



УДК 004.05

Ар.А. МУХА*, О.В. ФЕДУХІН*

РАДІОМІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, м. Київ, Україна

Анотація. Необхідність мінімізації збитків та наслідків аварій є важливим фактором сталого технічного розвитку. Однією з галузей, що характеризується високим рівнем небезпеки, є залізничний транспорт. Ця проблема змінює свої масштаби зі збільшенням кількості транспорту, його інтенсивності руху та швидкостей. Особливою складністю також є те, що в сучасних економічних умовах значний інфраструктурний розвиток, який полягає в побудові великої кількості складних та дорогих об'єктів, таких, як різнорівневі розв'язки, наземні та підземні переходи, є неможливим. Тому перспективними вбачаються рішення, націлені на розробку та впровадження нового класу систем, які забезпечують високий рівень безпеки і здатні виправити негативну статистику аварійності і вирішити завдання ненанесення шкоди життю людей на залізничному транспорті. Стаття присвячена проблемі забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах, залізничних переходах та в зонах роботи обслуговуючого персоналу. У роботі знаходить розвиток інформаційний підхід, направлений на підвищення безпеки руху, й полягає у своєчасному інформуванні учасників руху про аварійні та небезпечні ситуації у зоні їх перебування. Вирішувати вказані завдання пропонується за рахунок створення цифрових інформаційних систем нового класу. Основними відмінностями створених систем є використання мікропроцесорних систем, засобів бездротового зв'язку та енергозберігаючих технологій. Самі системи повинні відповідати сучасним вимогам надійності, відмовобезпечності, відмовостійкості та гарантоздатності. У статті наводиться опис базових варіантів виконання контрольно-інформаційних систем для залізничних переїздів «Благовіст», залізничних переходів «Благовіст-П» та мобільної системи для обслуговуючого персоналу, що працює на коліях «Благовіст-СП». Системи володіють технологіями автономної роботи, безпроводної передачі інформації.

Ключові слова: інформаційний підхід, залізничний переїзд, залізничний перехід, радіоканал, система сповіщення.

Abstract. The need to minimize losses and accidents is an important factor in sustainable technical development. One of the industries characterized by a high level of danger is rail transport. This problem changes its scale with the increase in the number of vehicles, its traffic intensity and speed. Another special difficulty is that significant infrastructural development, which involves the construction of a large number of complex and expensive facilities such as interchanges, overpasses and underpasses, is impossible in today's economic environment. Therefore, there are some promising solutions aimed at developing and implementing a new class of systems that provide a high level of safety and are able to correct negative accident statistics and solve the problem of not harming people's lives on rail transport. The article is devoted to the problem of traffic safety at railway crossings, railway crosswalks and in the work areas of service personnel. An information approach aimed at improving traffic safety and timely informing road users about emergencies and dangerous situations in their area approach is developed in the work. It is offered to solve the mentioned above tasks at the expense of the creation of digital information systems of a new class. The main differences between the created systems are the use of microprocessor systems, wireless communications and energy-saving technologies. The systems themselves must meet modern requirements for reliability, fault tolerance, and dependability. The article describes some basic options for the implementation of control and information systems for railway crossings «Blagovist», railway cross-

walks «Blagovist-P» and for a mobile system for service personnel working on the tracks «Blagovist-SP». The systems have technologies for autonomous operation and wireless transmission of information.

Keywords: information approach, railway crossing, railway crosswalk, radio channel, warning system.

DOI: 10.34121/1028-9763-2021-1-126-134

1. Вступ

На сьогодні вирішення питання підвищення безпеки руху автотранспорту та людей на залізничному транспорті представляється можливим за рахунок підвищення інформованості учасників руху про ситуацію на контрольованому об'єкті (інформаційний підхід) [1]. Основною перевагою такого підходу є впровадження інформаційних систем, які на порядок дешевші, ніж традиційні (шляхопроводи, автоматичні переїзди, пішохідні переходи через колії та ін.), є автономними, не вимагають схемної ув'язки з діючими системами залізничної автоматики, можуть встановлюватися незалежно від їх наявності і на них не поширюються вимоги щодо функціональної безпеки, які пред'являються до систем залізничної автоматики, пов'язаних із забезпеченням безпеки руху потягів. До такого класу систем відносяться контрольо-інформаційні системи (КІС) серії «Благовіст», які розроблено у різні роки в ППМС НАН України [1–6].

