EOI-ERA-23-0002 Annex 1
October 17, 2023

Technological requirements and description of X-Ray Train Inspection Scanning System

Locations
Chop Railway Checkpoint in Zakarpattia Oblast
Vadul-Siret Railway Checkpoint in Chernivtsi Oblast.

The stationary-type scanning system for railway wagons and containers (hereinafter referred to as the scanning system) utilizes a vertical array of detectors, manufactured using a standard detector housing, which is mounted on a metal supporting structure. The metal supporting structure must be installed within a concrete detector tower, which should also ensure proper radiation protection.
For technical maintenance, access to the detector tower should be facilitated through an electrically powered elevator.

Access to the source tower should be provided through a pre-existing commercial lifting mechanism such as 'Genie' or an equivalent integrated into the main structure itself.

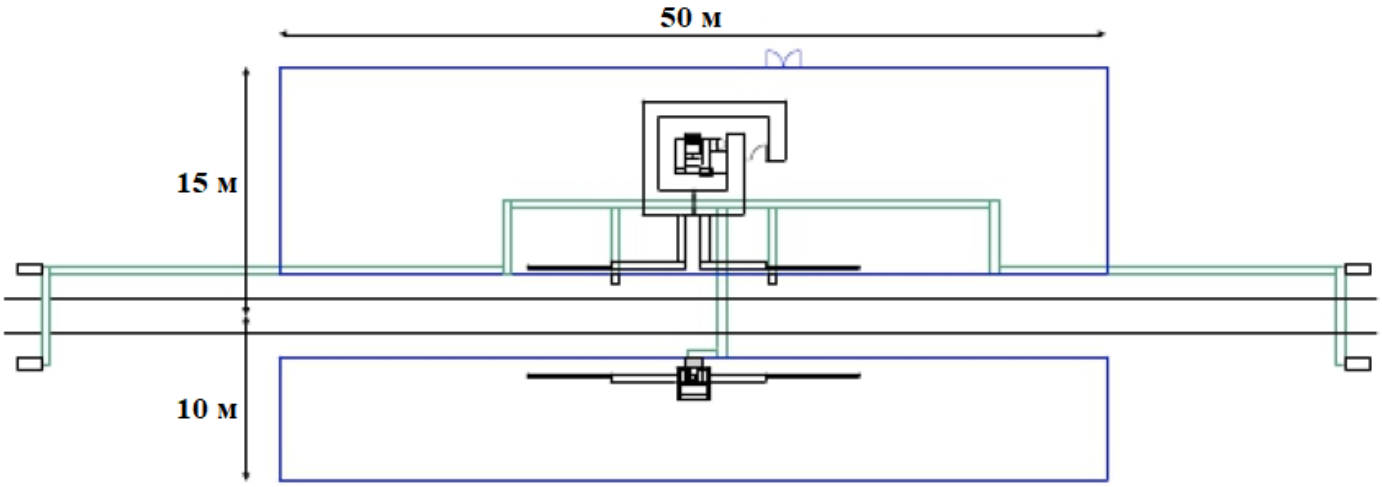
The source tower should be surrounded by a concrete labyrinth for primary radiation shielding.

The walls that shield scattering should extend both plus and minus ten meters from the central line of X-ray emission from the source and at a distance of 2.5 meters from the center of the rail."

The detector tower must be enclosed by scattering-shielding walls that should extend both plus and minus ten meters from the central line of X-ray emission at a distance of 3.1 meters from the center of the rail.

Track sensors should be positioned at a distance of plus or minus fifty meters from the central line of X-ray emission.

Additional track sensors should be placed at a distance of plus or minus five meters from the X-ray central line."



The office space for the scanning system is located outside the radiation-controlled area at a distance not exceeding 80 meters from the main scanner.

The inspection volume should measure a minimum of 0.9 meters (lower height) to 5 meters (upper height) by 4 meters (width).

The Linac bunker must be constructed with concrete walls that are 0.8 meters thick, while other protective walls should be concrete with a thickness of 0.4 meters, all at a height of 3.5 meters above ground level."

