

УДК 681.51:656

Ю.Д. Приступа, В.Н. Фрянов, Л.Д. Павлова

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НЕРАВНОМЕРНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ В СТРУКТУРЕ УГОЛЬНОГО ХОЛДИНГА

Перевозочный процесс – основной вид деятельности погрузочно-транспортных предприятий угольных компаний или холдингов. График движения и план формирования поездов, месячные технические нормы, нарядная и коммерческая системы, технологические процессы работы объектов инфраструктуры определяют технологию перевозок угля на путях необщего пользования. При оперативном управлении (одна из наиболее сложных функций перевозочного процесса) требуется в режиме реального времени (при суточном планировании) обеспечивать выполнение заданий по управляемым параметрам – объемам погрузки и выгрузки, приёме, переработке и передаче вагонов по стыковым пунктам и другим.

В структуре отдельного ПТУ на путях необщего пользования организуются транспортные потоки, учитывающие наличие и ёмкость угольных складов, производственную мощность угледобывающих предприятий, обогатительных фабрик, пропускную способность множества управляемых объектов.

Необходимо в условиях ограниченных ресурсов и значительных возмущающих воздействий обеспечить единое управление транспортными потоками, поскольку сбой в одном месте системы может негативно влиять на эффективность работы отдельных угледобывающих предприятий и угольной компании в целом.

Создание и организация работы автоматизированной системы управления транспортными потоками ПТУ в оперативном режиме основываются на использовании в качестве управляющих устройств иерархически структурированных диспетчерских центров управления, разработанной в ПТУ «Восточный Кузбасс» программы «Автоматизированная система учета, анализа, моделирования процессов перевозки вагонов», базы данных автоматизированной системы учета, анализа и моделирования процессов перевозки вагонов.

Основой любой автоматизированной системы управления сложными объектами являются методы создания и реализации математической модели, параметры которой устанавливаются по результатам идентификации объекта.

Понятие идентификации трактуется в разных аспектах в зависимости от специфических условий исследуемого объекта [1]. Согласно [2-4] сущность идентификации динамических промышленных объектов состоит в определении структуры и параметров математической модели объекта, обеспечивающих наилучшее совпадение выходных координат модели и процесса при одинаковых входных воздействиях. В соответствии с ут-

верждением Льюнга Л. [5] «...формирование моделей на основе результатов наблюдений и исследование их – вот основное содержание науки. Решение задачи построения моделей динамических систем по данным наблюдениям за их поведением составляет предмет теории идентификации...». Соответственно целью идентификации является определение структуры и параметров управляемого объекта по наблюдаемым данным.

Процедура идентификации управляемых объектов включает данные, управляемый объект, многовариантные алгоритмы идентификации, множество моделей-кандидатов, блок оптимизации алгоритмов и моделей, настраиваемую модель, методы оценки соответствия испытываемой модели данным наблюдениям, выбор наилучшей модели и управляющих воздействий (рис.1).

На рис.1 приняты следующие обозначения:  $t$  – моменты времени, в пределах  $0-T$  с интервалом  $\Delta t$ ;  $S_{(t)}$  – вектор состояния объекта;  $W_{(t)}$  – вектор внешних воздействий;  $U_{(t)}$  – вектор управляющих воздействий;  $\zeta_{(t)}$  – вектор случайных ненаблюдаемых помех, в том числе связанные с неравномерностью изменения состояния объекта во времени и пространстве;  $Y_{(t)}^o$  – выходная величина объекта;  $Y_{(t)}^M$  – выходная величина настраиваемой модели объекта;  $Z_{(t)}$  – вектор всех наблюдений и траекторий развития объекта;  $\varepsilon_{(t)}$  – невязка, разность выходных величин объекта и настраиваемой модели;  $F[\varepsilon]$  – функция потерь;  $M\{F[\varepsilon]\}$  – математическое ожидание;  $J_{(t)}$  – критерий качества идентификации.

Идентификация объектов управления осуществляется по следующей схеме (рис.1). В каждый момент времени  $t=1,2,3,\dots,T$  в блоке 1 «Векторы состояния объекта, внешних и управляющих воздействий» формируются исходные данные, необходимые для прогнозирования состояния управляемого объекта. В исходные данные включаются случайные ненаблюдаемые помехи  $\zeta_{(t)}$ , а также управляющие воздействия, принятые по результатам прогнозирования в момент  $t-\Delta t$ .

