

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 2 (2021)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано
Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация научных исследований по широкому спектру проблем в области металлургии,
машиностроения, транспорта, строительства, химической и нефтегазовой инженерии,
производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/FUTF8491>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,344

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич - к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна - к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Исаева КуралайСметкановна Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

***М. Х. Шалабаева¹, А. К. Абуова²**

^{1,2}Казахский университет путей сообщения,

Республика Казахстан, г. Алматы

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО СОСТОЯНИИ СИСТЕМЫ «ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА-АВАРИЙНЫЙ ОБЪЕКТ»

В статье показана возможность применения классических методов теории массового обслуживания и адаптированных вариантов этих методов для обоснования и моделирования различных схем организации проведения аварийно-восстановительных работ структурными подразделениями функциональной подсистемы железнодорожного транспорта, формирования сетевых систем (соединений) таких подразделений, обеспечения их необходимыми ресурсами, прогнозирования и оценки эффективности действий таких подразделений. Доказано, что существенное уменьшение негативного влияния последствий железнодорожных аварийных ситуаций на окружающую среду возможно при сокращении срока проведения ликвидационных работ, а также при уменьшении времени сосредоточения подразделений и применения сил и средств необходимой производительности. А увеличение времени сосредоточения требует увеличения в разы производительности таких сил и средств.

Ключевые слова: окружающая среда, железнодорожный транспорт, опасные грузы, аварии, аварийные ситуации.

Введение

Исследование железнодорожных (ЖД) аварийных ситуаций (АС) с опасными грузами (ОпГр) [1-3], свидетельствуют о том, что их развитие имеет сложный характер, конечным результатом которого может быть: возникновение тяжелых последствий, связанных со взрывами, пожарами, гибелью или травмированием людей, разрушением подвижного состава (ПС) и объектов ж.д. транспорта (ЖДТ), загрязнением окружающей среды (ОкСр) и т.п. Для научного обоснования эффективного управления процессами восстановления безопасного состояния функционирования системы «ОкСр – аварийный объект – ликвидационные подразделения» нужно выделить возможные сценарии их развития:

- медленное накопление негативных факторов ЖД АС, но не до уровня их критических значений. Это не приводит к взрывам или пожарам и т.п.;
- медленное накопление негативных факторов ЖД АС, их выход за пределы критических значений с последующим взрывом или пожаром и т.п.;
- быстрое накопление негативных факторов ЖД АС с их выходом за критические пределы. Что приводит к пожару или взрыву и т.п.

Такие ЖД АС, как правило, характеризуются неполнотой информации о развитии их опасных факторов, губительным воздействием на людей, ОкСр, объекты инфраструктуры и ПС ЖДТ, быстрым ростом с течением времени экологических, материальных, экономических и других убытков.

Для принятия мер по локализации таких ЖД АС и ликвидации их последствий необходимо привлечение определенного количества разнообразных по назначению ликвидационных подразделений ЖДТ и других министерств и ведомств.

Причем в процессе организации ликвидационных работ необходимо обеспечивать определенные критерии их эффективности (ситуативные критерии), достичь которых можно только на основании научно обоснованного прогнозирования успешности завершения этих работ в установленные сроки и при имеющихся ресурсах.

Развитие ЖД АС обуславливает сложные условия процесса анализа обстановки и выработки руководителем оперативного штаба решений по реагированию на нее, которые, в частности, характеризуются и дефицитом времени, связанного с необходимостью скорейшего восстановления движения поездов, а также приемом и осознанием им большого количества разнообразной информации о ЧС [2,4].

Основной материал исследования.

Реагируя на ЖД АС, на вход n – канальной СМО (где n – количество ликвидационных подразделений (ЛикП)) поступает простейший поток требований (опасных факторов ЖД АС) с интенсивностью λ . Время обслуживания, то есть время проведения ликвидационных работ (T_{np}) – распределяется по показательному закону [5]. Процесс обслуживания заявки имеет такую особенность: перед тем как начать ее обслуживание, «прибор обслуживания», которым, например, является пожарный или восстановительный поезд, или аварийные подразделения, должен быть подготовлен к этому. Время подготовки «прибора обслуживания» состоит из времени сбора подразделения, следования к месту ЧС или ЖД АС и развертывания средств проведения ликвидационных работ. Время подготовки обслуживающего прибора или время сосредоточения (T_c) имеет показательное распределение с параметром ν . Заявка, которая застает обслуживающий прибор свободным, поступает на обслуживание. Требование, которое застает все приборы обслуживания занятыми, становится в очередь и ждет обслуживания.

