

Современные информационные технологии управления сложными процессами расформирования-формирования поездов



В. Н. Иванченко, доктор техн. наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте» Ростовского государственного университета путей сообщений

В числе ключевых задач улучшения работы железнодорожного транспорта – внедрение инновационных проектов, а также развитие информационных и компьютерных технологий. Для повышения эффективности грузовых перевозок ОАО «РЖД» в первую очередь необходимо усовершенствовать процессы оперативного управления сортировочными станциями (СС) – важнейшими элементами технологического конвейера перевозочного процесса. В обороте вагонов простой на СС составляет значительную долю времени, что существенно влияет на себестоимость перевозок.

Научные школы и производственные коллективы ведут непрерывный поиск путей совершенствования процессов расформирования и формирования поездов за счет внедрения новых методов и технологии управления, обновления и развития существующих автоматизированных систем управления (АСУ) и систем автоматики, телемеханики, напольного оборудования и исполнительных устройств [1]. Однако пока не решен целый ряд научно-практических вопросов, связанных с использованием новых информационных и компьютерных технологий, прогрессивных методов и моделей управления.

Бурное развитие информационно-вычислительных технических средств, появление мощных промышленных компьютеров (ПК), программируемых микроконтроллеров и модулей сопряжения с устройствами сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) привели к созданию нового поколения интегрированных систем информатизации, базирующихся на достоверных и своевременных данных «от колеса». Такая система в рамках единого информационного пространства станции в режиме реального времени ведет непрерывную динамическую модель всего процесса расформирования и формирования поездов начиная от прибытия составов и завершая отправлением вновь сформированных поездов со станции.

Решение такой масштабной задачи требует проведения целого комплекса исследований и экспериментальных работ, обеспечивающих создание систем нового поколения [2].

С учетом накопленного опыта создания подобного класса сложных систем в других отечественных и зарубежных отраслях промышленности и транспорта такая система должна обеспечивать:

- непрерывный мониторинг оперативно-технологических (в том числе нештатных) ситуаций в пределах всей СС на основе доступного интерфейса ПК с устройствами СЦБ;
- интеллектуальную поддержку принятия решений дежурного и диспетчерского аппарата;
- ведение прогнозирующих моделей состояния парков на этапе краткосрочного планирования маневровым или станционным диспетчерами;
- автоматическую выработку советов и рекомендаций руководителю смены в условиях нечетких оперативно-технологических ситуаций на сортировочных горках (СГ) и в парках;
- ведение непрерывных локальных моделей перемещения подвижных единиц (вагонов, отцепов, локомотивов);
- автоматическое ведение графиков исполненной работы на основе фактического изменения состояния устройств СЦБ;
- формирование и отображение на автоматизированных рабочих местах (АРМ) технологических окон, а также

протоколирование показателей работы на текущий период и по окончании смены;

- непрерывный обмен необходимыми пакетами данных с АСУ верхних уровней управления;
- мониторинг состояния СС на АРМ удаленных пользователей и др.

Создание интегрированной информационно-управляющей системы информатизации СС с интеллектуализацией процессов принятия решений (ИУС СС) является важным этапом реализации принятой ОАО «РЖД» Программы совершенствования работы и развития сортировочных станций на 2010–2015 г. Система строится на основе локальных подсистем информатизации (ПИ), распределенных по паркам СС в увязке с имеющимися системами электрической централизации (ЭЦ) и АСУ СС.

Обобщенная структура ИУС СС представлена на рис. 1.

Такая многоуровневая структура должна обеспечивать протекание всего процесса расформирования и формирования поездов в едином информационном пространстве. Ядро каждой ПИ (1, 2, 3, 4) должен составлять ПК последнего поколения класса Pentium-4. В состав интерфейсных модулей (5) входят элементы ввода дискретной и аналоговой информации, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), оптоизолированные диодные матрицы и др. В качестве модулей (5) предпочтительными являются процессорные и интерфейсные модули, АЦП и контроллеры формата PC/104. В качестве примера на рис. 2 приводится модуль контроллера CPC306, предназначенный для обработки широкого спектра дискретных и аналоговых сигналов, ввода-вывода дискретных сигналов, а также аналого-цифрового преобразования.

Структурная схема модуля CPC306 содержит порты Ethernet 10/100 Мбит/с; универсальный параллельный порт; последовательные порты; универсальный порт дискретного ввода-вывода (72 канала) и др.

Технические характеристики модуля CPC306 и состав аппаратных средств обеспечивают подключение к нему внешних устройств (рис. 3).