Безпека на залізничних переїздах

Регулярні ДТП на переїздах у нашій країні свідчать про недостатню оснащеність переїздів, адже більшість систем, якими вони оснащені, були розроблені в 60–70 роках. Як наслідок технічна застарілість, переїзди характеризуються непродуктивними простоями автотранспорту, тому водії намагаються прискорити процес проїзду через них. Не знаючи ні напрямку руху, ні швидкості руху потяга, ні часу прослідування потяга через переїзд, водії зважуються на ризик, що часто закінчується трагедією. Рішення проблеми аварійності може бути досягнуто завдяки оновленню та впровадженню сучасних систем забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах на основі своєчасного інформування автотранспортних засобів (АТЗ), що перетинають переїзд, про наближення потяга. Прикладом такої КІС є система «Благовіст», розроблена у 2014 р.

Безпека на залізничних переходах

За статистикою, у 2019 р. на залізниці в Україні 527 чоловік було травмовано, загинуло 334 особи. У 2018 р. сталося 518 нещасних випадків, пов'язаних із наїздом локомотивів на людей, у разі чого 338 людей загинуло. Найкращим рішенням цієї проблеми є створення інфраструктури підземних та наземних переходів. Але зважаючи на їх складну реалізацію та велику вартість, не завжди існує така можливість. У цьому порівнянні доступнішим є облаштування сучасних безпечних пішохідних переходів, призначених для зручного та безпечного переходу громадян через залізничні колії на одному рівні з рейками. Таким рішенням є контрольо-інформаційна система «Благовіст-П», що розроблена у 2019 р.

Безпека робіт на залізничних коліях

В умовах підвищення швидкостей руху потягів стає необхідним підвищення рівня оповіщення персоналу, що працює та обслуговує ділянки магістрального руху. Незважаючи на регламентні процедури, які вводяться на ділянках виконання робіт, ризик наїзду потяга залишається досить великим внаслідок незадовільної організації робіт та відсутності інформованості робітників у разі виникнення непередбачуваних ситуацій. Для вирішення такої проблеми пропонується оснащувати бригади, які працюють на ділянках підвищеної інтенсивності руху магістрального залізничного транспорту, мобільними системами інформування про наявність потяга на ділянці проведення робіт. Однією з таких систем є запропонована КІС для ремонтних бригад, що працюють на коліях, «Благовіст-Р», розроблена у 2020 р.

Всі ці системи об'єднує використання радіоелектронних засобів передачі інформації спільно з програмованими мікропроцесорами (микроконтролерами). Розглянемо більш детально кожен з таких систем.

2. Контрольно-інформаційна система для залізничних переїздів «Благовіст»

Створена система КІС «Благовіст» досить детально була описана в ряді робіт [1–6]. КІС «Благовіст» призначена для своєчасного інформування автотранспортних засобів (АТЗ), що перетинають переїзд, про основні показники руху потяга, який слідує через зону переїзду. До таких показників відносяться напрямок руху, швидкість руху потяга, а також відлік часу наближення потяга до переїзду. Ці характеристики система відображає на інформаційному табло, а також виводить повідомлення шляхом рядка, що біжить, про наближення потяга, його фактичний рух через переїзд і про підвищену небезпеку у разі його затримки щодо прибуття або зупинки на ділянці наближення. Таким чином, КІС «Благовіст» підвищує інформованість водіїв АТЗ, які рухаються через переїзд, що в цілому забезпечує підвищення безпеки руху.

Робота системи (рис. 1–3) заснована на фіксації місцезнаходження потяга за допомогою підрахунку осей на лічильних пунктах (ЛП) завдяки використанню колійних датчиків (КД). Інформація з ЛП передається через радіоканал на центральний пункт (ЦП) і далі відображається на інформаційному табло (ІТ).

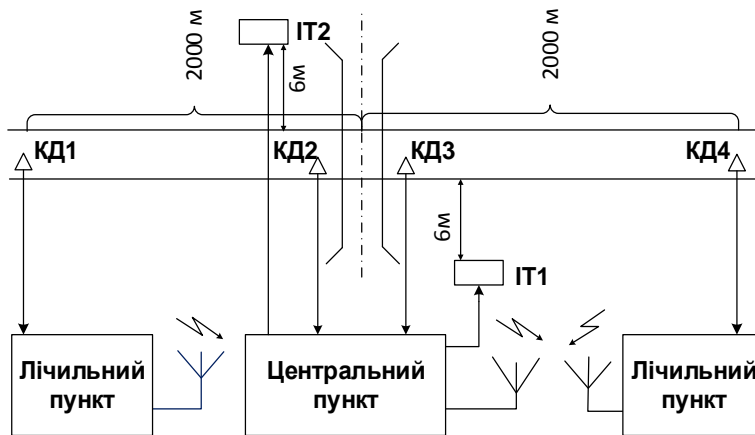


Рисунок 1 – Структурна схема КІС «Благовіст»



