



УДК 629.423/.424:004.4

*А. С. Акулов, завідувачий СКТБ МСУБ*

*К. І. Желєзнов, с. н. с. СКТБ МСУБ*

*О. М. Заболотний, с. н. с. СКТБ МСУБ*

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

*Є. В. Чабанюк, м. н. с. СКТБ МСУБ*

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

*А. О. Швець, с. н. с. СКТБ МСУБ*

*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. ак. В. А. Лазаряна*

## Програмне забезпечення для візуалізації та вивчення електричних та пневматичних схем тягового рухомого складу

З розвитком комп'ютерної техніки стало можливим створення програмних тренажерів для вивчення роботи електричних і пневматичних схем локомотивів, які дозволяють детально проаналізувати роботу силових, допоміжних схем та схем управління локомотива при різних режимах ведення поїзду, а також роботу пневматичного обладнання локомотива.

*Ключові слова:* віртуальний пульт локомотива, доповнена реальність, електричні схеми локомотива, кран машиніста, навчання машиністів локомотивів, пневматичні схеми локомотива.

Однією з вимог до кваліфікованого машиніста є глибоке знання ним роботи електричного і пневматичного обладнання локомотивів. На шляху прямування поїзда можуть виникати ситуації, які вимагають від машиніста оперативного втручання в роботу систем локомотива. Такими ситуаціями можуть бути, наприклад, спрацювання автоматичного захисту від перенапруги, від перевантажень по струму, іноді й відмови устаткування. При таких обставинах машиніст повинен оперативно обрати правильне рішення, відновити працездатність локомотива і, за можливістю, продовжити рух поїзда [1].

Зазвичай вивчення електричних схем проходить у спеціальних навчальних класах локомотивних депо. Обов'язковим атрибутом більшості з них є натурний тренажер для вивчення електричної схеми локомотивів, які експлуатуються в цьому депо. Цей тренажер є діючим фрагментом електричної схеми ланцюгів управління локомотива, що дозволяє відстежувати порядок спрацювання електричних апаратів, задавати та шукати деякі несправності схеми. При всіх перевагах таких наочних засобів не можна не зазначити про низку властивих їм недоліків. Подібні тренажери громіздкі, для їх зборки потрібні великі площі, вартість подібних пристроїв зазвичай висока, великі й тимчасові витрати на зборку подібного пристрою. Крім цього, ці тренажери практично виключають можливість оперативної зміни конструкції внаслідок зміни серії локомотива або варіанта виконання його електричної схеми. До інших недоліків можна віднести досить високе енергоспоживання під час їх роботи.

З розвитком комп'ютерної техніки стало можливим створення програмних тренажерів для вивчення електричних та пневматичних схем локомотивів. Такі

тренажери не мають недоліків, які властиві натурним тренажерам — не вимагають додаткових площ для розміщення, великих витрат електроенергії та легко можуть бути змінені під будь-яку модифікацію схеми однієї й тієї ж серії локомотива. Крім цього, стає можливою автоматизація оцінки знань машиністами електричних і пневматичних схем локомотивів [2].

Для вивчення роботи електричних та пневматичних схем локомотивів при різних режимах управління, структурним підрозділом ДНУЗТ — СКТБ МСУБ упродовж 2012–2016 років розроблено спеціальне програмне забезпечення — конструктор для створення «Тренажерів електричних та пневматичних схем локомотивів». За допомогою такого конструктора тренажери можуть бути виготовлені для будь-яких типів локомотивів. У процесі вивчення схем можуть бути змодельовані як штатні режими роботи, так й аварійні. При цьому вивчення проходить в безпечних умовах, і машиніст отримує можливість виконати ті чи інші дії, пов'язані з ліквідацією несправності. Це дозволить навчити їх приймати швидкі і правильні рішення, що дозволяють уникнути важких наслідків у реальній робочій ситуації. Цей аспект використання тренажерів важко переоцінити, тому що в реальних умовах неможливо навмисно створювати такі ситуації. Крім цього, використання тренажерів дозволить значно скоротити терміни підготовки майбутніх фахівців завдяки інтенсифікації процесу навчання, що призведе до скорочення вартості підготовки. Тренажер виготовляється під будь-які типи локомотивів.

