

**Программно-технические и тренажеро-моделирующие комплексы для разработки, испытаний, управления и обслуживания современных локомотивов**

Современный локомотив представляет собой интегрированный комплекс сложного разнородного оборудования, взаимодействующего между собой при реализации технологического процесса ведения поезда. Основные этапы его жизненного цикла: разработка, наладка, испытания, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт требуют согласованной работы большого коллектива специалистов и применения специальных технических средств. К их числу можно отнести различное оборудование, в том числе, программно-технические и тренажеро-моделирующие комплексы (ПТК), используемые для разработки, наладки, контроля и диагностики, а также испытаний бортовых систем управления тягового подвижного состава железных дорог.

Такие технические средства призваны сократить сроки создания бортовых систем управления и программного обеспечения (ПО), проведения интеграционных и функциональных тестов, сертификационных испытаний, поиск и устранение неисправностей в процессе эксплуатации, технического ремонта и обслуживания, а также повысить эффективность обучения локомотивных бригад, персонала депо и дорожных служб знаниям и умениям, необходимым для работы с новым поколением тягового подвижного состава.

Однако, в настоящее время специалистам нелегко ориентироваться в сложном многообразии существующих средств при определении целесообразности их выбора и использования. Авторами предложена классификация и разбиение на категории существующего в настоящее время разнообразного оборудования ПТК и рассмотрены их основные функциональные возможности. Даны рекомендации по их использованию. Она представлена на рис.1.

