

УДК 629.4.072.3

Акулов А.С., завідуючий СКТБ МСУБ

Железнов К.І., с.н.с. СКТБ МСУБ

Заболотний О.М., с.н.с. СКТБ МСУБ

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

Чабанюк Є.В., м.н.с. СКТБ МСУБ

Черняєв Д.В., асистент каф. «Локомотиви»

Швець А.О., с.н.с. СКТБ МСУБ

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. А. Лазаряна (ДНУЗТ)

## МОДУЛЬНИЙ ТРЕНАЖЕР МАШИНІСТА

Навчання машиністів локомотивів безпечної та ефективної роботи є важливим аспектом забезпечення вантажоперевезень, що в значній мірі впливає на їх собівартість. Для досягнення цієї мети досить активно використовують тренажери. Тренажерний комплекс може бути виготовлений для будь-якого типу тягового рухомого складу та для будь-якої ділянки руху й дозволяє вирішити практично всі питання, пов'язані з навчанням, підготовкою, підвищенням професійного рівня та атестацією студентів (машиністів).

Ключові слова: аварійні ситуації, електричні схеми локомотива, модульний тренажер машиніста, навчання машиністів локомотивів, пневматичні схеми локомотива, позаштатні ситуації.

Інформаційні технології стали невід'ємною частиною життя сучасного суспільства. У зв'язку з цим перед сучасною системою освіти постає складне завдання підготовки нового покоління до умов існування та професійної діяльності в глобальному інформаційному суспільстві.

Однак на сьогоднішній день багато навчальних закладів стикаються з проблемами, що знижують ефективність придбання студентами практичних навичок:

- у вузів часто обмежені можливості забезпечення студентів обладнанням, матеріалами та іншими засобами, за допомогою яких учень мав придбати практичні навички, засвоївши при цьому раніше отримані теоретичні знання;
- обсяг практичних занять, що відводяться на освоєння дисциплін, стає дуже обмежений, внаслідок чого швидкоплинність проведення лабораторних робіт не дозволяє студентам встигнути осмислити проведені дослідження;
- проведення лабораторних робіт на натурних установках супроводжується відповідними експлуатаційними витратами, основною статтею яких зазвичай є витрати на електроенергію, а де які з них є небезпечними для студентів.

Таким чином, саме завдання освоєння практичних навичок є однією з найбільш складних завдань у процесі навчання й підготовки фахівців. Завдяки бурхливому розвитку комп'ютерної техніки та інформаційних

технологій з'явилася можливість вирішити це завдання за рахунок використання мультимедійних тренажерних імітуючих або моделюючих засобів.

При роботі на тренажері, спроектованому відповідно сучасних технічних вимог, студент, застосовуючи наявні знання, отримує досвід, дуже близький до роботи в реальних умовах, та одночасно йде процес уточнення та закріплення його теоретичних знань. Важливо, що при цьому студентам обов'язково доводиться міркувати, творчо підходити до вирішення поставленого завдання. В результаті не просто розвиваються навички роботи з обладнанням або формується звичка дій за необхідним алгоритмом, але й розвивається логічне та образне мислення, здатність вирішувати нетривіальні завдання на основі засвоєного обсягу теоретичної інформації. Таким чином, в роботі на тренажерах максимально зближуються процеси отримання практичних та закріплення теоретичних знань. Тренажерні технології активізують пізнавальні процеси учня, не обмежуючи його свободу дій в процесі пошуку вірного рішення [1, 3].

Перевагами використання тренажерів (навіть у порівнянні з роботою на реальних лабораторних стендах) можна зазначити:

- інтенсифікація навчання без втрати якості засвоєння матеріалу;
- можливість проведення лабораторних робіт фронтальним методом (всі студенти одночасно виконують одну роботу), що істотно підвищує ефективність цього виду навчання;
- можливість широкої зміни умов експерименту;
- можливість моделювання й безпечного дослідження екстремальних та аварійних режимів роботи обладнання;
- можливість відносно легкої та швидкої модифікації елементів досліджуваного обладнання до новітніх промислових зразків;
- забезпечується суттєве енергозбереження в порівнянні з використанням реальних лабораторних стендів, економія навчальних площ, зниження капітальних, експлуатаційних та інших витрат.

Завдяки очевидних переваг використання тренажерів, сфера їх застосування постійно розширюється. Сьогодні вони поширені там, де проведення навчання на реальній системі або об'єкті супроводжується серйозними труднощами в технічному плані або серйозними матеріальними витратами. Таким чином, чим більший ступень відповідності реальним об'єктам мають віртуальні моделі, тим краще тренажер сприяє засвоєнню матеріалу та надбанню практичного досвіду в умовах максимально наближених до реальних.