Використання тренажерного комплексу для вивчення електричних та пневматичних схем локомотивів серій ЧС-2, ЧС-7, ВЛ-8, ВЛ-11, ВЛ-11Мб, ЕПЛ2Т, розробленого СКТБ МСУБ дозволяє детально вивчити роботу силових, до-

поміжних схем і схем управління локомотива в різних режимах, а також роботу пневматичного обладнання локомотива.

Впровадження комплексу для вивчення електричних та пневматичних схем локомотивів призведе до:

- скорочення терміну професійної підготовки молодих та перепідготовки досвідчених машиністів;
  - навчання машиністів навичкам швидкого пошуку та усунення несправностей, що виникають у системах локомотива під час поїздки;
  - всебічного й об'єктивного оцінювання знань машиністами електричних і пневматичних схем.
- Перевагами використання електронного комплексу схем, порівняно з роботою на реальних локомотивах, можна зазначити:
- інтенсифікацію навчання без втрати якості засвоєння матеріалу;
  - можливість проведення групових занять у режимі лекція, питання/відповідь, що значно підвищує ефективність цього виду навчання;
  - можливість проведення навчання машиністів у режимі самопідготовки;
  - можливість моделювання й безпечного дослідження екстремальних та аварійних режимів роботи обладнання;
  - забезпечується значне енергозбереження порівняно з використанням локомотивів, зниження капітальних, експлуатаційних та інших витрат.

Комплекс для вивчення електричних та пневматичних схем локомотивів серій ЧС-2, ЧС-7, ВЛ-8, ВЛ-11, ВЛ-11Мб, ЕПЛ2Т, призначений для всебічної візуалізації процесів, що відбуваються у електричних та пневматичних схемах локомотиву. Основна мета комплексу — забезпечити можливість підготовки фахівця до найбільш повного сприйняття і розуміння

роботи схем, підвищення наочності, інтерактивності, а також формуванню пізнавальної та творчої активності учнів.

Завданнями впровадження комплексу є освоєння складного матеріалу, а також його використання на проблемно-орієнтованих практичних прикладах, що дозволяють формувати професійні компетенції та розвивати конструктивне, аналітичне і системне мислення учнів.

Під час виконання науково-дослідної роботи зі створення комплексу перед виконавцями виникла низка завдань, які необхідно вирішити, а саме:

- завдання станів органів управління пульту машиніста локомотива;
- відображення й анімація віртуальних електричних та пневматичних схем;
- вплив станів органів управління пульту машиніста локомотива та відображення реакції електричних та пневматичних схем на цей вплив. Відображення реакції електричних та пневматичних схем локомотива в залежності від стану органів управління пульту машиніста.

### ЗАВДАННЯ СТАНІВ ЛОКОМОТИВІВ

Для завдання систем управління локомотива було прийнято рішення використовувати технологію відображення віртуальних пультів управління тягового рухомого складу. У межах цієї технології необхідні елементи індикації та управління розташовані на тих же місцях, на яких знаходяться реальні елементи в локомотивах (рис. 1–6). Зміна стану електричних та пневматичних схем локомотива залежить від дії машиністів. Для взаємодії їх з пультом машиніста може використовуватися маніпулятор-миша, або поверхня сенсорного екрану.

Приклади візуальних пультів управління для різних локомотивів наведено на рис. 1–6.



