



УДК 629.4.072.3

А. Акулов, завідувачий СКТБ МСУБ;

К. Железнов, с. н. с. СКТБ МСУБ;

О. Заболотний, с. н. с. СКТБ МСУБ;

Л. Урсуляк, к. т. н., зав. каф. «Теоретична та будівельна механіка»;

Є. Чабанюк, м. н. с. СКТБ МСУБ;

Д. Черняєв, асистент каф. «Локомотиви»;

А. Швець, с. н. с. СКТБ МСУБ;

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. А. Лазаряна

Навчальні модульні тренажери для спеціалізованої техніки

Світовий досвід свідчить, що використання тренажерів у процесі навчання, перепідготовки та сертифікації фахівців постійно зростає. Тренажери дозволяють розширити ресурси і можливості навчання фахівця та оцінки його кваліфікації. Ці ресурси включають в себе додаткові можливості наочності і доступності навчального матеріалу. Складні фізичні моделі, що працюють в режимі реального часу, сучасні можливості 3D графіки, аудіо супровід та різні оперативні деталі дозволяють реалістично відтворити взаємодію фахівців зі спецтехнікою.

Використання інформаційних технологій в сфері навчання дає можливість підвищити ефективність та інтенсивність навчання, скоротити терміни і вартість підготовки фахівців. Це до-

сягається за рахунок проведення навчання у віртуальному середовищі, максимально наближеному до реального. В останні десятиліття у багатьох сферах людської діяльності широко використову-

ються симулятори робочого середовища (тренажери) на основі ІТ-технологій, в тому числі, при вирішенні таких важливих завдань, як підготовка, перепідготовка та сертифікація фахівців [1].

Для навчання, перепідготовки та сертифікації машиністів шахтних локомотивів та колійних машин, а також операторів вантажно-розвантажувальних та інших механізмів і машин, структурним підрозділом ДНУЗТ — СКТБ МСУБ протягом 2012–2016 років розроблено різні тренажери.

ТРЕНАЖЕР МАШИНІСТА ШАХТНОГО ЛОКОМОТИВА

Ефективна підготовка машиністів шахтних локомотивів представляє собою важливе завдання для багатьох шахт по всьому світу. Підготовка кваліфікованих машиністів важлива для успішної роботи та розвитку гірничодобувної промисловості. Світовий досвід показує постійний ріст використання тренажерів в процесі навчання, перепідготовки та сертифікації машиністів. На початковому етапі навчання з використанням тренажера майбутній машиніст отримує не тільки теоретичні, а і початкові практичні навички в майбутній роботі. Дослідження показують, що машиністи, які навчалися за допомогою тренажерів, здатні підтримувати більш високий рівень продуктивності, ніж ті, хто не проходив подібного навчання [4].

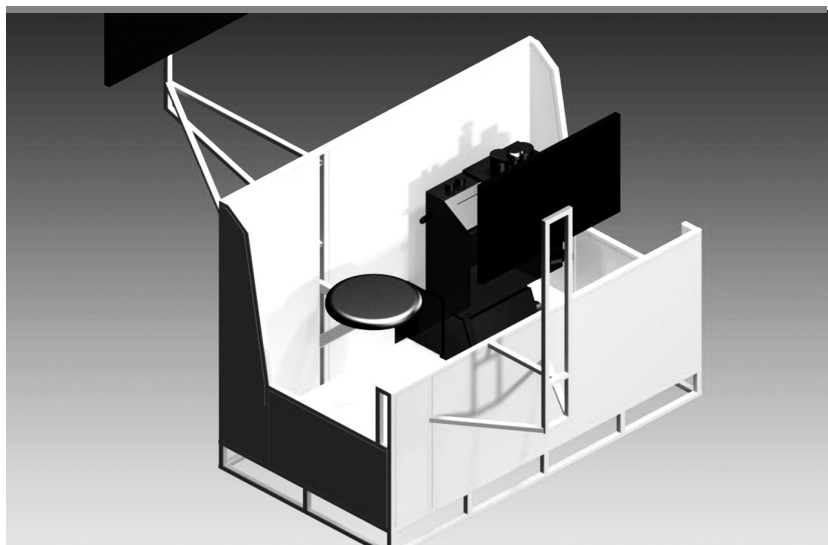
Експлуатація локомотива в шахті, де постійно змінюється дорожня обстановка, вимагає від машиніста навичок, отриманих за рахунок інтенсивного навчання. Найшвидший та ефективний спосіб для досягнення цієї мети — підготовка машиністів з використанням тренажерів. Локомотивні тренажери використовують складні технології симуляції роботи обладнання та зміни навколишнього оточення, а також інтенсивні методи навчання, що дозволяють підвищити ефективність, продуктивність та безпеку роботи машиністів.

