



$$\text{Запишем, что } \frac{\partial \Phi}{\partial t} = \frac{dK(t)}{dt} E \quad (10)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial E} = K(t) \quad (11)$$

Подставив (10) и (11) в (8), получим общий вид уравнения, решив которое, можно получить функцию остаточной ошибки от времени, из которой с учетом (9), (7) можно будет получить функцию управления с обратной связью:

$$\frac{E(t_1)}{E(t)} \left[ \frac{\partial E}{\partial t} \right] + \frac{E(t_1)}{E(t)} \left( \sum_{i=1}^m (a_i \cos(w_i t) + b_i \sin(w_i t)) \right) + \frac{1}{4} \frac{E(t_1)}{E(t)} = 0 \quad (12)$$

При начальных условиях, т.е.  $E(t_0) = E_0 = 0,8777255$  от максимальной амплитуды ряда ошибки и при выбранных основных гармониках с круговыми частотами 0,07; 1,05; 1,48; 1,7; 2,25; 2,60; 3,25; (по данным программного продукта «SCAN» и мощности амплитуды: 0,223607; 0,3; 0,3; 0,4472; 0,4472; 0,547; 0,387 от максимальной амплитуды ряда ошибки, применение метода Рунге-Кутты 4-го порядка для уравнения (12) дало следующий вид функции управления примененной нейронной сетью.



Рис.1 – Полученное решение в виде функции  $K(t)$  (согласно (7))

По оси абсцисс данного графика показаны отсчеты времени.

Сделанные расчёты позволяют установить следующее:

1. С ростом времени необходимая интенсивность управления сетью должна меняться также квазипериодически, согласно рис.1.

2. Увеличение учёта числа гармоник, включаемых в уравнение эволюции ошибки сети (2), приведёт к росту точности решения.

3. В общем случае искусственная нейронная сеть не является полностью управляемой системой, однако приведенное решение позволяет считать ней-



ронные сети с переменной проводимостью сигнала системами, управляемыми по выходу.

4. Несмотря на найденный характер управления, возникает новая проблема трансформации найденного решения в конкретные алгоритмы, изменяющие веса связей между нейронами, скорости изменения данных весов, скорость обучения сети теми средствами, которые предусмотрены в конструкции нейронной сети [1]. Данный вопрос является направлением дальнейшего исследования.

### Литература

1. А.В.Игнатенков, А.М.Ольшанский О построении квазихопфилдовской искусственной нейронной сети для решения задач упорядочения процессов// В кн.: Перспективные информационные технологии (ПИТ-2015), том 2: труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А.Прохорова. - Самара, Издательство Самарского научного центра РАН, 2015. - 388 с., с.74-78 - ISBN 978-5-93424-735-7.

2. А.В.Игнатенков, А.М.Ольшанский. Применение искусственной нейронной сети для построения расписаний процессов на примере графика движения поездов.// Современные информационные технологии и ИТ-образование. Т.2 (№11). 2015. //М., изд-во ВМК МГУ, 2015, - 614 с., с.50-55.

А.М. Ольшанский, А.В. Игнатенков, М.Г. Лысыков

### ОДИН ПОДХОД К АВТОМАТИЧЕСКОМУ УПРАВЛЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТОЙ

(Самарский государственный университет путей сообщения,  
ООО «Научно-технологический центр по эксплуатации железных дорог»)

Целью настоящего доклада является развитие теоретических положений по управлению качеством эксплуатационной работы в части построения подхода для управления эксплуатационной работой станции и полигона.

Пусть эксплуатационная работа на полигоне задана некоторой неявно заданной функцией, отображающей входной поток информации, материальных потоков в выходной поток.

Вид данной функции должен определяться технологией работы полигона, которая, например, может быть получена на основе автоматического построения такой технологии на основе нормативно-справочной информации (НСИ) и системы машинного обучения, проектирование которой не рассматривается в настоящей работе (один из элементарных примеров применения такой системы дан в [1]).

Входной поток включает в себя:

1. Расписание поездов и поток прибывающих поездов

2. Поток отправок (информационный, так как соответствующие вагоны учтены в потоке вагонов)



3. Поток локомотивов
4. Поток локомотивных бригад
5. Поток вагонов

Выходной поток, фиксируемый в точке выхода полигона, также включает в себя:

1. Выходной поток поездов и плановое расписание
2. Выходной поток вагонов
3. Выходной поток локомотивов
4. Поток использования локомотивных бригад
5. Информационный выходной поток отправок

