

**Аннотация.** В статье рассмотрены риски возникновения потенциальных экономических потерь, которые могут возникнуть в результате сбоев в автоматизированных и интеллектуальных системах управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте. Предложена методика оценки влияния сбоев на систему управления перевозочным процессом. Выполнен расчет и установлены закономерности влияния сбоев в работе автоматизированных и интеллектуальных систем на систему управления перевозочным процессом, в том числе на оперативное управление поездной, станционной и грузовой работой; оперативное планирование поездной, грузовой и станционной работы; оперативное регулирование. Доказано, что переход от информационных к интеллектуальным планирующим системам позволяет существенно снизить потенциальные потери от сбоев в системе управления перевозочным процессом. Даны рекомендации по снижению рисков и ущерба в системе организации перевозочного процесса.

**Ключевые слова:**

железнодорожный транспорт, интеллектуальная система управления, перевозочный процесс, сбой, риски, потенциальные экономические потери.

**Для цитирования:** Ерофеев А. Оценка влияния сбоев в информационных и интеллектуальных системах железнодорожного транспорта на организацию перевозочного процесса // Наука и инновации. 2025. №11. С. 73–77. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2025-11-73-77>



## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СБОЕВ В ИНФОРМАЦИОННЫХ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ОРГАНИЗАЦИЮ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА



**Александр Ерофеев,**  
проректор по научной работе  
Белорусского государственного  
университета транспорта,  
доктор технических наук,  
профессор;  
[erofeev\\_aa@bsut.by](mailto:erofeev_aa@bsut.by)

Железнодорожный транспорт – важный элемент экономики государства, от эффективной и надежной работы которого зависит рентабельность функционирования других, в первую очередь экспортоориентированных ее отраслей. Указанный вид сообщения отличается высоким уровнем цифровизации бизнес-процессов, что вызывает новые риски в организации перевозок при сбоях в информационно-управляющих системах. В данной работе рассматриваются вопросы оценки такого рода аварий, в том числе при условии внедрения Интеллектуальной системы управления перевозочным процессом (ИСУПП) [1], и их влияние на его ход и результат.

УДК 656.224/225.07

## Методика оценки влияния сбоев на систему управления перевозочным процессом

При экономической экспертизе воздействия неполадок в информационных и интеллектуальных комплексах важно знать не только вероятность наступления такого сбоя в той или иной системе, но и степень риска его отражения на ходе перевозок [2]. Для этой цели выполнена классификация рисков по различным признакам.

При мониторинге рисков и связанных с ними дополнительных затрат принимается, что системы дорожного уровня находятся в неработоспособном состоянии в течение от 1 до 24 часов. Большой период их простаивания представляется маловероятным (за исключением случаев природных и техногенных катастроф; в таких случаях возникают затраты непосредственно от самих катастроф, а материальный ущерб от неработоспособности информационных систем дорожного уровня будет опосредованным).

В разработанной методике рассматриваются только допустимые и критические риски. Частичные не анализируются, так как в случаях их наступления дополнительные затраты отсутствуют либо проявляются косвенно через другие виды угроз. Катастрофические риски из обзора также исключены, поскольку неработоспособность систем дорожного уровня не приводит к разрушению объекта, а реализация функций управления перевозочным процессом остается возможной, хотя и при значительно больших затратах.

Все угрозы возникновения дополнительных затрат Белорусской железной дороги (БЖД), возникающие при аварийном простое информационных систем дорожного уровня, будем считать диверсифицируемыми: всегда можно разработать такую технологию, которая позволит организовать перевозочный процесс без использования этих систем, хотя и с большими издержками. То есть при оценке затрат необходимо рассматривать не общие расходы, связанные с невозможностью реализации той или иной функции, а только их определенную долю, связанную с удорожанием работ при задействовании «ручных» технологий. При увеличении периода неработоспособности систем дорожного уровня доля таких затрат также будет расти.