Shielding Structure
The source tower must be surrounded by a concrete labyrinth with the following wall thicknesses:

1. In front of Linac: 0.8 meters.
2. To the sides of Linac: 0.8 meters.
3. Behind Linac: 0.8 meters.

The labyrinth must extend from ground level to at least 3.5 meters above ground level. The labyrinth must be equipped with doors (e.g., metal gates) that should be connected to the main interlocking system. The area around the main beam, when it exits the source tower labyrinth, must be shielded by side walls that are at least 0.4 meters thick and extend to a height of at least 3.5 meters above ground level. Shielding wings must extend on both sides of the track at a distance of plus or minus ten meters from the X-ray beamline. Shielding walls must have a thickness of no less than 0.4 meters and a height of 3.5 meters.

Detector Tower
The detector tower must be cast from concrete and have external dimensions of at least 2500 mm x 2500 mm. The detector matrix must be installed in a recess in the front of the shield, which should measure 750 mm (width) x 900 mm (depth). The detector tower must be raised to a height of 7000 mm above the support point. The detector box and the primary collimator must be integrated into a frame that should be attached to the top of the tower and the base of the tower.

Radiation Protection Objective
The radiation protection objective for the scanning system should be to achieve a dose not exceeding 0.5 μSv per any one hour of operation at the edge of the enclosed area during the scanning of up to five moving trains per hour.

Image Processing Efficiency
The scanning system is designed to obtain high-quality images of trains traveling at speeds ranging from 1 km/h to 10 km/h. The scanning system must use a dual-energy linear accelerator and create images with material differentiation. The scanning system should utilize a four-row matrix of X-ray detectors with data accumulation without overlap. The scanning system should not employ collimation from the detector side. The quality of the projected image should be as follows:

- Steel penetration: 310 mm;
- Grid resolution: 5 mm;
- 2 mm wire in air;
- 1% contrast at a steel thickness of 100 mm.

This image quality must remain consistent regardless of the train speed within an acceptable speed range. The scanning system must be capable of producing images of trains moving in any direction without cutting off angles for single-container cargo loads.

Security Systems
The scanning system must be equipped with at least 5 E-Stop systems positioned as follows:

1. E-Stop along the left shielding wall of the source.
2. E-Stop along the right shielding wall on the source side.
3. E-Stop along the left shielding wall of the detector.
4. E-Stop along the right shielding wall on the detector side.
5. An E-Stop button at the operator's workstation for the system.

Additional emergency stop buttons may be installed as needed (e.g., on the electrical panel in the electrical enclosure or at the base of the alert tower).

The scanning system must be equipped with a locking button on the doors at the entrance to the source tower.

The scanning system must be equipped with a locking button near the alert tower to prevent unexpected exposure of service personnel during work with the detector array.

The scanning system should be supplied with video surveillance cameras, with infrared illumination, one at each of the four corners of the enclosed radiation control zone. Four cameras should be directed toward the center of the facility and provide coverage of all three other tower cameras in the line of sight.

Additional Security Systems

In addition to these four fixed cameras, two pan-tilt-zoom (PTZ) cameras should be installed and secured on opposite corner brackets of the camera. A mouse or other device for adjusting PTZ camera settings should be provided to the system operator for control.

Two additional fixed surveillance cameras should be installed near each set of track sensors at plus and minus fifty meters from the central beamline. These cameras should provide online monitoring of the sensors for safety purposes.

The system operator should be provided with a split-screen display with eight cameras, allowing the operator to switch between a view of one, four, or all eight cameras.

