблення маркетингової програми	54
4.6 Висновки по розділу	56
ВИСНОВКИ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

CAN – Control Area Network;

BLE – Bluetooth Low Energy;

RFID – Radio frequency identification (радіочастотна ідентифікація);

GPS – Global Position system (система глобального позиціонування);

GSM – Group Special Mobile (Глобальна система мобільного зв'язку);

DVR – Digital Video Recorder

АЦП – Аналого-цифровий перетворювач

ВСТУП

На сьогоднішній день використання цифрових пристроїв значно полегшує наше життя. Цифрова електроніка – це неабиякий прорив в розвитку людства. Сфери їх застосування обмежуються лише людською фантазією. І всі ці різноманітні пристрої, гаджети, можна поєднати однією великою мережею – Internet, та керувати ними віддалено, не виходячи з дому, чи офісу.

Однією з можливих галузей застосування є сільське господарство. На сьогоднішній день сучасні сільськогосподарські машини обладнані великою купою цифрових систем з різноманітними датчиками та виконавчими механізмами, автопілотами.

Доволі популярним на сьогодні є використання супутникового моніторингу, це дає змогу вдосконалити логістичні процеси. За допомогою встановлених на машини GPS-трекерів можна відслідковувати їх переміщення а також, можна вираховувати оброблені площі цими машинами. Сучасні GPS-трекери обладнані низкою входів та виходів, завдяки чому можна контролювати стан будь якої системи машин та їх агрегатів.

Широкого застосування набули системи ідентифікації. В переважній більшості вони є бездротовими. За допомогою використання цих систем можна ідентифікувати операторів, які працюють на цих машинах, причепні агрегати, з якими працюють машини.

Одним із варіантів реалізації системи ідентифікації є використання технології BLE (Bluetooth з низьким енергоспоживанням). Завдяки цьому можна реалізувати систему контролю переміщення зернового продукту з поля до його кінцевого пункту призначення. Ця бездротова система зв'язку дає змогу ідентифікувати вивантаження зерна з конкретного зернозбирального комбайну в конкретну вантажівку. Для цього на шнек зернозбирального комбайна закріплюють спеціальний зчитувач а в кузов машини, в яку здійснюється вивантаження зерна закріплюється мітка, яка випромінює сигнал. Інформація зі зчитувача передається на GPS-трекер інтерфейсу CAN.

1 ОГЛЯД ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Збирання урожаю на сьогоднішній день є однією з найважливіших та трудомістких стадій в аграрному виробництві. Цей процес вимагає детального планування, використання спеціалізованої техніки та ефективного керування ресурсами для максимізації врожаю та забезпечення високої якості продукції.

Процес збирання відбувається за допомогою спеціального зернозбирального комбайна (Рисунок 1.1 – зернозбиральний комбайн).



Рисунок 1.1 – Зернозбиральний комбайн

Цей комбайн збирає зернову культуру, обмолочує її та вивантажує у бункер. Завдяки своєму причіпному інструменту, котрий називається жатка, (Рисунок 1.2 – Жатка зернозбирального комбайна) підрізає стебла рослин зернової культури, які долі через обертаючий шнек потрапляють на конвеєрну стрічку.



Рисунок 1.2 – Жатка

Далі через конвеєрну стрічку рослини потрапляють до системи обмолоту (Рисунок 1.3 – Система обмолоту), звідки готовий зерновий продукт потрапляє до бункера комбайна.



Рисунок 1.3 – Система обмолоту

З бункера комбайна зерно вивантажується через шнек вивантаження у причіпний перевантажувальний бункер накопичувач (Рисунок 1.4 – Бункер-перевантажувач).



Рисунок 1.4 – Перевантажувальний бункер накопичувач

Цей бункер обладнаний шнеком для вивантаження зерна, який приводиться в дію валом відбору потужності трактора, до якого він причеплений. Він потрібен для під'їзду у важкодоступні місця, куди не зможе заїхати звичайна вантажівка. Також він дає можливість скоротити транспортний парк, зменшити його простій, а також зменшити простій зернозбирального комбайна з повним бункером. З бункера накопичувача зерно перевантажується у вантажівки, які розміщені неподалік поля в місцях зі зручним під'їздом.

За допомогою вантажівок зерно з поля транспортується на зберігання, на зернові елеватори (Рисунок 1.5 – Зерновий елеватор).



Рисунок 1.5 – Зерновий елеватор

Зернові елеватори обладнані сушкою, що дає змогу висушити зерно для його подальшого зберігання. Доволі часто, на території зернових елеваторів є залізниця, що дає змогу транспортувати його у великих обсягах. Сучасні зернові елеватори забезпечені повною автоматизацією усіх процесів, абсолютним обліком продукції, яка перебуває на території, продуманою структурою приймання зерна, дають змогу оперативно завантажувати та відправляти продукцію.

Для зважування зернової продукції на елеваторах встановлюються вагові системи (Рисунок 1.6 – Вагова система).



Рисунок 1.6 – Вагова система

Вагові системи необхідні для точного обліку зернової продукції, що надходить на територію елеватора, а також контроль за відпуском зернової продукції.

1.1 Висновки по розділу

Процес збирання урожаю в сільськогосподарському виробництві є достатньо складним, він вимагає достатньо високого рівню контролю за виробництвом, для того, щоб запобігти значних збитків. Використання радіотехнічних систем може посприяти в цьому.

2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ОБЛІКУ ЗЕРНОВОГО ПРОДУКТУ З ВИКОРИСТАННЯМ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Сучасна сільськогосподарська техніка обладнана великою кількістю датчиків, контролерів, виконавчих механізмів завдяки яким можна слідкувати та керувати їх роботою. Для реалізації системи контролю за роботою машин сільськогосподарського виробництва активно використовують системи супутникового моніторингу, GPS-трекери.

2.1 Обладнання для зернозбирального комбайна

В зернозбиральному комбайні за допомогою спеціальних датчиків можна слідкувати за увімкненим положенням жатки, контролювати її положення відносно землі. Завдяки датчику вологості та врожайності можна бачити рівень вологості зерна та рівень врожайності. Завдяки спеціально встановленим датчикам в бункері можна бачити його завантаженість. Деякі комбайни обладнані власними вагами. Всі системи, блоки керування об'єднані системою CAN.

2.1.1 Трекер Bitrek 920 TREK

Даний GPS-трекер являє собою пристрій, котрий призначений для відслідковування місцеположення та стану рухомих об'єктів в режимі реального часу (Рисунок 2.1 – GPS-трекер Bitrek 920 TREK).



Рисунок 2.1 – GPS-трекер Bitrek 920 TREK

Він використовується для виявлення географічних координат, швидкості і напрямку руху, збору даних із зовнішніх пристроїв та фіксації сигналу з додаткових датчиків, віддаленого керування виконавчими пристроями. Технічні характеристики пристрою приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики пристрою

Параметри	Характеристики
Стандарт передачі даних	GSM 900/1800
Канали зв'язку	GPRS, SMS для налаштування, голосовий зв'язок
Клас GPRS	10
GPS та GSM антени	Внутрішні
Тип навігаційної системи	GPS/ГЛОНАСС/GALILEO/BEIDOU
Цифрові інтерфейси	RS 485 – 1 шт., 1Wire – 1 шт., CAN (FMS) – 1 шт.
Акселерометр	Є
Захищений вхід живлення	Так
Слот для SIM-картки	Один
Цифрові входи	6
Аналогові входи	2
Діапазон напруг цифрових входів	Від 0В до 40В
Напруга живлення	12 - 24В
Номінальний струм споживання при 12В	60мА
Максимальний струм споживання при 12В	350мА
Об'єм енергонезалежної пам'яті	2 Мб (65000 записів)
Внутрішній акумулятор	1000мА
Робоча температура	Від -30°C до +80°C

Продовження таблиці 2.1

Габарити (Ш х Д х В)	125 х 95 х 29 мм
Маса	200 г
Клас захисту корпусу	IP68

Завдяки інтерфейсу CAN можна зчитувати параметри по CAN шині комбайна. Максимальна кількість датчиків, які можна налаштувати в даному пристрої – не більше 9. Для контролю і обліку зернового продукту, який знаходиться в бункері зернозбирального комбайна необхідно ідентифікувати бункер чи кузов вантажівки, куди воно вивантажуватиметься та зафіксувати подію фактичного вивантаження, це можна зробити подавши сигнал на один з входів трекера. Розглянемо механізм вивантаження зерна на прикладі комбайна John Deere S680 (Рисунок 2.2 – Механізм вивантаження).

