

вала бы безопасность за счет сбора, передачи и обмена данными о производстве, обработке, складировании и распределении.

Для реализации большего обеспечения безопасности элементов Физического интернета необходимо придерживаться следующих принципов.

1 Современные системы защиты. Необходимо внедрение организациями новейших механизмов защиты, таких как безопасность конечных точек, система обнаружения вторжений, автоматизированное и непрерывное тестирование на уязвимости и проникновения. Программное обеспечение должно регулярно обновляться для обнаружения любых потенциальных кибератак.

2 Разумное использование современных технологий. Сегодняшние компании сильно зависят от искусственного интеллекта и машинного обучения. Это необходимо для анализа большого количества данных. Однако такие технологии открывают совершенно новый вектор киберугроз, которые представляют большую опасность.

3 Управление безопасностью устройств IoT и систем CPS. Автоматизированные цепочки поставок в значительной степени зависят от устройств IoT и системы CPS, поэтому важно, чтобы организации имели эффективные стратегии по управлению и установлению политик безопасности. Поскольку традиционные инструменты безопасности могут быть реализованы не на всех устройствах, важно использовать специальные, подходящие под эти системы.

4 Защита данных. Требуется постоянная шифровка данных независимо от их состояния (покой или передача). Также рекомендуется использование безопасных многосторонних вычислений (MPC) для защиты данных между несколькими торговыми партнерами.

5 Децентрализация. Методы децентрализованного обмена данными, такие как блокчейны, обеспечивают безопасную сеть для обмена данными с дополнительной устойчивостью к криптографическим атакам. Применение таких технологий может позволить партнерам по цепочке поставок обмениваться данными с определенной прослеживаемостью.

6 Безопасное хранение данных. Хранить данные важно в безопасных местах с надлежащей защитой (аутентификацией и доступом-контролем). Также рекомендуется уничтожение любых неиспользуемых данных.

Основной целью безопасности Физического интернета является не только защита данных, грузов и предотвращение вторжений, которые сосредоточены на угрозах, но и обеспечение того, чтобы важные функции, предоставляемые системами, сохранялись в условиях сбоев (как преднамеренных, так и непреднамеренных), что требует более стратегического и системного подхода.

#### Список литературы

1 Traceability in supply chains: A Cyber security analysis / N. F. Syed [et al.] // Computers & Security. – 2022. – Vol. 112. – 102536.

2 **Малюченко, В. К.** Оценка рисков проекта внедрения физического Интернета в логистическую сеть России / В. К. Малюченко, В. А. Глинский // Актуальные проблемы авиации и космонавтики : сб. материалов VII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Дню космонавтики. В 3 т., Красноярск, 12–16 апреля 2021 года. – Красноярск : СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2021. – С. 402–404.

3 Логистика : учеб. пособие / В. И. Маргунова [и др.] ; под общ. ред. В. И. Маргуновой. – 2-е изд., испр. – Минск : Выш. шк., 2013 – 508 с.

4 **Puskas, E.** Physical Internet – a Novel Application Area for Industry 4.0 / E. Puskas, G. Bohacs // International Journal of Engineering and Management Sciences (IJEMS). – 2019. – Vol. 4, no. 1.

5 **Montreuil, B.** Toward a Physical Internet: meeting the global logistics sustainability grand challenge / B. Montreuil // Logistics Research. – 2011. – Vol. 3. – P. 71–87.

УДК 656.222/3

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ НА НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ

*А. А. ЕРОФЕЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Использование информационных и интеллектуальных технологий в системе управления перевозочным процессом (СУПП), с одной стороны, позволяет снизить затраты на организацию и реа-

лизацию транспортного процесса, а с другой – делает перевозочный процесс зависимым от режимов функционирования информационных систем (ИС). Даже незначительные по продолжительности сбои в функционировании ИС, особенно дорожного уровня, влекут за собой существенные изменения в технологии работы подразделений железнодорожного транспорта, а в критических случаях не позволяют выполнять свои основные функции.