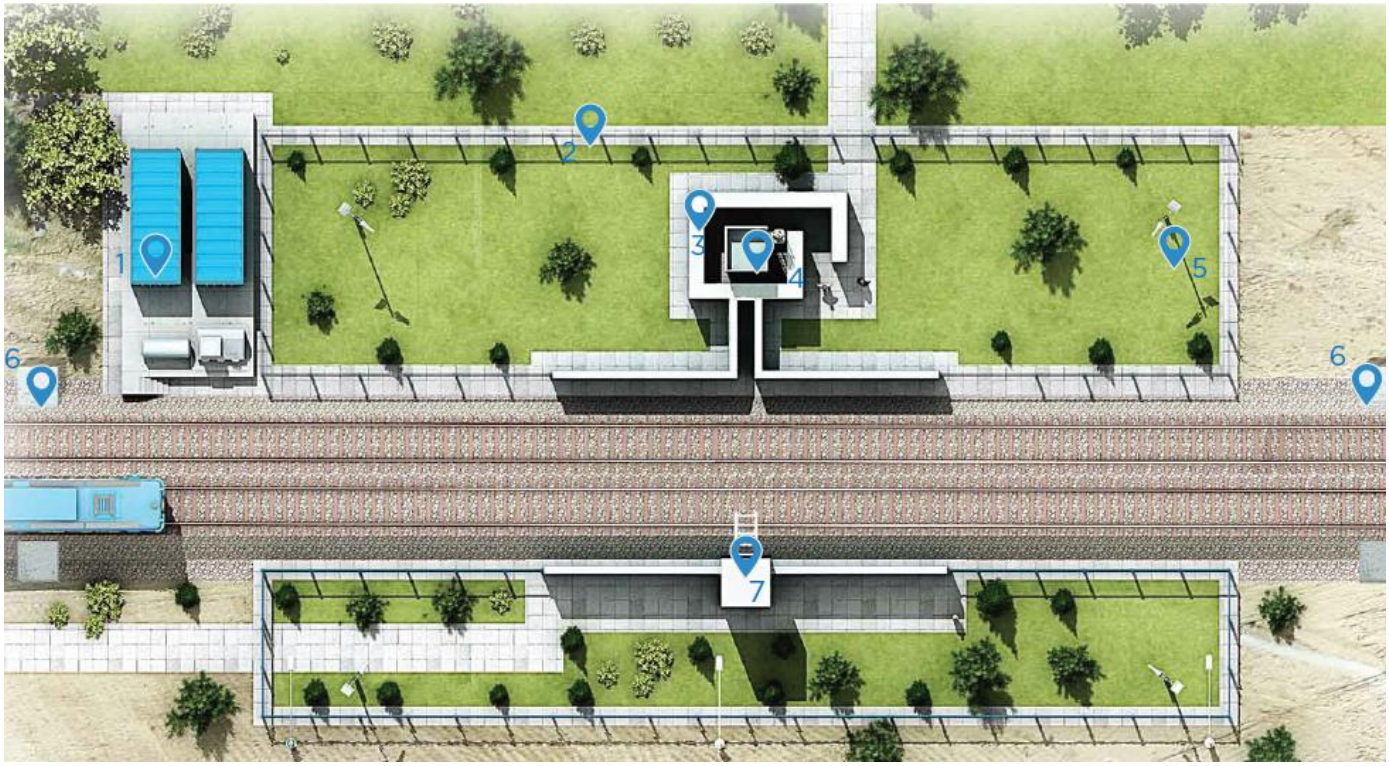
To activate X-ray irradiation, the following sensors should be placed near the track, one set for each scanning direction:

1. Axle counter.
2. Photoelectric sensor (lower).
3. Photoelectric sensor (upper).
4. Linear scanning camera (left).
5. Linear scanning camera (right).
6. Illumination tower (right).
7. Illumination tower (left).
8. X-ray axle counter.