Рис. 1 Віртуальний пульт локомотива ВЛ11М6



Рис. 2 Віртуальний пульт локомотива ВЛ11



Рис. 3 Віртуальний пульт локомотива ВЛ8



Рис. 4 Віртуальний пульт локомотива ЧС2



Рис. 5 Віртуальний пульт локомотива ЧС7



Рис. 6 Віртуальний пульт локомотива ЕПЛ2Т

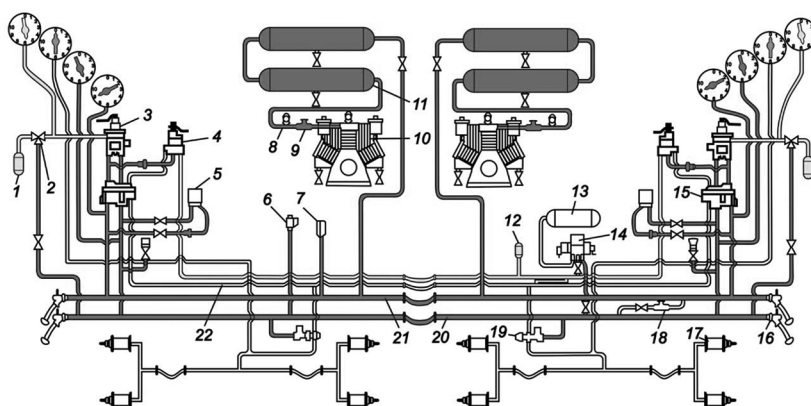


Рис. 7 Відображення стану пневматичної схеми локомотива

### ВІДОБРАЖЕННЯ І АНІМАЦІЯ ВІРТУАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ І ПНЕВМАТИЧНИХ СХЕМ

Для відображення й анімації віртуальних електричних та пневматичних схем локомотива було прийнято рішення використовувати ігровий рушій, що має в собі двомірну підсистему. Додаток, розроблений для відображення електричних і пневматичних схем, дозволяє використовуючи зовнішній сигнал, який надходить від віртуального пульта управління локомотива, змінювати відображення стану електричних ланцюгів локомотива і стану пневматичної системи (рис. 7).

### ВПЛИВ СТАНІВ ОРГАНІВ УПРАВЛІННЯ ЛОКОМОТИВАМИ НА ВІДОБРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ І ПНЕВМАТИЧНИХ СХЕМ

Для того що б зміни стану органів управління локомотива за допомогою маніпуляцій з віртуальним пультом машиніста впливали на стан роботи електричних і пневматичних схем, було прийнято рішення обмін даними організувати за допомогою мережевого протоколу TCP/IP. Таке рішення дає гнучкість налаштування (наприклад, можливість запуску додатків на різних комп'ютерах), розширення можливостей комплексу для вивчення електричних і пневматичних схем локомотивів серії ЧС-2, ЧС-7, ВЛ-8, ВЛ-11, ВЛ-

11М6, ЕПЛ2Т (наприклад, можливість підключення реальних пультів управління локомотивів без змін у впровадженому програмному забезпеченні).

Комплекс для вивчення електричних та пневматичних схем локомотивів складається з робочого місця учня-машиніста та робочого місця інструктора. Обидва робочих місця є віртуальними та розташовані на одному комп'ютері. Робоче місце інструктора — віртуальний пульт управління локомотива з системою сигналізації та індикації, які необхідні для вивчення роботи електричної схеми. Робоче місце машиніста — віртуальна інтерактивна схема силових ланцюгів, ланцюгів управління тощо, які відображаються за допомогою проектору або монітору чи групою моніторів. У режимі навчання інструктор, маніпулюючи органами управління, демонструє як змінюється стан електричних схем. У режимі тестування учня, інструктор на своєму робочому місці може задавати різні несправності, а машиніст на своєму робочому місці виявляє їх та вживає заходів до усунення. Після завершення роботи на тренажері формуються результати, які зберігаються в базі даних кожного машиніста для подальшого аналізу і визначення рівня підготовки машиніста.

Розроблений тренажерний комплекс може використовуватися для таких цілей:

- початкової підготовки молодих фахівців. Ознайомлення їх з роботою електричних і пневматичних схем;
- навчання діям у позаштатних і аварійних ситуаціях, які можуть виникнути в реальних умовах. Це унікальна можливість тренажера дозволить виробити у машиністів навички швидких та правильних дій, що дозволяють уникнути серйозних наслідків під час виконання реальних робіт;
- оцінки рівня кваліфікації машиністів після тривалих перерв у роботі;
- вивчення машиністами модернізованих або нових типів локомотивів.