Оценку влияния внедрения интеллектуальных систем на надежность системы управления перевозочным процессом предлагается производить путем определения потенциальных потерь железной дороги, возникающих при сбоях и отказах информационных систем [1].

В настоящее время основным источником информации для управления грузовыми перевозками на Белорусской железной дороге является Информационно-аналитическая система поддержки управленческих решений для грузовых перевозок (ИАС ПУР ГП). Исходные данные для ее функционирования поступают из систем линейного уровня: АСУ С, АРМ ОСТЦ, САПОД, «Неман» и др. Логическая взаимосвязь между решаемыми на разных стадиях управления задачами обеспечивает, с одной стороны, преемственность исходных данных и выходных решений, а с другой – делает решение задач невозможным без полноценного функционирования базы данных грузовых перевозок. Наибольшее влияние неработоспособность ИАС ПУР ГП оказывает на решение задач оперативного управления и оперативного планирования [2].

Переход от ИС к интеллектуальным системам управления перевозочным процессом (ИСУПП) позволяет обеспечить СУПП прогнозной информацией, увеличить глубину планирования и тем самым снизить потенциальные потери железной дороги, которые могут быть вызваны отказами и сбоями в работе ИС [3].

Произведем оценку влияния внедрения интеллектуальных систем управления перевозочным процессом на потенциальные потери железной дороги от отказов и сбоев в ИС и ИСУПП. Для этих целей предлагается следующая методика, которая включает:

- классификатор сбоев, отказов ИС и ИСУПП;
- параметрическую оценку величины рисков возникновения сбоев и отказов;
- параметрическую оценку изменения временных параметров перевозочного процесса при возникновении сбоев и отказов в ИС и ИСУПП;
- экономическую оценку потенциальных потерь железной дороги, которые могут быть вызваны отказами и сбоями в работе ИС.

Отказы и сбои, по степени их влияния на функционирование ИС и ИСУПП на СУПП можно разделить на несколько крупных групп [3]:

- искажения вычислительного процесса и данных, вызывающие полное прекращение выполнения функций системой управления на длительное или неопределённое время;
- отказ, в значительной степени обесценивающий результаты предыдущего функционирования;
- искажения, кратковременно прерывающие функционирование системы и мало искажающие накопленные данные и выдаваемые результаты;
- частичный отказ или длительный сбой, в некоторой степени обесценивающий предыдущие результаты;
- искажения, кратковременные и малоотражающиеся на вычислительном процессе и обрабатываемых данных;
- сбои, практически не обесценивающие результаты функционирования комплекса программ.

При оценке потенциальных потерь железной дороги от отказов и сбоев важно выявить вероятность возникновения того или иного вида отказа, а также длительность восстановления и глубину последствий от возникающих отказов. При оценке этих параметров использован математический аппарат:

- теории вероятности;
- математической статистики;
- теории надежности;
- теории диагностики.

В результате анализа сбоев в зависимости от влияния на СУПП выделены их следующие виды

- 1) задержки, связанные с обработкой запросов в ИС;
- 2) сбои, связанные с неработоспособностью программного комплекса в течение продолжительного времени;
- 3) сбои, связанные с неработоспособностью технических средств.

При экономической оценке влияния сбоев в информационных и интеллектуальных системах на СУПП важно знать не только вероятность сбоя в той или иной системе, но и величину риска влияния этого сбоя на перевозочный процесс. Для этой цели выполнена классификация рисков по различным признакам.

По степени влияния на ПП риски подразделяются:

1) на частичные, когда запланированные показатели, операции, результаты выполнены частично, но без потерь (например, задержки в оформлении поездных документов, не приводящие к задержкам отправления поездов с технических станций);

2) допустимые, когда запланированные показатели, операции, результаты не выполнены, но потерь нет (например, отсутствие возможности оформления перевозочных документов не привело к потерям доходов, так как документы оформлены в более поздний период);

3) критические, когда запланированные показатели, операции, результаты не выполнены, есть определенные потери (например, в связи с невозможностью формирования сортировочного листка возникли дополнительные простои в подсистеме прибытия станции);

4) катастрофические, когда невыполнение запланированного результата влечет за собой разрушение субъекта или невозможность реализации технологического процесса (такие ситуации в данном случае не рассматриваются, т. к. присутствует возможность перехода на ручное оформление документации, хотя и со значительными потерями).

