

**УДК 629.46**

Камаретдинова Г. А., аспирант ТТНпа-416  
Уральский государственный университет путей сообщения

## **МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ НА МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ СТЫКОВОМ ПУНКТЕ**

В условиях происходящих преобразований на железнодорожном транспорте Российской Федерации в системе контроля и учета узлов и деталей вагонных конструкций, на межгосударственные стыковые пункты возлагается расширенный спектр работ, направленных на обеспечение безопасности движения поездов, основным из которых является, недопущение пропуска контрафактных узлов и деталей вагонов на инфраструктуру железных дорог[1-3].

В настоящее время в железнодорожной отрасли существует многообразие методов направленных на обеспечение и соблюдение качества технического обслуживания грузовых вагонов, в том числе на межгосударственных стыковых пунктах (МГСП), одним из перспективных является, использование метода управления рисками. Постоянное и комплексное применение данного метода на сети железных дорог, в дальнейшем позволит получать информационную поддержку о состоянии подвижного состава на всех уровнях технологического цикла и обеспечит оперативное решение актуальных задач в системе обеспечения безопасности движения поездов. Под термином риск в данной работе принимается, вероятность возникновения или сочетание вероятностей возникновения неблагоприятного события, приводящего к дополнительным материальным расходам, например, принятие к перевозке грузового вагона с контрафактным узлом или деталью через МГСП.

Таким образом, риски, связанные с технической эксплуатацией вагонов, их обслуживанием влияют на уровень функционирования и пропускную способность МГСП. Исходя из этого, совокупность событий, вероятность которых может нести неблагоприятный характер, объединены в группу технических рисков. Рассмотрим перечень возможных рисков, которые влияют на качество технического обслуживания:

1. Риск отправления грузового вагона с контрафактным узлом или деталью через МГСП  $P_1$ . Его величина зависит от качества выполненного планового или внепланового ремонта, а также уровня качества технического

обслуживания на предшествующей станции.

2. Риск уровня качества технического обслуживания зависит от квалификации обслуживающего персонала, руководителей и укомплектованности бригад  $P_2$ .

3. Риск надежности ремонтного и диагностического оборудования, используемого в процессе технического обслуживания  $P_3$ .

4. Риск несоответствия состояния технической конструкции грузового вагона требованиям нормативно-технической документации. Его величина определяется на основе статистических данных по каждому МГСП  $P_4$ .

5. Риск (вероятность) отказа грузового вагона (узла детали) в процессе эксплуатации  $P_5$ . Методы оценки и прогнозирования надежности конструкции грузового вагона широко известны и могут быть использованы при определении вероятности  $P_5$ . Так в условиях отсутствия информации для вновь отремонтированных грузовых вагонов в течение начального периода эксплуатации прогнозирование отказов узлов/деталей вагонов целесообразно осуществлять при помощи аналитических моделей [2].

При определении вероятности отказов узлов/деталей конструкции вагонов рассматриваются отказы, вызванные некачественным ремонтом (плановым/внеплановым) или последним техническим обслуживанием. Согласно классификатору «Основных неисправностей грузовых вагонов (К ЖА 2005 04)», – к ним относятся дефекты, связанные с отступлениями от технологии производства узлов/деталей вагона, зависящие от металлургического качества стали.