Анализ эксплуатационной работы Белорусской железной дороги и технологии выполнения отдельных операций перевозочного процесса позволил установить следующие функции управления, на которые непосредственно влияет работоспособ-

ность информационно-аналитической системы поддержки управляющих решений для грузовых перевозок (ИАС ПУР ГП), которая функционирует на БЖД, и поэтапно внедряемой ИСУПП [3]:

- *оперативное управление поездной, станционной и грузовой работой;*
- *оперативное планирование поездной, грузовой и станционной работы;*
- *оперативное регулирование.*

Расчет общей величины затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3, \quad (1)$$

где  $Y_1$  – затраты, возникающие в системе оперативного управления, руб.;

$Y_2$  – затраты, возникающие в системе оперативного планирования, руб.;

$Y_3$  – затраты, возникающие в системе регулирования, руб.

В общем виде величина затрат, возникающих в результате сбоев в системе информационного обеспечения перевозочного процесса, выглядит следующим образом:

$$Y = \sum_{j=1}^t \sum_{i=1}^n e_i \cdot \Delta I_{ij} \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (2)$$

где  $n$  – количество видов ущерба в рассматриваемой подсистеме;

$t$  – продолжительность сбоя, ч;

$e_i$  – расходная ставка на измеритель эксплуатационной работы;

$\Delta I_i$  – величина изменения  $i$ -го измерителя эксплуатационной работы в результате сбоев в системе информационного обеспечения перевозочного процесса в  $j$ -й час сбоя;

$k_1$  – коэффициент, учитывающий величину изменения натуральных показателей эксплуатационной деятельности дороги при возникновении сбоев в ИАС ПУР ГП;

$k_2$  – коэффициент, учитывающий величину риска изменения натуральных показателей эксплуатационной деятельности дороги при возникновении сбоев в ИАС ПУР ГП.

## Расчет влияния сбоев в работе ИАС ПУР ГП и ИСУПП на систему управления перевозочным процессом

При выполнении расчетов производится оценка изменения каждого показателя в отдельности в соответствии параметрами перевозочного процесса,

установленными на втором этапе работы. Для этих целей задано свыше 30 параметров, по каждому из которых выявлены аналитические зависимости их изменения от продолжительности сбоя в информационных системах, а также определены значения величины и частоты риска их изменения.

В процессе организации и управления перевозками ущерб от сбоев в работе ИАС ПУР ГП и ИСУПП может быть частично компенсирован посредством как действий работников БЖД, так и использования прогнозной информации в ИСУПП. Размер убытков компенсируется за счет:

- оперирования предварительной информацией о ходе перевозочного процесса вместо точной;
- временного перехода на ручную подготовку поездной и грузовой документации;
- учета при оперативном планировании технических нормативов вместо фактических показателей;
- использования при планировании эмпирических значений вместо фактических;
- отклонения от технологий, предусмотренных нормативными документами.

Установлены значения коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$  и закономерности их изменения в анализируемый период при возникновении сбоев в ИАС ПУР ГП.

При расчете параметров применялись следующие инструменты исследования:

- фактические показатели работы подразделений Белорусской железной дороги и их сопоставление со статистикой сбоев, связанных с неработоспособностью программного комплекса;

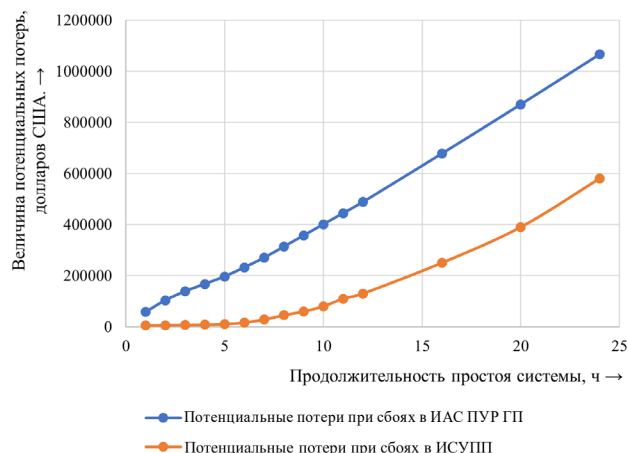


Рис. 1. График зависимости величины потенциальных экономических потерь Белорусской железной дороги от продолжительности сбоев в подсистеме оперативного управления поездной работой

- статистические данные по эксплуатационной надежности станций;
- программный комплекс имитационного моделирования технологического процесса переработки транзитного вагонопотока на железнодорожной сортировочной станции «ПК ИМ ТП ПТВ ЖДС» [4];
- экспертная информация, полученная в результате обсуждения темы с оперативными работниками и руководством различных уровней.

