

## **V. ПРОБЛЕМЫ МЕТОДОЛОГИИ ТРАНСПОРТНОЙ НАУКИ**

---

УДК 629.463.65.023

### **НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

*В.С. Афанасьев (науч. рук. А.Т. Попов)*

*ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет»  
(ЛГТУ), 398600, г. Липецк, ул. Московская, д.30*

*Факультет инженеров транспорта, [pozitivshik@mail.ru](mailto:pozitivshik@mail.ru)*

Четкая, ритмичная работа железнодорожного транспорта во многом зависит от таких показателей как безопасность и надежность. Этим вопросам на железнодорожном транспорте уделяется большое внимание.

Безопасность работы железнодорожного транспорта, как и любой другой отрасли, является ключевым показателем. Несмотря на значимость всех прочих эксплуатационных показателей работы, именно безопасность является основополагающим и самым значимым из всех, и это даже не учитывая того, какое влияние безопасность (ее нарушения) оказывает на возможность выполнения прочих эксплуатационных задач.

На текущий момент действует следующая классификация нарушений безопасности движения, утвержденная приказом МПС РФ № 1-Ц от 08.01.1994 и распоряжением ОАО «РЖД» № 1632р от 18.10.2005. Согласно данной классификации нарушения безопасности движения подразделяются следующим образом:

- крушения;
- аварии;
- особые случаи брака в работе;
- случаи брака;
- затруднения в работе;
- прочие случаи;

В табл. 1 и на рис. 1,2 приведены данные по количеству случаев нарушения безопасности движения на ОАО «РЖД» за последние 3 года в разбивке по принятой классификации и по дирекциям управления движением.

Все эти нарушения безопасности помимо жертв и пострадавших, а так же затрат, полученных от повреждения подвижного состава и путевых сооружений, привели к существенным срывам графика движения и нарушениям в работе железнодорожного транспорта. Это вызвало задержки в продвижении потока грузовых и пассажирских поездов, что в свою очередь приводит к значительным экономическим потерям. Осо-

бенно данная проблема приобретает актуальность в свете роста объемов перевозок, который имеет место последние годы и планируется в дальнейшем (исходя из планов модернизации и роста экономики страны). Все это усиливает и без того высокие требования к надежности работы железнодорожного транспорта.

Таблица 1  
Статистические данные по нарушениям безопасности движения в 2009-2011гг.

Вид нарушения	Количество случаев		
	2009	2010	2011
Авария	0	1	0
Сход в поезде	1	3	8
Столкновение поезда с др. поездами или железнодорожным ПС	1	0	0
Прием и отправление поезда по неготовому маршруту	1	3	3
Несанкционированное движение на маршрут приема, отправления поезда или на перегон	1	1	1
Столкновение ПС при маневрах	20	15	17
Наезд поезда на посторонние предметы (объекты)	2	0	0
Сходы ПС при маневрах	35	37	28
Взрезы стрелок	10	12	12
Неисправности технических средств	3	3	1
<b>Итого</b>	<b>74</b>	<b>75</b>	<b>70</b>

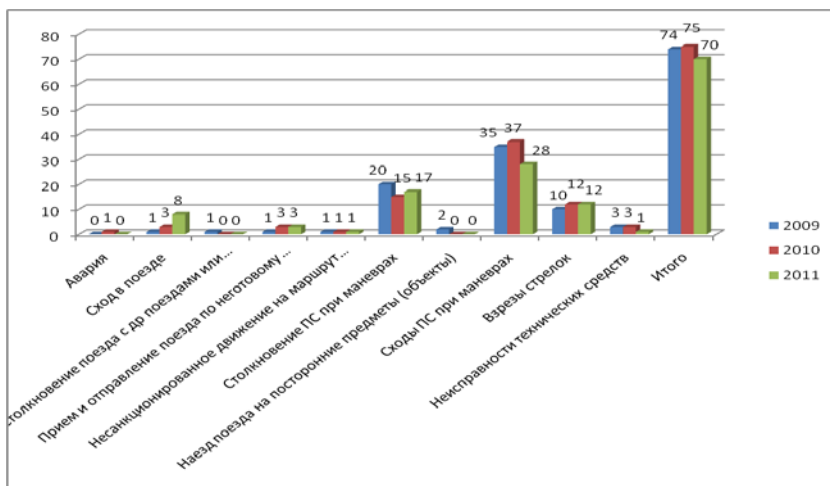


Рис.1. Статистические данные по нарушениям безопасности движения в 2009-2011гг.

