

УДК 656.2:004.413

*В. Н. ЗУБКОВ, Е. А. ЧЕБОТАРЁВА, Д. Е. ДЕМИДОВ, Д. А. ЛОМАШ, Ростовский государственный университет путей сообщения*

## **РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ МЕСТНОЙ РАБОТОЙ И ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ**

В целях сокращения периода адаптации молодого специалиста в производственных условиях предлагается для приобретения студентами навыков и умений в процессе обучения в вузе использовать специальные технические средства, например, динамический тренажер для моделирования управления местной работой на учебном полигоне, максимально приближенном к производственным условиям.

**С**истема профессионального образования транспортного комплекса имеет богатую историю и глубокие традиции. Она исторически формировалась именно под потребности отрасли и постоянно развивалась во взаимодействии с транспортными предприятиями. Подготовка специалистов эксплуатационной направленности железнодорожного транспорта имеет свою специфику, так как помимо теоретических знаний выпускникам необходимы практические навыки и умения, приобретение которых возможно только в производственных условиях, в процессе стажировки и самостоятельной работы. Однако это требует значительных затрат времени и сопряжено с потерями в перевозочном процессе из-за ошибочных и несвоевременных действий оперативного работника. В целях сокращения периода адаптации молодого специалиста в производственных условиях и эксплуатационных затрат на его подготовку предлагается для приобретения навыков и умений использовать в процессе обучения в вузе специальные технические средства.

Изначально основное внимание при подготовке инженеров-эксплуатационников факультета «Управление процессами перевозок» уделялось поездной работе, соответственно по запросам отрасли и комплектовались лаборатории, управлению же местной работой на всех уровнях управления уделялось мало внимания. Учитывая то, что качество выполнения местной работы серьезно влияет на конечный результат деятельности железнодорожного транспорта, необходимо совершенствование материально-технической и лабораторной базы в соответствии с развитием техники и технологий на железнодорожном транспорте.

В настоящее время лабораторные базы железнодорожных вузов включают следующие типы компьютерных тренажеров:

**1 Электронный экзаменатор.** Это простейший программный продукт, реализуемый на всех видах отечественной и зарубежной вычислительной техники. Основная его функция – это замена живого экзаменатора в строго регламентированных областях, показ рисунков в кадре вопроса; анализ ответа экзаменуемого в виде чисел и формул; предварительное обучение (показ правиль-

ных ответов); редактирование старых и создание новых вопросов. Стоимость разработки экзаменаторов – самая низкая.

**2 Пультовые тренажеры.** В них, кроме компьютера, присутствует аппаратная часть (например, копия реального пульта управления). На пульте могут быть представлены только основные приборы и органы управления (упрощенный тренажер), управление какой-либо частью, отдельной установкой (локальный тренажер); наконец, пульт может быть копией реального пульта управления (полномасштабный тренажер). Стоимость разработки очень высокая.

**3 Статические (или логико-динамические) тренажеры.** Основная особенность заключается в том, что в таких программах отсутствует (физическая) математическая модель процессов, происходящих в оборудовании или сложных системах, но показывается и проверяется определенный порядок действий. Порядок действий обычно жестко задается; в более сложных случаях предусматриваются разветвления в цепочке действий, что обеспечивается логическими функциями (логико-динамическая модель). Главные недостатки: невозможность отклонения обучаемого от сколь угодно сложной, но все равно жестко заданной цепочки действий; трудность программирования динамических эффектов.

**4 Динамические тренажеры.** Имеют в своей основе математическую модель реальных процессов и потому наиболее полезны для качественного обучения персонала.

Динамический компьютерный тренажер позволяет:

– произвести компьютерный эксперимент для исследования различных режимов работы системы, а также для анализа аварийных ситуаций;

– наглядно показать сущность протекающих в сложной системе процессов, их взаимную зависимость, а также ряд существенных тонкостей, которым, к сожалению, не всегда придается значение на практике;

– сформировать и постоянно поддерживать квалификацию и готовность персонала, навыки действий в сложных ситуациях, в том числе путем регулярных тренировок.