В блоке 2 «Объект» по результатам функционирования объекта в момент  $t$  формируется выходная величина  $Y_{(t)}^o$ . Параллельно в блоке 4 «Настраиваемая модель» прогнозируются выходные величины  $Y_{(t)}^M$  настраиваемой модели. По разности выходных величин объекта и настраиваемой модели вычисляется невязка

$$\varepsilon(t) = Y_{(t)}^o - Y_{(t)}^M.$$

Невязка поступает в блок 9 функционального преобразователя, в котором происходит вычисление потерь, то есть различие между выходными величинами объекта и настраиваемой модели.

В блоке 10 осуществляется вычисление средних потерь и оценка качества идентификации по заданному алгоритму, например посредством вычисления средних потерь по зависимости вида

$$J_{(t)} = M\{\{\varepsilon_{(t)}\}\}.$$

Чем меньше средние потери, тем выше качество идентификации. Повышение качества идентификации достигается посредством варьирования вариантов алгоритма, структуры и параметров модели. Эти изменения альтернативных вариантов, алгоритма, структуры и параметров модели и выбор оптимального варианта осуществляются в соответствии с алгоритмом идентификации. Для этого в блоке 8 формируется база данных и знаний о состоянии объекта управления, величине невязок и средних потерь, а также варианты типопредставительных ситуаций, в соответствии с методикой, предложенной в работе [2].

Типопредставительная ситуация предназначена для отображения фактических свойств и взаимосвязей процессов и операций в технологической схеме ПТУ. Учитывая, что эти процессы и операции, а также принимаемые решения при управлении производством периодически повторяются, параметры и условия реализации типопредстави-

тельных ситуаций могут накапливаться в базе данных и знаний. При изменении внешних или внутренних условий функционирования управляемого объекта в алгоритмах идентификации типопредставительных ситуаций требуются незначительные корректировки с учётом общей оценки эффективности прогнозирования параметров системы управления.

В базе знаний в блоках 3 и 6 рис.1 формируются варианты моделей и алгоритмов, адаптивных к условиям функционирования объекта управления. Из набора алгоритмов и моделей-кандидатов с использованием методов оптимизации выделяются алгоритм и настраиваемая модель, которые обеспечивают минимизацию невязок и потерь в блоке 9. При выборе адаптивных алгоритмов и моделей по критерию минимума потерь возможно применение нескольких методов, в том числе имитационного моделирования.

С учётом функциональных особенностей ПТУ «Восточный Кузбасс» выделены следующие производственные цели идентификации:

- оперативное регулирование диспетчерской службой производственных процессов и операций;
- прогнозирование траектории суточного развития ПТУ при нарядном планировании транспортных потоков в соответствии с заданным производственным планом и вероятными воздействиями на объекты ПТУ;