Рисунок 2 – Приклад встановлення КІС «Благовіст» на залізничному переїзді



Рисунок 3 – Зовнішній вид інформаційного табло КІС «Благовіст»

Переваги системи полягають у тому, що вона не має світових та вітчизняних аналогів. КІС «Благовіст» є автономною і підходить для будь-яких типів переїздів, надає повну інформацію учасникам руху про основні показники руху потяга:

- швидкість руху потяга;
- напрямок руху потяга;
- час наближення потяга до переїзду;
- додаткову інформацію про потяг у вигляді інформаційного рядка.

Живлення ЛП системи здійснюється від сонячних батарей, а зв'язок – за рахунок використання радіоканалу передавання даних, що не потребує прокладки кабелів.

3. Контрольно-інформаційна система для залізничних переходів «Благовіст-П»

Принцип роботи КІС «Благовіст-П» полягає у використанні доплерівських датчиків руху для реєстрації руху потяга на віддаленні від залізничного переходу та передачі отриманої інформації про наближення потяга до ділянки переходу через безпроводний канал передачі даних. Такий підхід дозволяє не тільки сповіщувати пішоходів традиційним зеленим або червоним світлом пішохідного світлофора, звуковим сигналом, а й надавати інформацію про напрям наближення потяга. Система дозволяє обладнати пішохідні переходи через колійний розвиток будь-якої конфігурації, включаючи горловини великих залізничних станцій.

Система (рис. 4) у своєму складі містить два контрольних пункти (КП) реєстрації інформації про шляхову ситуацію, які розміщені на віддаленні 2 км від переходу. Таке розташування КП забезпечує можливість інформування пішоходів про наближення потяга з урахуванням безпечного часу 40 с при максимальній швидкості потяга 200 км/год. Зв'язок між КП та центральним пунктом (ЦП) управління обладнанням переходу здійснюється за допомогою радіоканалу. Отримуючи сигнал про наближення потяга, система сповіщає пішоходів візуальним та звуковим сигналами: червоним кольором світлофора, стрілкою напрямку наближення потяга та сигналом дзвінка або голосовим повідомленням. Після реєстрації проходження поїзда датчиком руху на ЦП система з затримкою 10 с вмикає зелений колір світлофора та вимикає звуковий сигнал.

Зв'язок через радіоканал реалізовано на базі передавачів, які працюють на частоті 2,4 ГГц із дальністю передачі 3 км, або в частотному GSM-діапазоні (на вибір).

КП системи обладнано акумуляторами для забезпечення резервного живлення у разі відключення від мережі живлення. Також можливий варіант живлення КП від сонячних батарей.