Сучасні тренажери машиністів Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту розроблено з використанням технології доповненої реальності або AR (англ. Augmented reality) — технології, що дозволяє поєднувати шар віртуальної реальності з фізичним оточенням у реальному часі за допомогою комп'ютера. Наразі впровадження нових інформаційних технологій у систему освіти рухається вперед досить повільно, хоча за останнє десятиліття крок у цей бік зроблено величезний. Технологія знайшла застосування не тільки у різноманітних іграх, а й в програмному забезпеченні для візуалізації роботи крана машиніста.

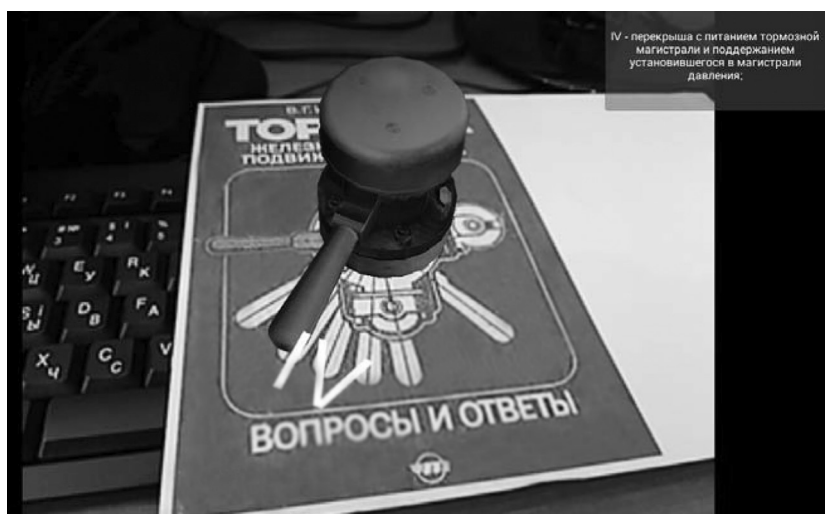
Наприклад, кран машиніста № 394 має сім режимів роботи з відповідними положеннями ручки:

- I. зарядка і відпуск;
- II. поїзне;
- III. перекиша без живлення;
- IV. перекиша з живленням;
- V. службове гальмування повільним темпом;
- VI. службове гальмування;
- VII. екстрене гальмування

Змінюючи положення крану машиніста можна відстежити роботу пневматичної системи локомотива: зміну тиску в головних та зрівнювальних резервуарах, зниження



а



б

Рис. 8 Відображення стану крана машиніста за допомогою AR

або підйом тиску у гальмівній магістралі, а також зміну тиску в тормозних циліндрах.

Доповнена реальність, безсумнівно, величезний прорив і у способі подачі освітнього матеріалу, і в засвоєнні інформації студентами. Ефективність її використання підтверджується різними тестами та експериментами, які показують відмінні результати. Наприклад, було проведено низку експериментів, при яких одній групі учнів під час занять демонстрували наочний матеріал з AR, а другої групи — звичайні плакати й схеми. Було виявлено, що в тій групі, де використовувалася доповнена реальність, відсоток засвоєння

інформації учнями наблизився до 90%, зріс рівень дисципліни та вдавалося втримати увагу близько 95% аудиторії, тоді як в групі з двовимірними посібниками всі показники були вдвічі і втричі менше. Також було виявлено, що тривимірне зображення стимулює мислення, увагу та підвищує ступінь засвоєння, запам'ятовування й, що найголовніше, розуміння інформації [3].

Один з важливих моментів ефективного впливу доповненої реальності на освітній процес полягає в тому, що AR створює ефект присутності, дуже чітко відображає зв'язок між реальним та віртуальним світом. Незалежно від досліджуваного предмета

доповнена реальність допомагає підвищити його привабливість для учнів будь-якого віку та збільшує мотивацію до отримання знань.