То есть случайная величина (T_L) состоит из двух фаз подготовки и обслуживания ($T_L = T_c + T_{np}$), которая распределена в соответствии с обобщенным законом Эрланга 2-го порядка с параметрами ν и μ . Закон распределения плотности вероятности этого закона выражается формулой [6]:

$$g(t) = \int_0^t \nu \cdot e^{-\nu t_1} \cdot \mu \cdot e^{-\mu(t-t_2)} dt = \frac{\nu \cdot \mu \cdot (e^{-\nu t} - e^{-\mu t})}{\mu - \nu}, \quad (t > 0) \quad (1)$$

где $\nu = \frac{1}{M[T_c]}$, $f_1(t) = \nu \cdot e^{-\nu t}$; $\mu = \frac{1}{M[T_{np}]}$, $f_2(t) = \mu \cdot e^{-\mu t}$.

Поток обслуживания в такой СМО не пуассоновский, то есть система не является марковской, и найти вероятности состояний СМО по методам для марковских процессов с дискретными состояниями и непрерывным временем возможности нет [6].

Известно, что нарушения пуассоновского распределения событий в любой СМО переводит ее из марковской в немарковскую. В результате чего, непосредственное составление и использование уравнений Колмогорова становится невозможным. Поэтому для анализа таких СМО наиболее распространенными являются два направления аналитических методов анализа немарковских систем:

– направление, которое базируется на использовании классической теории марковских цепей. Этот подход требует для своей реализации расширения фазового пространства возможных состояний исследуемой системы (метод псевдосостояний);

– направление, которое связано с использованием более сложного математического аппарата, но без искусственного увеличения количества состояний системы (метод полумарковских процессов).

Оба эти направления имеют между собой много общего, но различаются по своим возможностям и степени сложности для проведения расчетов.

Использование полумарковских процессов предполагает рассмотрение поведения системы только в моменты смены ее состояний (в моменты скачков процесса), в результате чего образуется цепь Маркова. В этом случае отсутствие последствия реализуется не в любой момент времени, как это имеет место в марковском процессе, а только в момент скачков. Эффективность применения этого метода зависит от способов задания полумарковских процессов. В любом случае должна быть известной величина конечного множества возможных состояний исследуемой системы, подсистемы которой связаны в марковскую цепь. Также должны быть известны направления возможных переходов системы из одного состояния в другое и ее исходное состояние.

Метод псевдосостояний используется только при наличии входного потока требований и потока обслуживания с пуассоновской функцией распределения плотности вероятностей, которые являются композицией экспоненциальных распределений с одинаковым параметром. Он позволяет достаточно просто, с математической точки зрения, используя обычный вариант записи уравнений Колмогорова, анализировать немарковскую СМО как в установившемся, так и в неустойчивом режиме функционирования. Но этот метод значительно усложняет структуру исходного графа состояний, что приводит к громоздкости вычислительного процесса.

Искусственное расширение фазового пространства состояний немарковской (эрланговской) системы за счет введения в нее дополнительных (фиктивных) состояний, переводит ее в марковскую. Это позволяет рассматривать выходной немарковский процесс как вложенный в другой, более сложный процесс, но процесс с марковскими свойствами.

Рассмотрим функционирование СМО как объект, на котором осуществляются локализационные работы для ЖД АС при условии, что есть ограничения по длине очереди. Граф состояний такой СМО представлен на рис. 1.