С учетом необходимости преобразования аналоговых сигналов от датчиков прохода осей в состав модулей 5 включен преобразователь ПС50М, взаимодействующий с ПИ и АРМ электро-механика. Структурная схема преобразователя приведена на рис. 4.

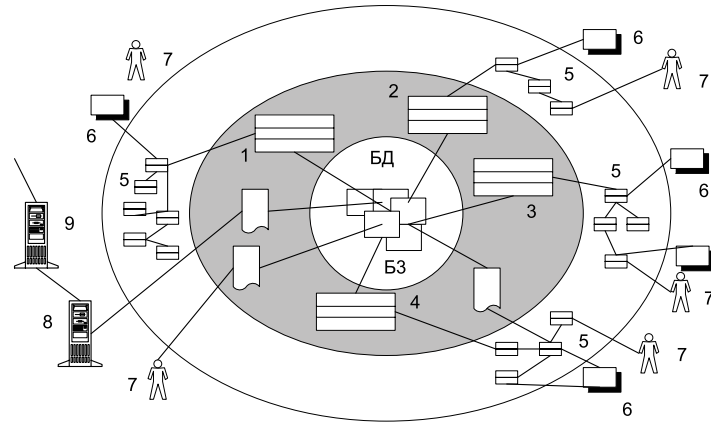


Рис. 1. Обобщенная структура информационно-управляющей системы информатизации СС с ИУС СС. 1, 2, 3, 4 – соответственно, ПИ парка прибытия, горючего микропроцессорного комплекса на промышленных компьютерах; парка формирования и парка отправления; 5 – модули сопряжения с релейно-контактной аппаратурой; 6 – устройства ЭЦ; 7 – АРМ диспетчерского и дежурного персонала; 8 – АСУ СС; 9 – автоматизированная система оперативного управления перевозками

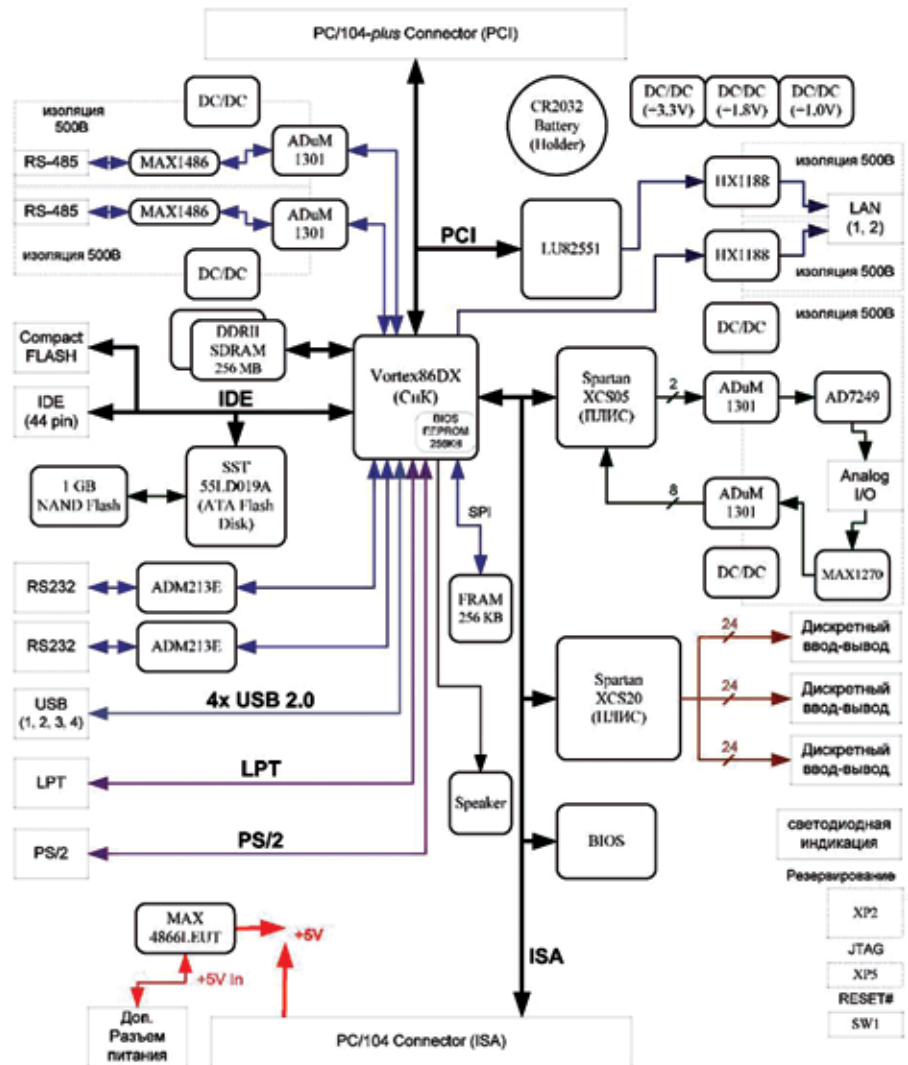


Рис. 2. Структурная схема модуля CPC306

Ячейки преобразователя и контроллера со встроенным блоком питания становятся комплектующими модулями самостоятельного промышленного изделия ПС50М, обеспечивающего преоб-