Навчання машиністів локомотивів безпечної та ефективної роботи є важливим аспектом забезпечення вантажоперевезень, що в значній мірі впливає на їх собівартість. Для досягнення цієї мети найбільші мережі залізниць також досить активно використовують тренажери.

Сучасний тренажер є засобом професійної підготовки локомотивних бригад, який дозволяє імітувати робоче місце машиніста, моделювати роботу локомотива (або МВРС), динаміку процесів управління поїздом й

локомотивами в типових та позаштатних ситуаціях. У порівнянні з чинним (навчальним) локомотивом на тренажері можна задавати та аналізувати режими ведення поїзда на конкретній ділянці, яка обслуговується, створювати нештатні ситуації в поїзній роботі, а також отримати цілий ряд навичок, які можуть бути вироблені тільки на тренажерах. Крім поїзної роботи, на тренажерах існує можливість задавати машиністу нештатні поїзні ситуації або несправності локомотивів. Таким чином, виробляються правильні і оперативні навички щодо усунення проблем [1, 3].

СКТБ МСУБ ДНУЗТ імені академіка В. Лазаряна протягом 2012-2016 років застосовувало сучасний інженерний інструментарій для створення порівняно недорогих тренажерів, які включають не тільки високоякісні динамічні моделі поїзда, а й системи імітації руху та навколишнього середовища.

Постійний розвиток програмного забезпечення для моделювання залізничного транспорту, а також постійний облік побажань замовників дозволяло СКТБ МСУБ пропонувати тренажери, які реалізовані на типовому апаратному забезпеченні персональних ЕОМ з високим рівнем стандартизації.

Тренажер, що складається з апаратної і програмної частини, представляє собою складний навчальний комплекс. І, якщо для кожного нового типу самохідного рухомого складу апаратну частину доводиться переробляти практично з нуля, то програмна частина тренажерів для різних типів локомотивів може і повинна забезпечити повторне використання в допустимих межах. Справді, різні серії локомотивів та МВРС мають різні пульти управління, їх органи управління функціонально схожі, але конструктивно відрізняються один від одного, таким чином, для тренажерів, призначених для різних типів й серій локомотивів, повторне використання апаратної частини практично неможливо. Що стосується програмної частини, в яку входить модель поїзда, модель ділянки руху, модель управління поїзною ситуацією, модель роботи систем локомотива та ін., то тут багато моделей можуть бути повторно використані без зміни або з незначними змінами. Такий підхід до розробки та виготовлення нових навчальних тренажерів машиністів дозволив значно скоротити час на виготовлення та здачу в експлуатацію [2, 4].

### **Схема програмної частини тренажера**

Програмна частина розділена на модулі, які виконані у вигляді окремих програмних продуктів. Ці програмні продукти мають функціональну і клієнтську частину, призначену для обміну даними з іншими модулями через сервер.

Розроблено структуру програмної частини тренажера складається з наступних функціональних частин:

- 1) сервер – призначений для управління обміном даними між клієнтами та управлінням їх роботою.

2) клієнти – призначені для виконання окремих функцій програмної частини тренажера:

- модуль поїзда – призначений для моделювання руху поїзда по ділянці, моделювання внутрішніх динамічних процесів взаємодії між екіпажами поїзда і розрахунку показників стійкості вагонів;
- модуль локомотива – призначений для моделювання роботи системи управління, тягової, гальмівної систем і системи охолодження локомотива;
- маршрутизатор вводу/виводу – призначений для управління обміном даними між реальними і віртуальними приладами, органами управління та індикації пульта машиніста з іншими модулями;
- модуль управління і контролю поїздки – призначений для підготовки та зберігання бази даних ділянок руху, характеристик локомотивів й вагонів, підготовки завдання на поїздку, управління поїзної ситуацією під час поїздки, зберігання та аналізу результатів поїздки;
- модуль управління панорамою ділянки – призначений для управління відображенням панорами ділянки, об'єктів сигналізації, поїзної ситуації та погодних умов поїздки.

При завантаженні програмної частини тренажера в автоматичному режимі спочатку завантажується сервер, потім по черзі завантажуються всі клієнти та приєднуються до сервера. Як тільки до сервера підключаються всі клієнти виконується перевірка зв'язку між ними і програмна частина переходить в робочий режим.

Перевагами такої структури програмної частини є:

- паралельна розробка модулів;
- скорочення термінів розробки;
- можливість розробляти різні модулі на різних мовах програмування;
- залучення широкого кола фахівців;
- можливість завершення основного циклу налагодження до підключення реального обладнання пульта управління локомотивом.