Состояния СМО, показанные на рисунке 1:

S_0 – СМО свободна;

S_{11} – в СМО одно требование, обслуживание в первой фазе;

S_{12} – в СМО одно требование, обслуживание во второй фазе;

.....
 S_{m1} – в СМО m требований, обслуживание в первой фазе, очереди нет;

S_{m2} – в СМО m требований, обслуживание во второй фазе, очереди нет

.....
 $S_{(m+\chi)1}$ – в СМО $(x + \chi)$ требований (m требований обслуживаются, χ находятся в очереди), обслуживание в первой фазе;

$S_{(m+\chi)2}$ – в СМО $(x + \chi)$ требований (m требований обслуживаются, χ находятся в очереди), обслуживание во второй фазе.

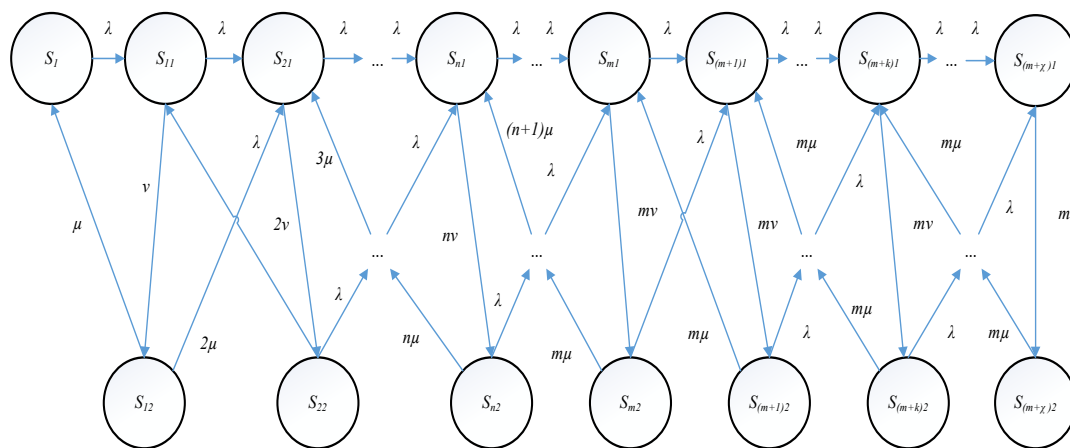


Рисунок 1 – Граф состояний СМО с ограничениями по длине очереди

Алгебраические уравнения для финальных вероятностей состояний системы:

$$\lambda \cdot P_0 = \mu \cdot P_{12};$$

$$(\lambda + \nu) \cdot P_{11} = \lambda \cdot P_0 + 2 \cdot \mu \cdot P_{22};$$

$$(\lambda + \nu) \cdot P_{12} = \nu \cdot P_{11};$$

$$(\lambda + 2 \cdot \nu) \cdot P_{11} = \lambda \cdot (P_{11} + P_{12}) + 3 \cdot \mu \cdot P_{32};$$

$$(\lambda + 2 \cdot \mu) \cdot P_{22} = \nu \cdot P_{21};$$

.....

Или система следующих уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} (\lambda + n \cdot \nu) \cdot P_{n1} &= \lambda(P_{(n-1)1} + P_{(n-1)2}) + (n+1) \cdot \mu \cdot P_{(n+1)2}; \\ (\lambda + n \cdot \mu) \cdot P_{n2} &= n \cdot \nu \cdot P_{n1}; \\ \dots\dots\dots \\ (\lambda + m \cdot \nu) \cdot P_{m1} &= \lambda(P_{(m-1)1} + P_{(m-1)2}) + m \cdot \mu \cdot P_{(m+1)2}; \\ (\lambda + m \cdot \mu) \cdot P_{m2} &= m \cdot \nu \cdot P_{m1}; \\ \dots\dots\dots \\ (\lambda + m \cdot \nu) \cdot P_{k1} &= \lambda(P_{(k-1)1} + P_{(k-1)2}) + m \cdot \mu \cdot P_{(k+1)2}; \\ (\lambda + m \cdot \mu) \cdot P_{k2} &= m \cdot \nu \cdot P_{k1}; \\ \dots\dots\dots \\ m \cdot \nu \cdot P_{(m+\chi)1} &= \lambda(P_{(m+\chi-1)1} + P_{(m+\chi-1)2}); \\ m \cdot \mu \cdot P_{(m+\chi)2} &= m \cdot \nu \cdot P_{(m+\chi)1}; \end{aligned} \right.$$