Як і всі тренажери, тренажер машиніста шахтного локомотива призначений для підвищення ефективності та інтенсивності навчання. За рахунок цього буде досягнуто зменшення фінансових

та тимчасових витрат на підготовку машиніста, підвищення безпеки і продуктивності його праці, зменшення кількості помилок в роботі та пошкодження обладнання, причинами яких іноді є недосвідченість машиніста.

Тренажер машиніста може бути виготовлений як автономний засіб навчання, із зануренням учня у віртуальне середовище, максимально наближене до реальної робочої атмосфери. Крім того, тренажерами можуть бути обладнані навчальні класи в технічних центрах підготовки, перепідготовки та сертифікації машиністів. Теми занять можуть розроблятися

та змінюватися за потребами замовника. Технічний центр може складатися з навчальних класів для вивчення електричної частини локомотивів [2], для проведення занять з відпрацювання необхідних навичок виконання маневрових, вантажно-розвантажувальних та інших видів робіт, які повинен виконувати машиніст в реальній роботі. Такий центр може бути оснащений великою кількістю тренажерів для використання в різних навчальних цілях. Для них необхідна розробка програмного забезпечення для моделювання роботи всіх систем локомотива, інфраструктури під'їзних



Тренажер машиніста шахтного локомотива



Вигляд навчального класу з тренажером шахтного локомотива

шляхів шахт та інтерактивної 3D-панорами навколишнього середовища. Це ж програмне забезпечення можна також застосувати в портативних, невеликого розміру, тренажерах. Це ідеальний варіант для навчання операторів на підприємстві, коли немає можливості отримати необхідні знання та навички в спеціалізованих центрах [1–3].

Тренажер машиніста шахтного локомотива повинен складатися з кабіни або макета кабіни локомотива, максимально наближеної до реальної. У кабіні повинна бути відтворена реальна робоча обстановка, розміщені органи управління, сигналізації та індикації локомотива, а також інше обладнання, яке присутнє у реальній кабіні та необхідне для виконання усіх технологічних операцій. Кабіна може бути встановлена на рухомій платформі з 6-ма ступенями свободи, яка здатна відтворювати коливання, близькі до реальних — для максимального наближення процесу навчання до реальних умов роботи машиніста. Віртуальна навколишня панорама повинна відтворюватися за допомогою проекційної системи з високою роздільною здатністю та якісної аудіо системи. 3D-панорама шахти дає можливість учням ознайомитися з реальною шахтою у віртуальному середовищі навчання. Контроль над усіма аспектами навчання та оцінки виконання завдань здійснюється в режимі реального часу спеціальним програмним забезпеченням.

При виконанні навчальних завдань машиніст розміщується в кабіні локомотива та виконує свої основні функції:

- управління шахтними локомотивами;
- формування складу та виконання маневрових робіт на навантажувальних та обмінних пунктах і естакадах;
- розміщення вагонів у місцях навантаження та розвантаження;
- вивезення вантажів, заведення порожніх вагонів;

- доставка людей до місця роботи та назад;
- переведення стрілок на шляху прямування;
- регулювання швидкості руху шахтного локомотива залежно від профілю колії та ваги складу;
- екіпірування електровозів та заправка пісочниць;
- спостереження за показами засобів вимірювань;
- огляд та випробування механізмів управління;
- усунення несправностей у роботі устаткування.