Управление местной работой на Российских железных дорогах включает следующие уровни управления: Дорожный диспетчерский центр управления перевозками (ДЦУ), Центр управления местной работой (ЦУМР) и оперативный персонал станций (ДС), выполняющих маневровую работу по обеспечению погрузки и выгрузки. При этом диспетчерский аппарат имеет дело с большим числом объектов управления (тысячи вагонов, десятки локомотивов и местных поездов), огромным числом вариантов выполнения работы. Поэтому для моделирования управления местной работой требуется создание динамического тренажера оперативного персонала ДЦУ, ЦУМР и станций.

Тренажер оперативного персонала обычно содержит:

- динамическую модель сложной системы, позволяющую проводить машинные эксперименты и исследования в произвольных переходных режимах;
- интерфейсную часть, позволяющую обучаемому управлять моделью в реальном времени (мнемосхемы, рисунки, фотографии, кнопки, переключатели, приборы и т. п.);
- ряд сценариев тренировок, предусматривающих демонстрацию различных ситуаций, комментарии и показ правильных действий (режим "демонстрация");
- подсказку обучаемому и контроль его действий (режим "тренировка");
- экзамен с оценкой действий обучаемого (режим "экзамен"). Оценка формируется по ряду критериев (запрещенные и обязательные действия, контроль параметров оборудования и качества управления);
- возможность просмотра диаграмм (графиков показателей) и состояния элементов управления

по окончании исследования (тренировки);

- возможность редактирования параметров элементов управления и приборов;
- возможность редактирования и создания новых сценариев.

На первом этапе создания динамического тренажера разработчиком тренажера должен быть технолог, владеющий аппаратом прикладной математики, а не программист. Динамическая модель формируется из "кубиков" – стандартных элементов, описывающих определенные объекты управления и стандартные математические операции, передаточные функции, логику. Модели составляются из стандартных объектов, каждый из которых имеет свое изображение, механизм управления и способ моделирования. Законченная модель представляет собой набор из нескольких окон, объединенных друг с другом по иерархическому принципу или по принципу циклического списка.

Для моделирования управления местной работой формируются рабочие места диспетчерского аппарата ДЦУ и ЦУМР, информационное и программное обеспечение которых позволяет выбрать эффективный вариант организации местной работы и решать задачи сменного-суточного планирования погрузки, выгрузки, обеспечения порожним подвижным составом, текущего и оперативного контроля за ходом выполнения планов местной работы.

Для моделирования развоза местного груза в пределах района управления создан программный комплекс, который включает в себя 4 модуля: «Редактор натуральных листов», «Базовая станция», «Опорная станция», «Прикрепленные станции». Общая схема взаимодействия модулей представлена на рисунке 1.