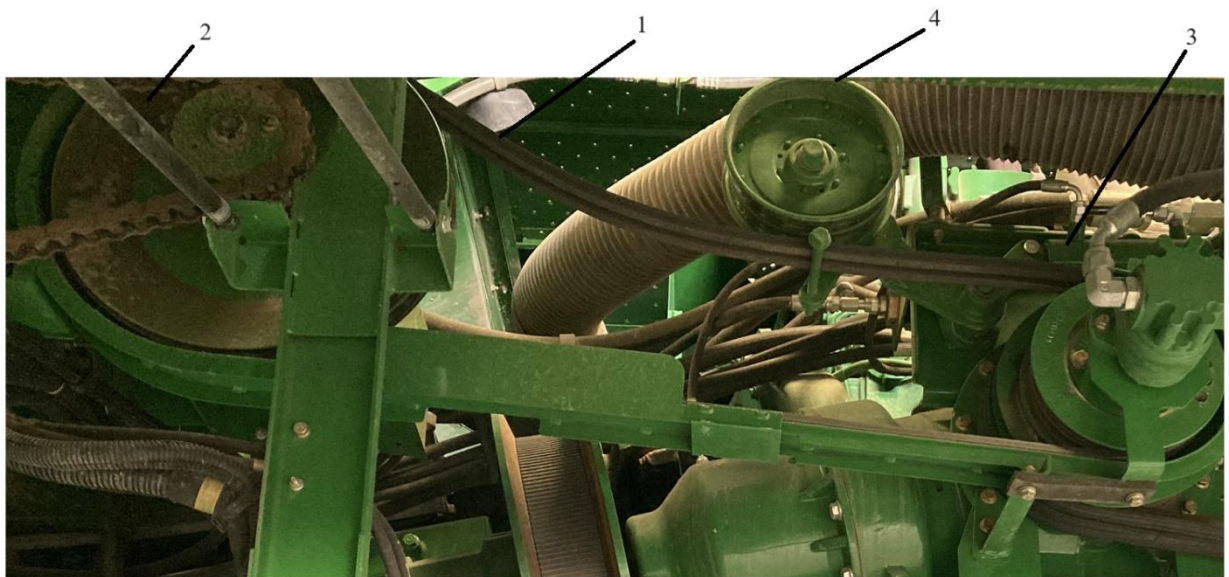


Рисунок 2.2 – Механізм вивантаження

Вивантаження зерна відбувається при обертанні шнеку всередині бункера та шнеку в трубі вивантаження. Обидва шнеки приводяться в дію механічно завдяки ремінній передачі. За замовчуванням ремінь 1 ослаблений та не обертає шків 2, на який він надітий. При увімкненні вивантаження на клапані гідророзподільника з'являється напруга, клапан відкривається та натягує

гідроциліндр 3, який натягує ролик 4, що приводить в дію механізм вивантаження.

Сигнал події вивантаження можна зняти з електромагнітного клапана гідророзподільника (Рисунок 2.3 – Гідророзподільник з електромагнітними клапанами).



Рисунок 2.3 – Гідророзподільник з електромагнітними клапанами

Для запобігання вивантаження без ідентифікації машин в розріз ланцюга електромагнітного клапана встановлюється реле, яке комутується дискретним виходом на трекері.

2.1.2 RFID зчитувач карток BI CONNECT MF

Зчитувач карток використовується для ідентифікації машин, в які вивантажується зерно (Рисунок 2.4 – RFID зчитувач BI CONNECT MF).



Рисунок 2.4 – RFID зчитувач BI CONNECT MF

За кожною машиною закріплена своя унікальна картка. Перед початком вивантаження водій машини, в яку здійснюється вивантаження повинен вставити картку в спеціальну нішу в зчитувачі, характеристики якого наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристики RFID зчитувача

Параметри	Характеристики
Інтерфейс підключення	RS485, CAN (Connect Bus)
Напруга живлення	12 - 24В
Робоча температура	Від -30°C до +80°C
Розміри	85x105x30 мм
Тип навігаційної системи	GPS/ГЛОНАСС/GALILEO/BEIDOU
Клас захисту корпусу	IP67
Максимальна кількість збережених карт в пам'яті	1 млн

Розглянемо роботу обладнання на схемі. (Рисунок 2.5 – Структурна схема системи на базі GPS-трекера Bitrek 920 TREK).

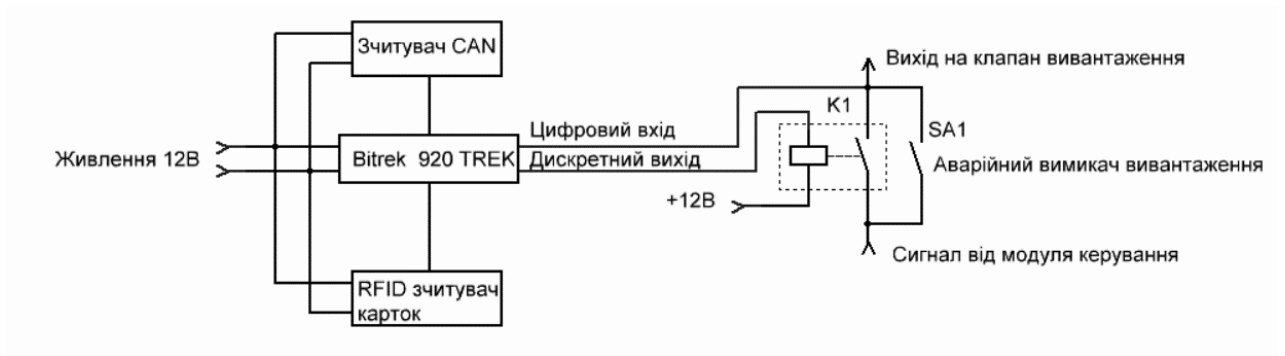


Рисунок 2.5 – Структурна схема системи на базі GPS-трекера Bitrek 920 TREK

Перед початком вивантаження в спеціальну нішу зчитувача вставляється картка, яка закріплена за конкретною машиною, далі GPS-трекер, отримавши інформацію про валідну картку через дискретний вихід комутує реле K1. Після того, як в зернозбирального комбайні вмикається функція вивантаження, сигнал з його модуля керування через реле K1 надходить до клапана вивантаження, що в свою чергу вмикає функцію вивантаження зерна. Паралельно до клапана вивантаження під'єднано цифровий вхід GPS-трекера для фіксації події вивантаження. За допомогою бездротового CAN зчитувача можна зчитувати параметри датчиків з CAN шини комбайна, за умови, що вони додані до бібліотеки пристрою. Недолік побудови системи на трекері Bitrek 920 TREK полягає в тому, що кількість дозволених ключів (валідних карт) обмежена до 20. Тобто комутувати дискретний вихід можливо тільки 20-ма ключами. Також одним із недоліків є мала кількість CAN датчиків, які можна налаштувати.

2.1.3 Система Bitrek Connect

Особливістю системи є те, що вона побудована на окремих цифрових функціональних модулях, кожен з яких виконує свою функцію (Рисунок 2.6 – Загальний вигляд окремого функціонального модуля).



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд окремого функціонального модуля

Ці блоки з'єднані між собою інтерфейсом CAN. Блоки цієї системи використовуються за необхідності згідно їх функціонального призначення. Ця система є альтернативою використання GPS-трекера з великою кількістю входів.

2.1.4 GPS-трекер ВІ 810 Connect

В цій системі використовується трекер ВІ 810 Connect, який призначений для роботи з шиною Connect Bus (Рисунок 2.7 – GPS-трекер ВІ 810 Connect).



Рисунок 2.7 – GPS трекер ВІ 810 Connect

Цей трекер має лише один 4-контактний роз'єм, до якого під'єднується живлення та цифровий інтерфейс Connect Bus, через який до нього під'єднуються функціональні модулі, з яких він збирає дані. Пристрій має вбудований акумулятор, що забезпечує його автономну роботу до 12 годин. Трекер має можливість підключення до 100 CAN-датчиків. Також він має підтримку FOTA (firmware-over-the-air), що дає можливість віддаленої зміни налаштувань та прошивки обладнання. Технічні характеристики трекера наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики трекера BI 810 Connect

Параметри	Характеристики
Стандарт передачі даних	GSM 900/1800
Канали зв'язку	GPRS, SMS для налаштування
Клас GPRS	10
GPS та GSM антени	Зовнішні або внутрішні
Тип навігаційної системи	GPS/ГЛОНАСС
Цифрові інтерфейси	CAN (CONNECT-BUS)
Акселерометр	Є
Кількість слотів Sim	1
Ємність акумулятору	1000мА
Напруга живлення	6 – 40В
Струм споживання при 12В	60мА
Максимальний струм споживання при 12В	350мА
Обсяг енергонезалежної пам'яті	2МБ (65000 записів)
Робоча температура	Від -30°C до +80°C
Розміри	95 x 85 x 33 мм
Маса	175 г
Клас захисту корпусу	IP65

Продовження таблиці 2.3

Відносна вологість навколишнього повітря	80 +/- 15%
--	------------

2.1.5 Модуль BI RL Connect

Цей блок призначений для керування зовнішніми виконавчими механізмами. В нашому випадку він використовується для комутації ланцюга клапана вивантаження. Він має 2 реле, які комутуються в залежності від отриманого ідентифікаційного коду через шину Connect Bus. Перше реле вмикається в той момент, коли модуль отримує статус валідного ідентифікатора (валідної RFID картки). Друге реле спрацьовує тоді, коли на один з входів модуля надходить сигнал (в нашому випадку, сигнал увімкнення вивантаження) за умови, що спрацювало перше реле. Також, друге реле можна увімкнути в аварійному режимі, подавши сигнал на спеціальний вхід. Контакти другого реле реле призначені для комутації зовнішніх ланцюгів. Характеристики модуля наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристики модуля BI RL Connect

Параметри	Характеристики
Напруга аналогового входу, при фіксації стану «вимкнений»	$\leq 5V$
Напруга аналогового входу, при якому фіксується стан «включено»	$> 10V$
Максимальний струм навантаження дискретного виходу, мА	5 мА
Стан цифрового входу, при фіксації стану «включено»	від'єднано від "-"
Стан цифрового входу, при фіксації стану «вимкнений»	з'єднано з "-"

Продовження таблиці 2.4

Напруга живлення	12 – 24В
Максимальний споживаний струм при напрузі живлення 12В	70мА
Робоча температура	Від -30°C до +80°C
Розміри	78x83x30 мм
Маса	95 г
Клас захисту корпусу	IP44
Відносна вологість навколишнього повітря	80 +/- 15%

2.1.6 Модуль BI RF Connect

Модуль BI RF Connect працює в ролі перетворювача інтерфейсів. Він призначений для роботи з RFID-зчитувачами, які працюють через інтерфейс RS485 через протокол обміну даних RCS SOVA. До модуля можна під'єднати до 4-х зчитувачів. В пам'ять блоку записуються коди карток. Коли зчитувач транслює код картки, яка записана в пам'ять – модуль транслює в шину статус валідної картки, який в свою чергу отримує модуль BI RL Connect. Модуль має можливість віддаленого запису ключів. В таблиці 2.5 наведені характеристики пристрою.