По итогам анализа были установлены следующие типы зависимостей коэффициентов величины изменения натуральных показателей от продолжительности сбоев [5]. Для экономической оценки влияния используется метод расходных ставок, величины которых принимались согласно [6].

В вычислениях учитывались только зависящие расходы, вошедшие в расчет расходных ставок. Результаты работы приведены на рис. 1–7. Величина потерь для наглядности приведена в долларах США.

Анализ структуры величины ущерба в зависимости от продолжительности сбоя в ИАС ПУР ГП или ИСУПП позволяет сделать следующие выводы.

- ◆ При решении вопросов оперативной координации в системе управления перевозочным процессом переход от информационных к интеллектуальным комплексам инструментов способствует снижению потенциальных потерь железной дороги на 30–55% за счет наличия предварительно сформированных текущих планов и возможности использования в период сбоев прогнозных данных.

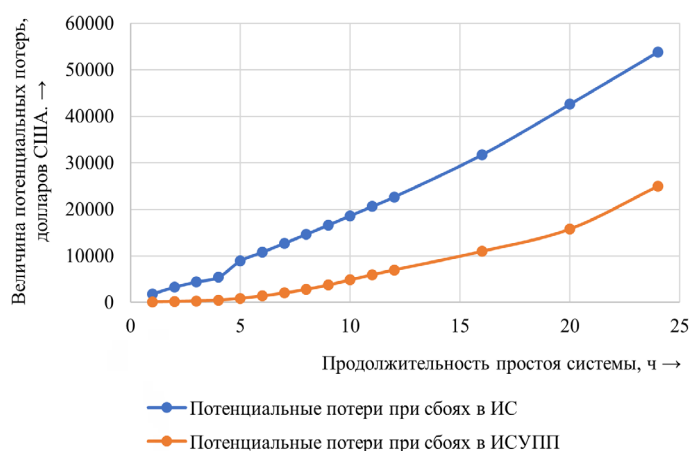


Рис. 2. График зависимости величины потенциальных экономических потерь Белорусской железной дороги от продолжительности сбоев в подсистеме оперативного управления станционной работой

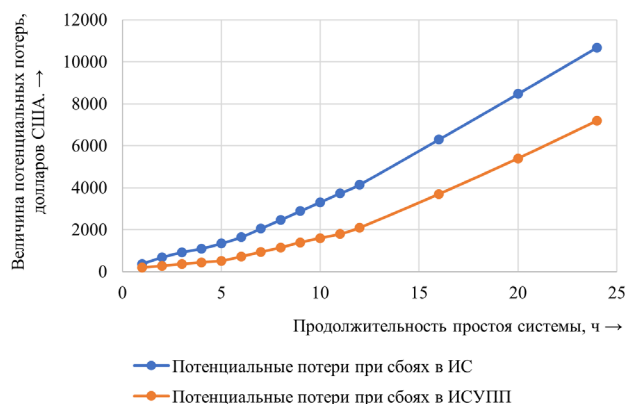


Рис. 3. График зависимости величины потенциальных экономических потерь Белорусской железной дороги от продолжительности сбоев в подсистеме оперативного управления грузовой работой

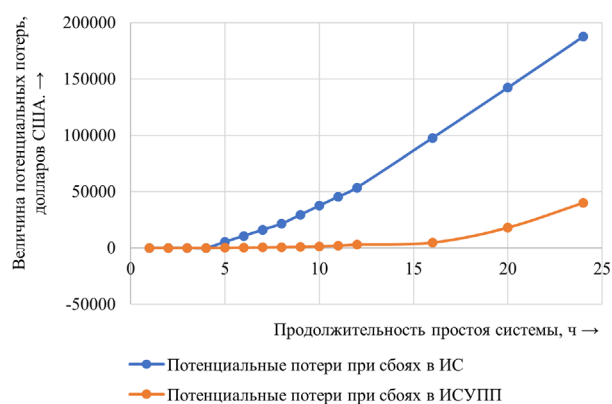


Рис. 4. График зависимости величины потенциальных экономических потерь Белорусской железной дороги от продолжительности сбоев в подсистеме оперативного планирования поездной работы