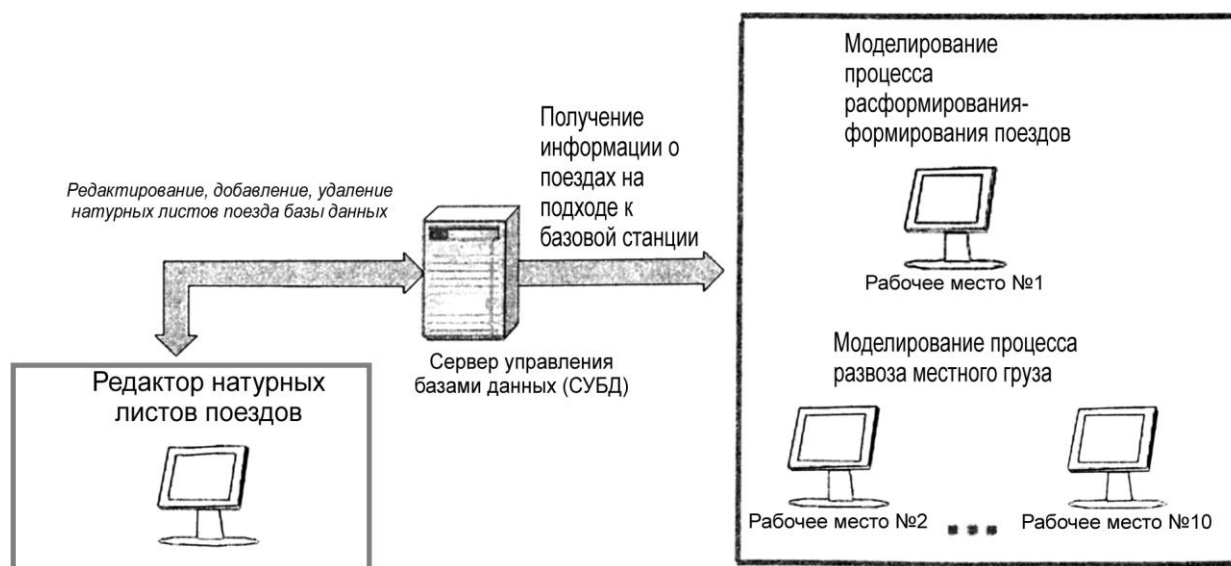


Рисунок 1 – Структурная схема взаимодействия модулей программного комплекса

Модуль «Редактор натуральных листов» позволяет моделировать прибывающие на базовую станцию поезда в разрезе натурального листа.

Модуль «Базовая станция» в режиме «человек – машина» позволяет моделировать процессы, производимые работниками станции с целью обеспе-

чения развоза местного груза с базовой станции на прилегающие. На основании данных натуральных листов прибывающих поездов, положения по путям базовой станции, плана формирования и графика движения поездов моделируются процессы расформирования, накопления, формирования комбинаторным способом многогруппных составов местных поездов.

Программный модуль «Опорная станция» позволяет моделировать операции по отцепке и прицепке вагонов к прибывшему с базовой станции сборному поезду. На опорной станции (ОС) имеется  $n$ -е количество маневровых локомотивов, обслуживающих грузовые пункты ОС, и прикрепленных к ней линейных станций. Поэтому модули «Опорная станция» и «Прикрепленная станция» связаны технологически. В связи с ограниченностью маневровых средств и наличием большого количества грузовых пунктов устанавливается

очередность обслуживания грузовых пунктов ОС и прикрепленных к ней линейных станций. Согласно установленной очередности производится подача вагонов маневровыми локомотивами ОС на подъездные пути станций. После окончания грузовых операций маневровыми локомотивами осуществляется уборка вагонов с грузовых фронтов ПС и ОС. Эти вагоны накапливаются на пути ОС для последующей их прицепки к сборному поезду.

На экране компьютера программных модулей опорной и прикрепленной станции в центральной части отображается схема станции, в левом верхнем углу высвечивается окно «Информация о вагонах», в правом углу высвечиваются цветové обозначения подъездных путей, обслуживаемых станцией (рисунок 2).

В нижней части имеются следующие функциональные окна: «Принять поезд», «Журнал ошибок».

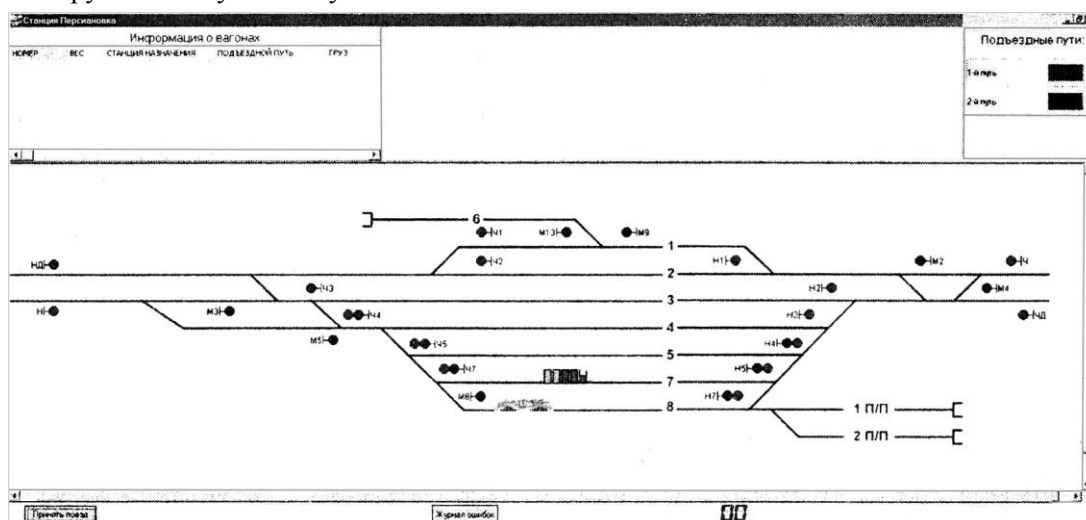


Рисунок 2 – Общий вид программного модуля станции

Открытие функциональных окон производится с помощью манипулятора «мышь». Курсор мыши наводится на необходимое окно, объект (поезд, вагон, локомотив), щелчком мыши открывается окно или вызывается меню команд.