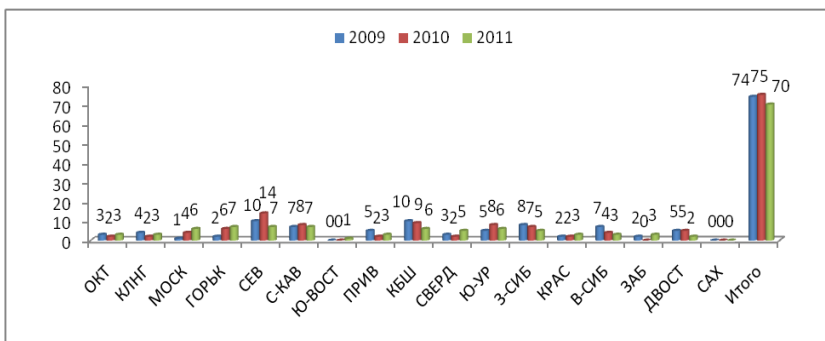


Рис.2. Распределение допущенных происшествий, связанных с нарушением правил безопасности по дирекциям управления движением.

Данная проблема имеет существенные особенности и не сводится только к надежности технических средств. Нарушение режимов обслуживания и эксплуатации технических средств, ошибки в управлении, недостаточная квалификация управляющего персонала понижают надежность работы транспорта. К факторам, определяющим сложность проблемы надежности транспортных систем можно отнести:

- отказы и сбои в работе проявляются на значительных расстояниях: задержка движения на относительно короткий промежуток времени вызывает осложнения в эксплуатационной работе, проявляющиеся в течение суток и более;
- сложность устранения последствий нарушений в работе транспортных систем, когда для ввода в график задержанных поездов нужны резервные нитки графика, т.е. резервная пропускная способность, а для остановки задержанных поездов – дополнительные (резервные) пути на станциях;
- многомерность транспортной системы и сложность управления, когда отказы в одном месте системы вызывают необходимость в прогнозировании мер по предупреждению последствий отказов в других ее местах, например, из-за задержки локомотивов, вагонов;
- непрерывность транспортного процесса в течение суток.

Повышению надежности перевозочного процесса на железнодорожном транспорте уделяется большое внимание. Безопасность перевозок, уверенность в безусловном выполнении сроков доставки грузов является очень важным условием, так как от своевременного прибытия грузов зависит производственная деятельность, соблюдение графиков работ и строительства. Именно поэтому, данной теме посвящено большое количество научных работ и исследований. Так, очень большое внимание расходу

надежности транспортных систем уделено в трудах П.С. Грунтова. Им разработаны основы расчета надежности элементов транспортных систем, станций, узлов.

Согласно Грунтову П.С. вероятность безотказной работы в течение расчетного периода времени  $t$  может быть рассчитана как функция эксплуатационной надежности двумя способами: аналитически и статистически. Статистически вероятность безотказной работы рассчитывают по данным отчетных форм за такой период времени, в течение которого статистическая выборка об отказах системы и ее элементов достаточна для получения устойчивой тенденций и закономерностей.

$$P(t) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n N_i^F}{\sum_{i=1}^n N_i},$$

где  $\sum_{i=1}^n N_i^F$  – число поездов, прием которых был задержан за период времени  $t$ ;

$\sum_{i=1}^n N_i$  – общее число пропускаемых поездов в одном направлении за тот же период.

Аналитическим путем вероятность отказа можно определить с помощью матрицы значений функций надежности в течение сроков  $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$  работы системы по различным ее элементам (локомотивам, вагонам, пути, АТС, путевому развитию и др.)

$$P(t)_{ij} = \begin{bmatrix} P(t)_{11} & P(t)_{12} & P(t)_{1n} \\ P(t)_{21} & P(t)_{22} & P(t)_{2n} \\ & \dots & \\ P(t)_{j1} & P(t)_{j2} & P(t)_{jn} \\ & \dots & \\ P(t)_{k1} & P(t)_{k2} & P(t)_{kn} \end{bmatrix}$$

$i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots, k.$

Для определения влияния отказов всех элементов комплекса технических средств на выполнение графика движения используем параметр потока отказов – среднее число отказов устройств (восстанавливаемых объектов) в единицу времени для рассматриваемого периода.

$$\frac{\sum_{i=1}^k n_j(t + \Delta t) - \sum_{j=1}^k n_j(t)}{N(t)\Delta t}; j = 1, 2, \dots, k$$

где  $k$  – число технических, технологических и информационных комплексов, отказы которых оказывают влияние на движение поездов и выполнение графика;

$n_j(t)$  – число отказов, вызывающих нарушение графика (число задержанных поездов)  $j$ -м комплексом на момент времени  $t$ ;

$\Delta t$  – элементарный промежуток времени (для анализа графика можно принять  $\Delta t = T = 1$  сут).