Нормирующее условие будет выглядеть так:

$$P_o + \sum_{i=1, j=1}^{m+\chi} P_j = 1.$$

Сложность реализации метода псевдо состояний для исследования такой СМО обуславливает объемные формы его математического описания, без которого, к сожалению, невозможно обойтись при исследовании поведения системы. Поэтому ниже приводятся выходные системы уравнений, промежуточные и конечные результаты моделирования процессов функционирования такой СМО.

Решая приведенную выше систему уравнений, получаем такую систему уравнений (2):

$$\begin{aligned} P_{11} &= \frac{\lambda \cdot (\lambda + \mu)}{\mu \cdot \nu} \cdot P_{oe}; \\ P_{12} &= \frac{\lambda}{\mu} \cdot P_{oe}; \\ P_{21} &= \frac{\lambda^2 \cdot (\lambda + \mu + \nu) \cdot (\lambda + 2\mu)}{4 \cdot \mu^2 \cdot \nu^2} \cdot P_{oe}; \\ P_{22} &= \frac{\lambda^2 \cdot (\lambda + \mu + \nu)}{2 \cdot \mu^2 \cdot \nu} \cdot P_{oe}; \\ \dots\dots\dots \\ P_{n1} &= \frac{\lambda^n \cdot (\lambda + \mu + \nu) \cdot (\lambda + 2\mu + 2\nu) \cdot \dots \cdot (\lambda + (n-1)\mu + (n-1)\nu) \cdot (\lambda + \eta \cdot \mu)}{\mu^n \cdot \nu^n \cdot \prod_{i=1}^n i^2} \cdot P_{oe}; \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
 P_{n1} &= \frac{\lambda^n \cdot (\lambda + \mu + \nu) \cdot (\lambda + 2\mu + 2\nu) \dots (\lambda + (n-1)\mu + (n-1)\nu)(\lambda + \eta \cdot \mu)}{\mu^n \cdot \nu^n \cdot \prod_{i=1}^n i^2} \cdot P_{oe}; \\
 P_{n2} &= \frac{\lambda^n \cdot (\lambda + \mu + \nu) \cdot (\lambda + 2\mu + 2\nu) \dots (\lambda + (n-1)\mu + (n-1)\nu)}{n \cdot \mu^n \cdot \nu^{(n-1)} \cdot \prod_{i=1}^{(n-1)} i^2} \cdot P_{oe}; \\
 P_{m1} &= \frac{\lambda^m \cdot (\lambda + \mu + \nu) \cdot (\lambda + 2\mu + 2\nu) \dots (\lambda + (m-1)\mu + (m-1)\nu)(\lambda + m \cdot \mu)}{\mu^m \cdot \nu^m \cdot \prod_{i=1}^m i^2} \cdot P_{oe}; \\
 P_{m2} &= \frac{\lambda^m \cdot (\lambda + \mu + \nu) \cdot (\lambda + 2\mu + 2\nu) \dots (\lambda + (m-1)\mu + (m-1)\nu)}{m \cdot \mu^m \cdot \nu^{(m-1)} \cdot \prod_{i=1}^{(m-1)} i^2} \cdot P_{oe}; \\
 &\dots\dots\dots \\
 P_{(m+\chi)1} &= \frac{\lambda^{(m+\chi)} \cdot (\lambda + \mu + \nu) \cdot (\lambda + 2\mu + 2\nu) \dots (\lambda + m \cdot \mu + m \cdot \nu)^{\chi-m}}{m \cdot \mu^{\chi-1} \cdot \nu^\chi \cdot \prod_{i=1}^{m-1} i^2 \prod_{i=1}^\chi m_i^2} \cdot P_{oe}; \\
 P_{(m+\chi)2} &= \frac{\lambda^{(m+\chi)} \cdot (\lambda + \mu + \nu) \cdot (\lambda + 2\mu + 2\nu) \dots (\lambda + m \cdot \mu + m \cdot \nu)^{\chi-m}}{m \cdot \mu^\chi \cdot \nu^{\chi-1} \cdot \prod_{i=1}^{m-1} i^2 \prod_{i=1}^\chi m_i^2} \cdot P_{oe}; \\
 &\dots\dots\dots \\
 P_{oe} &= \left(\begin{aligned} &1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda \cdot (\lambda + \nu)}{\mu \cdot \nu} + \\ &+ \frac{\lambda^n \cdot (\lambda + \mu + \nu) \dots (\lambda + (n-1)\mu + (n-1)\nu) \cdot (\lambda + \eta \cdot \mu)}{\mu^n \cdot \nu^n \cdot \prod_{i=1}^n i^2} + \dots + \\ &+ \frac{\lambda^n \cdot (\lambda + \mu + \nu) \dots (\lambda + (n-1) \cdot \mu + (n-1) \cdot \nu)}{m \cdot \mu^m \cdot \nu^{(m-1)} \cdot \prod_{i=1}^{m-1} i^2} + \dots + \\ &+ \frac{\lambda^{(m+\chi)} \cdot (\lambda + \mu + \nu) \dots (\lambda + \mu + \nu) \dots (\lambda + m \cdot \mu + m \cdot \nu)^{\chi-m}}{m \cdot \mu^\chi \cdot \nu^\chi \cdot \prod_{i=1}^{m-1} i^2 \prod_{i=1}^\chi m_i^2} + \dots \\ &+ \frac{\lambda^{(m+\chi)} \cdot (\lambda + \mu + \nu) \dots (\lambda + \mu + \nu) \dots (\lambda + m \cdot \mu + m \cdot \nu)^{\chi-m}}{m \cdot \mu^\chi \cdot \nu^{\chi-1} \cdot \prod_{i=1}^{m-1} i^2 \prod_{i=1}^\chi m_i^2} \end{aligned} \right)^{-1}
 \end{aligned}$$