Така структура програмної частини тренажера дозволяє досить просто переходити від одного типу або серії локомотива до іншого. Наприклад, при переході від виготовлення тренажера для вантажного локомотива постійного струму до виготовлення тренажера для вантажного локомотива змінного струму необхідно замінити модуль локомотива та переналаштувати маршрутизатор вводу/виводу під конфігурацію органів управління і індикації нового локомотива. Якщо ці тренажери виготовляються для різних ділянок, само собою зрозуміло, потрібно змінити базу даних ділянки.

Такий підхід вже був використаний при виготовленні кількох тренажерів. Останнім з них був тренажер для локомотива постійного струму ВЛ-11Мб та ділянки руху Кривий Ріг – Тимкове. Цей тренажер встановлений в локомотивному депо Кривий Ріг Придніпровської залізниці та виготовлений у тісній співпраці з Науково-виробничим підприємством «УКРТРАНСАКАД».



Навчальний тренажер машиніста електропоїзда ЕПЛ2Т, Ясинувата,  
РПЧ – 2013 рік

Конфігурація тренажера можлива з різними рівнями імітації кабіни машиніста, починаючи з імітатора робочого місця машиніста за допомогою монітора ЕОМ, включаючи тренажер, зі спрощеною кабіною і екраном, на який проектується зображення навколишнього середовища, а також закінчуючи повномасштабним тренажером з системою імітації руху за бажанням замовника.

Особлива увага приділяється наданню широкого спектра можливостей, що дозволяють проводити навчання на одному тренажері з різними конфігураціями кабіни машиніста, з великим числом варіантів рухомого складу і набору візуальних сценаріїв. На додаток до цього система пропонує всі можливості мультимедіа, завдяки чому в тренажер можуть бути повністю інтегровані курси автоматизованих навчальних програм.

Подальше підвищення ефективності навчання може бути досягнуто за рахунок об'єднання декількох тренажерів, що імітують кабіну машиніста з однією спільною станцією інструктора, що дозволяє забезпечити процес навчання одним інструктором і збільшити за рахунок цього пропускну здатність навчального класу.

Підготовка машиністів вантажних локомотивів повинна відповідати певним специфічним вимогам у силу особливостей управління ними в порівнянні з управлінням пасажирським транспортом:

**Керування поїздом.** У процесі навчання керуванню важкими і довгосоставними поїздами особлива увага повинна бути приділена динамічним процесам у поїзді, що виникають під час зміни режимів ведення або зовнішніх факторів руху, особливо при гальмуванні. Ці вимоги вимагають детального математичного моделювання перехідних режимів руху поїзда. Для того щоб користувач міг вибирати з необмеженої кількості

варіантів поїздів, сформованих з будь-яких вагонів і типів поглинаючих апаратів, в тренажері повинні бути ретельно промодельовані всі можливі режими гальмування і тяги. Тренажер повинен надавати можливість навчання оптимальному управлінню з точки зору економії палива та зносу деталей рухомого складу. Якість моделей тренажера повинна бути такою, щоб навчання можна було сконцентрувати на особливо небезпечних експлуатаційних ситуаціях, включаючи також відмови обладнання.

**Рішення проблем в стресовій ситуації:** Швидкий аналіз виниклої несправності і дії щодо її усунення є ключовим фактором ефективної і безпечної експлуатації. Навчання на тренажері має дозволити машиністу отримати навички управління з урахуванням реальної реакції системи на великий набір можливих відмов обладнання. Крім того, моделі повинні мати необхідну точність для того, щоб машиніст міг виконувати дії щодо усунення або уникнення несправностей, отримуючи при цьому відповідний відгук моделей локомотива та поїзда.

**Сигналізація.** З огляду на зростаючу завантаженість залізниць і щільний графік руху, при навчанні слід формувати глибоке розуміння значень сигналів і пов'язаних з ними процедур управління. Система сигналізації повинна моделюватися шляхом точного копіювання всіх пристроїв сигналізації та індикації, які розташовані у кабіні машиніста, включаючи сигнали блокування, системи автоматизованого захисту поїзда та сигналізацію всередині кабіни. Комбінація повномасштабного моделювання сигналів і зображень, що генеруються комп'ютером, становить потужний інструментарій навчання, в якому може бути віртуально налаштований будь-який сценарій без втрати відповідності реальному.

**Навчання водінню з прив'язкою конкретної місцевості.** Мережі залізниць охоплюють, як правило, великі території, через що виникає необхідність в навчанні машиністів водінню з прив'язкою до конкретної місцевості. Рішення даного завдання має досягатися дешевим і гнучким способом, що вимагає ефективного інструментарію для створення баз даних зображень навколишнього середовища і залізничних шляхів.

Навколишня панорама ділянки руху створюється на базі відео фільму ділянки руху та фотографій реальних об'єктів розташованих на ній.