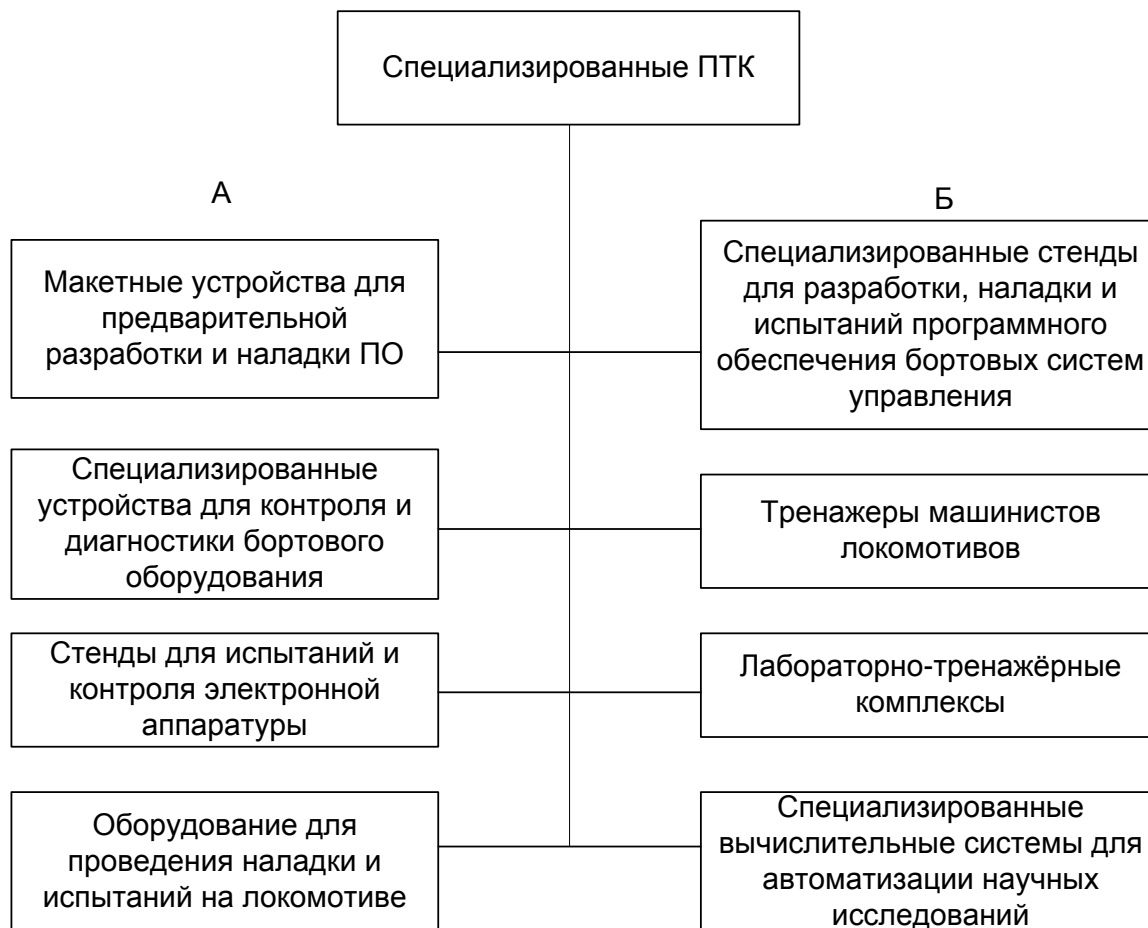


Рис. 1 – Классификация специализированных ПТК:  
А и Б – соответственно первая и вторая категория

К первой категории относятся ПТК, предполагающие взаимодействие с реальным оборудованием систем управления при решении задач наладки, контроля и испытаний посредством коммуникационных каналов связи и устройств сопряжения с объектом (УСО), показанным на рис. 2. Во вторую категорию включены ПТК, являющиеся автономными функционально законченными системами, включающими в свой состав в качестве подсистем модули бортового оборудования или их имитаторы, а также имитационные модели для проведения вычислительных экспериментов.

Рассмотрим более подробно категорию А. Макетные устройства для предварительной разработки и наладки программного обеспечения, относящиеся к первой категории, выпускаются для большинства коммерчески поставляемых семейств микроконтроллеров и обозначаются Evaluation Kit («отладочный комплект» или «стартовый набор»).

Они используются совместно с рабочей станцией на базе персонального компьютера, на которую устанавливается специализированное ПО разработки программных средств на языках высокого уровня включающее, как правило, редактор кода, библиотеки стандартных функций, отладчик, компилятор, симулятор и другие сервисные программы. Связь устройства с рабочей станцией осуществляется с помощью интерфейса JTAG или USB. Такие устройства предназначены для освоения микропроцессорной элементной базы и начальной стадии разработки программных средств параллельно с разработкой и изготовлением аппаратуры.

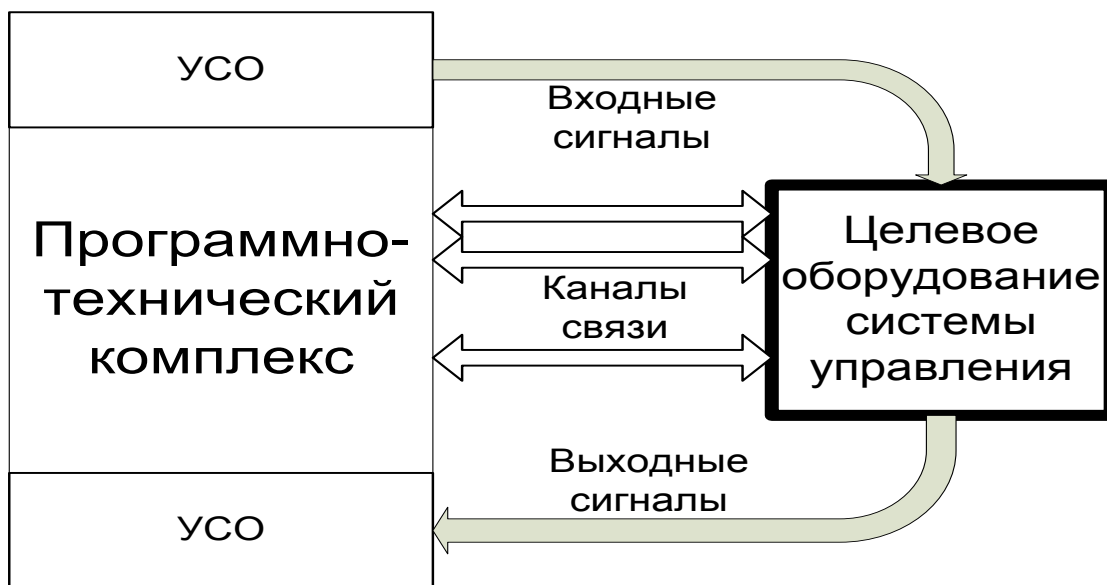


Рис. 2 – Схема взаимодействия ПТК с целевым объектом

Специализированные устройства контроля и диагностики бортового оборудования представляют собой портативные электронные модули с интерфейсом для подключения к соответствующим подсистемам локомотива [1]. К ним относятся, например, блок ввода данных БВД-У и многофункциональный прибор контроля для системы безопасности КЛУБ, а также блок проверки универсальный БПрУ для системы автоматического управления тормозами САУТ. Такие устройства поставляются в депо и используются сервисными службами в процессе эксплуатации, технического ремонта и обслуживания, а также пред-рейсового контроля.