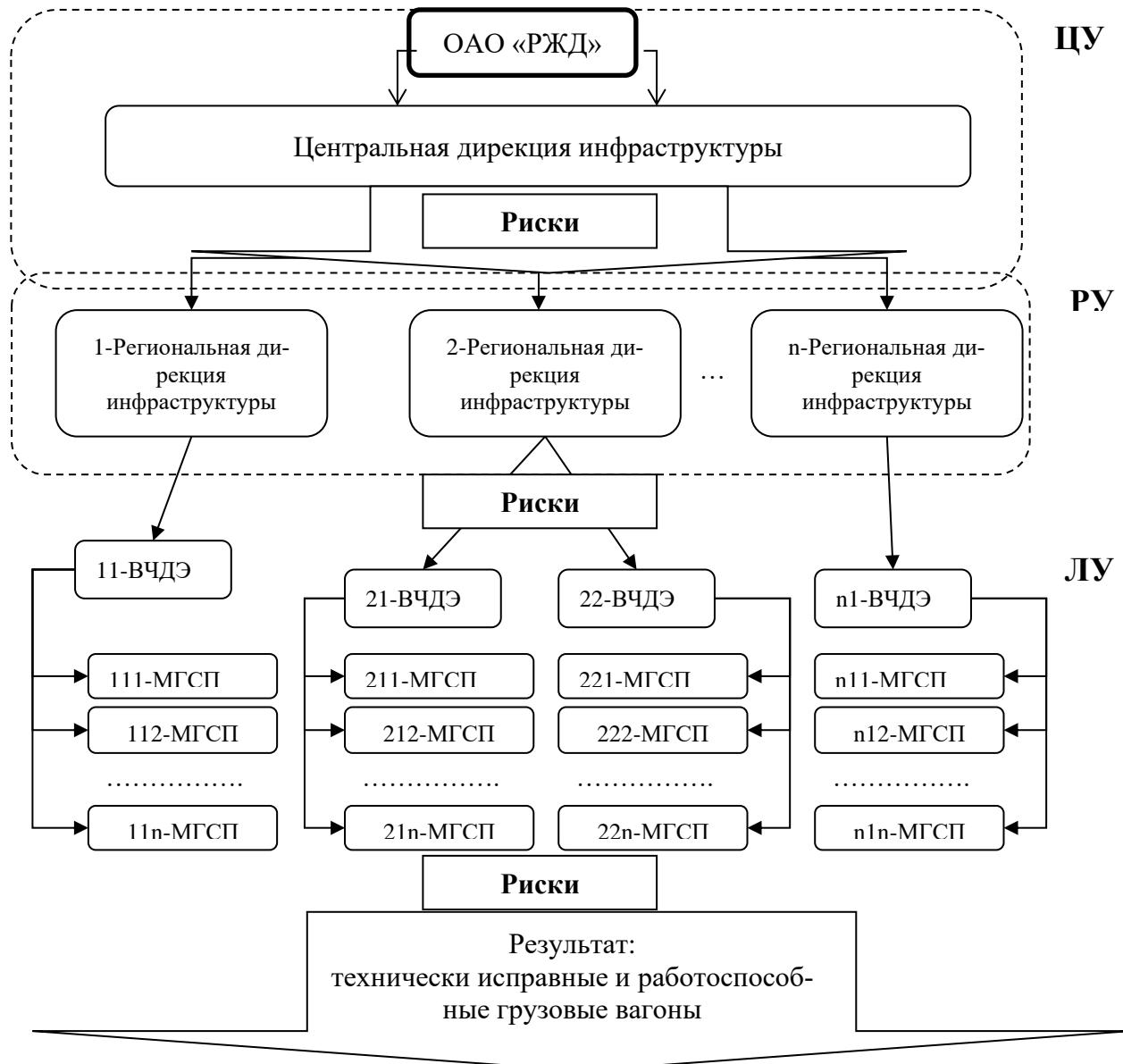
Рассмотрим модель управления рисками с использованием метода «плата за риск». При построении модели не будем ограничиваться взаимодействием между предприятиями МГСП и исследуем обобщенную модель управления рисками при взаимодействии компаний ОАО «РЖД» с дорогами соседствующих государств.

Метод «плата за риск» заключается в установлении для соседствующих государств выплат, пропорциональных величине риска, выраженного на цену за риск. Размер цены за риск может контролироваться аппаратом технического аудита компании ОАО «РЖД» [3]. При использовании такого метода соседствующие государства с Российской Федерацией заинтересованы в снижении величины риска, тем самым повышая качество работ, и качество используемых материалов при проведении ремонта.

Для математической формализации метода «плата за риск» воспользуемся аппаратом теории игр.