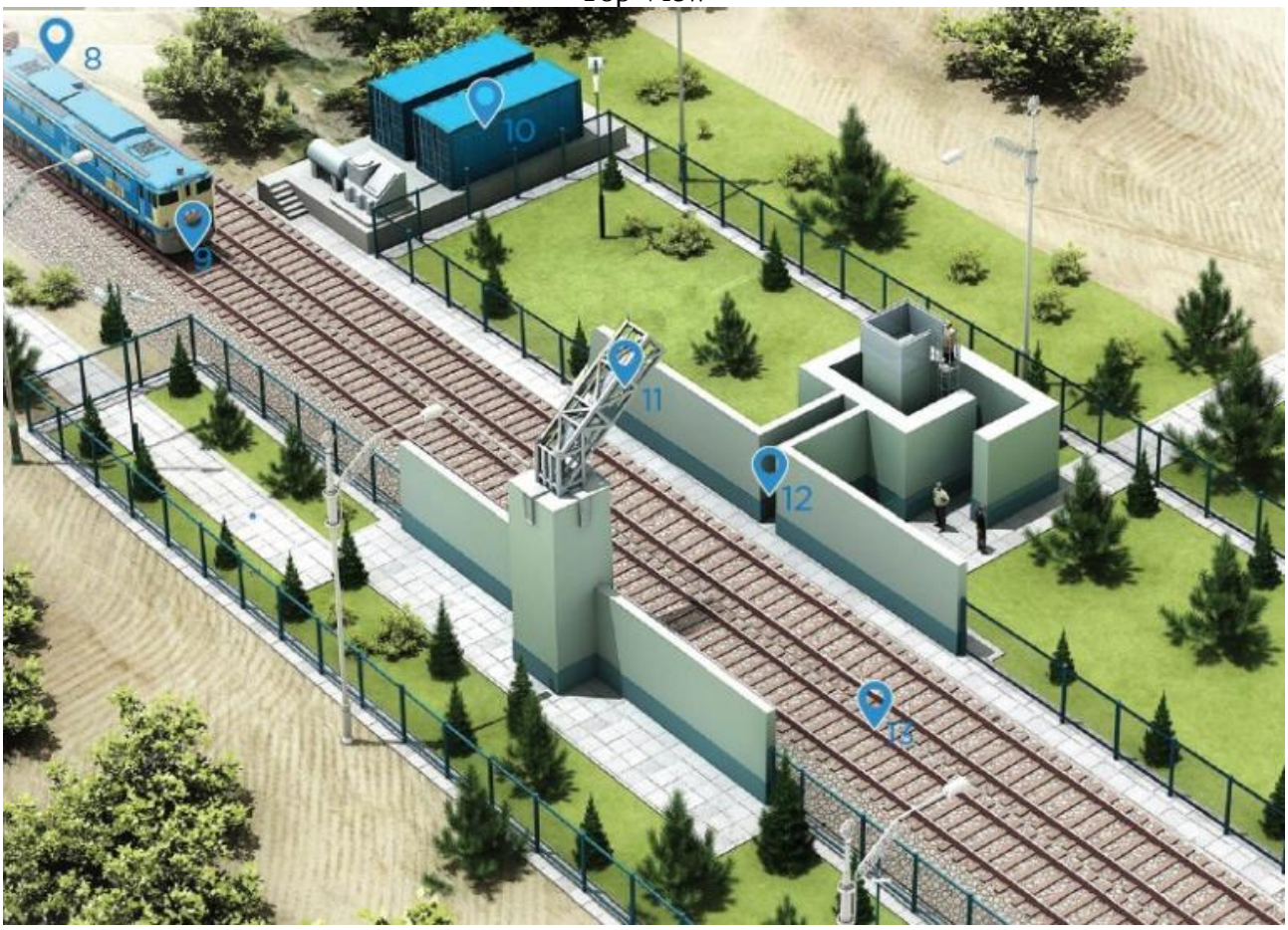
Linear scanning cameras should be connected to separate servers, running software for automatic recognition of wagon/container numbers.

Axle counters should be connected through the appropriate interface panel to the system controller.

The system controller should process events from all track sensors and automatically determine when the X-ray radiation source should be turned on and off. The system controller must operate with an accuracy of up to one microsecond. It should only scan container cargo.



Top View



Perspective

General System Overview

1. Containerized office.
2. Territory fencing line.
3. Built-in protective walls.
4. Bunker for the linear accelerator with energies of 6 MeV or 9 MeV.
5. Controlled safety zone with a closed-circuit television system.

6. System for speed determination, direction, and wagon/container recognition for safe automated cargo scanning.
7. Detector tower.
8. Only recognized cargo is scanned.
9. Scanning speed up to 60 km/h.
10. Full automation of the scanning process, operating 24 hours a day.
11. Corner panel in a vertical column.
12. X-ray beam tunnel.
13. Two-way scanning capability.

Інформаційна довідка щодо скануючої системи стаціонарного типу для залізничних загонів та контейнерів

Скануюча система стаціонарного типу для залізничних загонів та контейнерів (далі – скануюча система) використовує вертикальну матрицю детекторів, виготовлену за допомогою стандартної детекторної коробки, яка закріплюється в металевій опорній конструкції. Металева опорна конструкція повинна встановлюється в бетонну вежу детектора, яка також повинна забезпечувати належний радіаційний захист.

Для технічного обслуговування, доступ до башти детектора повинен здійснюватися через підйомник з електричним приводом.

Доступ до вежі джерела має здійснюватися через готовий комерційний підйомний механізм «Genie» або аналог, інтегрований у саму основну конструкцію.