Трубопровід над залізничним полотном (фото)



3D зображення цих же об'єктів при відтворенні панорами

***Навчання та підвищення кваліфікації машиністів за місцем роботи*** більш ефективно, тому що дозволяє виконати інтеграцію навчального процесу в графік роботи машиністів локомотивів, що скорочує витрати і забезпечує при навчанні облік місцевих експлуатаційних вимог.

***Контроль проходження навчання.*** Процес навчання повинен мати можливість управлятися на відстані зі збереженням контролю за його ходом, для чого в тренажерах необхідно мати потужні інструменти управління сценарієм і пакети всебічної оцінки результатів навчання.

Тренажер СКТБ МСУБ ДНУЗТ імені академіка В. Лазаряна складається з двох робочих місць – робочого місця інструктора та робочого місця учня. На обох робочих місцях встановлені комп'ютери, пов'язані між собою по локальній мережі.

На робочому місці учня встановлені:

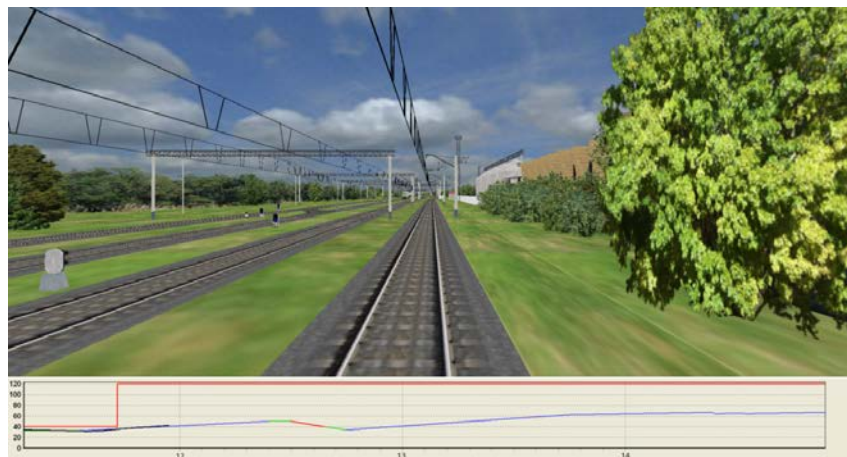
- пульт управління локомотивом обладнаний реальними або віртуальними приладами, органами управління, індикації та сигналізації;
- відео система для відтворення панорами ділянки руху;

- відео система для відображення електричної та пневматичної схем локомотива;
- аудіо система для відтворення звукових ефектів, що виникають від працюючого обладнання локомотивів та від зовнішнього середовища під час руху поїзда;
- програмна модель гальмівної системи;
- пристрої зв'язку з реальними органами управління локомотивом.

На робочому місці інструктора встановлено комп'ютер, призначений для:

- підготовки, зберігання й управління базами даних локомотива, вагонів, поїздів, розкладів та ділянок руху поїздів, а також результатів виконання навчальних завдань;
- формування навчального завдання;
- попереднього розрахунку енергозберігаючого режиму ведення поїзда по ділянці з урахуванням параметрів локомотива, складу, дільниці та розкладу руху поїзда;
- управління ходом його виконання;
- аналізу результатів виконання поїздки.

Під час виконання навчального завдання учень (машиніст) користується натурними органами управління локомотивом та бачить реальну навколишню панораму ділянки руху, що дозволяє йому відчувати себе у звичних умовах руху. Енергозберігаюча траєкторія руху поїзда відображається внизу екрану тільки в режимі навчальної поїздки.