Рассмотрим сектор железной дороги, границу между Российской Федерацией и соседствующим государством, в котором функционируют погранично-государственных стыковых пунктов (далее МГСП) или, следуя

терминологии теории игр и теории активных систем, игроков, агентов.



**Рис. 2. Структура управления ОАО «РЖД» и распределение технических требований к грузовым вагонам**

ЦУ – центральное управление; РУ – региональное управление; ЛУ – линейное управление; ВЧДЭ – вагонное эксплуатационное депо; МГСП – межгосударственный стыковой пункт

Каждому из  $n$ -МГСП поставим в соответствие целевую функцию  $f_i(y)$ , где  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  – множество МГСП. Следуя сложившейся терминологии, будем называть действия  $y_i$  стратегиями, а вектор  $y$  – ситуацией игры. Под действием может пониматься объем реализованной продукции, объем выполненных работ, например количество технически обслуженных грузовых вагонов на МГСП и т.д. Совокупность стратегий  $y_{-i} = (y_1, \dots, y_{i-1}, y_{i+1}, \dots, y_n)$  – обстановка игры для  $i$ -го МГСП структуры компании ОАО «РЖД» [4].

Одним из способов задания целевой функции МГСП, отражающей ее экономические интересы, при моделировании социально-экономических систем является использование функции, имеющей вид «дохода» предприятия. Тогда принцип выбора решения МГСП можно описать в виде оптимизационной задачи:

$$f_i(c, y_i, z(y_i, r_i), v_i) \rightarrow \max_{y, v}, \quad (1)$$

где  $c$  – стоимость единицы продукции, услуги;  $y_i$  – объем производимой продукции (оказываемых услуг, технического обслуживания)  $i$ -ым МГСП;  $z_i(y_i, r_i)$  – функция затрат  $i$ -го МГСП по реализации объема  $y_i$  с эффективностью  $r_i$ ;  $v_i$  – объем средств, выделяемых на снижение уровня риска  $i$ -ым МГСП.

Целевую функцию МГСП формализуем как разницу между поступлением от реализованного технического обслуживания  $cy_i$  и затратами на ее изготовление  $z_i(y_i, r_i)$  и объемом средств на снижение уровня риска  $v_i$ :

$$f_i(y_i) = c_i y_i - z_i(y_i, r_i) - v_i, \quad (2)$$

Предположим, что функция затрат является действительнозначной, неотрицательной, возрастающей, выпуклой, имеющей непрерывную производную [5]:

$$z(0) = 0, \frac{dz(y)}{dy} > 0, \frac{dz^2(y)}{dy^2} > 0,$$

при этом:

$$\left. \frac{dz(y)}{dy} \right|_{y=0} = 0, \left. \frac{dz(y)}{dy} \right|_{y \rightarrow \infty} \rightarrow \infty.$$

тогда функция затрат МГСП может иметь вид [5]

$$z(y_i, r_i) = \frac{(y_i)^2}{2r_i}.$$

Обозначим через  $R$  уровень риска, обеспечиваемый  $i$ -ым МГСП, при этом принимаем, что [6]:

$$R(y, v) = \frac{wy^2}{wy^2 + \Theta v + T}, \quad (3)$$

Где  $w$  – коэффициент, характеризующий влияние объема технически обслуженных грузовых вагонов на уровень риска;  $\Theta$  – коэффициент, характеризующий эффективность использования средств, направляемых на снижение риска;  $T$  – показатель, характеризующий технологический процесс с позиций надежности и безопасности.

Определение параметров  $w$ ,  $\Theta$ ,  $T$  является задачей дальнейших исследований.