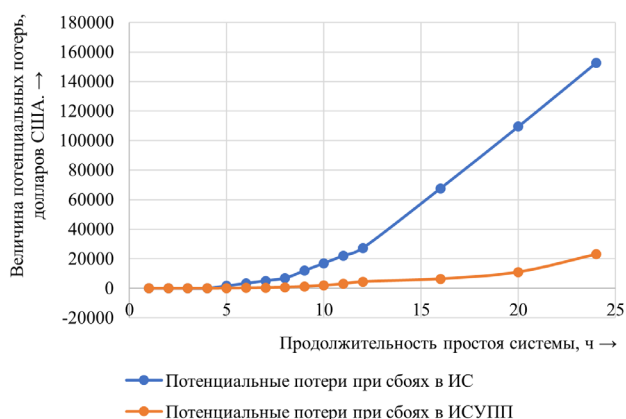


Рис. 5. График зависимости величины потенциальных экономических потерь Белорусской железной дороги от продолжительности сбоев в подсистеме оперативного планирования станционной работы

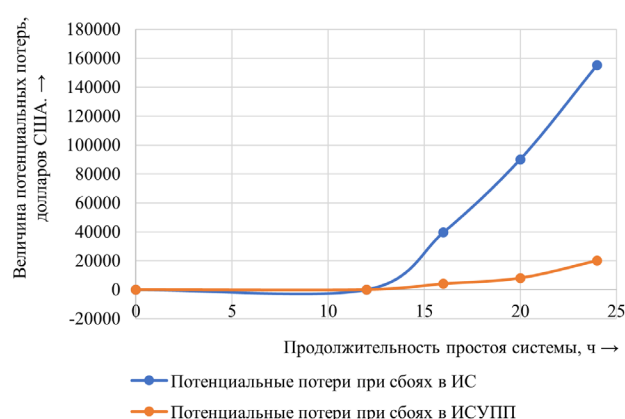


Рис. 6. График зависимости величины потенциальных экономических потерь Белорусской железной дороги от продолжительности сбоев в подсистеме оперативного планирования грузовой работы

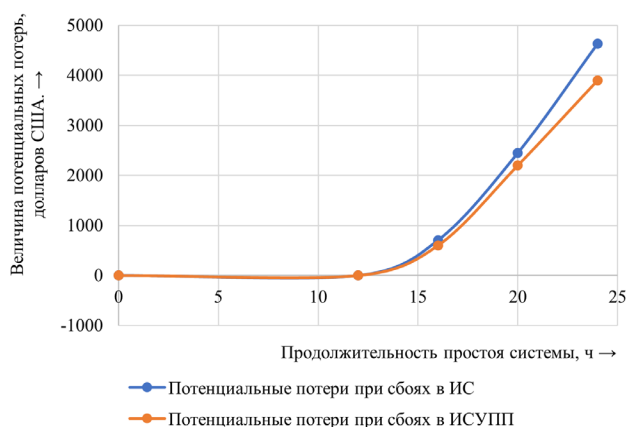


Рис. 7. График зависимости величины потенциальных экономических потерь Белорусской железной дороги от продолжительности сбоев в подсистеме регулирования перевозочного процесса

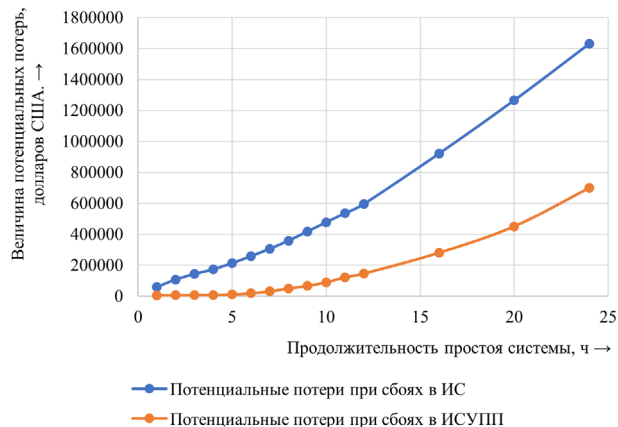


Рис. 8. График зависимости величины потенциальных экономических потерь Белорусской железной дороги от продолжительности сбоев в ИАС ПУР ГП и ИСУПП



- ◆ При реализации задач оперативного планирования ИСУПП дает возможность снизить потенциальные потери в 4,5–7,5 раза (при периоде сбоя, равном 24 часа) за счет увеличения глубины планирования.