зование сигналов датчиков прохода осей в пределах СС. Количество ячеек ПС50М1, скомпонованных в блок обработки сигналов датчиков счета осей ПС1, а также количество блоков ПС1 с контроллером пре-

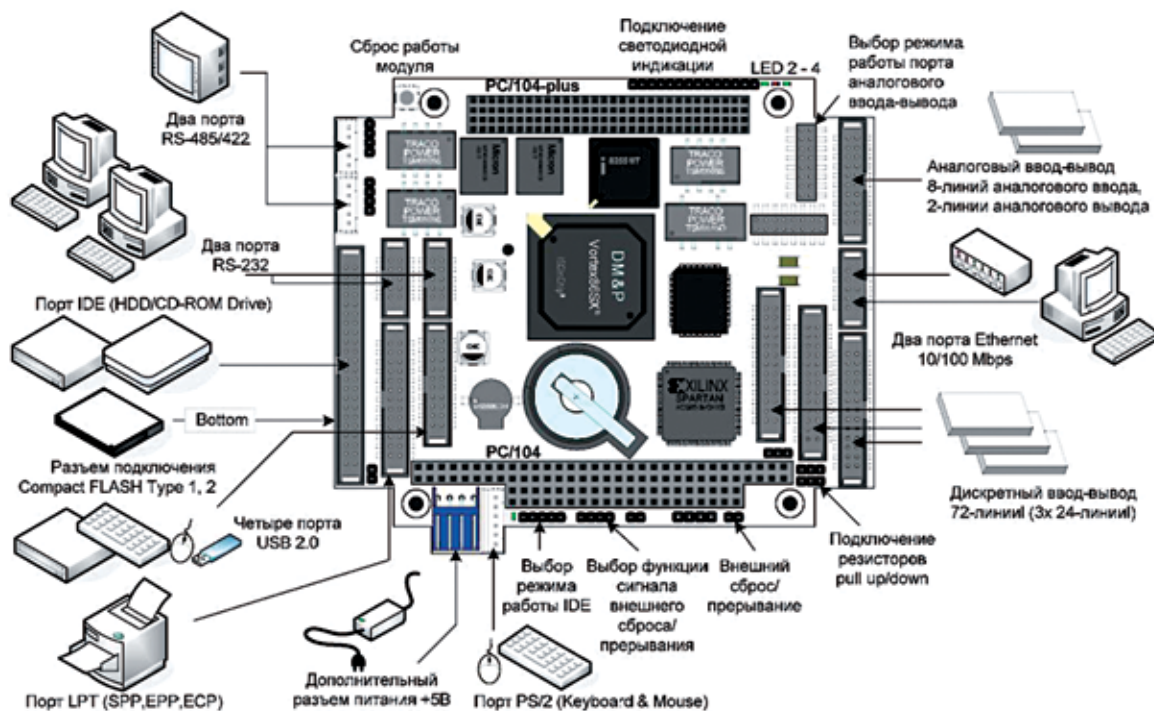


Рис. 3. Подключение внешних устройств к модулю CPC306

образователя сигналов определяется конкретным объектно-ориентированным проектом. Количество головок датчиков, подключаемых к одной ячейке ПС50М1, равно 8. Максимальное количество ячеек ПС50М1, устанавливаемых в один блок ПС1, составляет 18. При использовании последовательного интерфейса RS-232 обеспечивается скорость передачи данных 9600 Бод. Возможна замена RS-232

на промышленную шину CAN, обеспечивающую достоверную передачу данных в условиях удаленного размещения блоков ПС1 и наличия помех. Программное обеспечение преобразователя ПС50М является командно-ориентированным. Оно функционирует в многозадачной аппаратной среде реального времени микросхемы большой степени интеграции С8051F320 фирмы CYGNAL.

Характеристики идентификации осей и направления движения, представленные на рис. 5, включают в себя области:

- контроля исправности обмоток и настройки датчика;
- контролируемого нарастания и спада сигнала;
- установленного значения наличия оси.