При використанні доповненої реальності учні можуть управляти об'єктами AR, переміщати їх, повертати, змінювати масштаб, розглядати з різних сторін — це дає великий імпульс до розвитку просторового мислення, дозволяє сприйняти досліджуваний предмет повніше та глибше, підвищуючи рівень пізнання. Завдяки тому, що візуальна або аудіальна інформація подається синхронно з тим, що відбувається в реальності, створюється повне занурення в інформаційну ситуацію та активізується її сприйняття.

Навчання з використанням доповненої реальності має також і матеріальні плюси: відпаде необхідність у виробництві й використанні громіздких плакатів, стендів, дощок та інших наочних засобів, скоротяться витрати на друк деяких підручників. Розміщений перед камерою двовимірний маркер, з якого зчитується та аналізується вся інформація, — ось і все, що необхідно для отримання ефекту доповненої реальності.

Наразі доповнена реальність присутня практично на всіх пристроях, від смартфонів до комп'ютерів з вбудованими камерами. Тому з урахуванням доступності гаджетів практично для всіх верств населення, технічне питання використання AR в освіті упирається тільки у вибір та впровадження конкретної, уніфікованої платформи, на якій буде здійснюватися весь процес освіти.

Таким чином, аналізуючи сучасну ситуацію з впровадженням доповненої реальності у систему освіти, варто відзначити, що наразі, на жаль, немає чіткого руху в цьому напрямку й конкретних програм, що дозволяють впроваджувати AR-технології на місцях навчання. Як вже було згадано,

консервативна спрямованість освітньої системи та несприйнятливність викладачів та керівництва навчальних закладів до нових технологічних ідей гальмують розвиток та використання в галузі освіти такої корисної й революційної технології, яка могла б допомогти значно прискорити процес сприйняття та підвищити ефективність навчання. Проте, багато фахівців у галузі інформаційних технологій сходяться на думці, що майбутнє доповненої реальності в різних сферах нашого життя має досить райдужні перспективи, а AR-технології в освіті рано чи пізно виведуть нашу систему освіти на якісно новий рівень [2, 3].

### ВИСНОВКИ

При розробці математичної моделі електричних та пневматичних схем тягового рухомого складу:

- визначено актуальну наукову проблему підвищення ефективності процесу професійного навчання машиністів локомотивів з використанням автоматизованих навчальних систем;
- проаналізовано існуючі підходи до вирішення такої актуальної проблеми за низкою аспектів: теоретичні основи автоматизації процесу професійного навчання, підхід в освіті, використання комп'ютерних систем у професійному навчанні;
- виявлено основні недоліки підходів, що існують у навчанні: відсутність використання єдиного підходу в процесі навчання машиністів; відсутність наочних автоматизованих навчальних систем для навчання машиністів локомотивів;
- створено конструктор та комплекс для вивчення електричних та пневматичних схем локомотивів серії ЧС-2, ЧС-7, ВЛ-8, ВЛ-

11, ВЛ-11М6, ЕПЛ2Т, що дають змогу детально вивчити роботу силових, допоміжних схем та схем управління локомотива в різних режимах, а також роботу пневматичного обладнання локомотива.

### Локомотив

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Акулов А. С. Модульний тренажер машиніста / А. С. Акулов, К. І. Железнов, О. М. Заболотний та ін. // Локомотив-інформ. — 2017. — № 7-8. — С. 8-15.
2. Баглай В. І. Удосконалення професійної підготовки майбутніх працівників локомотивних бригад у професійно-технічних навчальних закладах залізничного профілю / В. І. Баглай // Локомотив-інформ. — 2016. — № 5-6 (119-120). — С. 39-41.
3. Дополненная реальность в образовании [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://tofar.ru/dopolnennaya-realnost-v-obrazovanii.php>. — Загл. с экрана. — Проверено : 20.08.2017.