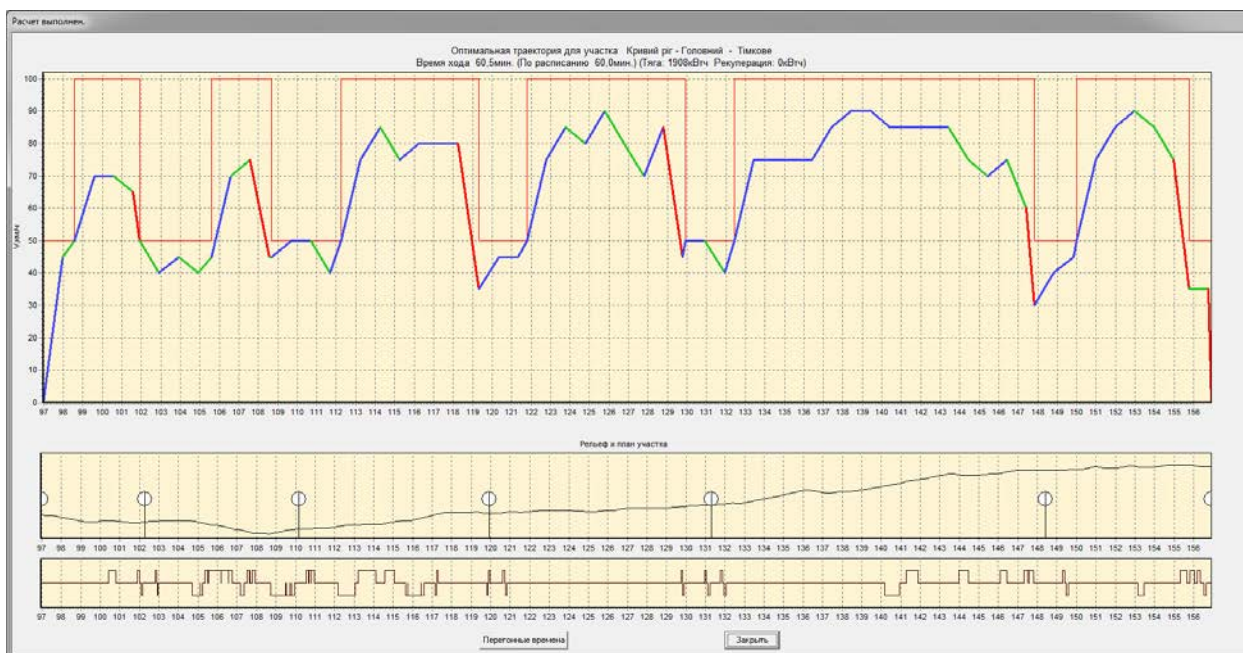


Вид екрану монітора учня під час виконання поїздки

Перед виконанням поїздки інструктор може для обраного поїзда та ділянки виконати розрахунок режимів ведення. Розрахунок виконується з урахуванням інформації про ділянку руху, поїзда, локомотива та розкладу руху. Причому, якщо в розкладі вказані всі станції, то розрахунок виконується з дотриманням всіх перегінних часів ходу. Якщо ж в розкладі частина станцій відсутні (або відсутні всі, крім станції відправлення і станції призначення), то перегінні часи ходу між цими станціями оптимізуються, що дозволяє отримати додаткову економію енергоносіїв.



Результатами розрахунків є режими ведення поїзда по ділянці й зміни швидкості руху, які відображаються в графічному вигляді. Режими ведення відтворюються на графіку різним кольором. Синій колір – тяга, зелений – вибіг, червоний – пневматичне гальмування.



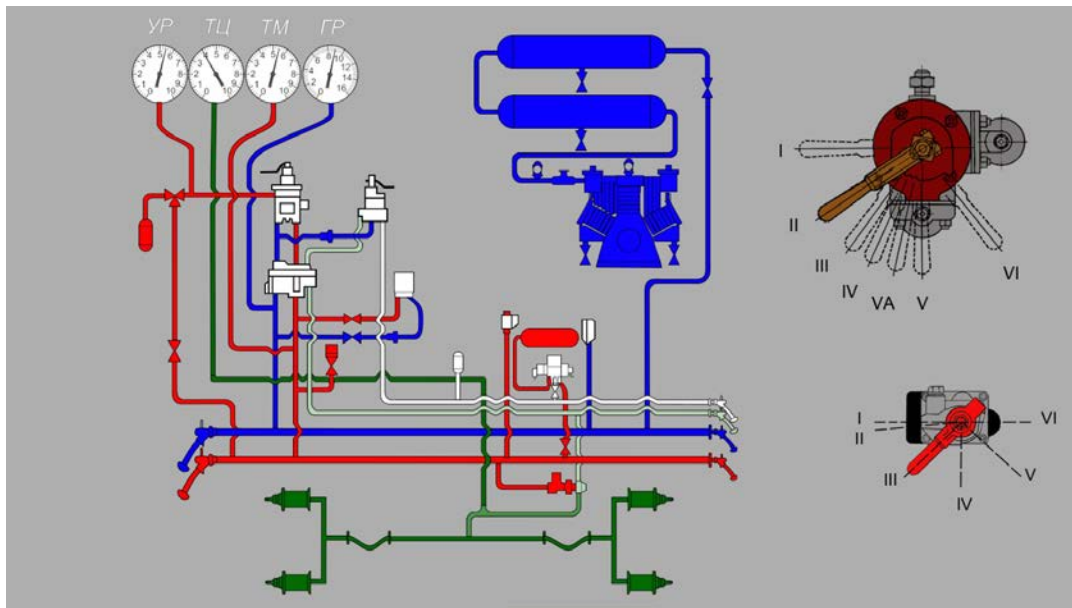
Результат розрахунку режимів ведення поїзда

Над графіком рекомендованої траєкторії руху ламаною лінією показані обмеження швидкості. У нижній частині вікна показані рельєф, розташування станцій та кривих в плані вибраної ділянки. У заголовку вікна показано отриманий час ходу, час ходу за розкладом і витрата палива.