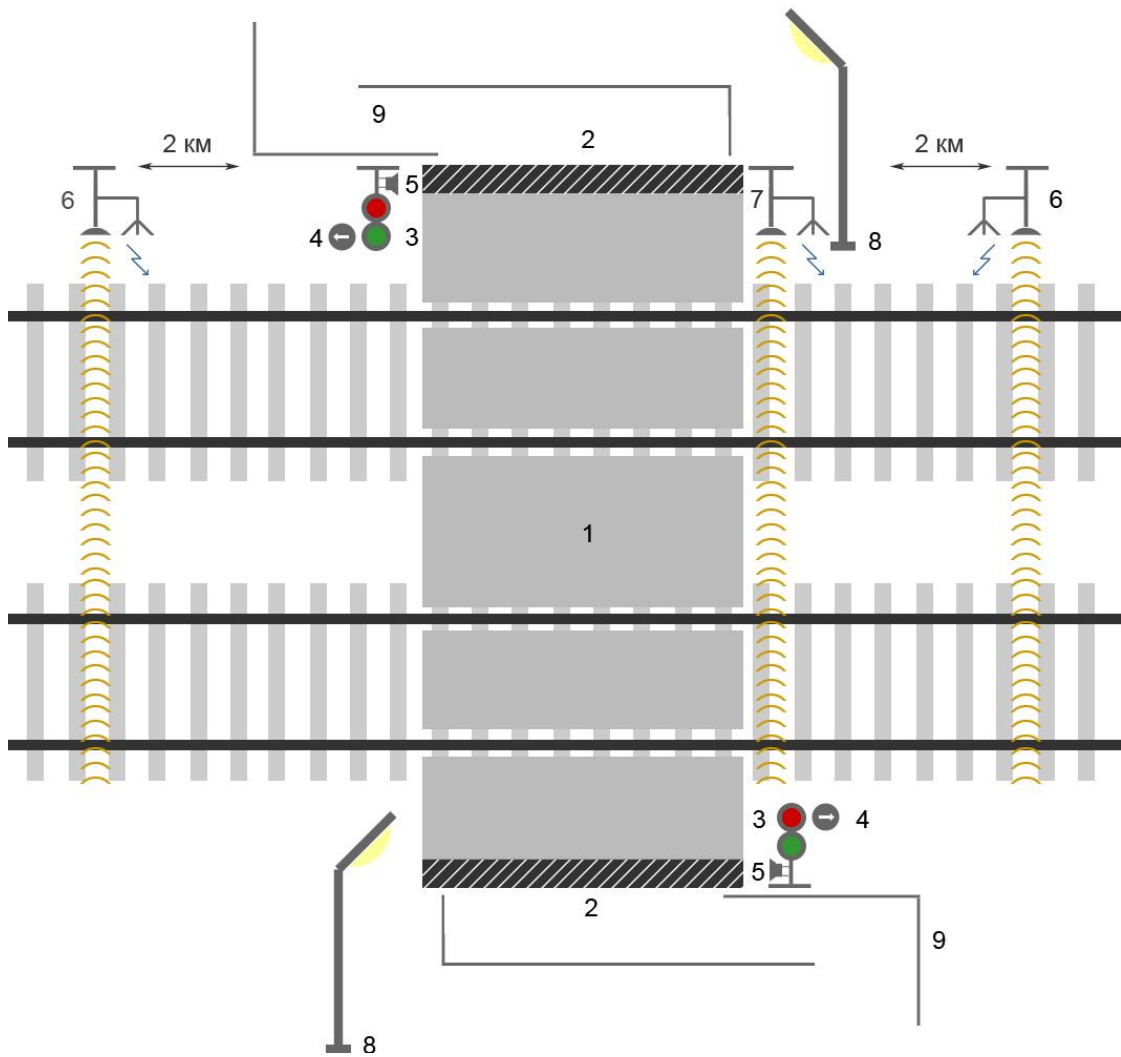
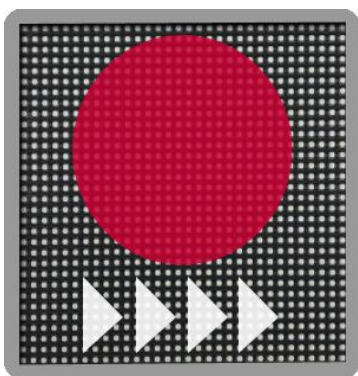


Рисунок 4 – Система для пішохідного переходу через залізничні колії «Благовіст-П»:
 1 – пішохідний настил; 2 – тактильний вказівник; 3 – світлофор;
 4 – вказівник напрямку наближення потяга;
 5 – звуковий сповіщувач; 6 – КП з датчиками руху потяга;
 7 – ЦП із датчиками руху потяга; 8 – освітлювальні ліхтарі;
 9 – огороження лабіринтного типу



а)



б)



в)

Рисунок 5 – Зовнішній вид пристроїв інформування «Благовіст-П»