Разумеется, для расчета достаточно полной модели требуются весьма внушительные машинные ресурсы, да еще в реальном масштабе времени, а это вряд ли возможно. Поэтому модель следует упростить, но так, чтобы ее поведение в обусловленных техническим заданием рамках соответствовало реальной системе с определенной точностью. Это сложная творческая задача для инженера и научного работника.

Одной из самых сложных задач является имитация реального времени протекания технологических операций в масштабах модели. Так, если рабочее время оперативного работника составляет 12 ч, то для проведения эксперимента или обучения студентов необходимо масштабирование этого времени до периода моделирования  $T_m$ , например, до  $T_m = 3$  часа (два учебных занятия).

Возможны два варианта имитации времени в масштабе модели.

**Упрощенный метод имитации.** При этом создается таблица, содержащая перечень всех технологических операций и среднее время их выполнения (рисунок 3). Например, на перестановку группы вагонов с одного пути станции на путь стоянки сборного поезда требуется 5 мин, или это 1,25 мин в масштабе времени модели. При этом движение локомотива с вагонами будет происходить на экране оператора указанное время. При таких операциях, как, например, проба автотормозов, длительностью 10 мин (2,5 мин – в масштабе модели) требуется блокировка действий для оператора, в течение этого времени ему нельзя выполнить следующую операцию – отправить поезд со станции. Если оператор (студент) не выполняет очередную операцию по технологии (бездействие), то соответственно он задерживает, например, отправку сборного поезда со станции, по сравнению с нормативным графиком движения поездов. Общее время обработки сборного поезда на прикрепленной станции (рисунок 4) в масштабе модели будет составлять  $\sum t / T_m$ .

Операция	Продолжительность выполнения операции, мин
обработка транзитного поезда	40
обработка состава по прибытии	40
обработка состава по отправлению	60
заезд маневрового локомотива на ПОП станции	5
надвиг и роспуск состава	25
осаживание	3
окончание формирования транзитного с переработкой состава	25
окончание формирования сборного состава	45
перестановка вагонов маневровым локомотивом на ПОП станции	6
проба автотормозов	10
укладка/уборка тормозных башмаков	3
отцепка/прицепка вагона	2
другие операции	...

Наименование линейных станций	Время на подачу (уборку) вагонов на ПП $t_{\text{п.п.}}(t_{\text{п.п.}})$		Время выполнения грузовых операций $t_{\text{г}} = t_{\text{отп}} - t_{\text{отп}}$
	п.п. №1	п.п. №2	
Персиановка	40	45	4
Локомотивстрой	50	35	5
Хотунок	60	35	4
Новочеркасск	30	25	5
Кизилтеринка	60	50	4

Рисунок 3 – Таблица, содержащая перечень всех технологических операций и среднее время их выполнения



Рисунок 4 – График обработки сборного поезда

**2 Метод имитации времени в масштабе модели – создание математической модели всех технологических процессов.** Табличная модель будет включать стандартные математические операции, передаточные функции, логику (таблица 1).

Таблица 1 – Расчет технологических норм времени на маневровую работу

Операции	Расчет технологического времени
Отцепка вагонов маневровым локомотивом в хвостовой части состава	$T_{отц} = 3,75 + 0,46n_{отц}$
Прицепка вагонов поездным локомотивом в головной части состава	$T_{приц} = 4,67 + 0,19n_{приц}$
Другие операции	...

При этом составляется перечень последовательного выполнения технологических операций в

соответствии с технологическим процессом работы и схемой путевого развития каждой станции. Для отдельных маневровых операций рассчитывается технологическое время по установленным нормативам времени на их выполнение. Нормы времени на маневровую работу определяются с учетом дополнительных затрат времени на подготовительно-заключительные операции и технологические перерывы.

Полученные таблицы нормативов времени на выполнение технологических операций включаются в нормативно-справочную информацию и используются программой для имитации времени выполнения операции в масштабах модели.

Для этих двух методов имитации времени в масштабе модели на рисунке 5 приведена схема работы программы.