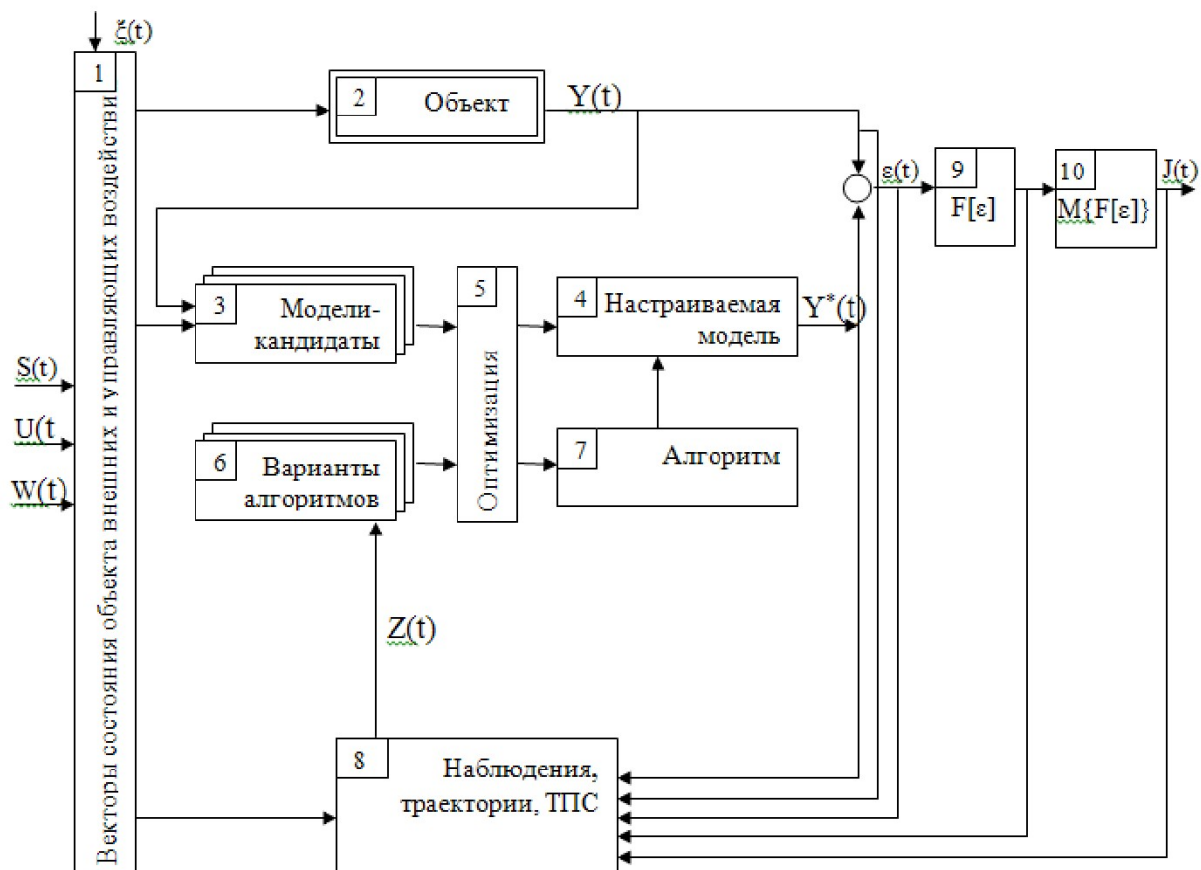


Рис.1. Функциональная схема идентификации динамических объектов [3, 5, 6]

– перспективное прогнозирование для целенаправленного проектирования систем управления сложными объектами, разработки и реализации проектов реконструкции и технического перевооружения объектов ПТУ.

Для достижения поставленных целей необходимо решение следующих, адаптивных к условиям функционирования объектов ПТУ «Восточный Кузбасс», научно-практических задач:

1) Выявить особенности идентифицируемых объектов и ПТУ «Восточный Кузбасс» в целом с учётом вероятных внешних воздействий: наличие угля на складах угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий, наличие порожних вагонов, климатических условий и др.

2) Обосновать критерии адекватности модели

и объекта.

3) Обосновать требования к структуре и содержанию базы исходных данных.

4) Адаптировать многовариантные алгоритмы идентификации к условиям ПТУ «Восточный Кузбасс».

5) Обосновать множество моделей-кандидатов, адаптивных к отдельным элементам и процессам в системе управления ПТУ «Восточный Кузбасс».

6) Адаптировать алгоритмы прогнозирования состояний и выходных воздействий объектов управления [2].

Согласно производственной схеме ПТУ «Восточный Кузбасс», приведённой на рис.2, и обеспечивающей поэтапное движение порожних вагонов