Таблиця 2.5 – Характеристики BI RF Connect

Параметри	Характеристики
Інтерфейс підключення RFID зчитувачів	RS485
Протокол обміну даними з RFID- зчитувачем	RCS SOVA
Максимальна кількість підключених RFID - зчитувачів	4

Продовження таблиці 2.5

Максимальна кількість збережених карт в пам'яті	4000
Напруга живлення	6 – 40В
Робоча температура	Від -30°C до +80°C
Розміри	71x51x27 мм
Клас захисту корпусу	IP44
Відносна вологість навколишнього повітря	80 +/- 15%

Якщо використовувати зчитувач BI Connect MF – зникає необхідність використовувати модуль BI RF Connect, оскільки він є самостійним блоком і може працювати по шині Connect Bus.

2.1.7 Модуль BI EX Connect

BI EX Connect призначений для роботи із зовнішніми датчиками. Модуль має 3 аналогових та 8 дискретних входів. Дискретні входи розділені на 2 групи: 4 входи з логічною одиницею та 4 входи з логічним нулем. Дискретні входи з логічною одиницею спрацьовують при подачі на них високого рівня сигналу, а входи з логічним нулем – при подачі на них низького рівня сигналу. Всі дискретні входи мають змогу працювати в режимі лічильника імпульсів та в режимі частотоміра. Блок транлює в шину змінні поточного стану, тригери дискретних входів, поточну частоту сигналу, кількість підрахованих імпульсів по кожному входу.

Модуль опитує аналогові входи з заданою періодичністю. Після зміни рівня напруги, яка підведена до аналогового входу, отримана інформація проходить обробку сигналів АЦП: абсолютне значення, середнє значення, медіанна фільтрація. Оброблені дані датчиків транлюються в шину Connect Bus. Характеристики модуля BI EX Connect наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики BI EX Connect

Параметри	Характеристики
Кількість дискретних входів з активним «0»	4
Кількість дискретних входів з активною «1»	4
Діапазон напруги цифрових входів	від 0 до 40В
Напруга живлення	6 – 40В
Діапазон напруги аналогових входів	від 0 до 24
Робоча температура	Від -30°C до +80°C
Розміри	71x51x27 мм
Клас захисту корпусу	IP44
Відносна вологість навколишнього повітря	80 +/- 15%

2.1.8 Модуль BI CN Connect

Модуль BI CN Connect призначений для роботи з датчиками, які працюють з інтерфейсом RS485 а також з протоколом CAN FMS. В тому числі, він може працювати з RFID зчитувачами, проте, на відміну від модуля BI RF Connect він не має змоги запису ключів в пам'ять. Його технічні характеристики наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Характеристики модуля BI CN Connect

Параметри	Характеристики
Інтерфейс підключення датчиків	RS485
Максимальна кількість датчиків	8
Максимальна кількість зчитувачів, які можна під'єднати	4
Стандарт CAN	FMS

Продовження таблиці 2.7

Напруга живлення	6 – 40В
Робоча температура	Від -30°C до +80°C
Розміри	71x51x27 мм
Клас захисту корпусу	IP44
Відносна вологість навколишнього повітря	80 +/- 15%

Цей модуль під'єднується до CAN-шини зернозбирального комбайна для зчитування даних з його системи. Можливе підключення додаткових датчиків рівня палива, які працюють з інтерфейсом RS-485.

Також, додатково можна встановити порогові датчики сипучих матеріалів (Рисунок – 2.8 Датчик сипучих матеріалів).



Рисунок – 2.8 Датчик сипучих матеріалів

Цей датчик використовується для вимірювання об'єму. Кілька таких датчиків встановлюються всередину бункера комбайна на відповідному рівні, який відповідає певному об'єму бункера. При зануренні датчика в зерно – він відправляє по протоколу RS485 відповідний статус. Кожен датчик має свою адресу, таким чином при спрацюванні датчика, який розміщений на відповідному рівні фіксується об'єм бункера. Цей датчик може працювати як з

системою Bitrek Connect через модуль BI CN Connect так і з будь-яким GPS-трекером, який підтримує інтерфейс RS485. Технічні характеристики датчика описані в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики датчика сипучих матеріалів.

Параметри	Характеристики
Допустима швидкість передачі даних	1200/2400/4800/9600/19200/38400/57600/115200 біт/с
Інтерфейс	RS485
Вбудований датчик температури	Присутній
Напруга живлення	8 – 36В
Струм споживання	10мА
Робоча температура	Від -30°C до +80°C
Габаритні розміри кронштейну (ДхШхВ)	80x40x27 мм
Розміри датчика	62x62x80 мм
Маса	390 г
Клас захисту корпусу	IP67
Відносна вологість навколишнього повітря	80 +/- 15%
Матеріал корпусу	РА6(склонаповнений поліамід)
Довжина кабелю	1500 мм

2.1.9 Система відеоспостереження

Для додаткового контролю може бути встановлена система відеоспостереження. Для реалізації відеоспостереження в даній системі використовується модуль MDVR Bitrek (Рисунок 2.9 – Модуль MDVR Bitrek).



Рисунок 2.9 – Модуль MDVR Bitrek

Цей модуль може робити циклічні фото із заданим інтервалом, циклічні відео, відео, або фото з початком та кінцем за подією (спрацювання датчика), фото у режимі time-lapse (прилад робить фото із заданим інтервалом та при настанні події створює відео колаж із заданою кількістю фото до події – "фото з минулого"), відео з подією у центрі (при настанні події створюється відео, яке включає в себе відео до настання події та після настання події, через заданий час). Також цей MDVR може записувати потокові відео: Live трансляції по протоколу RTSP, Live трансляції по протоколу RTMP, Live трансляції по протоколу RTMP Publisher, Live трансляція по протоколу HLS, Live трансляція по протоколу MPEG DASH.

Цей модуль є модемом, і може відправляти дані на сервер за допомогою GSM. Також він обладнаний Wi-Fi і за замовчуванням він передає дані через мережу Wi-Fi, в тому випадку, якщо немає мережі Wi-Fi, або відключається точка доступу Wi-Fi – модуль передає дані через GSM.

Модуль MDVR може працювати з системою Bitrek Connect по шині Connect Bus. Він може отримувати по шині Connect Bus дані про подію (спрацювання датчика), наприклад, від модуля BI RF Connect про початок вивантаження зерна. В таблиці 2.9 наведені технічні характеристики.

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики MDVR Bitrek

Параметри	Характеристики
Максимальна кількість підключених камер	4
Інтерфейс підключення	Ethernet RJ45
Тип живлення камер	захищене живлення по кабелю даних типу вита пара Passive PoE
Формат протоколу камер	RTSP, кодек X264, X265
Тип передачі даних	Модем 4G (підтримка 2G, 3G, 4G), WiFi 2,4 ГГц
Протокол передачі даних	FTP, фото IPS
Тип доступу до налаштувань	web інтерфейс
Протокол управління	IPS, web запити
Матеріал корпусу	Метал
Розміри	200x120x75 мм

До модема MDVR Bitrek можна під'єднати FULL-HD IP камеру для зовнішнього спостереження DAHUA (Рисунок 2.10 – IP камера DAHUA).



Рисунок 2.10 – IP камера DAHUA

Ця камера оснащена антивандальним кріпленням та інфрачервоним підсвічуванням з дальністю до 30 м, що дає їй змогу проводити нічну зйомку. Характеристики камери наведені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Характеристики IP камери Dahua

Параметри	Характеристики
Тип камер	зовнішня/для техніки
Тип підключення до камер	Вологозахищений роз'єм 6PIN, вита пара
Максимальна роздільна здатність	Full HD 1920x1080
Формат відео	цифрове, кодек H264, H265, протокол RTSP, 25FPS
Модель сенсора	1/2.7" 2Megapixel progressive scan CMOS
Розмір матриці	1 / 2.7
Фокусна відстань	2.8 мм
Кут огляду по горизонталі	115 °
Інфрачервоне підсвічування	Так
Дальність підсвічування	30 м
Напруга живлення	12В
Максимальний струм споживання	300мА
Робоча температура	Від -30°C до +60°C
Клас захисту корпусу	IP67
Відносна вологість навколишнього середовища	до 95%

Розглянемо роботу системи BITREK Connect (Рисунок 2.11 – Структурна схема системи BITREK Connect).