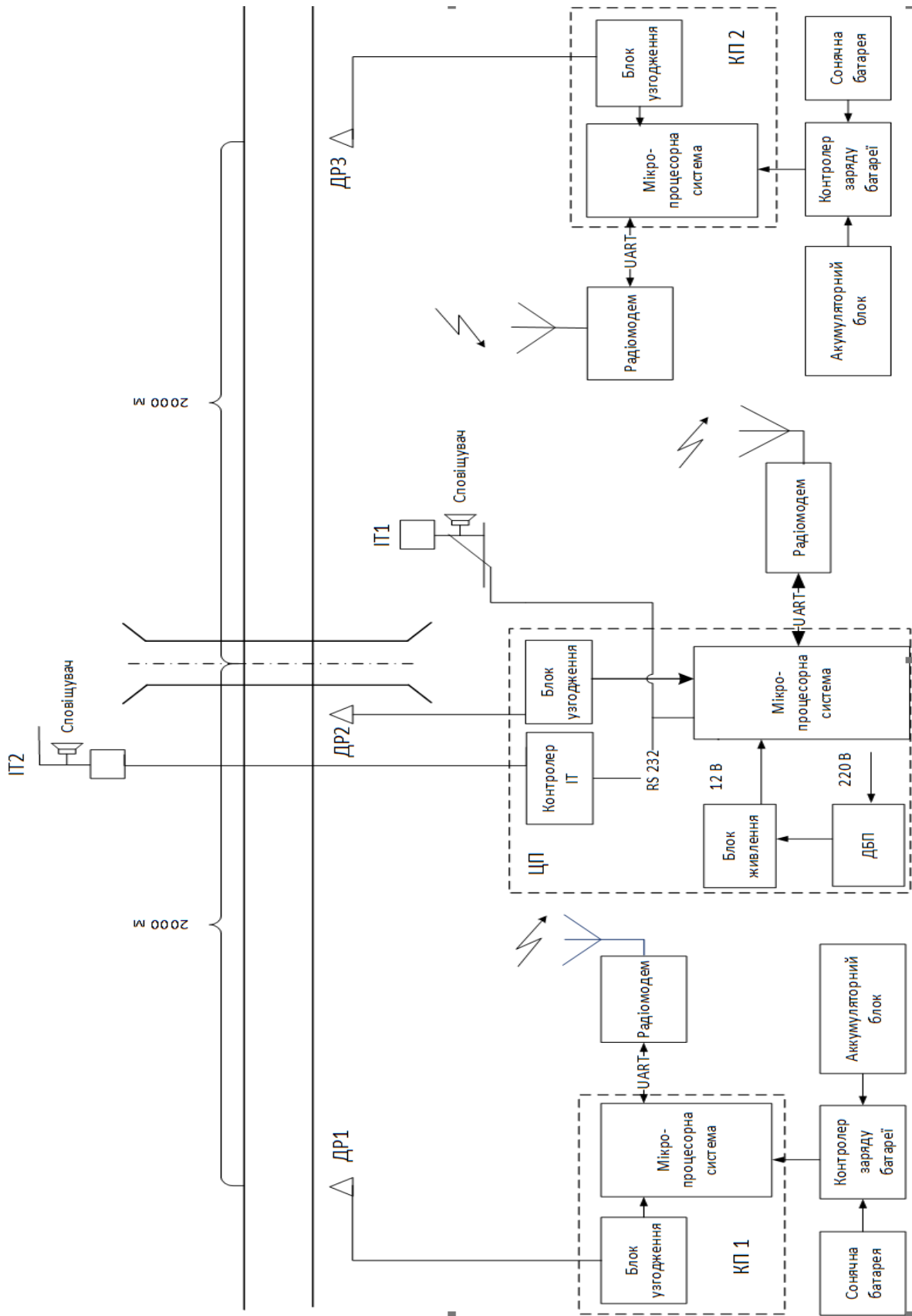


Рисунок 6 – Структурна схема системи для пішохідного переходу «Благовіст-П»: ДР – датчик руху; ІТ – інформаційне табло; ДБЖ – джерело безперебійного живлення

Система передбачає використання декількох типів пристроїв інформування пішоходів на вибір замовника (рис. 5):

а) світлодіодне табло розміром 500x500 мм, яке налічує 1024 світлодіоди і на якому відображається зелений та червоний сигнали світлофора, а також стрілка, що біжить і вказує на рух потяга у одному з напрямків;

б) автотранспортний світлодіодний світлофор;

в) маневровий світлофор із зеленим та червоним світлофільтрами.

Структурна схема пішохідного переходу «Благовіст-П» зображена на рис. 6. До складу ЦП системи входять мікропроцесор, інформаційні табло або світлофори, сповіщувачі, радіомодем, антена, контролер інформаційного табло (у разі комплектації табло), блок узгодження, датчик руху, блок живлення 12 в, блок безперебійного живлення.

До складу КП входять мікропроцесор, радіомодем, антена, блок узгодження, датчик руху, контролер заряду, сонячна батарея, акумуляторний блок.



Рисунок 7 – Зовнішній вид датчика руху системи «Благовіст-П»

У разі обладнання пішохідного переходу у місці горловини станції з 3–5 та більше коліями, контрольні пункти системи комплектуються більшою кількістю датчиків руху. Датчики можуть бути розміщені по обидва боки станції, а також між коліями, з розрахунку дальності визначення потяга – 25 м від кожного з датчиків. Датчики руху, застосовані в системі, зображені на рис. 7.