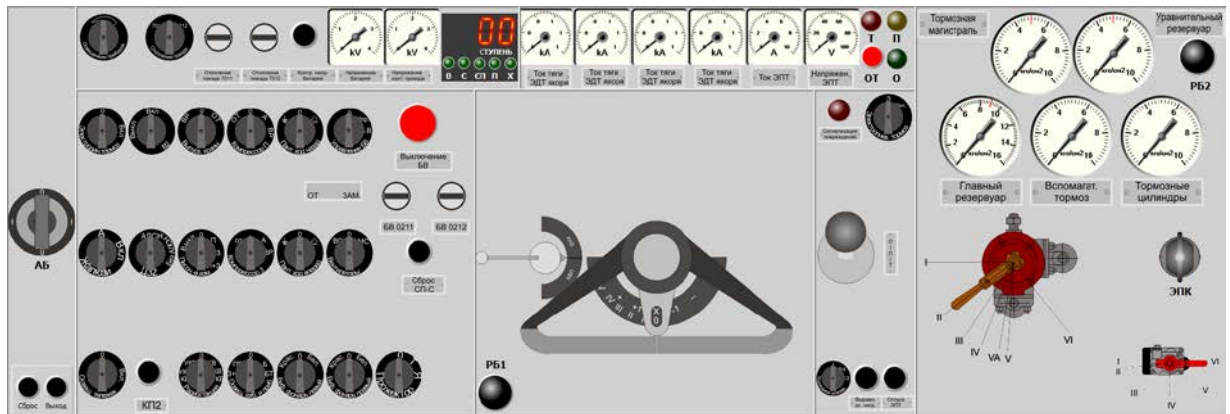
Під час виконання навчальної поїздки, машиніст, дотримуючись рекомендованої траєкторії руху поїзда, має можливість удосконалити свій досвід в частині заощадження енергоносіїв, які витрачаються на тягу поїзда.

Для більш реалістичного сприйняття студентом (машиністом) умов руху поїзда, під час поїздки імітується велика кількість звукових ефектів, що виникають під час руху – сигнали локомотива, стукіт коліс на стиках, шум у кабіні локомотива, пов'язаний з роботою устаткування та ін.

Тренажерний комплекс може бути доповнений програмним забезпеченням для візуалізації роботи електричних та пневматичних схем тягового рухомого складу. Це програмне забезпечення може бути встановлене як вбудована підсистема тренажера або як окремий програмний комплекс.



Пневматична схема локомотива



Вигляд інтерактивного пульта локомотива

У першому випадку вивчення електричних та пневматичних схем локомотива відбувається під час виконання навчальної поїздки. У другому – вивчення електричних та пневматичних схем локомотива відбувається окремо, при цьому можливе управління, як з реального, так й з віртуального пульта локомотива.

Використання цього програмного забезпечення дозволить детально вивчити роботу силових, допоміжних схем та схем управління локомотива в різних режимах, а також роботу пневматичного обладнання локомотива та рухомого складу.

На сьогоднішній день тренажери розроблені в СКТБ МСУБ задовольняють всім зазначеним вище вимогам, надаючи сучасні рішення, що забезпечують максимальною гнучкістю і експлуатаційну ефективність. СКТБ МСУБ має у своєму розпорядженні повний набір технологій, які гарантують створення недорогого і надійного рішення, яке може бути впроваджене в найкоротші терміни. Серед основних характеристик цього рішення можна виділити наступні:

- використання ретельно перевірених на практиці комп'ютерних моделей динаміки та руху поїзда, моделі пневматичних гальмівних систем локомотива та поїзда, що розроблені в ДНУЗТ імені академіка В. Лазаряна для великовантажних перевезень. Головна особливість даного пакета полягає в тому, що розподіл сил і тиску моделюються для кожного вагона і кожної зчіпки;
- повна бібліотека характеристик поглинаючих апаратів, вагонів і типів гальм. Бібліотека може поповнюватися користувачем;
- графічний інструментарій моделювання (чого) всіх процесів, які відбуваються під час руху поїзду використовується для моделювання логіки і електроніки бортових приладів;
- широкий набір можливостей імітації звукового супроводження роботи реального обладнання локомотива та звукового фону руху поїзда. Звуковий супровід забезпечують машиністу звукові колонки. Звуки динамічно конфігуруються в залежності від сценарію і дій машиніста.

Поруч з панеллю керування змонтований додатковий дисплей, на якому відображаються графіки змодельованих процесів руху поїзда в реальному часі. Панорама ділянок руху забезпечує максимальну достовірність при конструюванні візуальних сценаріїв з прив'язкою до конкретної місцевості, що включають сигналізацію, погодні умови, надзвичайні ситуації та інтенсивність руху.