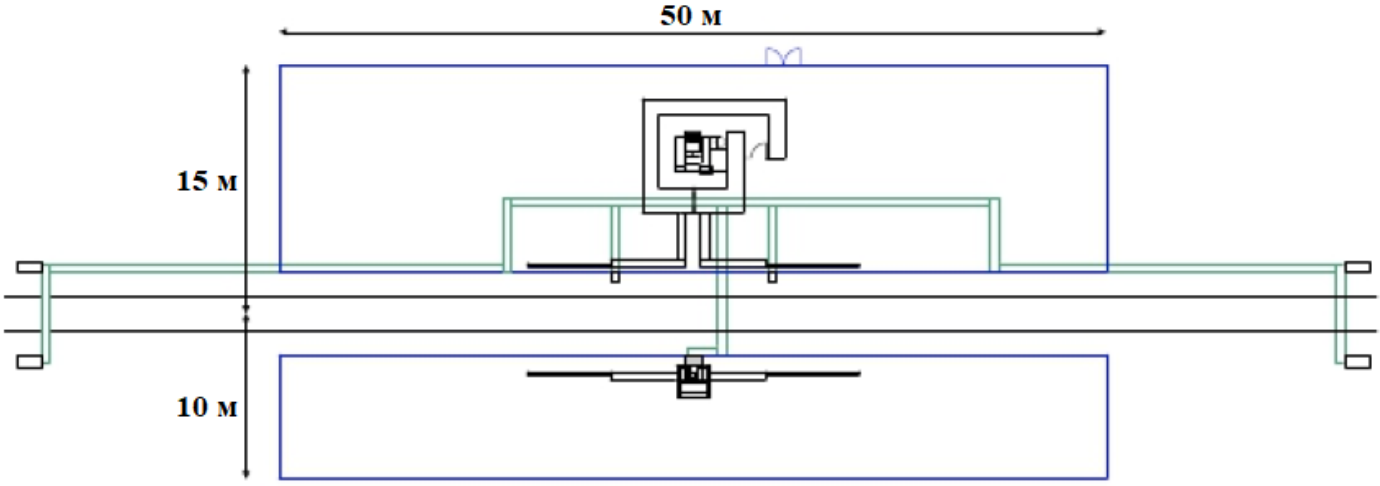
Башта джерела повинна бути оточена бетонним лабіринтом для первинного радіаційного захисту.

Стіни, що екранують розсіювання, повинні простягатися на плюс і мінус десять метрів по бокам від центральної лінії рентгенівського випромінювання джерела та на відстані 2,5 м від центру колії.

Детекторна вежа повинна бути обмежена стінами, що екранують проти розсіювання, які повинні простягатися на плюс і мінус десять метрів від центральної лінії рентгенівського випромінювання на відстані 3,1 м від центру колії.

Колійні датчики повинні бути розміщені на відстані плюс-мінус п'ятдесят метрів від центральної лінії рентгенівського випромінювання.

Додаткові колійні датчики повинні бути розміщені на відстані плюс-мінус п'ять метрів від рентгенівської центральної лінії.



Офісне приміщення скануючої системи розташоване за межами радіаційно контрольованої зони на відстані не більше 80 метрів від основного сканера.

Інспекційний об’єм має становити мінімум 0,9 м (нижня висота) до 5 м (верхня висота) на 4 м (ширина).

Бункер Linac має бути сформований з бетону товщиною 0,8 м, тоді як інші захисні стіни мають бути бетонними товщиною 0,4 м, усі мають бути на висоті 3,5 м над рівнем землі.

Екрануюча конструкція

Башта джерела повинна бути оточена бетонним лабіринтом із наступною товщиною стін:

1. Перед Linac: 0,8 м.
2. До сторін Linac: 0,8 м.
3. За Linac: 0,8м.

Лабіринт має простягатися від рівня землі щонайменше до 3,5 м над рівнем землі.

Лабіринт повинен бути оснащений дверима (наприклад, металевими воротами), які повинні бути підключені до основної схеми блокування системи.

Область навколо основного променя, коли він виходить з лабіринту башти джерела, повинна бути захищена бічними стінками, які мають бути не менше 0,4 м завтовшки і простягатися на висоту щонайменше 3,5 м від рівня землі.

Екрануючі крила повинні простягатися з обох боків колії на відстань плюс-мінус десять метрів від лінії рентгенівського променя. Екрануючі стіни повинні мати товщину не менше 0,4 м і висоту 3,5 м.