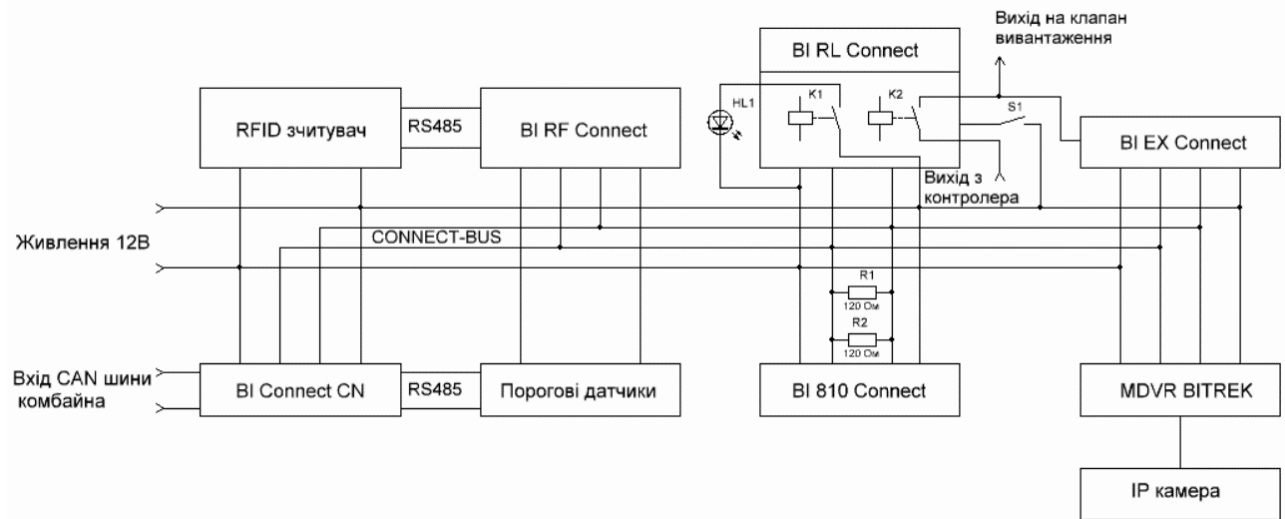


Рисунок 2.11 – Структурна схема системи BITREK Connect

Після того, як в RFID зчитувач вставляється так звана валідна картка, спрацьовує реле K1 модуля BI RL Connect, тим самим засвічуючи світлодіод HL1. Інформацію про статус валідної картки модуль BI RL Connect отримує через шину Connect Bus від модуля BI RF Connect, який в свою чергу підключений через лінію RS485 до RFID зчитувача карток. Після того, як спрацювало реле K1 при подачі сигналу про увімкнення вивантаження з контролера зернозбирального комбайна вмикається реле K2, тим самим замикаючи ланцюг на клапан механізму вивантаження, до якого, в свою чергу, під'єднаний цифровий вхід модуля BI EX Connect для моніторингу роботи механізму вивантаження. У разі збою системи ланцюг вивантаження можна замкнути за допомогою вимикача S1. Після увімкнення вивантаження модуль MDVR отримує відповідний статус через шину Connect-Bus та робить записи з під'єднаних до нього IP камер. Для зчитування параметрів роботи зернозбирального комбайна до його CAN шини під'єднується модуль BI Connect CN, водночас до цього модуля через лінію RS485 під'єднуються порогові датчики для контролю об'єму бункера. Всі модулі під'єднані до GPS-трекера BI 810 Connect, який передає на сервер всі отримані дані. Для покращення завадостійкості шини встановлюються резистори R1 та R2.

2.2 Обладнання для перевантажувального бункера накопичувача

Бункер накопичувач є причіпним агрегатом і для його функціонування він має бути під'єднаний до трактора. Привід шнека вивантаження здійснюється від валу відбору потужності трактора. На бункері-перевантажувачі для реалізації обліку використовується обладнання системи BI TREK Connect. На бункері-перевантажувачі використовується аналогічне обладнання системи Bitrek Connect як і на зернозбиральному комбайні за винятком вагової системи. Обладнання кріпиться на бункері в герметично захищеному коробі (Рисунок 2.12 – Обладнання перевантажувача).



Рисунок 2.12 – Обладнання перевантажувача

2.2.1 Вагова система

Бункер перевантажувач обладнується ваговою системою для контролю за вагою зерна, яке перевантажується. Для вимірювання ваги між бункером та шасі перевантажувача встановлюються тензодатчики (Рисунок 2.13 – Тензодатчик).



Рисунок 2.13 – Тензодатчик

Всі датчики бункера-перевантажувача під'єднуються до вагового терміналу (Рисунок 2.14 – Ваговий термінал Field Scale).



Рисунок 2.14 – Ваговий термінал Field Scale

Цей ваговий термінал є програмованим мікрокомп'ютером, який має свій інтерфейс. Через цей мікрокомп'ютер оператор може керувати типом культур, що збираються, редагувати назви полів, ферм, користувачів на різних мовах для кожної операції завантаження або вивантаження. З його допомогою можна робити динамічне зважування кожної культури в режимі реального часу. Можна налаштовувати звіти про виконання в кінці кожної фази завантаження або вивантаження. Також можна налаштувати порцію з бажаною вагою для точного розподілення зернового продукту. Field Scale також має сумісність з біохімічними аналізаторами, завдяки яким можна визначати склад та якість продукції. Технічні характеристики вагового терміналу Field Scale наведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Технічні характеристики вагового терміналу Field Scale

Параметри	Характеристики
Напруга живлення	9,5 – 32В
Тип дисплею	графічний дисплей WVGA із співвідношенням сторін 16:9, формат 800х480
Розміри корпусу	220х190х80 мм
Вага	1,9 кг
Ступінь захисту	IP 68
Робоча температура	від -30 до +65°C
Матеріал корпусу	Поліамід (РА) 30% скловолокно, завадозахищений

2.2.2 Модуль BI RS Connect

Модуль BI RS Connect є комунікаційним модулем. Він використовується для підключення вагового терміналу до системи Bitrek Connect для моніторингу ваги перевантажувача. Він забезпечує зв'язок по протоколу RS232 та передачу даних в шину Connect Bus. Має змогу працювати з ваговими терміналами Field

Scale та ХК3118К9. В таблиці 2.12 описані технічні характеристики модуля BI RS Connect.

Таблиця 2.12 – Технічні характеристики модуля BI RS Connect

Параметри	Характеристики
Напруга живлення	6 – 40В
Інтерфейс підключення вагового терміналу	RS232
Робоча температура	від -30 до +80°С
Розміри	71x51x27 мм
Клас захисту корпусу	IP 44
Відносна вологість	80 +/- 15%

Розглянемо роботу обладнання, встановленого на бункер-перевантажувач на схемі (Рисунок 2.15 – Структурна схема обладнання бункера-перевантажувача).

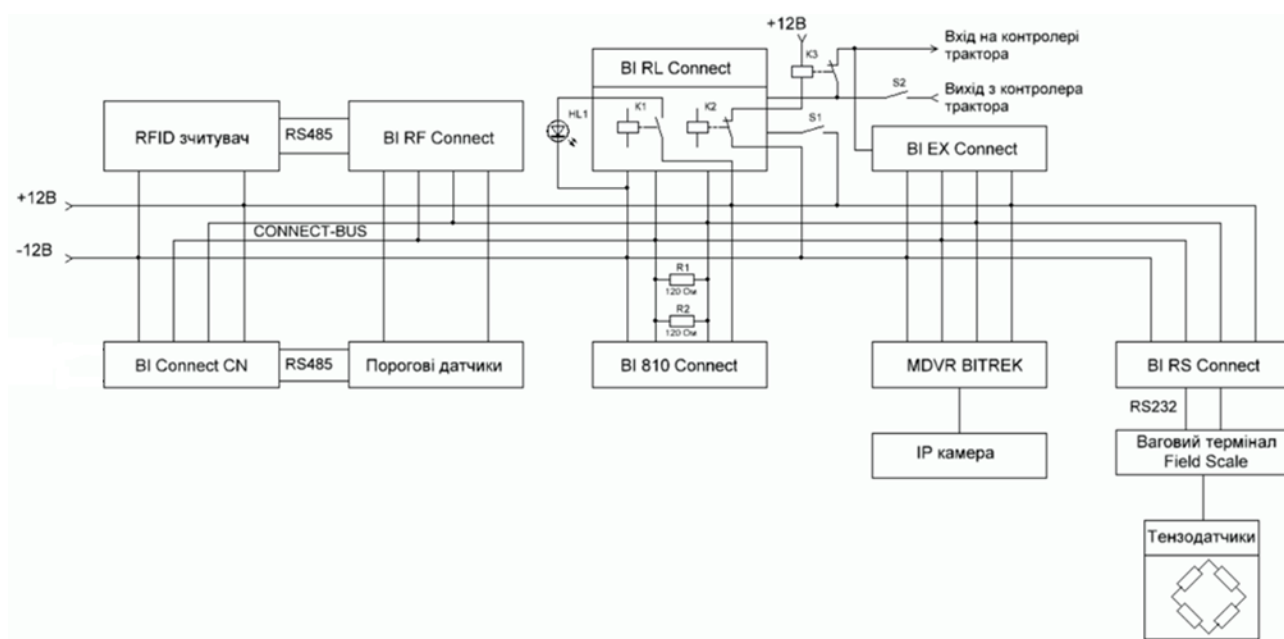


Рисунок 2.15 – Структурна схема обладнання бункера-перевантажувача

Оскільки бункер-перевантажувач є причіпним, для його роботи використовуються гідравлічні системи трактора, які необхідні йому для його роботи в той момент, коли бункер-перевантажувач від'єднаний. Для цього