При оценке рисков и связанных с ними потенциальных потерь следует учитывать, что в определенных случаях существует возможность уменьшить негативные последствия путем диверсификации. В зависимости от возможности уменьшения степени риска путем диверсификации риски подразделяются следующим образом:

1) диверсифицируемые, которые могут быть устранены или сглажены за счет диверсификации используемых технологий (навыки ручного ведения поездным диспетчером графика исполненного движения при выходе из строя ГИД, сбор информации для сменно-суточного планирования по телефонным каналам связи и т. п.);

2) недиверсифицируемые, которые нельзя уменьшить путем внедрения «ручных» технологий; для Белорусской железной дороги в чистом виде такие риски отсутствуют.

По времени возникновения рисков можно выделить:

1) риски, возникающие на подготовительной стадии; например: отсутствие технологий работы объекта (станции, депо и т. п.) при неработоспособности ИС и ИСУПП; ошибки на стадии разработки проектной документации, которые приводят к снижению надежности функционирования ниже заданного уровня и т. п.;

2) риски, связанные с созданием объекта: ошибки в разработанном программном обеспечении, закупка оборудования ненадлежащего качества либо закупка оборудования в неполном объеме, несвоевременная подготовка ИТР и рабочих к функционированию систем;

3) риски в связи с функционированием объекта. На этой стадии могут проявиться риски:

а) эксплуатационные – несанкционированный доступ к системе; заражение системы вирусами; дефектные программы и данные, нарушающие работу программного обеспечения;

б) социальные – трудности с набором квалифицированной рабочей силы, угроза забастовок, недостаточный для удержания персонала уровень оплаты труда, недостаточная квалификация кадров;

в) технические – высокий износ оборудования, несвоевременное обновление технических средств.

Частота возникновения потенциальных потерь является важной характеристикой величины риска. Она может измеряться количественно (с помощью вероятностей или статистических частот) либо качественно, т. е. путем экспертного выделения следующих классов:

– *редкие риски*, для которых характерна малая частота реализации риска, т. е. малая вероятность наступления ущерба;

– *риски средней частоты*, для которых характерна средняя частота реализации риска, т. е. средняя вероятность наступления ущерба;

– *частые риски*, для которых характерна высокая частота реализации риска, т. е. высокая вероятность наступления ущерба.

При оценке рисков и связанных с ними потенциальных потерь железной дороги принимается, что системы дорожного уровня находятся в неработоспособном состоянии в течение 1–24 часов.

Большой период нахождения систем дорожного уровня в неработоспособном состоянии представляется маловероятным (за исключением случаев природных и техногенных катастроф, когда возникают затраты непосредственно от самих катастроф, а затраты от неработоспособности ИС и ИСУПП будут опосредованным).

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

Все риски возникновения потенциальных потерь, возникающие при аварийном простое информационных систем дорожного уровня будем считать диверсифицируемыми, так как всегда можно разработать такую технологию, которая позволит реализовать функции организации перевозочного процесса без использования систем дорожного уровня, но с большими затратами. То есть при оценке затрат необходимо рассматривать не общие затраты, связанные с невозможностью реализации той или иной функции, а только их определенную долю, связанную с увеличением затрат при использовании «ручных» технологий. При увеличении периода неработоспособности систем дорожного уровня доля таких затрат будет увеличиваться.

Анализ эксплуатационной работы Белорусской железной дороги и технологии выполнения отдельных операций перевозочного процесса позволил установить следующие функции управления, на которые непосредственно влияет работоспособность ИС и ИСУПП:

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

Расчет общей величины потенциальных потерь осуществляется по формуле

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

где  $Y_1, Y_2, Y_3$  – потери, возникающие в системе оперативного управления, планирования и регулирования.