Данная схема представлена на рис. 1

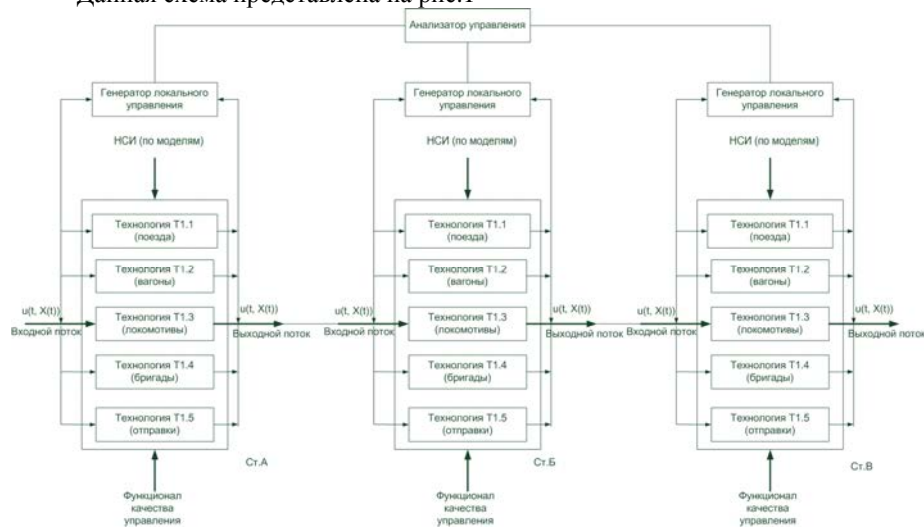


Рис. 1 – Функционирование рассматриваемого полигона как системы управления

Представленная работа полигона по технологии, когда система на основе модуля машинного обучения предлагает один из вариантов, может выдавать определённую ошибку, ориентирована в большей степени на понятие технологического норматива, однако в реальной практике нуждается в корректировках, так как эксплуатационная работа – крайне динамичное явление.

В связи с этим в настоящей работе авторами вводятся некоторые принципы управления эксплуатационной работой:

1. Управление может прилагаться к любому из потоков. Так, чаще всего рассматривается управление поездопотоком и вагонопотоком через традиционные план формирования и график движения, однако в новых условиях может быть применено также и к отправкам, бригадам и т.п.



2. Управление целесообразно осуществлять либо в точке входа потоков на рассматриваемый полигон (его подсистему) или непосредственно в самих моделях. При этом дополнительным компонентом будет выступать НСИ по основным потокам, выходящим со станции. Тогда для оставшейся и не обработанной части потока будет проводиться управление с обратной связью по состоянию.

3. За работой полигона производится постоянное наблюдение с помощью некоторого интеллектуального модуля, вырабатывающего и корректирующего управление эксплуатационной работой. Данный модуль может иметь различную природу (от нейросетевого до системы с жесткой комбинацией вариантов управления). Возможно построение некоторого полисистемного алгоритма управления с использованием подходов, указанных в [2]. При этом эксплуатационная работа классифицируется по ряду признаков искусственной нейронной сети, которая вводит в действие один из заранее разработанных вариантов управления.

Управление будет реализовываться в виде последовательности команд или действий, объектом приложения которых выступает один из элементов входного / выходного потока, а равно и сам поток.

Таковыми действиями могут быть, например, сосредоточение дополнительных ресурсов или их высвобождение, краткосрочное или длительное форсирование инфраструктурных мощностей и перерабатывающих способностей, задержка в обработке какого-либо объекта, дополнительный технический прием и т.п.

Цель данного управления определяется функционалом, который может иметь взвешенный набор критериев эффективности и также являться предметом синтеза методом машинного обучения, но предусматривать и ручную пользовательскую установку. Эти критерии могут быть: минимизация стоимостных, временных затрат на управление, минимизация отклонения показателей процессов от запланированных значений (задача стабилизации) и др.

Рассмотрим небольшой пример (рис.2)  
 $\Delta T \rightarrow \min.$

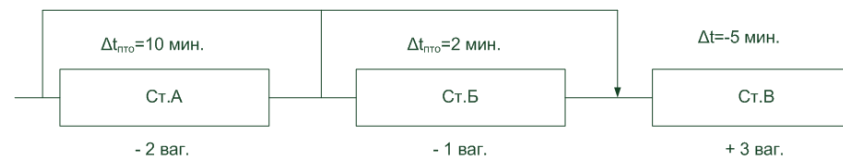


Рис.2 – Модельный полигон

Пусть поезд последовательно проходит станции А, Б, В, на которых осуществляется прицепка или отцепка вагонов. Пусть по результатам реализации технологической цепочки на первых двух станциях сформировалась задержка по обработке поезда на пункте технического обслуживания на 12 минут относительно графика. Цель управления – минимизировать отклонение движения поезда от графика. Тогда система, анализируя сложившееся отклонение при



подходе поезда на станцию В, предлагает такое решение: за счет изменения порядка операций по обработке проходящего поезда модифицируется технологическая цепочка, в результате сокращение отклонения на станции В получается равным 5 минут. В итоге общее время отклонения поезда по полигону получается  $12 - 5 = +7$  минут.