(3.)

В ходе исследований была обоснована возможность применения методов теории систем массового обслуживания для формального описания процессов функционирования системы «окружающая среда – аварийный объект – ликвидационные подразделения».

Выводы

Были получены следующие результаты:

Показана возможность применения классических методов теории массового обслуживания и адаптированных вариантов этих методов для обоснования и моделирования различных схем организации проведения аварийно-восстановительных работ структурными подразделениями функциональной подсистемы железнодорожного транспорта, формирования сетевых систем (соединений) таких подразделений, обеспечения их необходимыми ресурсами, прогнозирования и оценки эффективности действий таких подразделений.

Доказано, что существенное уменьшение негативного влияния последствий ЖД АС на окружающую среду возможно при сокращении срока проведения ликвидационных работ, а также при уменьшении времени сосредоточения подразделений и применения сил и средств необходимой производительности. А увеличение времени сосредоточения требует увеличения в разы производительности таких сил и средств.

Список использованных источников

1 **Ефанов, А. В., Оськин, С. В., Ястребов, С. С., Ярош, В. А., & Букреев, А. Г.** Сравнение стационарных и численных решений систем массового обслуживания при решении задач ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в сельских электрических сетях. Сельский механизатор. – 2019. – (4). – С. 22–24.

2 **Арифуллин, Е. З., Калач, А. В., & Зыбин, Д. Г.** Моделирование действий и оптимизация численности сотрудников учреждения ФСИН России при возникновении чрезвычайной ситуации. Вестник Воронежского института ФСИН России, 2018. – № (2). – С. 33–37.

3 **Каменецкая, Н. В., Медведева, О. М., Хитов, С. Б., & Сильников, М. В.** Методика обоснования резерва запасных частей для работы специальной техники в ходе ликвидации чрезвычайной ситуации. Пожаровзрывобезопасность. – 2019. – № 28(3). – С. 14–20.

4 **Мальцев, А. В., & Дзгоев, А. Р.** Применение теории массового обслуживания при моделировании показателей эффективности системы 112. Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, – 2017. – № 1. – С. 500–503.