При использовании механизма платы за риск основным рычагом, позволяющим управлять уровнем риска, является цена риска  $\lambda$  устанавливаемая компанией ОАО «РЖД». Тогда целевая функция (2) примет следующий вид:

$$f_i(y_i) = c_i y_i - z(y_i, r_i) - v_i \lambda - R(y_i, v_i). \quad (4)$$

Поскольку целевая функция МГСП отражает разницу между поступлениями от реализации продукции и расходами, то каждый узел стремится максимизировать свою целевую функцию. Для этого ему необходимо определить объем обслуженных грузовых вагонов  $y$  и объем средств  $v$ , которые необходимо направить на снижение уровня риска. То есть:

$$f_i(y_i) = c_i y_i - z(y_i, r_i) - v_i \lambda - R(y_i, v_i) \rightarrow \max_{y, v}. \quad (5)$$

Решение задачи (5) таково. Первое – ищутся частные производные по всем переменным ( $y$  и  $v$ ) и приравниваются к нулю. Система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{df}{dy_i} = c - \frac{dz(y_i)}{dy_i} - \lambda \frac{dy(y_i, v)}{dy_i} = 0; \\ \frac{df}{dv_i} = - \frac{dy(y_i, v)}{dy_i} - 1 = 0. \end{cases}$$

Второе – полученные системы уравнений:

$$\begin{cases} c - \frac{y_i}{r_i} - \frac{2\lambda w y_i}{w y_i^2 + \Theta v_i + T} + \\ + \frac{2\lambda w^2 y_i^3}{(w y_i^2 + \Theta v_i + T)^2} = 0; \\ \frac{\lambda w \Theta y_i^2}{(w y_i^2 + \Theta v_i + T)^2} - 1 = 0; \end{cases}$$

Решение системы уравнений записываются в следующем виде:

$$y_i^* = \frac{c - 2\sqrt{\frac{\lambda w}{\Theta}}}{\frac{1}{r_i} - \frac{2w}{\Theta}};$$
$$v_i^* = \frac{y_i^* \sqrt{\lambda w \Theta} - w(y_i^*)^2 - T}{\Theta}.$$

Величину  $\lambda^*$  найдем из выражения:

$$\frac{dv_i^*}{d\lambda} = 0.$$

В заключение необходимо отметить следующее. Во-первых, использование разработанной оптимационной модели возможно для поддержки принятия решений при взаимодействии между МГСП ОАО «РЖД» и станций сопредельных государств, и их экономического окружения. Во-вторых, предложенная оптимационная модель может быть использована при обосновании экономически целесообразного уровня качества и безопасности технически обслуживаемых грузовых вагонов.

### Список литературы

1. Сирина Н. Ф., Камаретдинова Г. А. Классификация рисков при техническом обслуживании вагонов на межгосударственных стыковых пунктах // Транспорт Урала. 2018. № 4 (59). С. 58–62. DOI: 10.20291/1815-9400-2018-4-58-62. ISSN 1815-9400.
2. Камаретдинова Г. А., Волкова А. Ю. Анализ управления безопасности грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте. Инновационный транспорт. 2019. № 2 (32). С. 42-46.
3. Камаретдинова Г. А., Сирина Н. Ф. Аналитическая Модель функционирования межгосударственного стыкового пункта в условиях риска. Вестник Уральского государственного университета путей сообщения 2019. № 3 (43). С. 44-49.
4. Устич П. А., Иванов А. А., Мышков В. Г., Садчиков П. И. Управление транспортом на основе математического управления // Железнодорожный транспорт: Научно-теоретический технико-экономический журнал / Орган Министерства путей сообщения. М.: Т
5. Сирина Н. Ф. Развитие вагонного хозяйства на основе самоорганизации // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник РАН ВИНИТИ, 2006. Вып. 11. С. 40–43. ISSN 0236–1914.
6. Брусянин Д. А. Модель управления рисками сетевой железной дороги. Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. Научный журнал, 2009. Вып. 1. С. 4-11. ISSN: 2079-0392
7. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. М.: МПСИ, 2005. 583 с. 6.
8. Бурков В. Н., Новиков Д. А., Щепкин А. В. Механизмы управления эколого-экономическими системами / Под ред. акад. С. Н. Васильева. М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2008. 244 с.