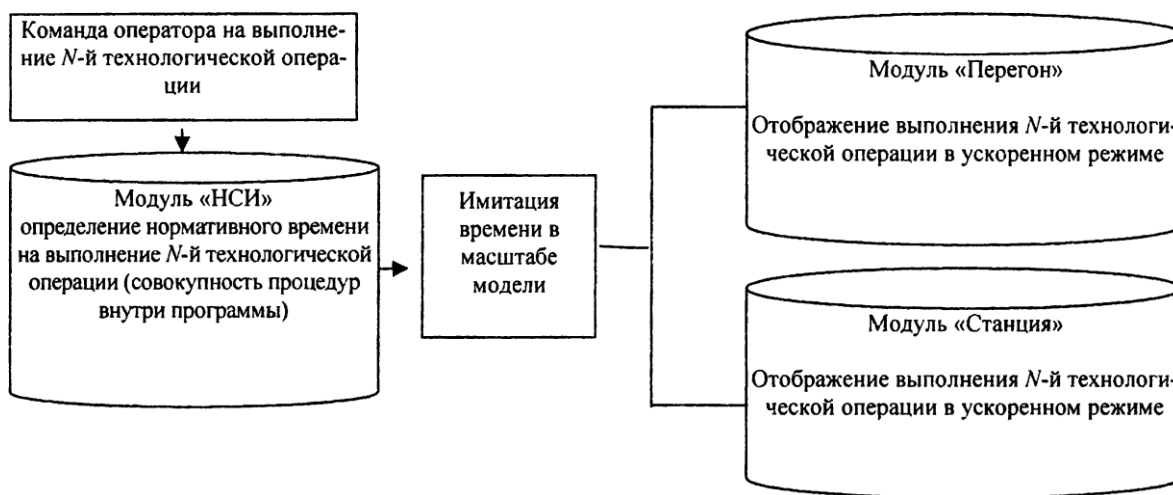


Рисунок 5 – Схема работы программы при имитации времени в масштабе модели

Разработка тренажера для обучения оперативного персонала управлению местной работой на станциях требует создания ряда сценариев тренировок, предусматривающих демонстрацию различных ситуаций, комментарии и показ правильных действий. По окончании работы для каждого студента должна формироваться оценка его деятельности. Однако в сложных системах не всегда возможно жестко определить последовательность правильных действий, так как она часто зависит от мелких деталей в развитии ситуации. Поэтому оценка действий обучаемого при работе на динамических тренажерах должна выводиться:

1) исходя из проверки отдельных запрещенных действий и состояний. Например, создается «Журнал ошибок», где фиксируются неправильные действия студента (оператора) в ходе выполнения каких-либо операций, а также даются комментарии (рисунок 6);

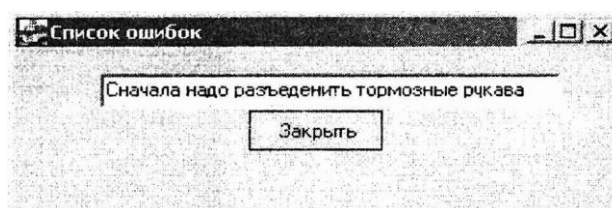


Рисунок 6 – Общий вид окна «Журнал ошибок»

2) исходя из анализа текущего и желаемого состояния модели. При ошибках оператора или его бездействии будут не выполнены технологические нормы производства операций. Например, на обработку сборного поезда в реальном масштабе времени уходит 35 мин или в условиях модели 8,7 мин. Если оператор (студент) не выполняет очередную операцию по технологии (бездействие) или ошибается, то соответственно он задерживает, например, отправление сборного поезда со станции, по сравнению с нормативным графиком движения поездов (рисунок 7).