Детекторна вежа повинна бути відлита з бетону та мати зовнішні розміри мінімум 2500 мм x 2500 мм. Детекторна матриця повинна бути встановлена в заглибленні в передній частині екрана, яке має бути 750 мм (Ш) x 900 мм (Г). Башта детектора повинна підніматися на висоту 7000 мм над опорною точкою.

Коробка детектора та первинний коліматор повинен бути вбудованим в раму, яка повинна бути прикручена до верхньої частини вежі та до основи вежі.

Проектна мета захисту від випромінювання скануючої системи повинна полягати в тому, щоб отримати дозу, що не перевищує 0,5 мкЗв за будь-яку одну годину роботи на краю огородженої зони під час сканування до п’яти рухомих складів на годину.

Ефективність обробки зображень

Скануюча система призначена для отримання високоякісних зображень поїздів, що проходять зі швидкістю в діапазоні від 1 км/год до 60 км/год.

Скануюча система повинна використовувати подвійний енергетичний лінійний прискорювач і створювати зображення з розділенням матеріалів.

Скануюча система має використовувати чотирирядну матрицю рентгенівських детекторів із накопиченням даних без перекриття.

Скануюча система не повинена використовувати колімацію з боку детектора. Якість проектованого зображення має бути:

- проникнення по сталі: 310 мм;
- роздільна здатність сітки: 5 мм;
- 2 мм дріт у повітрі;
- контраст 1% при товщині сталі 100 мм.

Ця якість зображення має бути незмінною незалежно від швидкості поїзда, коли поїзд рухається в межах прийнятного діапазону швидкості.

Скануюча система має бути створювати зображення поїздів, що рухаються в будь-якому напрямку, без відсікання кутів для односкладових контейнерних вантажів.

Системи безпеки

Скануюча система повинна бути оснащеною щонайменше 5 системами E-Stops, розташованими таким чином:

1. E-Stop вздовж лівої екрануючої стінки джерела.
2. E-stop вздовж правої екрануючої стінки з боку джерела.
3. E-stop уздовж лівої екрануючої стінки детектора.
4. E-Stop уздовж правої екрануючої стінки з боку детектора.

5. Кнопка E-Stop на робочому місці оператора системи.

Додаткові кнопки аварійної зупинки можуть бути встановлені за потреби (наприклад, на електричній панелі в електричному корпусі або в основі башти сповіщувача).

Скануюча система повинна бути оснащеною кнопкою блокування на дверях на вході в башту джерела.

Скануюча система повинна бути оснащеною кнопкою блокування поруч із вежею сповіщувача, щоб запобігти неочікуваному опроміненню обслуговуючого персоналу під час роботи з масивом детекторів.

Скануюча система повинна постачатися з камерами відеоспостереження, з ІЧ-освітленням, по одній у кожному з чотирьох кутів огородженої зони радіаційного контролю. Чотири камери повинні бути спрямовані до центру майданчика і повинні оглядати всі три інші вежі камер в зоні прямої видимості.

На додаток до цих чотирьох фіксованих камер, дві поворотні камери з, нахилом і масштабуванням повинні бути поставлені та закріплені на протилежних кутових щоглах камери. Системному оператору для керування камерами PTZ необхідно надати мишу або інший пристрій для налаштування.

Дві додаткові фіксовані камери відеоспостереження повинні бути встановлені біля кожного набору колійних датчиків на плюс і мінус п’ятдесят метрів від центральної лінії променя. Ці камери повинні забезпечувати online спостереження за датчиками з метою безпеки.

Системному оператору має бути надано зображення з поділеним екраном із восьми камер із можливістю дозволити оператору змінювати вигляд екрана з однієї, чотирьох або восьми камер.

Щоб увімкнути рентгенівське опромінення, слід поставити наступні датчики біля колії, по одному набору для кожного напрямку сканування:

1. Лічильник вхідних осей.
2. Фотоелемент (нижній).
3. Фотоелемент (верхній).
4. Камера лінійного сканування (ліворуч).
5. Камера лінійного сканування (праворуч).
6. Освітлювальна вежа (праворуч)
7. Освітлювальна вежа (зліва)
8. Рентгенівський лічильник осей.