Уровни напряжений настройки преобразователя ПС50М и огибающие кривые приведены для реверсивного датчика ДП50П с двумя головками, обеспечивающими фиксацию направления движения. Задание конфигурации подключения путевых датчиков к ячейке преобразователя осуществляется на этапе инсталляции программного обеспечения управляющего вычислительного комплекса в период проведения пусконаладочных работ. В течение эксплуатации производится только настройка преобразователя ПС50М, которая заключается в установке начального значения напряжения рассогласования головок путевых датчиков и выдачи команды «Запомнить» с АРМ электромеханика для конкретных датчиков.

Представленные выше преобразователи ПС50М и характеристики идентификации осей позволяют вести непрерывные ситуационные модели перемещения и накопления подвижных единиц в парках СС и на сортировочной горке.

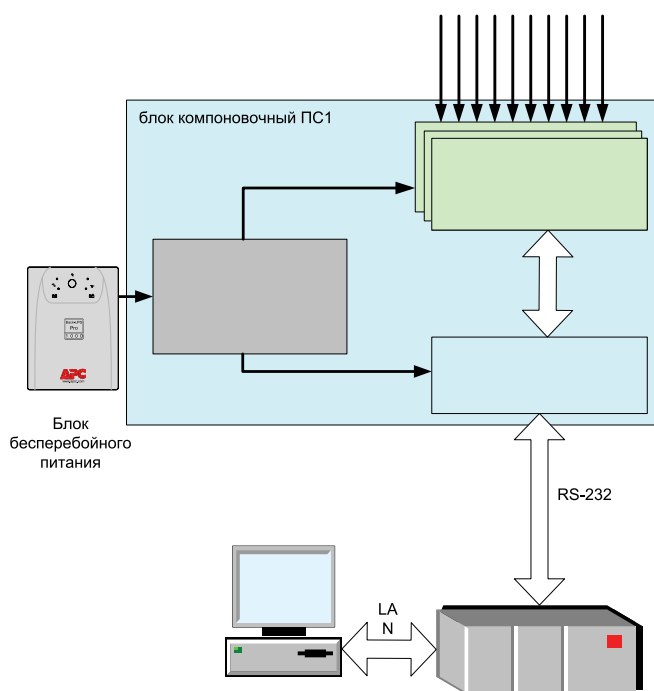


Рис. 4. Структурная схема преобразователя ПС50М, взаимодействующего с подсистемами информатизации и АРМ электромеханика

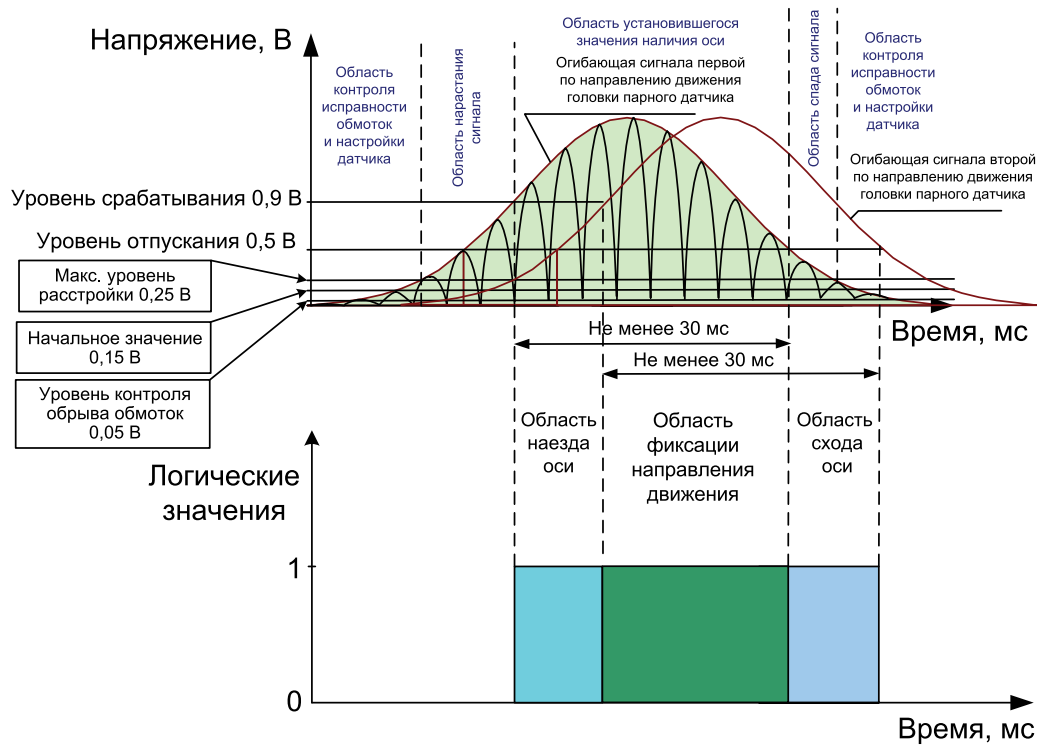


Рис. 5. Характеристики идентификации осей преобразователя ПС50М

Ситуационная модель СС — это модель слежения за подходом поездов, их перемещением в парк прибытия (ПП), надвигом на СГ, роспуском отцепов и накоплением составов по путям парка формирования (ПФ), вытяжкой и занятием путей парка отправления (ПО), отправлением вновь сформированных поездов, регистрацией временных параметров технологических операций.