всередині трактора встановлюється додаткове реле K3 з нормально замкнутими контактами, яке розриває ланцюг увімкнення валу відбору потужності в той момент, коли трактор зчіпляється з бункером накопичувачем. Після того, як в RFID зчитувач вставляється валідна картка, яка прописана в модуль BI RF Connect, її статус передається через шину Connect-Bus до модуля BI RL Connect, після чого він активує реле K1. В цій схемі, на відміну від тої, яка реалізована в зернозбиральному комбайні, в реле K2 задіюються нормально замкнуті контакти. Привід валу відбору потужності вмикається через штатний вимикач трактора S2. Після увімкнення вимикача S2 сигнал з контролера трактора через його контакти надходить до цифрового виходу модуля BI RL Connect, після цього спрацьовує реле K2, розмикаючи ланцюг живлення реле K3, яке в свою чергу замикає нормально замкнуті контакти, тим самим подаючи сигнал на контролер трактора для увімкнення валу відбору потужності. Також на вихід реле K3 паралельно під'єднаний цифровий вхід модуля BI EX Connect для моніторингу увімкнення вивантаження. Аналогічно як і в зернозбиральному комбайні бункер перевантажувач може бути обладнаний пороговими датчиками об'єму бункера та системою відеоспостереження. Для контролю ваги бункера використовуються порогові датчики, які під'єднані до вагового терміналу Field Scale. Ваговий термінал під'єднаний до модуля BI RS Connect через інтерфейс RS232, який під'єднаний до шини Connect-Bus. GPS-трекер BI 810 Connect збирає дані з шини Connect-Bus та передає їх на сервер.

2.3 Обладнання для вантажівок

У вантажівки, які перевозять зерновий продукт встановлюють GPS-трекери для відслідковування їх місцеположення. Багатофункціональні GPS-трекери, які мають ряд входів та виходів забезпечують можливість контролю за внутрішніми системами вантажівки, а також дають можливість встановлювати додаткові датчики, наприклад, датчики рівня палива.

Трекер Teltonika FMB640 є багатофункціональним і може виконувати декілька задач (Рисунок 2.16 – GPS-трекер Teltonika FMB640).



Рисунок 2.16 – GPS-трекер Teltonika FMB640

Teltonika FMB640 підтримує протоколи FMS CAN J1939 та J1708, що дає змогу зчитувати CAN-дані з транспортних засобів (витрати палива, оберти двигуна, температура двигуна, положення педалі акселератора, навантаження на вісь). Має можливість зчитувати дані з тахографа вантажівки (пристрій, який призначений для контролю швидкості та пройденого шляху транспортного засобу, а також часу праці та відпочинку водія) через лінію K-Line, а також дозволяє віддалено завантажувати файл з тахографа у форматі DDD, V1B, C1B або TGD та отримувати інформацію з тахографа в реальному часі. Має інтегрований Bluetooth 4.0 LE, що дає змогу використовувати різні бездротові датчики, гарнітуру, а також здійснювати а також здійснювати бездротову конфігурацію пристрою та оновлення його прошивки. Трекер має слот для Micro SD-картки для розширення його пам'яті. Оснащений портами RS232 та RS485 для підключення додаткових датчиків (датчики рівня палива LLS, зчитувачі RFID, персональний навігаційний пристрій Garmin). Підтримка режиму DUAL-SIM допомагає підвищити надійність GSM-зв'язку та знизити витрати на роумінг, використовуючи окрему SIM для роумінгових мереж передачі даних. GPS-трекер має вбудований акумулятор, що забезпечує його автономну роботу у випадку відключення зовнішнього живлення. Технічні характеристики GPS-трекера Teltonika FMB640 наведені в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Технічні характеристики GPS-трекера Teltonika FMB640

Параметри	Характеристики
Стандарт передачі даних	GPS, GPRS
2G діапазони	чотиридіапазонний модуль 850/900/1800/1900 МГц
Типи GNSS	GPS, ГЛОНАСС, GALILEO, BEIDOU, SBAS, QZSS, DGPS
Тип антен	Зовнішні, з високим коефіцієнтом посилення
Напруга живлення	10 – 30В
Максимальний струм при напрузі живлення 12В	120мА
Тип акумулятора	550мАг Ni-Mh, 8,4 В
Кількість цифрових входів	4
Кількість цифрових виходів	4
Кількість аналогових входів	4
Кількість ліній 1-Wire	1
Кількість портів RS232	2
Кількість портів RS485	1
Кількість ліній CAN J1939	2
Кількість ліній CAN J1708	1
Кількість ліній K-Line	1
Порти USB	1-х Mini-USB 2.0
Кількість Sim-Карт	2
Пам'ять	2МБ внутрішньої пам'яті з можливістю встановлення зовнішньої Micro SD картки до 32ГБ
Розміри	104,1 x 76,8 x 31,5 мм
Вага	197 г
Робоча температура	від -40 ° С до +85 ° С

Продовження 2.13

Відносна вологість	від 5% до 95%
Ступінь захисту	IP41

2.4 Висновки по розділу

Використання систем радіозв'язку є ефективними для реалізації обліку зернової продукції. Зокрема, використання систем супутникового моніторингу GPS. Особливості сучасних GPS-трекерів дозволяють під'єднувати до них зовнішні датчики, що дає можливість, окрім відслідковування місцеположення, контролювати стан роботи машин, на які вони встановлені.

Використання технології радіочастотної ідентифікації за допомогою карток RFID має недоліки, які полягають в необхідності задіювати в роботі людський фактор у вигляді оператора, який повинен вставляти картку в спеціальний зчитувач.

3 ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РАДІОЗВ'ЯЗКУ BLUETOOTH LOW ENERGY

Використання RFID карток для ідентифікації машин знижує автоматизацію виробничого процесу, оскільки включає в себе людський фактор у вигляді операторів, які повинні вставляти картку в спеціальний зчитувач. Така система є досить ненадійною, що зумовлено декількома факторами: необхідністю спеціальних навичок користування у оператора даною системою, ризиком того, що RFID-картка буде пошкоджена або загубиться.

Bluetooth – це технологія зв'язку ближнього діапазону. На сьогодні має широкий спектр застосування в різного роду пристроях. Часто використовується в IoT (інтернет речей), в різного роду датчиках та невеликих пристроях. Зазвичай, використовується для передачі малих об'ємів даних таких як дані з датчиків, команди виконавчих пристроїв, або як в даному проекті – ідентифікатор мітки. BLE з'явився в версії стандарту Bluetooth 4.0, його особливістю є наднизьке енергоспоживання. BLE використовує частотний діапазон 2.4 – 2.4835 ГГц. Увесь діапазон частот поділений на 40 каналів, кожен з яких займає 2 МГц. Він здатний забезпечувати швидкість передачі даних по радіоканалу до 2 Мбіт за секунду. Дальність передачі сигналу залежить від режиму передачі даних а також фізичного оточення. У високошвидкісному режимі передачі даних дальність передачі буде меншою. Типова дальність передачі сигналу – від 10 до 30 метрів. BLE використовує алгоритм шифрування AES-CCM з довжиною ключа 128 біт. Головною особливістю є низьке енергоспоживання – не більше 15 мА.

Основною ідеєю використання BLE для ідентифікації машин є підвищення автоматизації. На відміну від системи, побудованої на RFID зчитувачі не вимагає втручання оператора в його роботу. Ідентифікація бункера, в який вивантажується зерно здійснюється автоматично. Для здійснення ідентифікації використовується спеціальний зчитувач, який кріпиться на шнеку вивантаження зерна, та мітка-ідентифікатор, яка кріпиться до борту бункера, в

який вивантажується зерно. Коли машина, яка вивантажує зерно під'їжджає до відповідного бункера і розкладає шнек – мітка опиняється в радіусі дії зчитувача.

3.1 Обладнання для реалізації обліку з використанням технології BLE

3.1.1 Радіомодуль BL

Радіомодуль BL являє собою ідентифікатор причіпного обладнання, який використовує технологію Bluetooth Low Energy (Рисунок 3.1 – Радіомодуль BL).



Рисунок 3.1 – Радіомодуль BL

Цей радіомодуль є самостійним функціональним модулем і може працювати з системою Connect Bus. Також він має змогу працювати з інтерфейсом RS485, тобто його можна підключити до будь якого пристрою, який підтримує цей інтерфейс, наприклад, GPS-трекер Bitrek 920 TREK. Ідентифікатор причіпного обладнання кріпиться на шнек зернозбирального комбайна або бункера-перевантажувача щоб він був розташований якомога ближче до радіомітки. В таблиці 3.1 наведені технічні характеристики радіомодуля BL.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики радіомодуля BL

Параметри	Характеристики
Напруга живлення	12 – 24В
Типовий струм споживання при напрузі живлення 12В	17мА
Максимальна відстань між радіомодулем та міткою	15 м
Інтерфейси підключення	CAN, RS485
Розміри	91x92x44 мм
Маса	146 г
Клас захисту корпусу	IP 65
Відносна вологість	80 +/- 15%

3.1.2 BLE радіомітка

Радіомітка використовується для ідентифікації машин, які перевозять зерновий продукт (Рисунок 3.2 – BLE радіомітка).