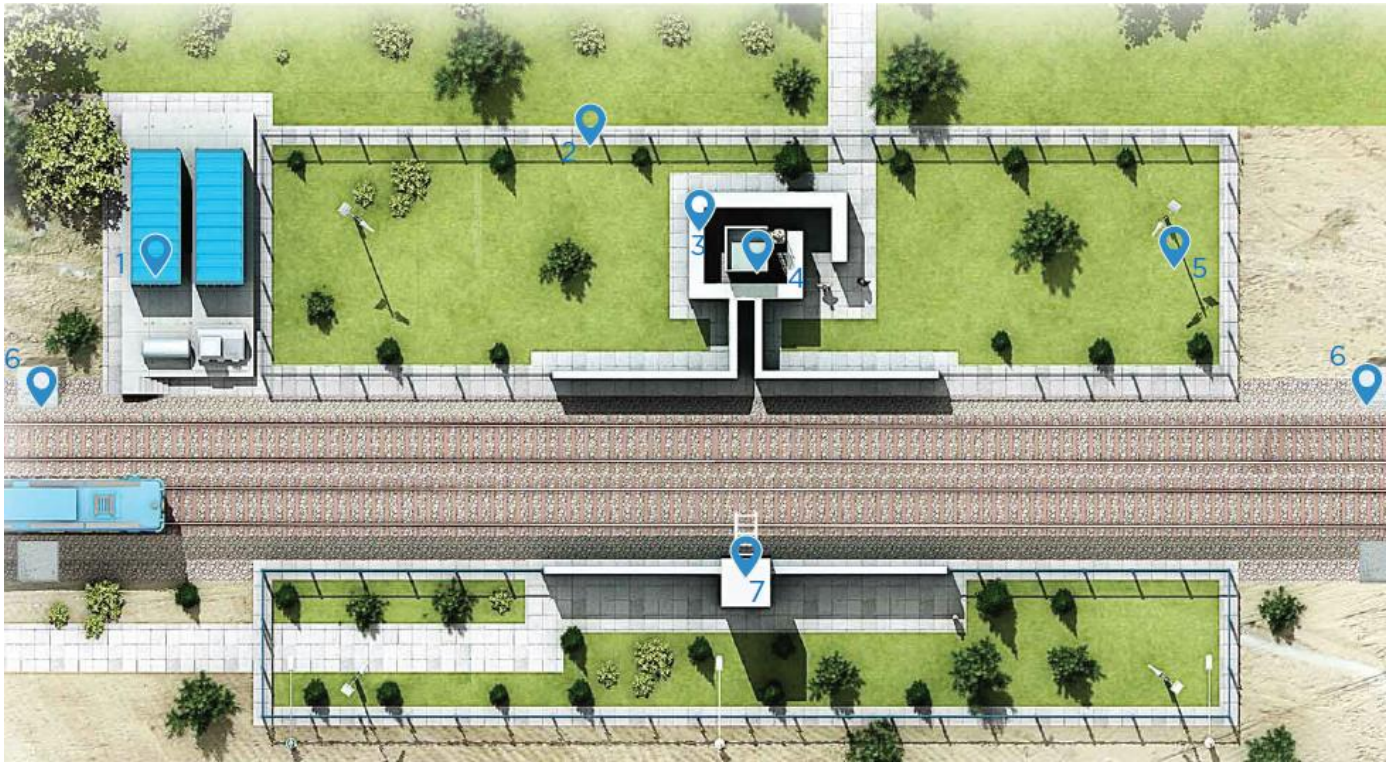
Камери лінійного сканування повинні бути підключені до окремих серверів, на яких повинне працювати програмне забезпечення для автоматичного розпізнавання номеру вагону/контейнеру.

Лічильники осей повинні бути підключені через відповідну панель інтерфейсу до системного контролера.