Програмне забезпечення тренажера:

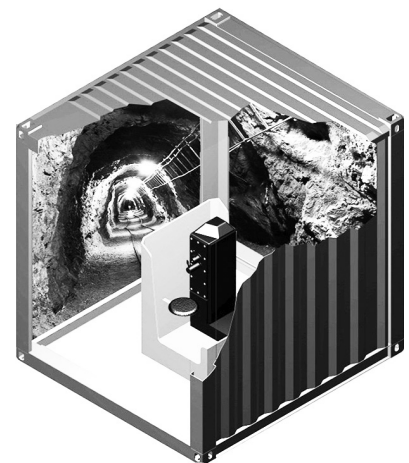
- моделює фізичні процеси реалізації сили тяги локомотива;
- розраховує швидкість руху локомотива та кожної вагонетки з урахуванням профілю та плану реальної колії шахти й характеристик локомотива і вагонеток;
- відображає 3D-панораму реальної шахти, рухомий склад, вантажно-розвантажувальні місця та інші елементи інфраструктури шахти, що мають важливе значення для навчання машиністів;
- забезпечує реєстрацію ходу виконання навчального завдання з метою оперативної оцінки правильності дій машиніста;
- забезпечує збереження результатів виконання навчальних завдань для подальшого аналізу.

У випадку, коли кабіна локомотива встановлена на платформі для імітації експлуатаційних коливань та має до 6-ти ступенів свободи, її коливання можуть бути отримані у вигляді записів просторових прискорень при проведенні дослідних поїздок на реальному локомотиві або згенеровані як квазівипадкові процеси із заданими характеристиками.

Система відображення віртуальної шахти складається з трьох великих проекційних екранів попереду та одного екрану ззаду. Передні екрани (лівий, середній, правий) забезпечують стажисту широке поле огляду (приблизно 180°).

Задній екран необхідний для виконання вправ, які вимагають руху локомотива у зворотному напрямку. Для відображення віртуальної моделі шахти виконується відеозйомка реальної шахти та фотозйомка окремих об'єктів інфраструктури шахти, на основі яких базуються 3D-моделі для подальшої побудови віртуального світу шахти. Тут же використовуються комп'ютерні 3D-моделі іншого шахтного устаткування, такі як вагонетки, гірничорудні установки та інші. Для відтворення автентичної аудіо-панорами шахти використовуються реальні звукозаписи. Таким чином, панорама будується на основі оригінальної ділянки стовбура шахти та дозволяє виконати різні види маневрових робіт як усередині самої шахти, так і з виходом на поверхню. Інші елементи — люди, обладнання і транспортні засоби можуть вводитися у віртуальний світ шахти для взаємодії з машиністом, щоб оцінити та підвищити рівень його кваліфікації.

Використання реальних елементів управління або їх макетів, близьких до реальних, підвищують реалізм виконання навчальних завдань на тренажері. Імітація динаміки шахтного поїзда заснована на детальних математичних моделях, що забезпечують досить



Вигляд кабіни локомотива з відображенням віртуальної шахти

точне відтворення реальних процесів. Ці моделі поїзда забезпечують реалістичність взаємодії між локомотивом, вагонетками та рейками, в тому числі, в екстремальних умовах [1-3].

Для організацій, які планують використовувати тренажери, може бути розроблена система навчання, акцентована на безпеці виконання робіт або на скороченні витрат, таких як скорочення витрати палива, мотогодин, незапланованого технічного обслуговування, викликаного неправильною експлуатацією локомотива. Навчальні завдання можуть бути налаштовані для задоволення різних потреб в підготовці кадрів, у тому числі, для виконання робіт в районах, що відрізняються складністю, взаємодією з іншими транспортними засобами та персоналом в тунелях і в надзвичайних ситуаціях. На деяких ділянках можуть бути реалізовані навчальні завдання з виконання буксирування, навантаження та розвантаження, а також відпрацювання аварійних ситуацій.