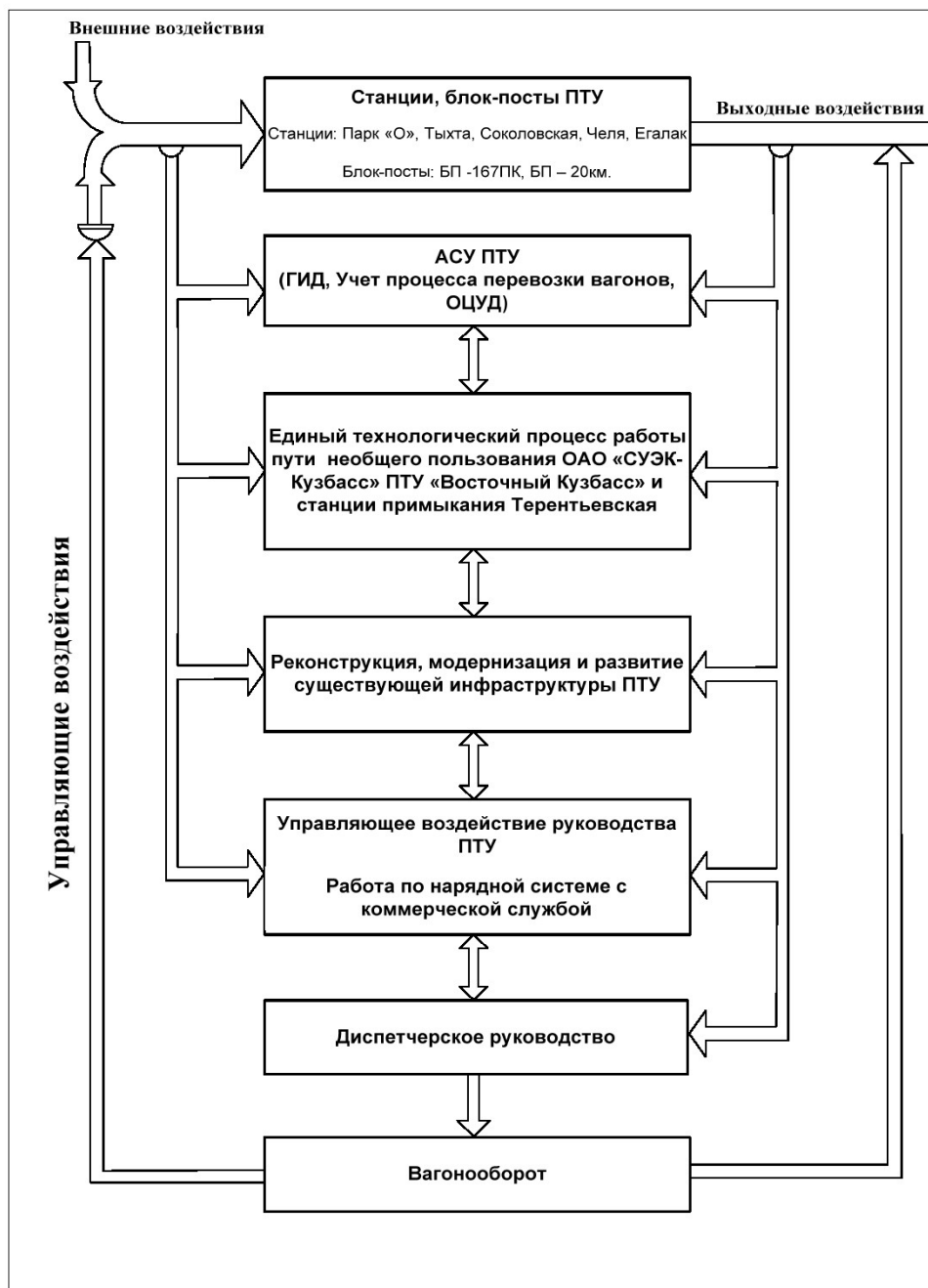


Рис.2. Структура системы управления РТУ

от станции примыкания ОАО «РЖД» Терентьевская до прирельсовых угольных складов и гружёных вагонов от угледобывающих предприятий до станции примыкания ОАО «РЖД» Терентьевская, структуру системы управления следует рассматривать как многоуровневую. Подробное описание структуры и функций производственной схемы ПТУ «Восточный Кузбасс» дано в ранних работах авторов.

Для таких систем актуальны разработка и синтез алгоритмов многоуровневого управления динамическими, в том числе дискретными, объектами и технологическими процессами [7, 8].