Показанный пример является в некоторой степени условным, так как не учитывает реальные операции с поездами и вагонами, в отношении которых возможны иные управляющие воздействия, например, смена нумерации поездов или отправление одного поезда по нитке другого и др.

Предложенные в настоящей работе принципы управления реализованы авторами в прототипе системы по управлению эксплуатационной работой (см. доклад «О роли граничных условий в проектировании эксплуатационной работы»).

### Литература

1. Лысков М.Г., Ольшанский А.М. О некоторых подходах к прогнозированию прибытия поездов на сортировочные станции. // Вестник транспорта Поволжья. 2014. №4(46). – Самара, РИО СамГУПС, 2014, с.74-81.
2. Ольшанский А.М. Система поддержки принятия решений для управления железнодорожными грузовым фронтом в транспортном подразделении промышленного предприятия. Автореферат дис... тех. наук. // Самара, изд-во СамГТУ, 2011. – 32 с.
3. Пантелеев А.В., Бортаковский А.С. Теория управления в примерах и задачах: учебное пособие. – М.: Высш.шк., 2003. – 583 с. – ISBN 5-06-004136-0.

А.Г. Исайчева, А.Е. Тарасова

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СТАНЦИОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Основное назначение токопроводящего рельсового стыка (ТПС) - выравнивание сопротивления рельсовой линии сигнальному и тяговому току в местах стыкования рельсовых звеньев. ТПС является важным звеном систем контроля рельсовых линий (СКРЛ) от надежной работы которых, зависит безопасность функционирования железных дорог [1, 2].

С учетом того, что для процесса регулирования движения поездов необходимо исключить отказы и сбои в работе эксплуатируемых станционных информационных систем, становится очевидным необходимым требование – прогнозирование отказов. Это требование особо важно для диагностирования и прогнозирования сопротивления токопроводящих рельсовых стыков – элементов СКРЛ. Данная проблема становится более актуальной с ростом скорости движения поездов, на некоторых участках уже сейчас она достигает



200 – 300 км/ч, и массы проходящей на ось железнодорожного состава до 30 тон. При этом, существенно увеличивается динамическая нагрузка, которую испытывает ТПС, что приводит, к тому, что более 15% из всего потока отказов станционных систем автоматики и телемеханики происходит при обрыве стыкового соединителя.

Анализ динамики отказов устройств станционных систем автоматики по элементам в период с 2011 по 2015 гг. показывает, что распределение происходит одинаково, хотя наблюдается уменьшение их числа, но динамика снижения недостаточна. Это связано с тем, что техническое обслуживание заключается в выполнении графика техпроцесса, регламентирующий периодичность и виды работ по ремонту и обслуживанию СКРЛ, направленные на предупреждение и выявление возможных неисправностей. Устранение отказа происходит с последующим исследованием и выявлением причины [3, 4].

Территориальное расположение токопроводящих рельсовых стыков в значительной степени усложняет процесс выявления и устранения отказов из-за значительных расстояний, которые необходимо преодолевать обслуживающему персоналу для устранения неисправностей, что влияет на восстанавливаемость работоспособности.

Восстанавливаемость работоспособности элементов станционных информационных систем представляет собой функцию случайных величин и зависит от технической оснащенности участков, срока и условий эксплуатации устройств и составляет от 0,6 до 4,2 ч. Использование устройств мониторинга и диагностики состояний элементов позволяет на 30% сократить время восстановления.

Мониторинг и диагностику состояний токопроводящих стыков можно проводить тестовым диагностированием, выполняемым в специальных режимах, и функциональным диагностированием, осуществляемым непосредственно в процессе эксплуатации контролируемого объекта [5, 6].

Используемые в настоящее время устройства диагностики и мониторинга станционных информационных систем способны дать представление о работоспособности целиком всей системы, а более детальное исследование причин возникновения дефекта не представляется возможным.

Разработанное устройство относится к классу функционального диагностирования и направлено на устранение данного недостатка, при этом диагностирование состояний сопротивлений ТПС - элементов станционных информационных систем, осуществляется в процессе функционирования систем контроля рельсовых линий, когда на ее вход поступает только напряжение источника опроса рельсовых линий с целью определения состояний рельсовых линий: свободны, заняты или неисправны.

Результаты измерений параметров являются основным источником информации об их реальном состоянии и функциональных возможностях.

В качестве информативных признаков при функциональном диагностировании эффективнее использовать рабочие параметры СКРЛ, а именно: амплитуды и фазы напряжений на выходе рельсовой линии, а также дополнительные