Рисунок 3.2 – BLE радіомітка

Радіомітка має власне джерело живлення – батарейку, яка забезпечує її автономною роботою терміном близько 3-х років. Мітка кріпиться до кузова

машини приблизно посередині борта. Технічні характеристики BLE радіомітки наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики BLE радіомітки

Параметри	Характеристики
Джерело живлення	Вбудована батарея
Термін автономної роботи	До 3 років
Радіус дії	15 м
Робоча температура	від -30 ° С до +80 ° С
Розміри	60x71x25 мм
Клас захисту корпусу	IP 65

3.2 Розрахунок дальності передавача

Для оптимальної роботи системи ідентифікації дальність роботи передавача BLE мітки не повинно перевищувати 15 метрів. Це пов'язане з тим, що при великому скупченні машин, на яких встановленні радіомітки може відбуватися некоректна ідентифікація. Тобто, під час процесу вивантаження зернового продукту замість тієї машини, в яку відбувається фактичне вивантаження зерна, буде ідентифікуватися якась інша машина.

Розрахунок дальності передавача проводиться за формулою (3.1):

$$D = 10^{\frac{FSL - 33}{20} - \lg F}, \quad (3.1)$$

де FSL (Free Space Loss), це втрати у вільному просторі (дБ), F – частота каналу (МГц), на якому працює система зв'язку.

Формула розрахунку втрат у вільному просторі (3.2):

$$FSL = Y_{\text{дБ}} - SOM, \quad (3.2)$$

де SOM (System Operating Margin), це запас в енергетиці радіозв'язку (дБ), який пов'язаний з факторами, які негативно впливають на дальність зв'язку (атмосферні явища, неузгодженість антени), $Y_{дБ}$ – сумарне підсилення системи передачі.

Сумарне підсилення передачі розраховується за формулою (3.3):

$$Y_{дБ} = P_{t,дБм} + G_{t,дБі} + G_{r,дБі} - P_{min,дБм} - L_{t,дБ} - L_{r,дБ}, \quad (3.3)$$

де $P_{t,дБм}$, це потужність передавача, $G_{t,дБі}$ – коефіцієнт підсилення передавальної антени, $G_{r,дБі}$ – коефіцієнт підсилення приймальної антени, $P_{min,дБм}$ – чутливість приймача, $L_{t,дБ}$ – втрати сигналу в коаксіальному кабелі та роз'ємі передавального тракту, $L_{r,дБ}$ – втрати сигналу в коаксіальному кабелі та роз'ємі приймального тракту.

$$Y_{дБ} = 10 + 5 + 5 - (-54) = 74 \text{ дБ};$$

$$FSL = 74 - 10 = 64 \text{ дБ};$$

$$D = 10^{\frac{64-33}{20}} \cdot \lg 2400 = 0.014 \text{ км} = 14 \text{ м}$$

З розрахунків бачимо, що характеристики BLE міток по дальності передачі сигналу відповідають нашим вимогам.

3.3 Алгоритм роботи системи обліку та контролю зернового продукту з використанням BLE

Алгоритм роботи системи обліку та контролю зернового продукту зображено на рисунку 3.3.

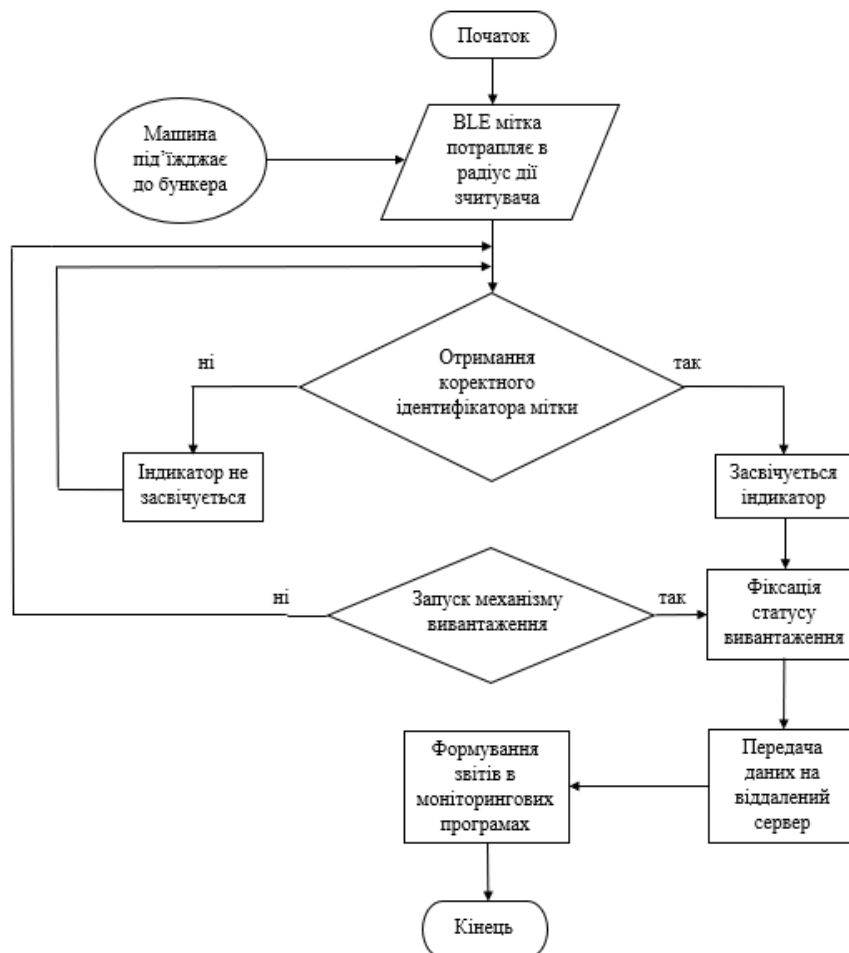


Рисунок 3.3 – Алгоритм роботи системи обліку та контролю зернового продукту

Для вивантаження зернового продукту зі свого бункера зерновий комбайн під'їжджає до бункера перевантажувача, та відкриває шнек вивантаження. На шнеку вивантаження розміщений спеціальний зчитувач, який використовує бездротову технологію BLE. BLE зчитувач на шнеку отримує сигнал з мітки, яка закріплена в бункері перевантажувача. В мітці записаний унікальний номер – ідентифікатор, подібно як в RFID-картці. Отримавши коректний ідентифікатор система засвічує індикатор, який сигналізує про дозвіл на вивантаження. В іншому випадку, якщо система не отримує коректного ідентифікатора – вона не дає запуснути механізм вивантаження. Після того, як запускається механізм вивантаження зерна система фіксує це за допомогою

підключених датчиків, в разі встановлення системи відеоспостереження – вона це записує. Всі отримані дані передаються за допомогою GPS-трекера на сервер. Переглянути всі дані з датчиків можна за допомогою спеціальних моніторингових програм (Рисунок 3.4 – інтерфейс моніторингової програми Overseer).

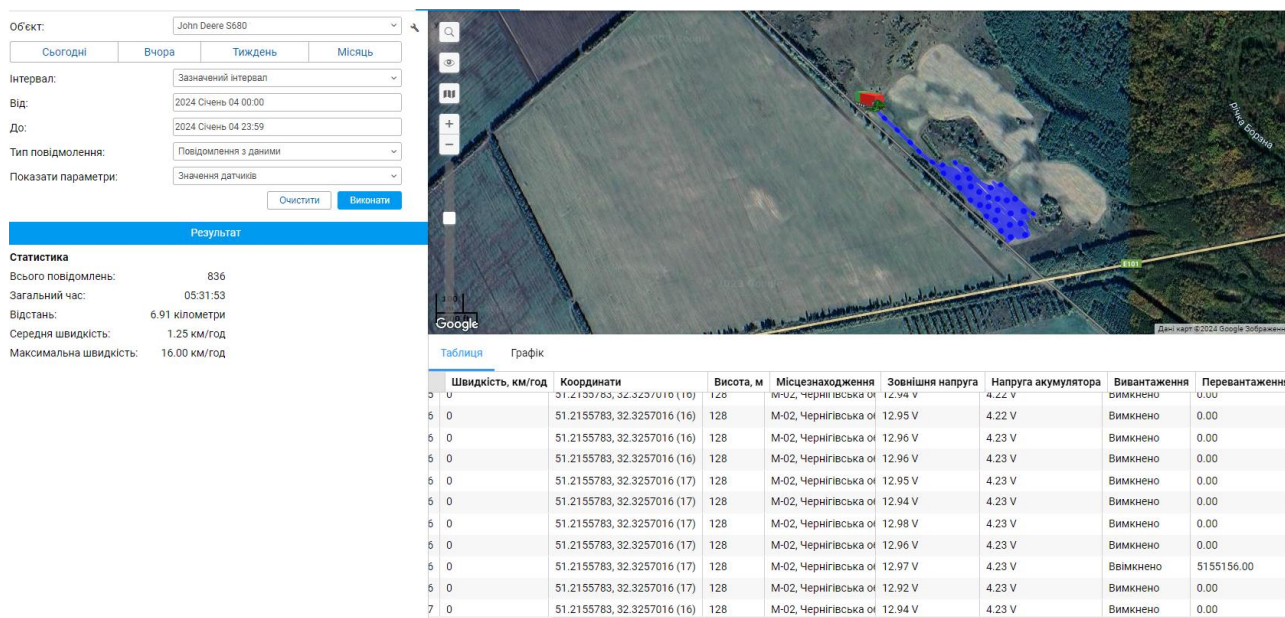


Рисунок 3.4 – інтерфейс моніторингової програми Overseer

В моніторинговій програмі можна слідкувати за місцезнаходженням машин, які працюють в полі та перевозять зерновий продукт, можна слідкувати за даними з датчиків, таким чином контролюючи їх стан роботи. Для ведення обліку використовується система звітів. Формування звітів налаштовується за подією. Подія фіксується після спрацювання датчика, в даному випадку – це датчик увімкнення механізму вивантаження. Коли в програмі фіксується подія вивантаження – формується звіт (Рисунок 3.5 – Приклад звіту в Overseer).