Система працює повністю на базі ПК, завдяки чому витрати на апаратне забезпечення та технічну підтримку досить незначні.

Система поставляється в широкому діапазоні конфігурацій апаратного забезпечення, починаючи з панелі управління з монітором ЕОМ, включаючи тренажер, з макетом кабіни локомотива з екраном, на який проектується зображення, і закінчуючи повномасштабним тренажером, з можливістю імітації коливань кабіни на вибір замовника.

Модуль оцінки дій учня генерує дані для звітності, а також дані про результативність навчання для оперативного аналізу або передачі в віддалений центр контролю навчання.

Система має вбудовані засоби мультимедіа, завдяки яким в сценарії можна використовувати питання з декількома варіантами відповідей, відео презентації або процедури усунення несправностей.

Тренажери мають робочу станцію інструктора, яка дозволяє створювати сценарії простими маніпуляціями «миші» і вибором пунктів меню, що значно економить час інструктора. Реалізована можливість попереднього створення і налагодження сценаріїв, а також управління сценарієм, внесення і видалення елементів, безпосередньо в процесі тренування. Є функції повного відтворення заняття, запис контрольних точок і перезапуск з записаних контрольних точок.

Робоча станція інструктора може приєднуватися дистанційно до робочого місця учня через відповідну мережу, забезпечуючи при цьому взаємодію з учнем в режимі он-лайн.

Система має відкритий дизайн і може інтегруватися в програмне забезпечення для комп'ютеризованої підтримки діяльності інструктора, за допомогою якого відстежується і організовується змістовна частина курсів та проходження навчання кожним учнем.

Тренажер може використовуватися в оперативному порядку (при проведенні технічного навчання і при розборах позаштатних ситуацій), для проведення щоквартальних тренінгів та отримання заліку, при підготовці помічників для роботи машиністами, а також для відновлення навичок водіння після великих перерв у поїзній роботі машиністів.

Тренажер СКТБ МСУБ ДНУЗТ імені академіка В. Лазаряна дозволяє проводити навчання студентів (машиністів) діям в наступних позаштатних та аварійних ситуаціях [2, 4]:

1. Позаштатні ситуації:

- підвищена/знижена напруга контактної мережі;
- згаслий світлофор;
- раптове перекриття сигналу;
- втрата коду сигналізації;
- невідповідність кодів СЦБ та АЛСН;
- мимовільне падіння тиску в гальмівній магістралі;
- самовільний відпуск гальм;
- низьке гальмівне натискання;
- низький коефіцієнт зчеплення;
- поздовжні, бокові та вертикальні поштовхи;
- їзда по неправильному шляху;
- прийом на забороняючий сигнал світлофора.

2. Аварійні ситуації:

- злам/температурний викид рейки;
- перешкода на колії/переїзді;
- світиться покажчик «перегрів букс»;
- обрив гальмівної магістралі;
- вижимання легковагових вантажних вагонів;
- схід з рейок вагонів;
- екстремальні погодні умови.

Навчання на тренажері може проводитися як індивідуально, так і в присутності інших локомотивних бригад з подальшим аналізом результатів ведення поїзда на ділянці і дій машиніста при виникненні несправностей локомотива або позаштатних ситуацій.

***«Навчальний тренажер машиніста» для виконання маневрових робіт***

Тренажер призначений (може використовуватися) для навчання машиністів виконанню маневрових робіт на станційних коліях (з виїздом або без виїзду на перегін) і сортувальних гірках з дотриманням вимог безпеки і діям в нестандартних та аварійних ситуаціях, які можуть виникати під час реальної роботи.

Тренажери можуть бути виготовлені для будь-яких типів маневрових локомотивів і для будь-яких реальних станцій, перегонів та сортувальних гірок, на яких після проходження підготовки працюватимуть машиністи. Крім цього використання тренажерів дозволить моделювати різні нештатні і навіть аварійні ситуації, які можуть виникати в реальних умовах роботи. Це дозволить навчити машиністів приймати швидкі і 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.

Цей тренажер складається з робочого місця машиніста, обладнаного комп'ютером, на якому відображається панорама станції, перегону або сортувальної гірки. За бажанням замовника робоче місце машиніста може бути розміщено в макеті кабіни локомотива. У свою чергу макет кабіни за бажанням замовника може бути встановлена на рухомій платформі, призначеної для імітації коливань кабіни, наближених до експлуатаційних.

Тренажер виготовляється під реальну станцію, перегони чи сортувальні гірки і для конкретного типу локомотива. По закінченню роботи на тренажері формуються результати, які зберігаються в базі даних для кожного машиніста для подальшого аналізу і визначення рівня підготовки учня.