Стенды для контроля и испытаний электронной аппаратуры позволяют автоматизировать процесс испытаний, контроля и диагностики оборудования в условиях лаборатории, производства или депо. Они используются как стацио-

нарные комплексы и обычно используют метод «черного ящика», когда осуществляется подача тестовых сигналов на вход испытываемого блока и контроль выходных сигналов. В настоящее время созданы специализированные стенды для проверки аппаратуры микропроцессорных систем управления локомотивов, электрических аппаратов [2] и других локомотивных систем.

Оборудование для проведения наладки и испытаний на локомотиве служит для повышения эффективности работы при проведении испытаний непосредственно на объекте. Эти ПТК обычно содержит портативный компьютер типа Notebook со специализированным ПО, а также блок интерфейса для организации связи с локомотивным оборудованием посредством коммуникационного интерфейса. С помощью человеко-машинного интерфейса специалист может не только осуществлять мониторинг состояния подсистем локомотива, но также, используя функции установленного ПО, имитировать команды бортовым модулям, задавать их внутреннее состояние и принудительно присваивать значения различных переменных встраиваемого программного обеспечения системы управления. Это позволяет в процессе наладочных испытаний производить проверку и наладку различного оборудования локомотива без зависимости от остальных подсистем, что существенно облегчает проведение наладочных испытаний локомотива. Такие специализированные ПТК функционально взаимосвязаны с целевыми модулями и алгоритмами их работы (рис. 2).

Особенностью второй категории ПТК является стационарный характер их использования. Они содержат в своей структуре постоянные компоненты оборудования бортовых систем локомотива, а также развитое математическое обеспечение.

Специализированные стенды для разработки, наладки и испытаний бортовых систем управления являются развитием концепции макетных устройств и представляют собой комплекс взаимосвязанных компонентов – модулей локомотивного оборудования, средств мониторинга, регистрации, рабочих станций с интегрированными пакетами создания ПО, блоков имитации основных подсистем локомотива, объединенных коммуникационными каналами связи [3,4]. С их помощью, помимо разработки и наладки ПО и аппаратных средств, осу-

ществляется обработка протоколов взаимодействия между бортовыми подсистемами, интеграционное тестирование, а также функциональные испытания подсистем.

Такой подход использовался при обработке программного обеспечения системы управления локомотива ЭП20. Стенд включал в себя блок управления электровозом, дисплей машиниста, блоки управления оборудованием, имитаторы подсистем локомотивной безопасности, управления тяговым приводом и тормозным оборудованием, а также контроллер машиниста, рабочую станцию, аппаратуру GPS/ГЛОНАСС/GSM и адаптеры бортового коммуникационного канала связи USB-to-CAN. С учётом полученного в ходе проведения работ опыта может быть рекомендована структура стенда для бортовых распределённых информационно-управляющих систем тягового подвижного состава железных дорог, показанная на рис. 3 и защищённая патентом [5].