В основу построения ситуационных моделей MS положена псевдофизическая логика пространственно-временных отношений. Она позволяет компактным образом представлять в системе информатизации весь обширный класс технологических ситуаций в парках СС и на СГ.

В основе логико-алгебраической модели лежит формальная система, характеризующаяся четверкой:

$$F = (S, P, A, W), \quad (1)$$

где S — множество базовых элементов;

P — синтаксические правила;

A — система аксиом;

W — правила вывода.

При построении ситуационных моделей MS в качестве базового множества используются следующие группы понятий: ОТ — отцепы; ВГ — вагоны; ОС — оси; СТР — стрелки; РЦ — рельсовая цепь; ДСО — датчик счета осей; МШ — маршруты; КЗП — контроль заполнения путей; ТП — тормозная позиция; Т — моменты времени.

Синтаксические правила P строятся на основе семейства отношений R , используемых для описания мгновенных состояний процесса перемещения.

В качестве базовых в модели MS используются два класса отношений: RT — временные (темпоральные) и RL — пространственные.

Помимо классов RT и RL в качестве вспомогательного отношения в семейство R включено отношение принадлежности tr , которое используется для описания структур исследуемого объекта. Процесс перемещения объектов поддерживается двумя бинарными отношениями: rle — «находиться в зоне» и rls — «располагаться друг за другом». Данные отношения имеют вполне естественное смысловое содержание.

При моделировании реальных ситуаций в модели MS кроме описанных выше отношений используется второй класс временных (темпоральных) отношений RT, включающий в себя три временных отношения:

- $rt(t_i)$ — «наблюдаться в момент времени t_i »;
- $rt(t_i)$ — «наблюдаться во временном интервале t_i »;
- $t\bar{r}$ — «быть в прошлом».

Аксиоматику ситуационной модели MS представляют три группы аксиом:

- AS — формулы размещения элементов напольного оборудования (НО);
- AO — формулы описания структур подвижных единиц;

- AF — формулы, описывающие логику смены состояния объектов относительно элементов НО.

Не прибегая к излишней формализации, приведем только один пример пространственных отношений скатившихся вагонов на сортировочной горке: (*3ваг отц1 rle 11ПФ rls 5ваг отц4 rls 7ваг отц6 rls 2ваг отц10 rls 1ваг отц12 rls 6ваг отц22*) — три вагона 1-го отцепа скатились на 11-й путь ПФ, за ними поочередно скатились пять вагонов отцепа 4, семь вагонов отцепа 6, два вагона отцепа 10, один вагон отцепа 12 и шесть вагонов отцепа 22.

Пример практически реализуемой модели скатывания отцепов наглядно иллюстрируется протоколом прохождения измерительного участка (рис. 6).

Как следует из протокола, модель идентифицирует на отрывном участке оси, тележки, вагоны и отцепы.

Структурная схема программно-аппаратных средств ведения ситуационных моделей и интеллектуализации процессов расформирования-формирования поездов представлена на рис. 7.

Количество ПИ устанавливается на стадии проектирования объектно-ориентированных ИУС СС.

Как следует из рис. 1 и 6, в основе интеллектуализации технологических процессов на СС лежит взаимодействие базы данных (БД) и базы знаний (БЗ). Общее число оперативно-технологических ситуаций в парках СС и на СГ, тре-