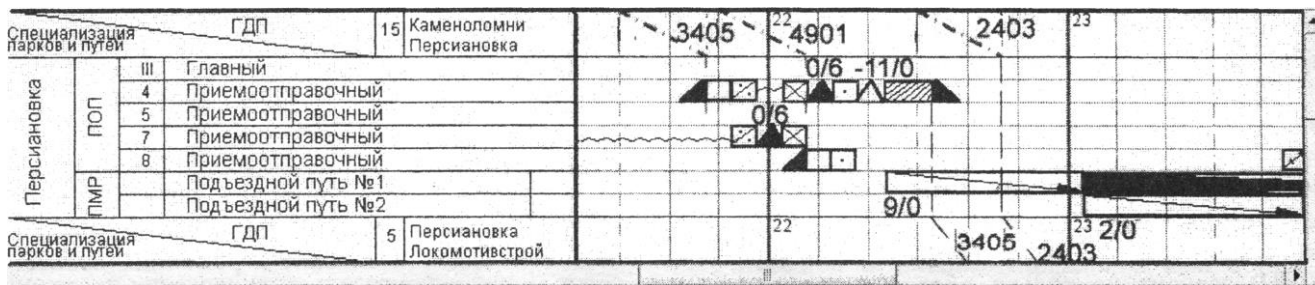


Рисунок 7 – Фрагмент нормативного графика

Оценка действий обучаемого при использовании логико-динамических и динамических тренажеров должна быть интегральной. Такую оценку обеспечивает правильное составление сценария деловой игры на тренажерах.

Получено 12.10.2006

V. N. Zubkov, E. A. Chebotareva, D. E. Demidov, D. A. Lomash. Creation of a dynamic simulator for modelling management by local work and for training experts.

With a view of reduction of the period of adaptation of the young expert to production conditions, authors of article offer to carry out increase by students of skills during training at the university, by using special means, for example, a dynamic simulator for modelling management by local work, for the maximal approximation to production conditions.

#### Список литературы

- 1 Донской, А. Н. Тренажеры на базе ЭВМ для оперативного персонала ТЭЦ / А. Н. Донской // Энергетик. – 1995. – № 5. – С. 28.
- 2 Зубков, В. Н. Моделирование развоза местного груза на полигоне района местной работы / В. Н. Зубков [и др.] // Современные проблемы совершенствования железнодорожного транспорта: межвуз. сб. науч. тр. – М., 2006.

**Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2007. № 1–2(14–15)**

УДК 656.2.02.001.57

*Н. Н. КАЗАКОВ, ассистент, Л. А. РЕДЬКО, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБУЧАЮЩИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ У СТУДЕНТОВ НАВЫКОВ РАБОТЫ ДСП/ДНЦ

Одним из факторов повышения уровня безопасности работы железнодорожного транспорта является повышение качества подготовки специалистов различных уровней оперативного управления, в том числе ДСП (дежурный по станции) и ДНЦ (поездной диспетчер). Для реализации данной цели в процессе обучения у студентов должны быть сформированы навыки работы в условиях, близких к реальным, что достигается посредством применения в учебном процессе обучающих моделей. До настоящего времени доминирующим в обучении студентов было применение физического моделирования, позволяющего работать студенту с процессами, наблюдаемыми на реальных железнодорожных объектах. Однако политика Белорусской железной дороги в области автоматизации процессов управления на железнодорожном транспорте и современный уровень технических средств, используемых на железных дорогах, стали объективной причиной внедрения в учебный процесс и лабораторный фонд компьютерной модели – имитационного тренажера ДСП/ДНЦ. Каждая из представленных моделей имеет свои преимущества и недостатки. Использование в учебном процессе двух этих моделей в четком взаимодействии их друг с другом позволяет не только устранить недостатки и усилить достоинства каждой из них, но и существенно повысить качество подготовки специалиста, способного выбрать обоснованное управленческое решение в оперативном режиме.

Одним из главных факторов повышения качества и безопасности работы транспортного комплекса является улучшение качества подготовки специалистов в области организации перевозок и управления на транспорте. При этом под подготовкой понимается процесс обучения и воспитания, направленный на овладение будущими специалистами компетенциями, позволяющими решать социальные, личностные и профессиональные проблемы, соответствующие квалификационной характеристике [1].

Квалификационная характеристика специалиста – это обобщенная норма качества его подготовки по определенной специальности или специ-

ализации с соответствующей квалификацией, включающая сферы, объекты, виды и задачи профессиональной деятельности, а также состав компетенций, необходимых для выполнения его функциональных обязанностей [2]. Стандартом специальности «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте» [1] установлен состав компетенций (знания, умения и опыт, необходимые для решения теоретических и практических задач [2]) специалиста с квалификацией инженера по управлению специализации «Управление движением», среди которых отдельно выделены компетенции, требуемые для оперативных работников железных дорог двух уровней