Основні параметри датчиків руху, що використовуються в системі:

- кут контролю – 15-220°;
- дальність визначення руху – 32 м;
- споживання в режимі очікування – 0,5 Вт;
- рівень освітленості – 5-1000 Лкс;
- діапазон температур – від +45°С до -30°С.

Основною перевагою системи є незалежний від рельсових ланцюгів спосіб визначення наявності потяга на ділянці руху. Завдяки тому, що дані у системі передаються через радіоканал, її реалізація є значно простішою, ніж розгортання дротового зв'язку.

4. Контрольно-інформаційна система для ремонтних бригад «Благовіст-Р»

Система представляє собою комплекс засобів і включає в себе два пункти реєстрації руху потягів (ПР) на ділянках залізничних колій та комплект із двох радіостанцій, на які надходять сигнали та голосові повідомлення про наявність руху потяга у зоні встановлення пункту реєстрації. Структура системи зображена на рис. 8.

Такий підхід дозволяє вчасно поінформувати працюючий персонал про в'їзд рухомого складу на ділянку проведення робіт.



Рисунок 8 – Структура технічних засобів КІС «Благовіст-Р»

ПР є мобільними і перед початком виконання робіт встановлюються працівниками на віддаленні 1–2 км від зони проведення робіт. Вмикаються радіостанції, здійснюється перевірка зв'язку, при налагодженні якої пристрої подають відповідні звукові сигнали. Відстань встановлення забезпечує інформування працівників мінімум за 40 с до наближення потяга при швидкості 180 км/год.

Зовнішній вигляд ПР системи зображено на рис. 9.

До його складу входять:

- мікропроцесор;
- радіомодуль;
- радіоантена;
- блок живлення;
- акумуляторний блок;
- сонячна батарея (СБ);
- звуковий пристрій.

Система працює в автономному режимі 24 години.

Використання СБ дозволяє подовжити автономну роботу системи у світлу пору доби. Зарядка системи здійснюється від джерела струму 220 В за 2–3 години.

У системі також передбачено антивандальний захист та звукове сповіщення у разі спроб її переміщення.

До переваг системи слід віднести її мобільність, що забезпечується відсутністю дротового зв'язку. Така перевага дозволяє в короткий час здійснювати її розгортання в зоні проведення робіт.

5. Висновки

Оскільки робота запропонованих систем базується на основі цифрової обробки інформації, вони мають стандартизовані інтерфейси і канали передачі інформації, тому можливо стверджувати, що вони вписуються в державну концепцію створення у майбутньому Централізованої системи безпеки на об'єктах залізничного транспорту.

Радіозв'язок надає значні можливості створення перспективних систем забезпечення безпеки на залізничному транспорті. Використання бездротових технологій дозволяє



Рисунок 9 – Зовнішній вигляд ПР КІС «Благовіст-Р»

скорочувати матеріальні затрати на організацію зв'язку та витрати часу на розгортання систем безпеки.

Автономність роботи створюваних систем є однією з важливих складових сучасних систем забезпечення безпеки. Така властивість може бути досягнута за рахунок використання сучасних енергозберігаючих технологій.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Федухин А.В., Муха Ар.А. Информационный подход к повышению безопасности движения по железнодорожным переездам. *Математичні машини і системи*. 2015. № 4. С. 145–151.
2. Федухин А.В., Муха Ар.А. Беспроводные микропроцессорные системы для железнодорожных переездов серии «Благовест». *Молодий вчений*. 2014. № 11. С. 16–19.
3. Федухин А.В., Муха Ар.А. Радиомикропроцессорные информационные системы для железнодорожных переездов серии «Благовест». *Математичні машини і системи*. 2014. № 2. С. 137–141.
4. Федухин А.В., Муха Ар.А. Беспроводные микропроцессорные системы для железнодорожных переездов серии «Благовест». *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика*. 2015. № 2. С. 1–5.
5. Федухін О.В., Лутов С.Д., Муха Ар.А., Сеспедес Гарсія Н.В., Гедз О.В. Система інформаційного сповіщення для залізничних переїздів «Благовіст». *Наука та інновації*. 2017. № 13 (2). С 29–35.
6. Fedukhin A.V., Lutov S.D., Mukha Ar.A., Cespedes Garcia N.V., Gedz A.V. Blagovist: Information Warning System for Railroad Crossings. *Science and Innovation*. 2017. N 13 (2). P. 27–32.

Стаття надійшла до редакції 01.02.2021