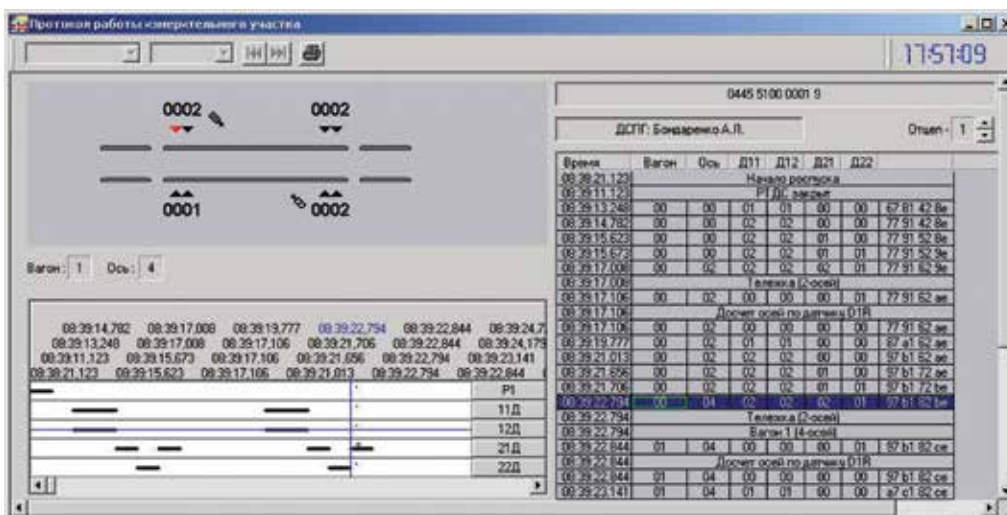


Рис. 6. Протокол прохождения измерительного участка

бующих поддержки на этапе оценки и принятия решений, превышает 50.

Ниже в качестве примера приводится одна из ситуаций, требующих интеллектуальной поддержки на этапе принятия решений. Это ситуация выбора очередности роспуска состава из числа нескольких, готовых к надвигу на горку.

В условиях сгущенного подхода поездов и наличия в ППП нескольких готовых к роспуску составов принятие решения без автоматической поддержки немислимо. Критерием выбора опре-

деленного состава к роспуску является максимальное обеспечение накапливаемых составов замыкающими группами вагонов для завершения процесса накопления в ПФ.

Здесь маневровому диспетчеру (ДСЦ) или дежурному по горке (ДСПГ) необходимо непрерывно решать комбинаторную задачу, связанную с оценкой для каждого пути ПФ степени готовности накопления вагонов по весу и длине, количества недостающих замыкающих групп вагонов для завершения накопления и выставки в ПО, а также наличия

таких групп вагонов (отцепов) в составах, которые готовы к роспуску.

Сложность решения этой задачи иллюстрирует рис. 8.

Для всех составов, готовых к надвигу на горку, требуется произвести «разложение» отцепов по путям ПФ. После этого следует просмотреть все пути парка для поиска недостающих замыкающих групп для завершения накопления составов. Из числа готовых составов выбирается тот, в котором имеются отцепы, завершающие накопление составов сразу на нескольких путях.

