

# Автоматизация планирования движения городского электрического транспорта



**А. М. Горбачев,**  
к. т. н., заведующий научно-исследовательской лабораторией «Функциональная диагностика», доцент кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I

При планировании движения городского электрического транспорта возникает проблема информационного взаимодействия транспортного предприятия со сторонними системами различных уровней. Автором предложена Автоматизированная система планирования движения городского электрического транспорта для повышения производительности и культуры труда при выполнении анализа пассажиропотоков, построения маршрутных расписаний и нарядов на выпуск подвижного состава.

Неотъемлемую часть модернизации инфраструктуры крупных городов составляет развитие маршрутного городского электрического транспорта. Общемировые тенденции в этой области — внедрение глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и сетей мобильной связи GSM для диспетчеризации подвижного состава, электронных систем оповещения и учета пассажиров, электронной оплаты проезда, а также интеграция программного и аппаратного обеспечения различных производителей в единую информационную систему транспортных предприятий.

Развитие электрического транспорта в странах постсоветского пространства имеет некоторые технологические осо-

бенности: низкие темпы обновления подвижного состава, закрепление бригад водителей и кондукторов за транспортными средствами, соблюдение норм трудового законодательства и технологических ограничений, специфических для России [1]. Необходимость учета указанных особенностей привела к созданию отечественных комплексов для автоматизации планирования организации движения и управления городским транспортом [2, 3].

Значительная протяженность трамвайных и троллейбусных линий, необходимость повышения качества организации движения и интеграции с общегородскими информационными системами обосновывают актуальность разработки и внедрения Автоматизированной системы планирования движения городского



Рис. 1. Место Автоматизированной системы среди информационных транспортных систем города

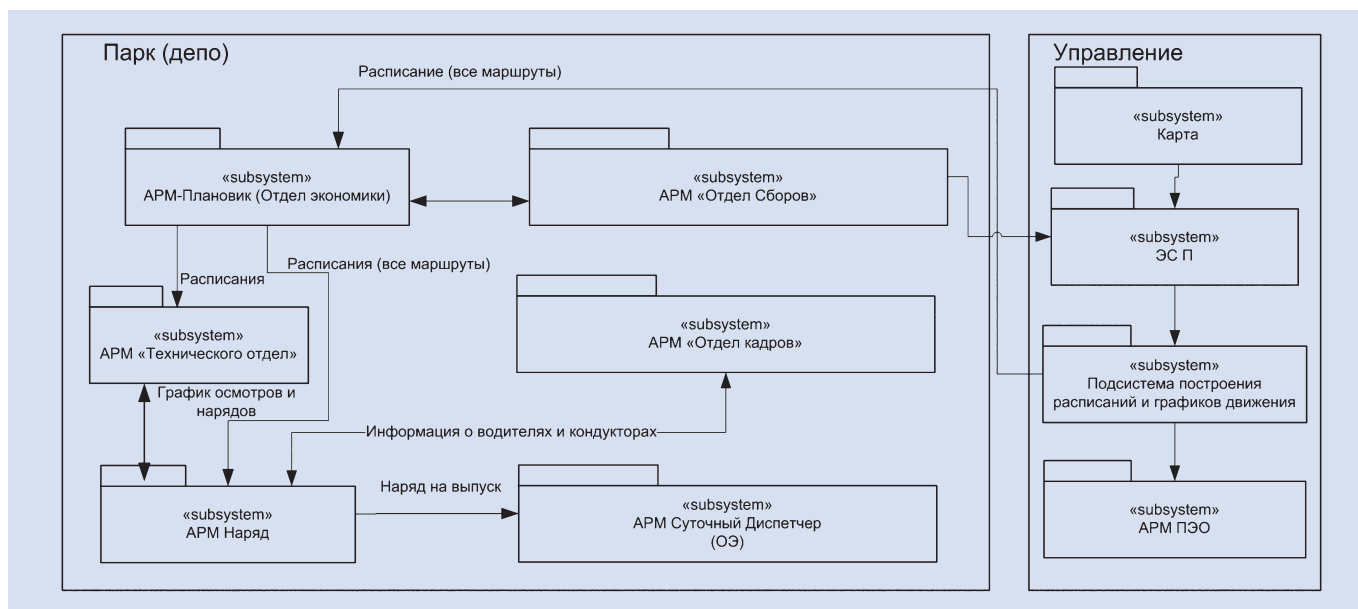


Рис. 2. Структура Автоматизированной системы планирования движения городского электрического транспорта

электрического транспорта (АС ПД ГЭТ), функционирующей на уровне отдельного транспортного предприятия и его обособленных структурных подразделений. Место АС ПД ГЭТ среди транспортных систем города представлено на рис. 1.