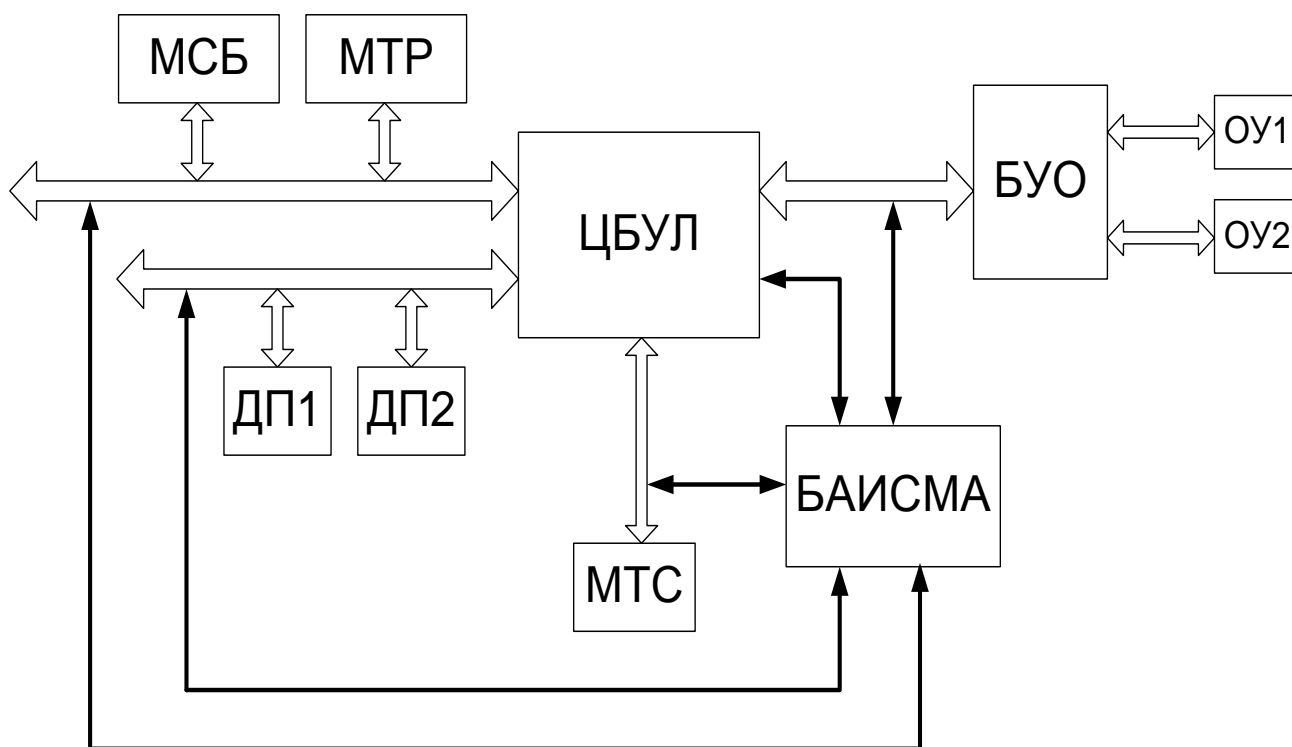


Рис. 3 – Структура стенда для бортовых распределённых информационно-управляющих систем

На этом рисунке представлены основные компоненты ПТК: центральный блок управления локомотивом (ЦБУЛ), дисплеи машиниста ДМ1 и ДМ2, модули системы безопасности, тяговой и тормозной систем (МСБ, МТС, МТР), блок

управления оборудования и органы управления машиниста (БУО, ОУ1, ОУ2), а также блок автоматической имитации сигналов, мониторинга и анализа (БАИСМА) и каналы связи. Данная структура соответствует архитектуре бортовой распределённой системы управления верхнего уровня перспективных локомотивов [6,7] и дает возможность на ранней стадии проектирования решать задачи создания ПО, интеграции оборудования и отработки управляющих алгоритмов. Предложенный стенд может использоваться также при проведении сертификационных испытаний ПТК и программных средств встраиваемых систем. Для этого требуется его аттестация, а также соответствующее методическое обеспечение проведения испытаний.

Другим классом ПТК второй категории являются тренажеры машиниста. С их помощью в настоящее время осуществляется подготовка профессиональная локомотивных бригад к управлению поездом, обучению рациональным режимам вождения поездов, ведению служебных переговоров, а также действиям машинистов и помощников в нештатных и аварийных ситуациях. Такие системы включают оборудование кабины машиниста и органы управления локомотивом. Сложное математическое обеспечение и технические средства управления видео- и аудио - информацией обеспечивают имитацию движения поезда с учётом параметров внешней среды и динамики подвижного состава, а также трехмерную визуализацию [8]. Указанные комплексы поставляются в депо и учебные центры и позволяют отрабатывать технологию ведения поезда и выполнение обязанностей локомотивных бригад. Следует отметить, что системы данного класса активно развиваются и используются в различных технических областях [9,10].