В общем виде величину потенциальных потерь, возникающих в результате сбоев в системе информационного обеспечения СУПП, можно определить по формуле

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

где  $e_i$  – 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 ИС и ИСУПП;  $k_2$  – коэффициент, учитывающий величину риска изменения натуральных показателей эксплуатационной деятельности дороги при возникновении сбоев в ИС и ИСУПП;  $n$  – количество видов потенциальных потерь в рассматриваемой подсистеме;  $t$  – продолжительность сбоя, ч.

При выполнении расчетов производится оценка изменения каждого показателя в отдельности в соответствии с параметрами перевозочного процесса, установленными на втором этапе работы. Для этих целей установлено свыше 30 параметров, по каждому из которых установлены аналитические зависимости их изменения от продолжительности сбоя в информационных системах, а также определены значения величины и частоты риска их изменения.

В связи с этими факторами необходимо определить величину изменения каждого из показателей при возникновении сбоев в ИАС ПУР ГП.

При установлении показателей использовались инструменты исследования:

- фактические показатели работы подразделений Белорусской железной дороги и их сопоставление со статистикой сбоев, связанных с неработоспособностью программного комплекса;
- статистические данные по эксплуатационной надежности станций;
- 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);
- экспертные данные, полученные в результате обсуждения с оперативными работниками и руководством различных уровней.

Для экономической оценки влияния используется метод расходных ставок. Величины расходных ставок принимались согласно Методическим рекомендациям по расчету экономических параметров, позволяющим оценить технологические процессы эксплуатационной работы основного вида деятельности – «Деятельность железнодорожного транспорта» (приказ от 17.12.2018 № 333Н).

Зависимость суммарной величины ущерба для Белорусской железной дороги от продолжительности сбоев в ИАС ПУР ГП и ИСУПП приведена на рисунке 1.

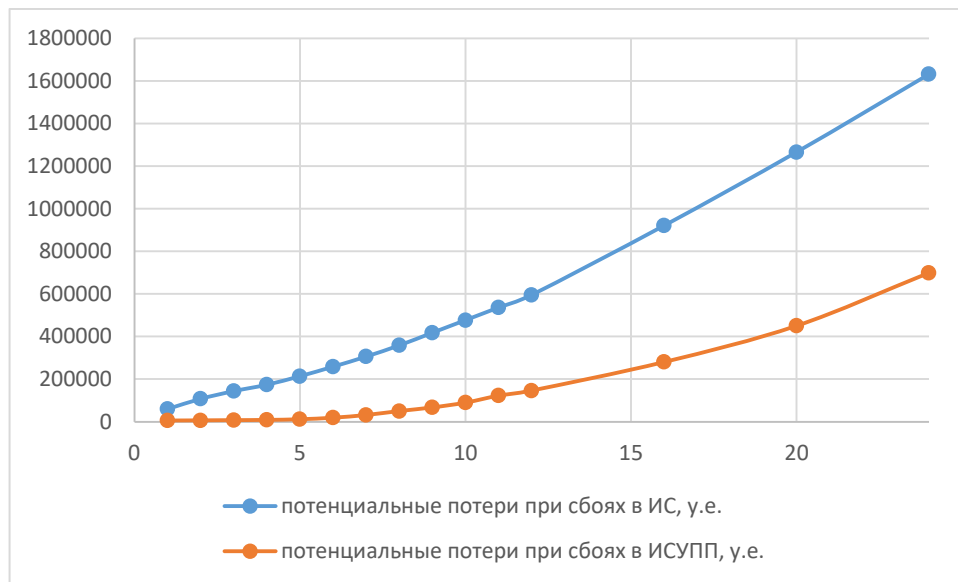


Рисунок 1 – График зависимости величины потенциальных потерь железной дороги от продолжительности сбоев в ИАС и ИСУПП

Анализ структуры величин потенциальных потерь в зависимости от продолжительности сбоев в ИАС или ИСУПП позволяет сделать следующие выводы.