5 **Потетюев, Ю. Ф.** Необходимость разработки автоматизированной системы поддержки принятия решений руководителей ликвидации аварийных ситуаций на железнодорожном транспорте / Ю. Ф. Потетюев, И. Ф. Зиненко, Н. Д. Кацман, С. В.: Юхимчук // VII Международная научно-практическая конференция «Наука и образование 2004» (Днепропетровск, 5,6 сентябре 2004) - С. 65-68.

6 **Юхимчук, С. В.** Функциональные возможности системы поддержки принятия решений руководителем тушения пожара в подвижном составе железнодорожного транспорта / С. В. Юхимчук, Ю. Ф. Потетюев, С. Ю. Потетюев, Ю. В. Поремский, М. Д. Кацман // сб. науч. трудов Международной научной конференции «Интеллектуальные системы принятия решений и прикладные аспекты информационных технологий» (Херсон, 6,7 июнь 2005). – Херсон: Издательство Херсонского морского института, 2005. – Том 2. – С. 163–164.

7 **Тодосейчук, С. П., Самойлов, К. И., & Климачева, Н. Г.** Метод оценки потребности региональных подразделений МЧС России в комплексах аварийно-спасательных средств для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Технологии гражданской безопасности. – 2011. – № 8(3). – С. 26–34.

8 **Рыков, В. В.** Управляемые системы массового обслуживания. Итоги науки и техники. Серия «Теория вероятностей. Математическая статистика. Теоретическая кибернетика». – 1975. – № 12(0). – С. 43–153.

9 **Кирпичников А. П., Фадхкал З.** Прикладная теория массового обслуживания // Теория и практика современной науки. – 2014. – С. 15–19.

10 **Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н.** Введение в теорию массового обслуживания. – Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – С. 336.

References

1 **Efanov, A. V., Oskin, S. V., Yastrebov, S. S., Яроғ, V. A., & Bukreev, A. G.** (2019). Sravnenie stacionarnykh i chislennykh rešenii sistem massovogo obslujivaniya pri rešenii zadach likvidatsii posledstviy chrezvychainykh situatsii v selskikh elektricheskikh setyah. Selskii mehanizator, (4), 22–24.

2 **Arifullin, E. Z., Kalach, A. V., & Zybin, D. G.** (2018). Modelirovanie deistvii i optimizatsiya chislennosti sotrudnikov uchrejdeniya FSIN Rossii pri vozniknovenii chrezvychainoi situatsii. Vestnik Voronejskogo instituta FSIN Rossii, (2), 33–37.

3 **Kamenskaya, N. V., Medvedeva, O. M., Hitov, S. B., & Silnikov, M. V.** (2019). Metodika obosnovaniya rezerva zapasnykh chastei dlya raboty spetsialnoi tehniky v hode likvidatsii chrezvychainoi situatsii. Pojarovzryvobezopasnost, 28(3), 14–20.

4 **Malsev, A. V., & Dzgoev, A. R.** (2017). Primenenie teorii massovogo obslujivaniya pri modelirovanii pokazatelei effektivnosti sistemy 112. Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidatsii posledstviy chrezvychainykh situatsii, 1, 500–503.

5 **Potetev, Yu. F.** Neobhodimost razrabotki avtomatizirovannoi sistemy podderjki prinyatiya rešenii rukovoditelei likvidatsii avariinykh situatsii na jeleznodorojnom transporte / F. Potetev, I. F. Zinenko, N. D. Kasman, S. V. Himchuk // VII Mejdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferensija «Nauka i obrazovanie 2004» (Dnepropetrovsk, 5,6 sentyabre 2004) – P. 65–68.

6 **Himchuk, S. V.** Funktsionalnye vozmojnosti sistemy podderjki prinyatiya rešenii rukovoditelem tušenija pojava v podvijnom sostave jeleznodorojnogo transporta / S. V. Himchuk, . F. Potetev, S. Potetev, V. Poremskii, M. D. Kasman // sb. nauk. trudov Mejdunarodnoi nauchnoi konferensii «İntellektualnye sistemy prinyatiya rešenii

i prikladnye aspekty informacionnyh tehnologii» (Herson, 6,7 in 2005). – Herson : Izdatelstvo Hersonskogo morskogo instituta, 2005. – Tom 2. – P. 163–164.