Уникальный лабораторно-тренажерный комплекс «Виртуальная железная дорога» (ВЖД) создан в Ростовском государственном университете путей сообщения [11-13] и построен на базе средств работы оперативного персонала служб, связанных с движением поездов и современных информационных технологий. Он представляет собой программно-аппаратную модель функционирования и взаимодействия служб железной дороги. В единую систему объединены различные тренажеры. Это позволяет отрабатывать действия машиниста,

диспетчера и других участников перевозочного процесса, а также организовывать их взаимодействие между собой и с другими дорожными службами. Комплекс ВЖД состоит из нескольких лабораторий («Оптимальное управление подвижным составом», «Автоматические системы электроснабжения», «Диспетчерский центр», «Станционная работа» и др.), соединенные средствами телекоммуникаций и связи. На этом учебно-исследовательском комплексе проводятся деловые игры по отработке навыков управления эксплуатационными процессами на участке железной дороги, в условиях, максимально приближенных к реальным, исследования оптимальных алгоритмов управления движением поездов и др.

Известны специализированные вычислительные системы для автоматизации научных исследований предназначены для проведения вычислительных экспериментов на базе компьютерных имитационных моделей [14]. С их помощью могут быть исследованы различные процессы и объекты на железной дороге: функционирование систем управления скоростью и автоведения, тягового привода и тормозного оборудования, процессов в системе энергоснабжения и другие. В настоящее время большое распространение получил подход, основанный на концепции программно-аппаратного моделирования с помощью технологии полнофункциональных имитационных моделей в замкнутом цикле («hardware in the loop» – HIL). Такой комплекс создан на кафедре «Электрическая тяга» Московского государственного университета путей сообщения для моделирования электромагнитных процессов и механических колебаний электроподвижного состава в режиме реального времени [15].

На основе аналогичного подхода также решались задачи исследования энергооптимальных траекторий движения перспективного подвижного состава [16] и автоматического управления электропневматическими тормозами поезда в системе автоведения [17]. Системы подобного класса используются для решения задач оптимального управления движением поездов на основе современных математических методов и за рубежом [18-20].

Рассмотрение основных классов программно-технических и тренажеромоделирующих комплексов позволяет сделать вывод о широких возможностях

их применения для решения различных задач, возникающих на всех этапах жизненного цикла современного подвижного состава. Основная тенденция развития таких систем в будущем будет заключаться в интеграции в их состав различных технических средств – бортового оборудования, высокопроизводительных вычислительных систем и вспомогательных устройств, таких как видео- и аудио-подсистемы, базы данных, автоматизированных рабочих мест и других на основе современных информационных технологий, а также совершенствования программно-математического обеспечения моделирования процессов на железнодорожном транспорте.

Предложенная систематизация существующих в настоящее время программно-технических и тренажеро-моделирующих комплексов позволит разработчикам, испытателям, эксплуатационникам, преподавателям, а также руководителям и другим заинтересованным лицам осуществить обоснованный выбор технических средств для решения тех или иных задач на всех стадиях жизненного цикла создаваемой и эксплуатируемой железнодорожной техники.

*Работа выполнена при поддержке гранта ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013, соглашение № 14.В37.21.0289.*

#### **Литература:**

1. Головин В.И., Шухина Е.Е., Висков В.В., Архипов А.С. Комплекс БЛОК: прорывные технологии в системах обеспечения безопасности движения [Текст] // Локомотив. №6, 2011. – С. 28-31.
2. Потапов А.А, Добряков А.В., Универсальный комплекс для испытаний электрических аппаратов ЭПС [Текст] // Вестник ВЭЛНИИ, 2010. - № 2 (60). – С. 161-165.
3. Юренко К.И., Фандеев Е.И. Аппаратно-программный комплекс для моделирования и автоматизированного управления движением поезда[Текст] // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки, 2012. - № 2. – С. 26-31.



4. Юренко К.И., Фандеев Е.И. Компьютерная модель и программно-аппаратные средства бортовой системы автоматизированного ведения поезда [Текст] // Известия ЮФУ. Технические науки, 2012.- №5. – С.51-56.

5. Пат. ПМ 125737 Российская Федерация МПК В G05B23/02. Стенд для разработки, наладки и испытаний бортовых распределённых информационно-управляющих систем подвижного состава железных дорог // К.И Юренко., Е.И Фандеев. – опубл. 10.03.12.

6. Юренко К.И., Фандеев Е.И., Сапунков А.Н. Эволюция бортовых систем управления подвижного состава железных дорог [Текст] // Труды VIII международной научно-практической конференции «Научная индустрия европейского континента – 2012», Прага, «Наука и образование», 27 ноября - 5 декабря 2012. – Том 25. Технические науки. – С. 44-49.