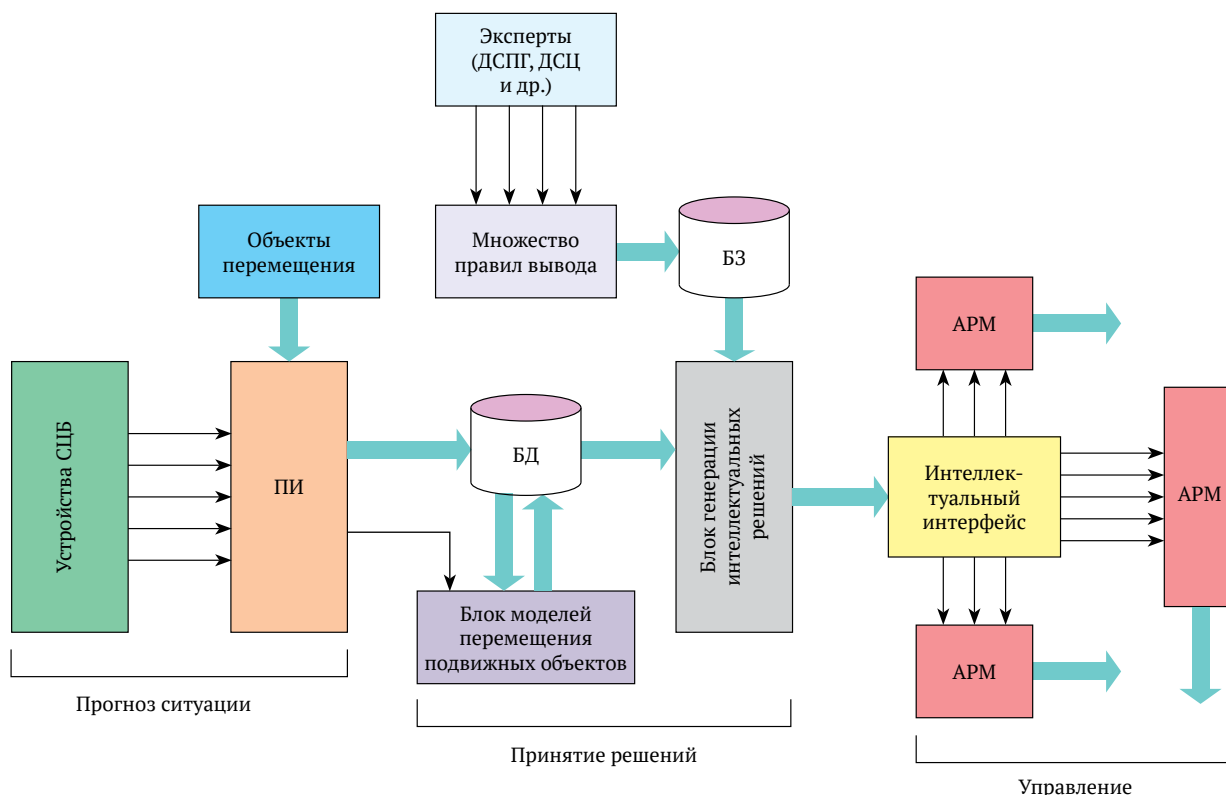


Рис. 7. Структура программно-аппаратных средств идентификации процессов и интеллектуальной поддержки принятия решений на СС

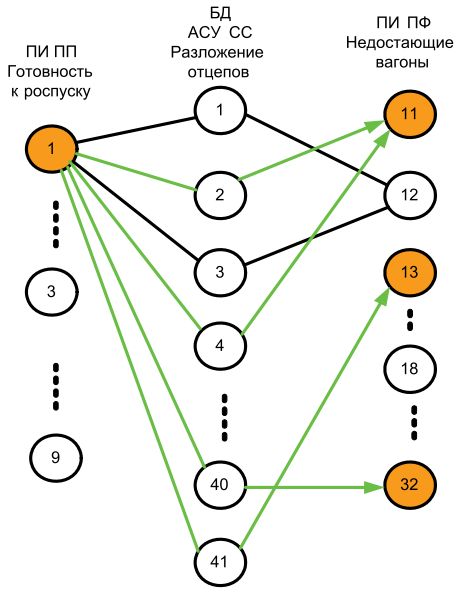


Рис. 8. Иллюстрация задачи «Выбор очередности роспуска»

Формально следует перебрать большое число вариантов. Например, в ПП три состава готовы к роспуску. В каждом составе среднее число отцепов равно 40. Количество путей ПФ — 42. Тогда число вариантов составляет 504. В соответствии с такой процедурой был разработан и исследован алгоритм действий ДСЦ (ДСПГ), если бы было предоставлено достаточно много времени [3].

С помощью этого экспертного алгоритма формализуется продукционное правило БЗ, которое приводится ниже (2):

$$\begin{aligned} \in S_{op}^n \cdot B_{rc}^i \cdot P_{отч}^i (O_{зг}^1 \& O_{зг}^2 \& O_{зг}^3 \& \dots \& O_{зг}^n) J_{отч}^{\Delta L} \& \Rightarrow \\ J_{отч}^{\Delta P} B_{rc}^j \cdot P_{отч}^j (O_{зг}^1 \& O_{зг}^2 \& O_{зг}^3 \& \dots \& O_{зг}^n) J_{отч}^{\Delta P} \& \Rightarrow (2) \\ J_{отч}^{\Delta P} \dots \Rightarrow R(B_{rc} \rightarrow J_{отч}^{\Delta L} \max \& J_{отч}^{\Delta P} \max), \end{aligned}$$

где S_{op} — ситуация выбора состава для надвига;
 B_{rc} — выбор i -го готового к роспуску состава;
 $P_{отч}$ — разложение отцепов по путям ПФ;
 $O_{зг}$ — выбор замыкающих групп в 1-м, 2-м и т. д. отцепов i -го, j -го, ..., k -го состава;
 $J_{отч}^{\Delta L}, J_{отч}^{\Delta P}$ — выявление отцепов, покрывающих недостающие длину и вес для завершения (ускорения завершения) накопления составов;
 R — выбор состава, в котором число $J_{отч}^{\Delta L}$ и $J_{отч}^{\Delta P}$ максимальное.

Продукционное правило БЗ используется при разработке алгоритма интеллектуальной поддержки выбора нужного состава для роспуска, представленного на рис. 9.

В случае, отображенном на рис. 8, автомат выбрал состав из числа готовых в ПП к роспуску на 1-м пути, в котором отцепы 2, 4, 40 и 41 обеспечат завершение накопления составов по весу и длине на 11-м, 13-м и 32-м путях ПФ.