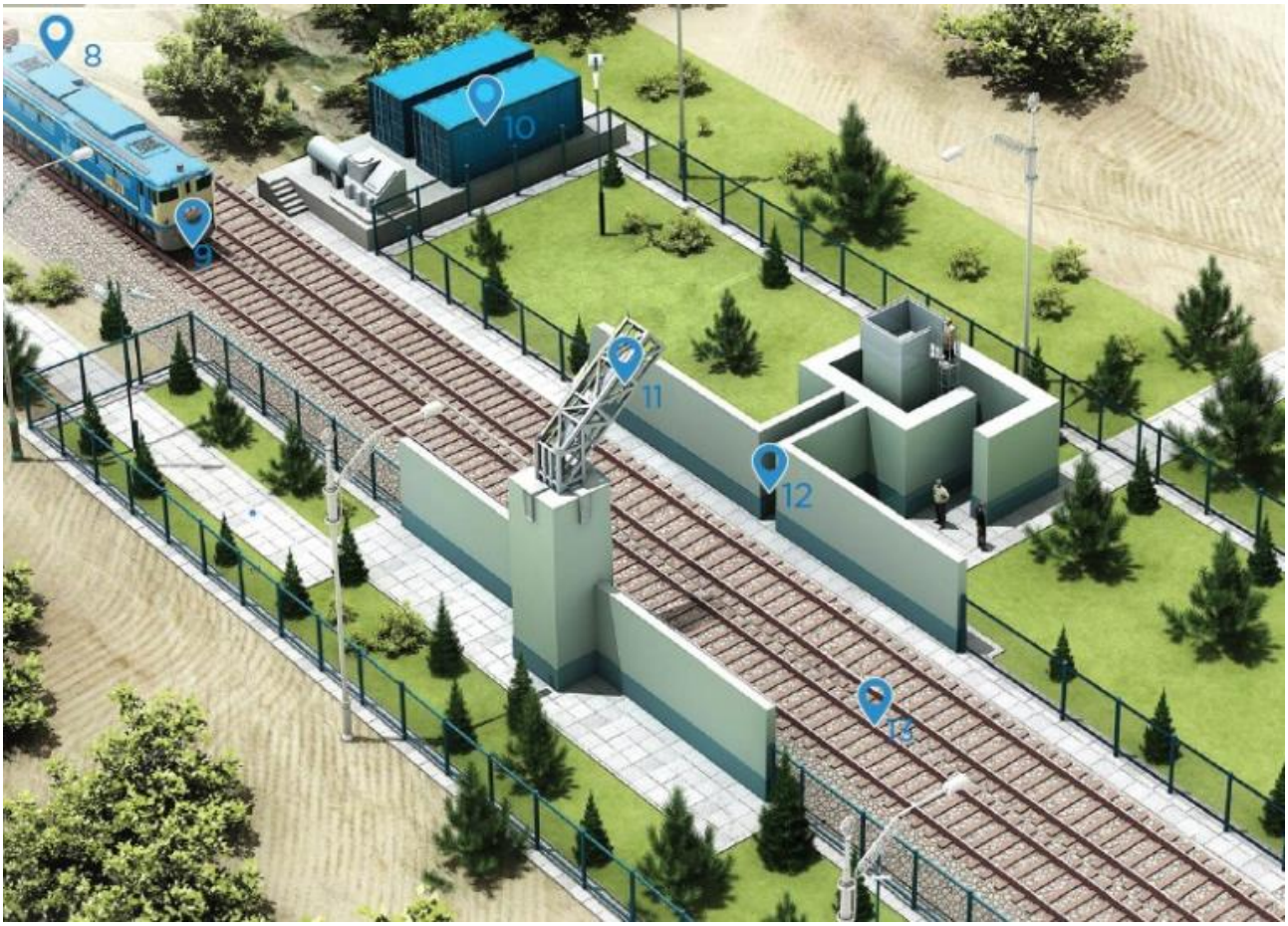
Контролер системи повинен обробляти події від усіх колійних датчиків і автоматично визначати, коли джерело рентгенівського випромінювання слід увімкнути, а коли – вимкнути. Системний контролер має працювати з точністю до однієї мікросекунди. Він сканує лише контейнерні вантажі.

Загальний вигляд системи

1. Контейнеризований офіс.
2. Лінія огородження території.
3. Вбудовані захисні стіни.
4. Бункер лінійного прискорювача з енергією 6 МеВ чи 9 МеВ.
5. Контрольована зона безпеки замкнутої телевізійної системи
6. Система визначення швидкості, напрямку та розпізнавання вагону/контейнеру для безпечного автоматизованого сканування вантажу
7. Вежа детектора



Вид зверху



Перспектива

8. Скануються лише розпізнані вантажі.
9. Швидкість сканування до 60 км/год.
10. Повна автоматизація процесу сканування, з режимом роботи 24 години на добу.
11. Кутова панель у вертикальній колоні.
12. Тунель рентгенівського променя.

13. Можливість двонаправленого сканування.