Інструктор має можливість підготувати і адаптувати навчальні завдання для машиніста, може контролювати та оцінювати учня під час виконання навчальної поїздки. Інструктор може ввести деякі умови для виконання вправи, а також оперативно втручатися в ситуацію і аналізувати дії учня під час виконання. Результати виконання навчальних завдань зберігаються в базі даних для подальшого перегляду та аналізу. В кінці кожної вправи інструктор отримує звіт, в якому описані основні результати виконання навчального завдання, такі як витрата енергоносіїв, дотримання правил безпеки виконання робіт, зіткнення, сходи з рейок і т. д., які можуть бути використані для кількісної оцінки роботи машиніста.

ТРЕНАЖЕР МАШИНІСТА КОЛІЙНОЇ МАШИНИ

Для виконання функцій покладених на машиніста колійної машини тренажер дозволяє навчити:

- управляти колійною машиною й забезпечувати безпеку руху відповідно до вимог ПТЕ, інших правил, інструкцій, наказів, вказівок та інших нормативних актів;
- виконувати перевезення робітників до місця виконання аварійно-відновлювальних робіт;
- виконувати експлуатаційні та аварійно-відновлювальні роботи на залізницях, в тому числі ремонт та огляд пристроїв контактної мережі;
- виконувати обов'язки оператора підйомно-транспортного механізму;
- вести спостереження за показаннями контрольно-вимірювальних приладів;
- виконувати встановлений на залізниці регламент переговорів між машиністом та помічником машиніста, між локомотивною бригадою та поїзним диспетчером або черговими по станціях та інші форми перевірки пильності;
- дотримуватися раціональних режимів ведення машин, забезпечуючи виконання графіка та вимоги безпеки руху. Не допускати водіння машин з перевищенням причіпного навантаження, перевантажень вузлів й агрегатів машини;
- виконувати накази, оперативні розпорядження диспетчерів, чергових по станціях та інших посадових осіб, відповідальних за організацію руху поїздів та проведення маневрів на дільниці й станціях;
- контролювати в установленому порядку роботу пристроїв безпеки й радіозв'язку, вузлів та агрегатів машини, перевіряти їх стан, в тому числі протипожежний;
- при виявленні несправності машини приймати всі необхідні заходи до якнайшвидшого її усунення, а при неможливості усунення у встановлений норматив часу — звільненню перегону, не допускаючи збою графіка руху поїздів;
- економно витрачати паливно-енергетичні ресурси.

НАВЧАЛЬНІ ТРЕНАЖЕРИ ДЛЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ТА ІНШИХ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН

Тренажер призначений для навчання операторів спецтехніки (вантажно-розвантажувальні механізми, трактори, бульдозери, екскаватори, фронтальні навантажувачі, підйомні крани, кар'єрні самоскиди, бурові машини та ін.) виконання регламентних робіт, з дотриманням вимог безпеки і діям в нестандартних та аварійних ситуаціях, які можуть виникати під час реальної роботи.

Процес підготовки операторів спецтехніки займає досить тривалий відрізок часу і вимагає немалих фінансових витрат. Розвиток комп'ютерної техніки та пов'язаних з нею технологій дозволяє розробити сучасні інтерактивні засоби навчання. У сфері



Загальний вигляд 3D панорами тренажера

підготовки операторів спецтехніки до таких засобів відносяться навчальні тренажери. Такі тренажери можуть бути виготовлені для будь-яких типів спецтехніки та для будь-яких реальних промислових підприємств, на яких після проходження підготовки працюватимуть оператори. Крім цього використання тренажерів дозволить моделювати різні нештатні і навіть аварійні ситуації, які можуть виникати в реальних умовах роботи. Це дозволить навчити операторів приймати швидкі та правильні рішення, що дозволяють уникнути важких наслідків в реальній робочій ситуації. Цей аспект використання тренажерів важко переоцінити, тому що в реальних умовах неможливо навмисно створювати такі ситуації. Крім цього, використання тренажерів дозволить істотно скоротити терміни підготовки

майбутніх фахівців за рахунок інтенсифікації процесу навчання, що призведе до скорочення вартості підготовки.