Согласно схеме, приведённой на рис.2, социально-технический комплекс ПТУ «Восточный Кузбасс» следует рассматривать как сложную систему последовательно-параллельного соединения непрерывных и дискретных производственных участков с различными технологическими процессами разгрузки или погрузки угля, переработки вагонов, перевозки вагонов. При организации транспортных потоков на путях необщего пользования от угледобывающего предприятия до передачи готовых маршрутов на станцию примыкания ОАО «РЖД» Терентьевская поэтапно выполняются разные по видам процессы и операции. В этом заключается дискретность объектов ПТУ. Процессы и операции могут выполняться последовательно по одной из ветвей, указанных на рис.2, то есть реализуется схема дискретно-последовательной организации транспортных потоков.

Возможна схема параллельной организации транспортных потоков посредством подготовки вагонов одновременно на нескольких прирельсовых складах. В пределах одной станции также могут проводиться работы по переработке вагонов

и организации нескольких маршрутов. В указанных случаях реализуется схема параллельного соединения объектов, процессов и операций.

В условиях ПТУ «Восточный Кузбасс» последовательную и параллельную дискретно-непрерывные схемы следует рассматривать как идеализированные. При внешних возмущениях (помехах), например неритмичной работе угледобывающих предприятий, отсутствии порожних вагонов, изменении климатических условий, а также при внутренних возмущениях, связанных с изменениями транспортных потоков на путях необщего пользования, переполнением или опустошением прирельсовых угольных складов и др., реализуется последовательно-параллельная схема организации транспортных потоков.

Таким образом, ПТУ «Восточный Кузбасс» предлагается рассматривать как сложную систему с непрерывно-дискретными объектами с организацией связей между объектами по последовательно-параллельной схеме.

В классической постановке структуру сложной системы управления с последовательно-параллельным соединением транспортных потоков, пунктов складирования, станций и парков переработки и подготовки вагонов можно представить в виде системы, которая синтезирована на основе результатов исследований натурно-модельных комплексов [2, 4, 8].

Разработанный алгоритм идентификации погрузочно-транспортного предприятия реализован в созданной и внедрённой в ПТУ «Восточный Кузбасс» системе автоматизированного управления неравномерными транспортными потоками [9].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новейший словарь иностранных слов и выражений / М.: ООО «Издательство АСТ», Минск: Харвест, 2002. -976 с.
2. Теория и практика прогнозирования в системах управления / С.В.Емельянов, С.К. Коровин, Л.П. Мышляев и др. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2008. – 487 с.
3. *Цыпкин Я.З.* Информационная теория идентификации. – М.: Наука, 1995. – 336 с.
4. *Дейч А.М.* Методы идентификации динамических объектов. – М.: Энергия, 1979. – 240 с.
5. *Льюнг Л.* Идентификация систем. Теория для пользователя. – М.: Наука, 1991. – 432 с.
6. Алгоритмы идентификации нестационарных объектов / Л.П. Мышляев, С.М. Кулаков, Е.И. Львова, В.В. Зимин. – Новокузнецк: СибГИУ, 2000. – 130 с.
7. *Васильев В.И.* Многоуровневое управление динамическими объектами. – М.: Наука, 1987. – 309 с.
8. *Мышляев Л.П.* Прогнозирование в системах управления / Л.П. Мышляев, В.Ф. Евтушенко. – Новокузнецк: СибГИУ, 2002. – 348 с.
9. Организация работы АСУ «Комплекс программно-целевого имитационного моделирования тракторий транспортных потоков» в условиях ПТУ «Восточный Кузбасс»// Ю.Д. Приступа, И.Л. Сударева, Л.Д. Павлова, В.Н. Фрянов //Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей.- Новокузнецк: СибГИУ, ЗАО «Кузбасская ярмарка», 2012. – С.238-247.

□ Авторы статьи:

Приступа  
Юрий Дмитриевич,  
дир. погрузочно-транспортного  
управления ОАО «СУЭК-Кузбасс»,  
e-mail: PristupaYD@suek.ru

Павлова  
Лариса Дмитриевна,  
докт.техн.наук, проф. каф.  
прикладной информатики СибГИУ,  
e-mail: lara@rdtc.ru

Фрянов  
Виктор Николаевич,  
докт.техн.наук, проф. каф.  
разработки пластовых месторождений  
СибГИУ, e-mail: zzz3338@rdtc.ru