7. Шепилова Е.Г., Юренко К.И. Интеллектуальная бортовая информационно-управляющая сеть перспективных локомотивов [Текст] // Труды первой научно-технической конференции «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте ИСУЖТ-2012» г. Москва, МГУПС (МИИТ) 15-16 ноября 2012, - Ч.3. – С.228-232.

8. Ройзнер, А.Г. Тренажеры нового поколения: особенности, возможности, перспективы [Текст] // Локомотив. №5, 2012. – С. 17-19.

9. Файзрахманов Р.А., Бакунов Р.Р., Мехоношин А.С., Федоров А.Б., Бикметов Р.Р. Особенности разработки и реализации мобильных пультов тренажерного комплекса операторпортального крана [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4(часть1). – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/arhive/n4r1y2012/1267> (доступ свободный) - Заглав. с экрана. – Яз. рус.

10. Долгова Е.В., Курушин Д.С., Федоров А.В., Бикметов Р.Р. Организация сетевого взаимодействия элементов мобильного тренажерного комплекса. крана [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4(часть1). – Режим доступа <http://ivdon.ru/magazine/arhive/n4r1y2012/1266> (доступ свободный) - Заглав. с экрана. – Яз. рус.

11. Верескун В.Д., Колесников В.И., Сухорукова Н.Н. Учебно-исследовательский лабораторный комплекс «Виртуальная железная дорога // Тр. 3-й междунар. науч.-техн. конф. «Компьютерное моделирование–2002». — СПб.: СПбГПУ, 2002. — С. 203–209.
12. Верескун В.Д., Колесников В.И., Сухорукова Н.Н. Применение на железнодорожном транспорте тренажеров с использованием практики деловых игр [Текст] // Сборник докладов 1-й Межведомственной научно-практической конференции «Телекоммуникационные технологии на транспорте России: ТелеКом-Транс–2003», г. Сочи. — Ростов н/Д: РГУПС, 2003. — С. 383.
13. Колесников В.И., Гольцев А.В., Гречук И.А. Виртуальная железная дорога поможет воспитать профессионала [Текст] // Локомотив, 2011, № 5. – С. 13-15.
14. Савоськин А.Н., Болдин Д.И., Телегин М.В. Использование технологий NI для создания программно-аппаратного комплекса имитационного моделирования в реальном времени [Текст] // Сборник научных трудов IX международной научно-практической конференции «Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологий National Instruments. Москва, 3-4 октября 2010. – С. 34-39.
15. Савоськин А.Н., Чучий А.А., Болдин Д.И., Телегин М.В. Исследование электромагнитных процессов в электрической железной дороге переменного тока на базе вычислительного комплекса реального времени [Текст] // Вестник ВЭЛНИИ, 2011. - №1 (61). – С. 23-38.
16. Юренко, К.И. Расчёт энергооптимальных режимов движения перспективного подвижного состава методом динамического программирования [Текст] // Известия вузов. Электромеханика, 2013.- №3. – С. 78-82.
17. Юренко К.И., Фандеев Е.И., Сапунков А.Н. Автоматическое управление тормозами поезда на основе математического аппарата нечёткой логики в системе автоведения [Текст] // Вестник Всеукраинского национального университета им. В. Даля. Техн. науки. Серия Транспорт. – Луганск, 2012. - Ч.2 №5(176). – С.22-29.
18. Chang C. S., Sim S. S., Optimising train movements through coast control

using genetic algorithms// IEE Proceedings-Electric Power Applications, vol. 144, 1997, pp. 65.

19. Seong Ho, H., Yun Sub, B., Jong Hyen, B., Tae Ki, A., Su Gil, L., and Hyun 179 Jun, P., An optimal automatic train operation (ATO) control using genetic algorithms (GA)// Proceedings of IEEE. IEEE Region 10 Conference. TENCON 99. 'Multimedia Technology for Asia-Pacific Information Infrastructure' (Cat. No.99CH37030), vol. 1: IEEE Inst. Electron Eng.Korea.,

20. Wong, K. K. and Ho, T. K., Coast control for mass rapid transit railways with searching methods// IEE Proceedings-Electric Power Applications, vol. 151, 2004, pp. 365.