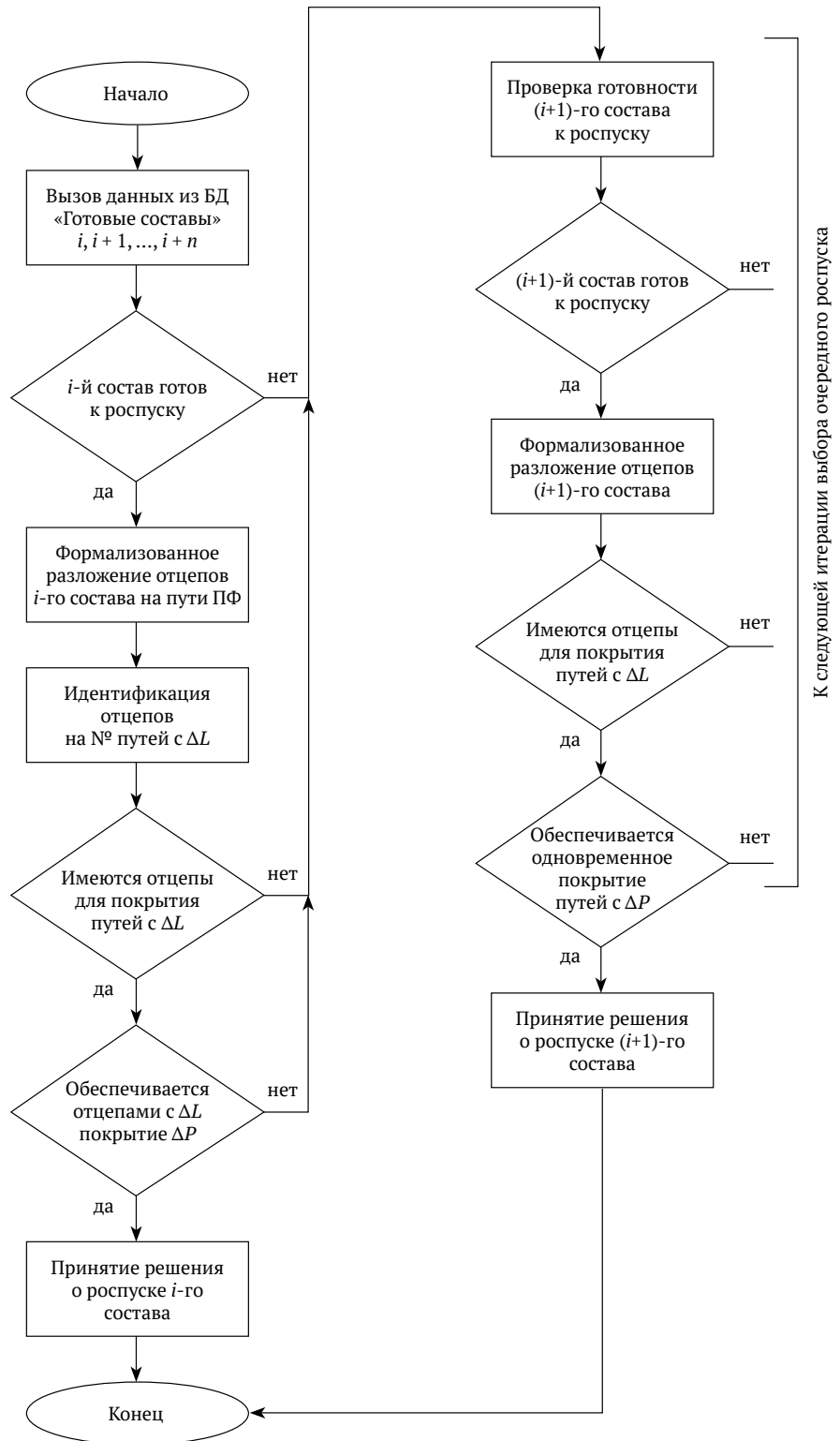


Рис. 9. Алгоритм автоматического выбора очередности роспуска

Литература

1. Шабельников А. Н., Иванченко В. Н. Теория разработки и техническая реализация многофункциональной системы автоматизации процессов расформирования поездов: моногр. Ростов-н/Дону: РГУПС, 2012. 415 с.
2. Иванченко В. Н., Ковалев С. М., Шабельников А. Н. Новые информационные технологии: интегрированная информа-

- ционно-управляющая система автоматизации процессов расформирования поездов: учеб. Ростов-н/Дону: РГУПС, 2002. 276 с.
3. Броницкий С. С., Федорчук А. Е. Компьютерные технологии разработки и внедрения интегрированной системы информатизации сортировочных станций: учеб. пособие. Ростов-н/Дону: РГУПС, 2007. 144 с.