На верхнем уровне находятся информационные системы города. Они координируют работу транспортных предприятий, работающих на различных маршрутах, и взаимодействуют с программным обеспечением тех или иных производителей, внедренным у отдельных перевозчиков. Со снижением уровня возрастает общий объем обрабатываемой информации.

Основные принципы построения АС ПД ГЭТ — модульность, использование кроссплатформенных компонентов, обеспечивающих работу в различных операционных системах, и использование отечественных или открытых компонентов в целях импортозамещения.

Автоматизированная система планирования движения городского электрического транспорта (рис. 2) состоит из следующих подсистем:

1) экспертная система оценки пассажиропотоков (ЭС П) — используется специалистами группы анализа и планирования организации движения для расчета матриц корреспонденций пассажиров на основе данных об инфраструктуре, содержащихся в подсистеме «Карта»;

2) подсистема построения расписаний и графиков движения — предназначена для повышения производительности труда и качества построения расписаний и графиков движения на городском наземном транспорте и метрополитене на основе известного

распределения транспортных средств (подвижного состава) по маршрутам (линиям);

3) автоматизированное рабочее место «Отдел экономики» (АРМ «Отдел экономики») — средство автоматизации труда инженеров-экономистов парков для расчета планов по транзакциям и выручке на каждую смену работы кондуктора на наземном городском транспорте;

4) АРМ «Наряд» — служит для назначения подвижного состава каждому наряду в маршрутном расписании и распределения бригад водителей и кондукторов по транспортным средствам с последующим формированием путевых листов, а также для создания планового наряда на выпуск по парку (депо);

5) АРМ «Суточный диспетчер» — фиксирует фактический выпуск транспортных средств на линию и передает эту информацию в сторонние информационные системы;

6) АРМ «Отдел сборов» — автоматизирует учет билетной продукции и денежной выручки;

7) АРМ «Технический отдел» — база данных технического обслуживания и планового ремонта транспортных средств, совмещенная с программным обеспечением для планирования такого обслуживания;

8) АРМ «Отдел кадров» — система управления персоналом предприятия;

9) АРМ планово-экономического отдела (АРМ ПЭО) — служит для анализа выполнения планов по выручке и транзакциям парков (депо) руководством транспортного предприятия.

Рассмотрим основные бизнес-процессы планирования организации движения

городского электрического транспорта. Основной документ, регламентирующий план по организации движения транспортных средств, — маршрутное расписание. Для составления расписания необходимо иметь данные об инфраструктуре (маршрутная сеть, пробеги по времени суток) и распределении подвижного состава по маршрутам. Информация об инфраструктуре для различных подразделений находится в подсистеме «Карта». Распределение подвижного состава по маршрутам получено в результате анализа пассажиропотоков.

Основные задачи экспертной системы оценки пассажиропотоков (ЭС П) — построение матриц корреспонденций о перемещениях людей на основе данных о проведенных транзакциях и оплаченных билетах, а также разработка рекомендаций для регулирования пассажиропотоков (для метрополитена это график работы дверей вестибюлей, эскалаторов и т. д., для наземного транспорта — распределение подвижного состава между маршрутами). Результаты работы ЭС П служат базой для функционирования подсистемы построения расписаний и графиков движения.

Задачи указанной подсистемы следующие [4]:

1) синтез расписаний и графиков движения;

2) проверка качества расписаний и графиков движения;

3) формирование выходных форм;

4) экспорт расписаний и графиков движения в сторонние информационные системы.

Подсистема построения расписаний и графиков движения работает в трех режимах:

1) ручной режим — позволяет вручную добавлять наряды и рейсы в маршрутное расписание и нитки графиков поездов в рабочую область, редактировать типы транспортных средств, изменять значения времени прибытия и отправления с конечных станций с перерасчетом зависящих значений времени;

2) автоматизированный режим — дает возможность по структуре расписания или графика движения выравнять интервалы по отправлению с учетом действующих ограничений (решение основной задачи теории расписаний в классической постановке);

3) автоматический режим — с его помощью синтезируют начальную структуру расписания или графика движения с последующей оптимизацией по критерию выравнивания интервалов с учетом нормативных ограничений на работу транспортных средств и конечных пунктов.

Следующая задача в работе подсистемы — проверка качества маршрутных расписаний и графиков движения. По влиянию на безопасность движения проверки разделяют на две группы: непосредственно влияющие и дополнительные. К первой группе относят, например, обгоны рельсового транспорта на линии, ограничения по количеству транспортных средств на конечных станциях. Нарушения условий безопасности в первой группе проверок определяют невозможность использования такого расписания или графика движения на практике.