Загальна вага	Вкл.	Тривалість	Місцезнаходження	Зерновоз	Поч. значення (Вага)	Кін. значення (Вага)
-5.00 Kг.	2024-01-04 09:55:24	0:00:56	M-02, Чернігівська обл., Ніжинський район, Україна, 3.16 км від Червоне Озеро	14439427_MAN зерновоз	13040.00	13045.00
265.00 Kг.	2024-01-04 09:56:32	0:02:00	M-02, Чернігівська обл., Ніжинський район, Україна, 3.16 км від Червоне Озеро	14439427_MAN зерновоз	13045.00	12780.00
675.00 Kг.	2024-01-04 09:58:32	0:03:21	M-02, Чернігівська обл., Ніжинський район, Україна, 3.16 км від Червоне Озеро	14439427_MAN зерновоз	12780.00	12105.00
12145.00 Kг.	2024-01-04 10:01:54	0:16:58	M-02, Чернігівська обл., Ніжинський район, Україна, 3.16 км від Червоне Озеро	14439427_MAN зерновоз	12105.00	-40.00
13060.00 Kг.	2024-01-04 10:35:15	0:04:33	M-02, Чернігівська обл., Ніжинський район, Україна, 3.12 км від Червоне Озеро	14439427_MAN зерновоз	13050.00	-10.00

Рисунок 3.5 – Приклад звіту в Overseer

В звіті відображається інформація про час та місце вивантаження зернового продукту, тривалість вивантаження, початкова та кінцева вага зерна, та машина, в яку було вивантажено зерновий продукт. Таким чином, можна відслідковувати рух зерна від початку його збирання в полі до його місця відвантаження.

На рисунку 3.6 зображена структурна схема системи обліку зернового продукту з використанням BLE.

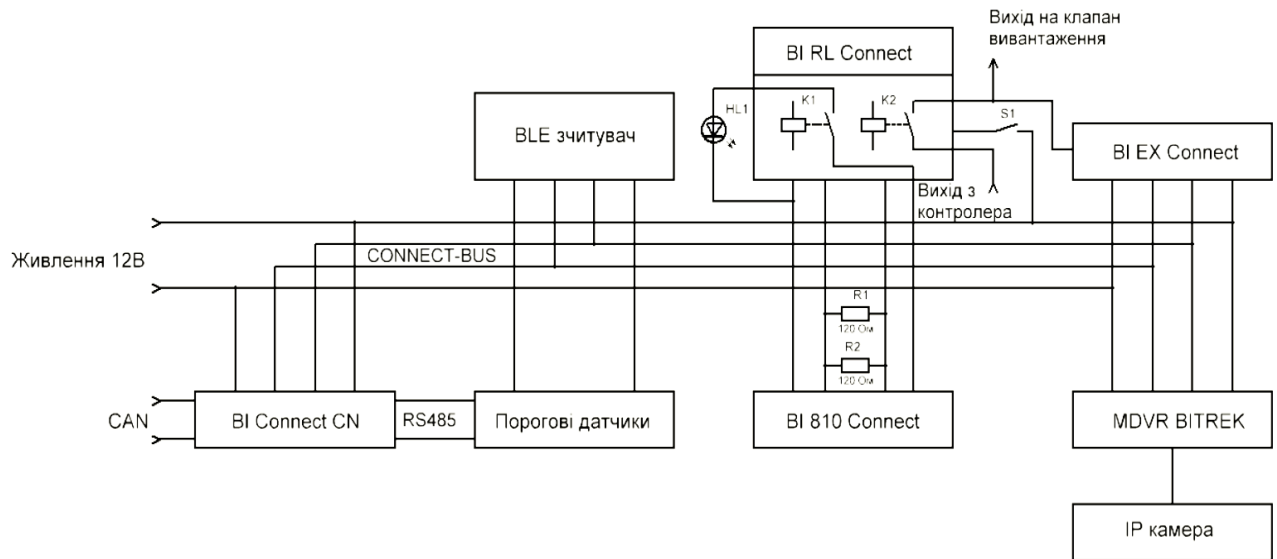


Рисунок 3.6 – Система обліку зернового продукту з використанням BLE.

Модуль BI RL Connect керує процесом вивантаження за допомогою вбудованого реле K2, яке комутує ланцюг електромагнітного клапана вивантаження. В тому випадку, якщо система дала збій і реле K2 не спрацювало – задіюється аварійний вимикач S1. Реле K2 спрацьовує після того як спрацювало реле K1 та була увімкнена функція вивантаження зерна оператором. Реле K1 спрацьовує після отримання коректного ідентифікатора мітки, який передає в шину Connect Bus BLE зчитувач. BLE зчитувач отримує сигнал через радіозв'язок від спеціальної мітки, яка закріплена в бункері, куди вивантажується зерно. В свою чергу реле K1 запалює світлодіод HL1, який відображає наявність коректного ідентифікатора. Модуль BI EX Connect використовується для моніторингу роботи механізму вивантаження і фіксації статусу роботи. Модуль BI Connect CN виконує роль шлюзу для з'єднання з

CAN-шиною машини, що дає змогу зчитувати дані її внутрішніх датчиків. Паралельно до цього модуля через інтерфейс RS485 під'єднуються порогові датчики об'єму для контролю за об'ємом бункера. Для додаткового контролю встановлюється система відеоспостереження, яка робить відеофіксацію події вивантаження. До складу системи відеоспостереження входить модуль MDVR та IP Camera. Модуль MDVR отримує статус про початок вивантаження через шину Connect Bus та формує відеозапис події за допомогою під'єднаних до нього камер. Також модуль MDVR є модемом і може надсилати відеозаписи на сервер. Модуль BI 810 Connect являє собою GPS-трекер, який під'єднується до шини Connect Bus. Він передає на сервер дані, отримані по шині з інших модулів. Резистори R1 та R2 встановлюються на шині для покращення завадостійкості.

3.4 Висновки по розділу

Використання технології бездротового зв'язку BLE ефективно для реалізації ідентифікації транспортних засобів. Це допомагає автоматизувати процес ідентифікації та збільшити ефективність роботи системи обліку. Завдяки використанню блютузних радіоміток можна здійснювати вивантаження на ходу. Недоліком використання міток з технологією BLE є складність їх монтажу.

4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

4.1 Опис ідеї проекту

Під час написання стартап-проекту було проведено аналіз змісту ідеї, сфери застосування та якостей, які може отримати споживач. Ідеєю мого стартапу є розробка технічного рішення для обліку зернового продукту в агровиробництві з використанням технології BLE.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення системи обліку зерна для аграрного виробництва	1. Система звітності в аграрному виробництві про кількість зернового продукту (ваги) та ідентифікація транспортних засобів, що його перевозять	1. Отримання повної звітності про переміщення зернового продукту від початку його виробництва (збирання урожаю)

Порівняння сильних та слабких сторін проекту разом з конкурентами надають інформацію про можливість його виходу продукту на ринок та його конкурентоспроможність в галузі використання радіотехнічних систем для обліку зернової продукції.

Таблиця 4.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту.

№ п/п	Техніко- економічні характеристики и ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слаб- ка сторо- на)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Іденти- фікація викорис- танням RFID	Аналогі- чні технічні рішення конку- рентів			
1	Вартість витратних матеріалів					✓	
2	Зручність користування						✓
3	Витрати на фахівців						✓
4	Гарантійний термін					✓	

4.2 Технологічний аудит проекту

Технологічний аудит проекту дає можливість проаналізувати наявні технології для здійсненості ідеї проекту.

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Покращення ергономіки обладнання, збільшення автоматизації системи ідентифікації зернового продукту	Застосування радіоміток та ідентифікаторів з використанням технології BLE	наявна	доступна
2		Спрощення конструкції задля здешевлення	потрібно розробити	доступна

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску проекту

Провівши аналіз ринкових можливостей можна дати оцінку можливості запуску проекту.

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	2
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	3492 грн
3	Динаміка ринку	зростає
4	Наявність обмежень для входу	немає
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	15%

Провівши попередній аналіз можна зробити висновок, що існує зацікавленість ринку проектом.

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Здійснення контролю за продукцією аграрного виробництва	Працівники аграрного сектору, приватні підприємці	Не досліджувалося в рамках цього проекту	Спрощення ведення обліку зернового продукту, автоматизація ідентифікації машин

Проаналізувавши фактори загроз можна спланувати способи їх уникнення на початковому етапі. Слід визначивши фактори загроз, які перешкоджають впровадженню проекту та можливу реакцію на ці фактори.