Такий тренажер складається з робочого місця оператора, обладнаного комп'ютером, на якому відображається панорама реальної робочої обстановки. За бажанням замовника робоче місце оператора може бути розміщено на рухомій платформі, призначеної для імітації коливань, наближених до експлуатаційних. Тренажер виготовляється під реальне підприємство і для конкретної моделі спецтехніки. По закінченню роботи на тренажері формуються результати, які зберігаються в базі даних кожного оператора для подальшого аналізу і визначення рівня підготовки учня.

Тренажер використовується для наступних цілей:

— Початкової підготовки молодих фахівців. Ознайомлення їх з органами управління та контролю і процедурою підготовки спецтехніки до роботи.

— Навчання способом управління механізмами і машинами під час роботи.

— Навчання діям в позаштатних і аварійних ситуаціях, які можуть виникнути в реальній роботі. Це унікальна можливість тренажера дозволить виробити у операторів навички швидких і правильних дій, що дозволяють уникнути серйозних наслідків під час виконання реальних робіт.

— Навчання взаємодії з операторами іншої техніки, пов'язаної в рамках технологічного процесу.

— Оцінки рівня кваліфікації операторів після тривалих перерв у роботі.

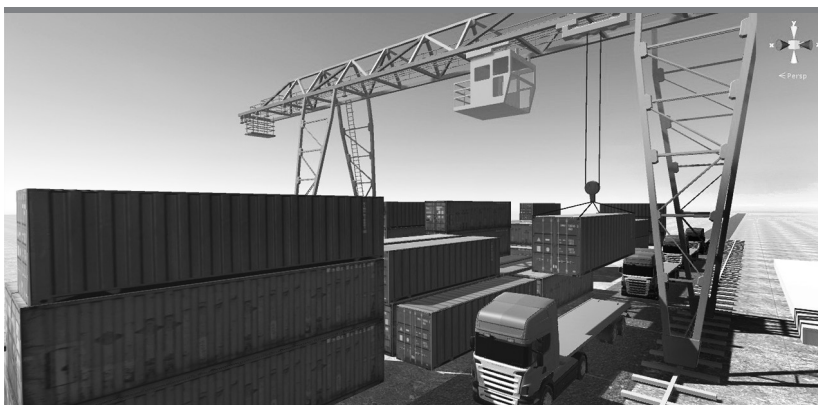
— Навчання операторів управління модернізованими або новими типами машин і механізмів.

Всі тренажери виготовляються з урахуванням конкретних побажань замовників і забезпечуються інструкціями з експлуатації та методичними матеріалами щодо їх використання для реальних потреб замовника. Крім цього на базі робочих місць учня можуть бути виготовлені навчальні класи.

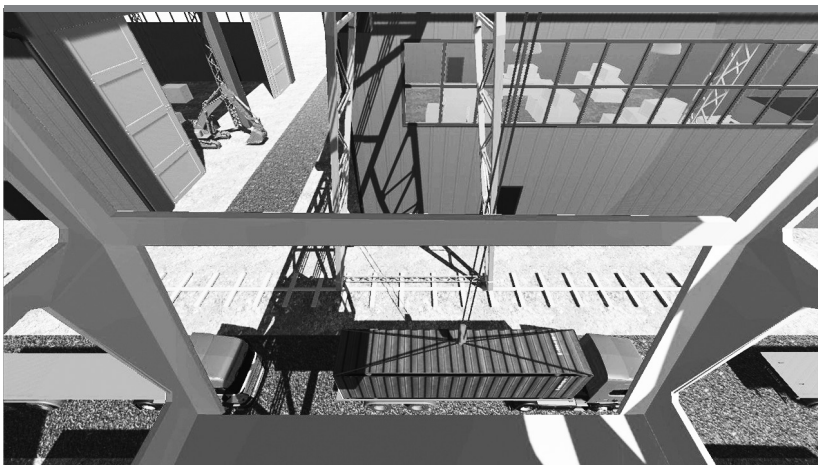
Кожен модуль тренажерного комплексу призначений для візуальної та інтерактивної роботи з учнем та оцінки його кваліфікації. Навчальний план роботи на тренажері містить послідовність завдань, які починаються з простих, а потім переходять до більш складних. Вони дають можливість періодичних перевірок знань протягом періоду навчання і сертифікації машиніста після закінчення навчання [1, 2].