Вторая группа проверок включает нормативные ограничения, связанные с трудовым законодательством (длительность обедов, технических стоянок и смен транспортных бригад, время начала и окончания работы конечных станций и парков). Несоблюдение указанных условий ведет к нарушению технологических и законодательных ограничений. На этом этапе для маршрутных расписаний с переходами между транспортными средствами внутри смен появляется дополнительная задача: наряды разбиваются на промежутки времени, когда водитель не меняет подвижной состав, на котором работает.

Технология построения графиков движения метрополитена отличается от построения расписаний маршрутного наземного транспорта по ряду признаков, поэтому подсистема построения расписаний и графиков движения состоит из

двух специализированных комплексов программ: системы автоматизированного проектирования расписаний движения (САПР РДТТ) и системы автоматизированного проектирования плановых графиков движения (САПР ПГД). Последняя разработана для автоматизации построения плановых графиков движения поездов на метрополитене и других видах скоростного рельсового пассажирского транспорта и рассчитана на использование инженерами-графистами в службах движения соответствующих транспортных предприятий.

Следующий шаг для наземного транспорта — планирование выручки и транзакций по сменам и по маршрутно в АРМ «Отдел экономики». Общий план по выручке передается из управления в структурные подразделения, организующие выпуск на линию, а распределение плана между маршрутами и сменами кондукторов осуществляется непосредственно в подразделениях. Таким образом, парки имеют возможность самостоятельно задавать значения почасовой выручки и транзакций по сменам и по маршрутно вручную или использовать функции автоматического назначения плана на основе предыдущих фактических доходов. Планирование выручки и транзакций составляет основную задачу АРМ «Отдел экономики».

Расписание, дополненное информацией о планах, или график движения поступают в АРМ «Наряд». Далее в автоматическом или ручном режиме осуществляется назначение транспортных бригад на основе базы данных АРМ «Отдел кадров» и информации о графиках работы. Автоматический режим предусматривает расстановку водителей и кондукторов (машинистов) на основе графиков их работы с поочередной сменой транспортных средств («по кольцу») в каждой следующей смене. Одновременно с назначением транспортных бригад осуществляется выбор подвижного состава для выпуска на линию из числа свободных транспортных средств на основе данных, представленных в АРМ «Технический отдел».

При необходимости сформированный наряд на выпуск всех маршрутов парка (депо) можно откорректировать вручную. В качестве выходных документов формируются путевые листы, наряд и различные отчеты о выпуске на линию.

АРМ «Суточный диспетчер» используется специалистами, осуществляющими непосредственный выпуск на линию подвижного состава. В результате их работы

фактический выпуск становится доступным в сторонних информационных системах, прежде всего в системах диспетчеризации и программном обеспечении обработки путевых листов и табельного учета водителей и кондукторов. При этом АРМ «Наряд» и АРМ «Суточный диспетчер» позволяют вносить корректировки и в расписание при оперативной организации движения на маршруте.

К началу 2018 г. в ГУП «Горэлектротранс» Санкт-Петербурга полностью внедрены такие подсистемы, как АРМ «Отдел экономики» и САПР РДТТ. Это позволило повысить производительность труда при составлении расписаний в шесть-восемь раз, ускорить работу экономистов отделов экономики парков в два-три раза вследствие исключения рутинных операций [5]. В ГУП «Петербургский метрополитен» более 10 лет используется экспертная система метрополитена, составная часть ЭС П.

Внедрение АС ПД ГЭТ способствует повышению качества и оперативности планирования за счет формализации и автоматизации анализа пассажиропотоков, оптимизации построения расписаний и нарядов выпуска подвижного состава на линию, а также снижает влияние человеческого фактора в работе транспортных предприятий. ■

#### Литература

1. Антошвили М. Е., Варелопуло Г. А., Хрущев М. В. Организация городских автобусных перевозок с применением математических методов и ЭВМ. М.: Транспорт, 1974. — 104 с.
2. Гуревич Г. А., Финько Е. В., Перцович С. Б. Новая версия автоматизированной общегородской системы формирования и сопровождения расписаний маршрутизированного транспорта // Автотрансп. предприятие. 2010. № 12. С. 18–21.
3. Домбровский М. Ю. Рациональная методика формирования расписания движения подвижного состава городского электрического транспорта // Вестн. Иркутск. гос. ун-та. 2013. № 11 (82). С. 15–19.
4. Горбачев А. М. Оптимизация построения расписаний городского электрического транспорта // Сб. матер. V межд. науч.-практ. конф. «ИнтеллекТранс-2015» СПб.: Петерб. гос. ун-т путей сообщения, 2015. С. 228–230.
5. Горбачев А. М. Автоматизация синтеза расписаний городского электрического транспорта // Изв. Петерб. ун-та путей сообщения. 2014. № 4 (41). С. 27–32.