Таблиця 4.6 – Аналіз факторів загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Впровадження систем з більш досконалими технологіями	Поява більш досконалих систем	Конкуренція
2	Не сприйняття цільової аудиторії нових методів ведення обліку продукції	Не готовність споживача використовувати оновлену технологію	Проведення рекламних кампаній

Проаналізувавши фактори можливостей можна визначити актуальність, конкурентоспроможність та наявність потреби в даному продукті. Для покращення стійкості продукту на ринку слід орієнтуватися під потреби виробників.

Таблиця 4.7 – Аналіз факторів можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Збільшення географії продажів	Збільшення потенціалу ринку на міжнародній арені	Розширення ринку своєї продукції
2	Маркетинг для реклами товару	Збільшення популярності продукту	Поширення реклами свого товару

Продовження таблиці 4.7

3	Моніторинг потреб споживача	Оцінка потреби споживача	Розширення можливості своєї продукції
---	-----------------------------	--------------------------	---------------------------------------

Таблиця 4.8 – Оцінка стану конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Тип конкуренції – чиста конкуренція	Узгодження попиту і пропозиції через ціновий механізм	Підтримка актуальності своєї продукції
За рівнем конкурентної боротьби – національний	Охоплення всього національного ринку	Ведучи конкуренцію на національному рівні, компанії необхідно прикласти належні зусилля для охоплення всього національного ринку.
За галузевою ознакою – внутрішньогалузева	Боротьба ведеться в межах однієї галузі	Зосередження зусиль на пошуку конкурентних переваг
За видами товарів – товарно-родова	Конкуренція на рівні технології задоволення потреб	Ведення боротьби як з товарами-субститутами, так і з іншими торговими марками.

Продовження таблиці 4.8

За характером конкурентних переваг – цінова конкуренція	Боротьба за скорочення витрат виробництва завдяки використанню технологічності	Домагання ціни, нижче ринкової
За інтенсивністю – немарочна конкуренція	Роль торгової марки незначна	Пошук конкурентних переваг, неpriv'язаних до торгової марки

Таблиця 4.9 – Аналіз галузі за М. Портером.

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Навести перелік прямих конкурентів	Визначити бар'єри входження в ринок	Визначити фактори сили постачальників	Визначити фактори сили споживачів	Фактори загроз з боку замінників
Висновки	На ринку немає як таких прямих конкурентів	Бар'єри входу на ринок є незначними, вартість організації бізнесу з розробки є незначною	Існує чітка залежність від постачальників як якості продукції, так і її обсягів виробництва	Продукція має попит серед споживачів	Існують товари замінники, проте, вони мають більш застарілі технології

Отже, головною силою, що впливає на конкуренцію – є споживач.

Таблиця 4.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Ціна	Чим нижча ціна – тим привабливішим є товар для споживача
2	Рівень лояльності до бренду	Чим вище рівень лояльності, тим більше постійних споживачів компанія буде мати
3	Доступ до каналів розподілу	Ключовими чинниками успіху є сильна дистрибуція та налагоджена система логістики
4	Унікальність позиціонування	Створення та підтримання унікального позиціонування, що створює певний захист від конкурентних зіткнень.
5	Маркетинговий бюджет	Маркетингові заходи мають забезпечувати інші конкурентні переваги такі, як рівень диференціації, лояльності, репутація виробника, дистрибуція та просування в торгових точках.

Виділивши сильні та слабкі сторони проекту, порівнявши їх з конкурентами, проаналізувавши внутрішні фактори, використовуючи аналіз маркетингових загроз та можливостей можна скласти SWOT-аналіз.

Таблиця 4.11 – SWOT-аналіз

Сильні сторони: 1. Автономність 2. Зручність користування	Слабкі сторони: 1. Малий розмір стартового капіталу 2. Початкова ініціалізація
Можливості: 1. Збільшення географії продажів 2. Маркетинг для реклами товару 3. Моніторинг потреб споживача	Загрози: 1. Поява більш досконалих систем 2. Не готовність споживача використовувати оновлену технологію

4.4 Розробка ринкової стратегії проекту

Визначивши цільові групи потенційних споживачів можна розробити ринкову стратегію.

Таблиця 4.12 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Агрохолдинги	Так	Високий	Висока	Просто
2	Приватні підприємці	Так	Середній	Висока	Середньо

Продовження таблиці 4.12

3	Малі підприємства	Ні	Малий	Мінімальна	Складно
Які цільові групи обрано: Агрохолдинги, приватні підприємці					

Таблиця 4.13 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Ні	Буде шукати нових споживачів	Ні	Стратегія заняття конкурентної ніші

Таблиця 4.14 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Доступність, актуальність, забезпечення базових потреб	Диференціація	Збільшення прихильності клієнтів, підвищення рентабельності	Доступна ціна, рентабельність, актуальність

4.5 Розроблення маркетингової програми

Розробивши маркетингову програму можна підвищити зацікавленість споживача продукцією.

Таблиця 4.15 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару з точки зору маркетингу

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Приваблива ціна	Ціна, нижча ніж у конкурентів	Доступність продукції для її придбання
2	Ергономічність	Покращення ергономіки обладнання	Більш зрозумілі алгоритми керування

Основні складові продукту вказуються у трьохрівневій маркетинговій моделі товару.

Таблиця 4.16 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Проект призначений для задоволення потреб для контролю зернової продукції в агросфері		
II. Товар у реальному виконанні		М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Якість: проект створено використовуючи сучасні дані та із використанням базових технологій та стандартів		
	Пакування: відсутнє		
	Марка: як така відсутнє		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: рівень розробки		
	Після продажу: система із розробленим алгоритмом		

4.6 Висновки по розділу

Розробка стартап-проекту системи контролю зернового продукту з використанням технології радіозв'язку BLE необхідна для задоволення потреб споживача в автоматизації обліку зернової продукції.

Проаналізувавши ринок можна зробити висновок, що даний проект може задовольнити певні цільові групи споживачів, продукт може бути рентабельним, отже, існує перспектива комерціалізації проекту на ринку.

Створення бар'єру входу для нових конкурентів може забезпечити захист проти товарів – замінників. Проект перебуває в середовищі чистої конкуренції. Для підтримки конкурентоспроможності слід підтримувати актуальність проекту.

В якості альтернативи ринкової реалізації проекту можна використати засоби стимулювання збуту та мерчандайзингу в торгових точках для збільшення продаж. В подальшому, доцільним буде імплементувати даний проект.

ВИСНОВКИ

Використання системи обліку зернового продукту з на крупних підприємствах та холдингах здатна значно полегшити життя. З допомогою цієї системи можна автоматизувати облік та контроль зернового продукту, використовуючи бездротові радіосистеми та спеціальне програмне забезпечення. Ця система визначає в які машини здійснюється вивантаження зернового продукту, його вага, відслідковується маршрут переміщення машин. За допомогою цієї системи обліку можна оцінити ефективність продуктивності підприємства та підбити підсумки по завершенню сезону збирання урожаю.

Проаналізувавши роботу системи обліку зернового продукту, яка використовує радіочастотну ідентифікацію машин за допомогою RFID карток, можна зробити висновок, що вона не дуже ефективна для використання. Використання RFID карток є незручним та вимагає втручання в роботу такої системи оператора.

Використання бездротової технології радіозв'язку BLE для ідентифікації машин є ефективним для підвищення автоматизації процесу. Обладнання проводить ідентифікацію в автоматичному режимі і не вимагає втручання оператора.

У даного технічного рішення є перспективи отримати попит серед споживачів, тому його доцільно імплементувати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Радіотехнічні рішення в галузі сільського господарства виробника — [Електронний ресурс] — URL: <https://skt-globus.com.ua/agro/> (дата звернення: 20.11.2023).
2. Introduction to Global Positioning Systems — [Електронний ресурс] — URL: <https://www.equipcoservices.com/support/tutorials/introduction-to-global-positioning-systems/> (дата звернення: 26.11.2023).
3. Introduction To RFID — [Електронний ресурс] — URL: <https://abr.com/2023/11/20/introduction-to-rfid/> (дата звернення: 28.11.2023).
4. Технічні характеристики RFID зчитувача, сайт виробника — [Електронний ресурс] — URL: https://bitrek.ua/bitrek-connect/rfid_mifare (дата звернення: 29.11.2023).
5. Технічні характеристики електронних модулів, сайт виробника — [Електронний ресурс] — URL: <https://bitrek.ua/bitrek-connect/> (дата звернення: 01.12.2023).
6. Технічні характеристики системи відеоспостереження — [Електронний ресурс] — URL: <https://www.tehkontrol.ua/rus-mdvr-4g-bitrek.html> (дата звернення: 03.12.2023).
7. Технічні характеристики GPS-трекера Teltonika FMB640, сайт виробника — [Електронний ресурс] — URL: <https://teltonika-gps.com/products/trackers/professional/fmb640-1> (дата звернення: 05.12.2023).
8. Програма супутникового моніторингу — [Електронний ресурс] — URL: <https://overseer.ua/> (дата звернення: 07.12.2023).
9. Mohammad Afaneh Intro to Bluetooth Low Energy // USA, 2018 – 136 с.
10. Даташит на мікроконтролер — [Електронний ресурс] — URL: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc2640.pdf?ts=1703784499924&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FFCC2640 (дата звернення: 12.12.2023).
11. What is a startup? — [Електронний ресурс] — URL: <https://www.startupranking.com/what-is-a-startup> (дата звернення: 20.12.2023).