1 При решении задач оперативного управления в СУПП переход от информационных к интеллектуальным системам позволяет снизить потенциальные потери железной дороги на 30–55 % за счет наличия предварительно сформированных текущих планов и возможности использования в период сбоев прогнозной информации.

2 При решении задач оперативного планирования ИСУПП позволяет снизить потенциальные потери в 4,5–7,5 раз (при периоде сбоя, равном 24 часа) за счет увеличения глубины планирования.

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

С целью снижения величины 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 меры и мероприятия.

1 Создание полноценных резервов программно-аппаратных комплексов, в том числе создание «горячего» и «холодного» резервов.

2 Внедрение мероприятий по уменьшению времени восстановления программно-технических комплексов. К таким мероприятиям можно отнести разработку и внедрение 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 повышения квалификации и тематических учений.

3 Резервирование каналов связи между вычислительным центром и основными пользователями, в первую очередь ЦУП.

4 Разработка технологий работы линейных предприятий в условиях отсутствия связи с ИРЦ дороги. К ним можно отнести безмашинное формирование поездной документации и станционной отчетности, ведение графиков исполненного движения, формирование сортировочных листков, натуральных листов на поезд и т. п.

#### Список литературы

1 Ерофеев, А. А. Влияние сбоев в информационно-управляющих системах на перевозочный процесс / А. А. Ерофеев // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2017. – № 1 (34). – С. 46–50.

2 Ерофеев, А. А. Разработка интеллектуальной системы управления перевозочным процессом на Белорусской железной дороге / А. А. Ерофеев, О. А. Терешенко, В. В. Лавицкий // Железнодорожный транспорт. – 2020. – № 6. – С. 74–77.

3 Ерофеев, А. А. Информационные технологии на железнодорожном транспорте : учеб.-метод. пособие : в 2 ч. Ч. 2 / А. А. Ерофеев, Е. А. Федоров. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 256 с.

УДК 656.073

### РЕАЛИЗАЦИЯ УСЛУГИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ГРУЗОТРАНСПОРТИСТОВ ЗАПОРНО-ПЛОМБИРОВОЧНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ И ЗАКРУТКАМИ НА БАЗЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ ФИРМЕННОГО ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

*Д. И. ЖУРАВЛЕВ, Н. Х. ВАРЛАМОВА*

*Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

Запорно-пломбировочные устройства (ЗПУ) предназначены для запираения и пломбирования железнодорожных грузовых вагонов и контейнеров, подлежащих пломбированию в соответствии с Правилами перевозок грузов железнодорожным транспортом, а также для контроля и предотвращения несанкционированного доступа к перевозимому грузу.

В соответствии со статьей 28 Устава загруженные вагоны, контейнеры должны быть опломбированы ЗПУ. Перечень типов запорно-пломбировочных устройств, применяемых для пломбирования вагонов и контейнеров при перевозках грузов, осуществляемых ОАО «РЖД», представлен на рисунке 1.

Для пломбирования вагонов и контейнеров при перевозках грузов, осуществляемых ОАО «РЖД», применяются запорно-пломбировочные устройства следующих типов:

- 1. Универсальные ЗПУ:**  
«Блок-Гарант», «Блок-Гарант М», «ОХРА-1», «Спрут-777», «Спрут-777М», «ТП 2800-02».
- 2. Универсальные ЗПУ ограниченного использования:**  
«ЛавР-Гарант-2М-8», «Спрут-Универсал-8»
- 3. Стержневые ЗПУ:**  
«Клещ-60СЦ», «ЛавРиК», «ТП 1200-01»
- 4. Специализированные ЗПУ:**  
«Газ-Гарант», «Скат», «ТП 350-01»
- 5. Запорные устройства:**  
«Закрутка», «Закрутка-Фал».



Рисунок 1