Зависимость суммарного размера ущерба для Белорусской железной дороги в зависимости от продолжительности сбоев в ИАС ПУР ГП и ИСУПП приведена на рис. 8. Расчеты выполнены для объема среднесуточного грузооборота (тарифного), равного 7769 421 т·км брутто.

Таким образом, переход от информационных к интеллектуальным планирующим системам позволяет снизить потенциальные потери от сбоев не менее чем в 2,3 раза.

## Выводы и предложения

С целью снижения рисков и ущерба в системе организации перевозочного процесса на железной дороге при возникновении сбоев в информационных системах дорожного уровня необходимо предусматривать предупредительные меры и профилактические мероприятия.

Дополнительно можно рекомендовать следующие действия:

- ◆ создание полноценных резервов программно-аппаратных комплексов ИАС ПУР ГП и ИСУПП, в том числе формирование «горячего» и «холодного» резервов. В настоящее время все оборудование находится в непрерывной эксплуатации и такие резервы отсутствуют;
- ◆ внедрение методов, сокращающих время восстановления программно-технических комплексов. К таким мероприятиям можно отнести разработку и применение эффективных программных тестов и контрольной аппаратуры, построение устройств на типовых унифицированных блоках с созданием их резерва; повышение квалификации обслуживающего персонала, в том числе путем проведения специализированных курсов и тематических учений;
- ◆ резервирование каналов связи между вычислительным центром и основными пользователями, в первую очередь Центром управления перевозками;
- ◆ разработка технологий функционирования линейных предприятий в условиях отсутствия связи с Главным расчетно-информационным центром. К ним можно

отнести безмашинное формирование поездной документации и станционной отчетности, ведение графиков исполненного движения, формирование сортировочных листов, натурных листов на поезд и т.п.

Таким образом, внедрение интеллектуальных технологий в систему управления перевозочным процессом не только позволяет за счет создания и использования предиктивных моделей решать новые технологические задачи, но и существенно снижает эксплуатационные и экономические риски, особенно в условиях возможных сбоев в цифровой инфраструктуре. ■

■ **Summary.** This article examines the risks of potential economic losses that may arise from failures in automated and intelligent rail transportation management systems. A methodology for assessing the impact of failures on the transportation management system is proposed. Calculations are made and patterns of the impact of failures in automated and intelligent systems on the transportation management system are established, including the operational management of train, station, and freight operations; operational planning of train, freight, and station operations; and operational regulation. It is proven that the transition from information to intelligent planning systems can significantly reduce potential losses from failures in the transportation management system. Recommendations are given for mitigating risks and damage in the transportation management system.

■ **Keywords:** rail transport, intelligent management systems, transportation process, failure, risks, potential economic losses.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2025-11-73-77>

Статья поступила в редакцию  
09.07.2025 г.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ерофеев А.А. Интеллектуальная система управления перевозочным процессом: [монография]. – Гомель, 2022.
2. Альгин А.П. Риск и его роль в общественной жизни. – М., 1989.
3. Ерофеев А.А. Влияние сбоев в информационно-управляющих системах на перевозочный процесс // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. 2017. №1 (34). С. 46–50.
4. Программный комплекс имитационного моделирования технологического процесса переработки транзитного вагонопотока на железнодорожной сортировочной станции «ПК ИМ ТП ПТВ ЖДС». (свидетельство о регистрации №С20110009; заявл. 26.01.2011; зарегистр. 10.02.2011 / Нац. центр интеллектуальной собственности Респ. Беларусь. – 2011).
5. Ерофеев А.А. Оценка влияния внедрения интеллектуальных систем на надежность системы управления перевозочным процессом // Проблемы безопасности на транспорте: Материалы XII междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Белорусской железной дороги: в 2 ч. / под общ. ред. Ю.И. Кулаженко. – Гомель, 2022. С. 21–25.
6. Методические рекомендации по расчету экономических параметров, позволяющих оценить технологические процессы эксплуатационной работы основного вида деятельности – «Деятельность железнодорожного транспорта», приказ от 17.12.2018 №333Н.