Тренажер використовується для наступних цілей:

- початкової підготовки молодих фахівців. Ознайомлення їх з органами управління та контролю локомотивом і процедурою підготовки локомотива до руху;
- навчання способам управління локомотива під час руху;
- навчання діям в позаштатних і аварійних ситуаціях, які можуть виникнути в реальній роботі. Це унікальна можливість тренажера дозволить виробити у машиністів навички швидких і правильних дій, що дозволяють уникнути серйозних наслідків під час виконання реальних маневрових робіт;
- відпрацювання навичок взаємодії з працівниками залізничної станції при провадженні маневрової роботи;
- відпрацювання ведення переговорів при провадженні маневрових робіт;
- оцінки рівня кваліфікації машиністів після тривалих перерв у роботі;
- навчання машиністів керуванню модернізованими або новими типами локомотивів;
- навчання машиністів водінню тягового рухомого складу на станціях, перегонах або сортувальних гірках, які раніше не були знайомі.

Використовуючи результати, можна визначити які дії з управління поїздом робив машиніст – за величиною тягового (гальмівного) струму або за величиною тиску в гальмівному циліндрі локомотива, та до яких наслідків це

призвело – за величиною поздовжніх зусиль (прискорень) й швидкості руху поїзда.

Тренажерний комплекс може бути виготовлений для будь-якого типу тягового рухомого складу та для будь-якої ділянки руху й дозволяє вирішити практично всі питання, пов'язані з навчанням, підготовкою, підвищенням професійного рівня та атестацією студентів (машиністів).

Використання тренажерів для машиністів в локомотивних і моторвагонних депо України дозволяє [3]:

- скоротити термін підготовки та перепідготовки машиністів;
- оцінити готовність до самостійної роботи в якості машиніста;
- формувати навички безпечних та енергозберігаючих режимів водіння поїздів;
- навчити діям у нестандартних та аварійних ситуаціях;
- формувати навички оперативного пошуку та усунення несправностей локомотива під час поїздки;
- об'єктивно оцінити кваліфікацію;
- атестувати членів локомотивних бригад;
- здійснити перепідготовку машиністів для роботи на локомотивах інших серій.

Крім перерахованих вище можливостей використання тренажера машиніста дозволить:

- виконувати різного роду дослідження, пов'язані з аналізом можливостей локомотивів з управління поїздами (рушання з місця великовагових поїздів, проходження керівних підйомів, визначення гальмівних шляхів при різних режимах гальмування і т. ін.);
- дослідити вплив умов руху (перегінний час ходу, обмеження швидкості і т. ін.) та параметрів поїзда (маси, довжини, типу вагонів) на споживання енергоносіїв на тягу поїздів на конкретних ділянках залізниць;
- оцінити величину поздовжніх сил в конкретному поїзда в процесі його руху по реальній ділянці шляху та визначити ступінь безпеки застосованих режимів управління поїздом;
- оцінити стійкість кожного вагона поїзда від вичавлювання його поздовжніми силами.

На даний момент в Україні склалась наступна ситуація щодо тренажерів для машиністів локомотивів:

- відсутність регламенту використання тренажерів;
- відсутність централізованого планування оснащення тренажерами;
- відсутність централізованого фінансування;
- тривалий період виготовлення та висока вартість тренажерів.

З урахування перерахованого пропонується:

- розробка та впровадження нормативних актів, що регламентують використання тренажерів за європейським зразком;
- підготовка планів оснащення тренажерами навчальних центрів і локомотивних депо;

- скорочення термінів виготовлення за рахунок використання модульного принципу побудови тренажерів.

#### Список літератури

1. Евдомаха, Г. В. О тренажере машиниста локомотива / Г. В. Евдомаха, В. В. Глухов, К. И. Железнов и др. // Локомотив-информ, 2011. – №8. – С. 63-65.
2. Пат. 87837 Україна. МПК G 09 В 9/04 (20.06.01). Тренажер для навчання машиніста магістрального локомотива / Железнов К. І., Акулов А. С., Євдомаха Г. В., Заболотний О. М., Чабанюк Є. В., Швець А. О. (Україна); заявник та патентовласник Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – № u 2013 09075 ; заявл. 19.07.13 ; опубл. 25.02.14. Бюл. № 4. – 2 с.
3. Посмитюха, А. А. Тренажеры для локомотивных бригад – важная составляющая учебного процесса / А. А. Посмитюха, В. Н. Самсонкин // Локомотив-информ, 2015. – №09-10. – С. 17-21.
4. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 54184 (Україна). Комп'ютерна програма «Обучение вождению поездов машинистов магистральных локомотивов» / Железнов К. І., Акулов А. С., Євдомаха Г. В., Заболотний О. М., Чабанюк Є. В., Швець А. О. (Україна); заявник та патентовласник Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – заявл. 20.03.14.