Если обозначить потоки отказов, которые вызвали задержку поездов в течение периода  $T$  по локомотивному комплексу,  $\omega_n(T)$ , вагонов –  $\omega_v(T)$ , пути –  $\omega_p(T)$ , АТС –  $\omega_{АТС}(T)$ , грузовому комплексу –  $\omega_r(T)$ , пассажирскому комплексу –  $\omega_{пас}(T)$ , по технологии формирования и обеспечения документами –  $\omega_d(T)$ , то общий поток отказов, вызывающих невыполнение установленного времени отправления, с учетом отказов по управлению  $\omega_y(T)$ :

$$\omega(T) = \omega_n(T) + \omega_v(T) + \omega_p(T) + \omega_{АТС}(T) + \omega_r(T) + \omega_{пас}(T) + \omega_d(T) + \omega_y(T) = \sum_{i=1}^k \omega_j(T); j = 1, 2, \dots, k$$

А надежность выполнения графика движения

$$P_{гр}^o = 1 - \frac{\sum_{j=1}^k \omega_j(T)}{N(T)} = 1 - \omega(T); j = 1, 2, \dots, k$$

Определить надежность работы по подготовке и отправлению поездов по графику можно с помощью коэффициентов готовности по соответствующим комплексам. Система работы по подготовке поездов к отправлению состоит из  $k$  элементов (комплексов). Отказ хотя бы одного элемента вызывает срыв отправления поездов по графику, т.е. при отказе одного элемента отказывает вся система подготовки отправления поезда по графику.

Коэффициент готовности всех комплексов к выполнению работы по отправлению в соответствии с графиком:

$$k_{гр}^o = \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^k \left( \frac{1}{k_{rj}} - 1 \right)}$$

$$\mu_j = \lambda_j \frac{1}{1 - k_{rj}}$$

где  $\lambda_j$  – интенсивность отказов по  $j$ -му комплексу;

$\mu_j$  – интенсивность восстановления по  $j$ -му комплексу.

Однако интенсивность восстановления в данном виде не учитывает всех факторов. Так, например, не учитывается степень последствий отказа для технического состояния прочих комплексов. Ведь в случае, если отказ привел к нарушению безопасности движения, возможно техническое повреждение отдельных систем. Кроме того в этом случае существует определенная приоритетность в порядке восстановления технической готовности комплексов.

Соответственно для более корректного расчета необходимо внесение дополнительных параметров в формулу расчета интенсивности восстановления и, соответственно, коэффициента надежности выполнения графика движения поездов.

## **Библиографический список**

1. Грунтов П.С. Эксплуатационная надежность станций / Грунтов П.С. – М: Транспорт, 1986. 247с.
2. Попов А. Т. Система оперативной оценки эксплуатационной работы внутривозводской железнодорожной станции / А. Т. Попов, О. А. Суслова // Сборник тезисов докладов факультетской научно-технической конференции «Современные проблемы функционирования транспорта», - Липецк: ЛГТУ, 1998. С. 11 - 12.

УДК 656.225:004.4

## **ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВАГОНОПОТОКАМИ**

*П.Н. Мишкурин (науч. рук. А.Н. Рахмангулов)*

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (МГТУ), 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38, кафедра «Промышленный транспорт»  
[ran@logintra.ru](mailto:ran@logintra.ru), [wavemgk@gmail.com](mailto:wavemgk@gmail.com)*

### **Аннотация**

В статье рассмотрены проблемы использования методов динамического программирования при управлении вагонопотоками в железнодорожных транспортных узлах и на путях необщего пользования промышленных предприятий.

### **Актуальность работы**

Транспортная система страны характеризуется постоянным ростом объемов грузовых перевозок, а также усложнением их структуры в результате возникновения и развития компаний-операторов собственных вагонов (рис. 1) и появления большого числа нерегулярных струй вагонопотоков малой мощности.

Для выявления сложности структуры вагонопотоков был выполнен анализ мощности струй вагонопотоков методом диаграмм Парето (рис. 2, 3) для условий металлургического комбината.

### **Основные проблемы**

Основная причина возникновения подобных явлений заключается в том, что принятая форма организации управления вагонопотоками на путях необщего пользования промышленных предприятий, основанная на управлении работой отдельных станций и движением отдельных поездов, недостаточно точно учитывает в оперативном режиме изменения структуры вагонопотоков.