ВИСНОВКИ

Тренажери дозволяють скоротити терміни та фінансові витрати на підготовку фахівців, підготувати їх до безпечної й продуктивної експлуатації обладнання, а також виконувати сертифікацію машиністів та операторів. Крім цього,



Загальний вигляд 3D панорами тренажера при виконанні розвантажувальних робіт



Вигляд 3D панорами тренажера при виконанні розвантажувальних робіт з кабін оператора

тренажери мають кілька додаткових переваг. Незважаючи на те, що вони ніколи не замінять реальний досвід на робочому місці, вони можуть швидко підняти кваліфікацію учнів, набуті навички дій в нестандартних та аварійних ситуаціях, що вкрай важко в умовах реальної роботи. Фахівець, який проходить навчання може повторно виконувати важкі вправи, поки не отримає потрібних навичок, в той час як в реальній ситуації у нього може не бути шансу повторно відтворювати одну й ту ж саму ситуацію.

Тренажери мають й інші, менш очевидні переваги. Важливий фактор, який не слід залишати поза увагою — тренажери є екологічно чистими. Їх використання не має практично ніякого негативного впливу на навколишнє середовище. Для того, кого навчають, велика перевага — це робота в повністю безпечному середовищі, з усвідомленням того, що будь-які зроблені ним помилки не закінчаться травмою або пошкодженням обладнання.

Тренажери забезпечують можливість навчання як початківців, так й досвідчених машиністів та операторів, щоб підвищити їх кваліфікацію швидко, безпечно і в екологічно чистому середовищі. А відпрацювання аварійних ситуацій на тренажерах виключають завдання шкоди довколишньому середовищу.

Навчання на реалістичних тренажерах забезпечує швидкий перехід до роботи на реальному обладнанні та дозволяє продемонструвати рівень своєї кваліфікації в обстановці максимально наближеної до робочої. Крім того, не потрібно вилучати обладнання з виробничого процесу для навчання людей. Фахівець, якого навчають з використанням тренажера, отримує досвід, як саме обладнання буде реагувати на його дії в широкому діапазоні реальних ситуацій. Ці ситуації не завжди можна реалізувати в режимі реальної роботи, не піддаючи при цьому небезпеці людину та обладнання.

Локомотив

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Акулов, А. С. Модульний тренажер машиніста / А. С. Акулов, К. І. Железнов, О. М. Заболотний та ін. // Локомотив-інформ, 2017. – №7-8. – С. 42-49.
2. Акулов, А. С. Програмне забезпечення для візуалізації та вивчення електричних та пневматичних схем тягового рухомого складу / А. С. Акулов, К. І. Железнов, О. М. Заболотний та ін. // Локомотив-інформ, 2017. – №9-10. – С. 44-49.
3. Пат. 100671 Україна. МПК G 09 B 9/04 (2006.01). Тренажер для навчання машиніста шахтного електровоза / Железнов К. І., Акулов А. С., Заболотний О. М., Чабанюк Є. В., Швець А. О. (Україна); заявник та патентовласник Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – № у 2014 13137; заявл. 08.12.14; опубл. 10.08.15. Бюл. № 15. – 2 с.
4. Technology & innovation [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.caterpillar.com/en/careers/technology-innovation.html>. – Загл. з екрана. – Перевірено: 06.07.2017.