7 **Todoseichuk, S. P., Samoilov, K. I., & Klimacheva, N. G.** (2011). Metod osenki potrebnosti regionalnyh podrazdelenii MChS Rossii v kompleksah avariino-spasatelnyh sredstv dlya likvidatsii posledstviia chrezvychainykh situatsii. Tehnologii grajdanskoj bezopasnosti, 8(3). 26–34.

8 **Rykov, V. V.** (1975). Upravlyemye sistemy massovogo obslujivaniya. Itogi nauki i tehniki. Seriya «Teoriya veroyatnostei. Matematicheskaya statistika. Teoreticheskaya kibernetika», 12(0), 43–153.

9 **Kirpichnikov, A. P., Fadhkal, Z.** Prikladnaya teoriya massovogo obslujivaniya // Teoriya i praktika sovremennoy nauki. – 2014. – P. 15–19.

10 **Gnedenko, B. V., Kovalenko, I. N.** Vvedenie v teoriyu massovogo obslujivaniya. – Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 1987. – P. 336.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

**М. Қ. Шалабаева¹, А. К. Абуова²*

Қазақ қатынас жолдары университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
Материал 15.06.21 баспаға түсті.

«ҚОРШАҒАН ОРТА-АПАТТЫ ЖАҒДАЙ ОБЪЕКТІСІ» ЖҮЙЕСІНІҢ ҚАУІПСІЗ ЖАҒДАЙЫН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ ПРОЦЕСТЕРІНІҢ МОДЕЛІ

Мақалада жаппай қызмет көрсету теориясының классикалық әдістерін және осындай қондырғылардың желілік жүйелерін (байланыстарын) құра отырып, теміржол көлігінің функционалды ішкі жүйесінің құрылымдық бөлімшелері апаттық-қалпына келтіру жұмыстарын ұйымдастырудың әртүрлі схемаларын негіздеу және модельдеу үшін осы әдістердің бейімделген нұсқаларын пайдалану мүмкіндігі көрсетілген, оларды қажетті ресурстармен қамтамасыз ету, осындай бөлімшелердің әрекеттерінің тиімділігін болжау және бағалау.

Теміржол апаттарының қоршаған ортаға теріс әсерінің айтарлықтай төмендеуі жою жұмыстары кезеңінің қысқаруымен, сондай-ақ қондырғылардың шоғырлану уақыты мен пайдалану уақытының қысқаруымен мүмкін болатындығы дәлелденді. қажетті өнімділіктің күштері мен құралдары. Ал шоғырлану уақытының ұлғаюы осындай күштер мен құралдардың өнімділігін арттыруды қажет етеді.

Кілтті сөздер: қоршаған орта, темір жол көлігі, қауіпті жүктер, апаттар, апаттық жағдайлар.

**M. Shalabayeva¹, A. Abuova²*

Kazakh University of Ways of Communications,
Republic of Kazakhstan, Almaty.
Material received on 15.06.21.

**MODEL OF THE PROCESSES OF RESTORING THE SAFE STATE
OF THE «ENVIRONMENTAL-EMERGENCY OBJECT» SYSTEM**

The article shows the possibility of using classical methods of the queuing theory and adapted versions of these methods for substantiating and modeling various schemes for organizing emergency recovery operations by structural units of the functional subsystem of railway transport, forming network systems (connections) of such units, providing them with the necessary resources, forecasting and evaluating the effectiveness of the actions of such units.

It has been proved that a significant reduction in the negative impact of the consequences of railway accidents on the environment is possible with a reduction in the period of liquidation works, as well as with a reduction in the time for concentration of units and the use of forces and means of the required productivity. And an increase in the time of concentration requires an increase in the productivity of such forces and means.

Keywords: environment, Railway transport, dangerous goods, accidents, emergency situations

Теруге 15.06.21 ж. жіберілді. Басуға 29.06.21 ж. қол қойылды.
Электрондық баспа
3,99 Мб RAM
Шартты баспа табағы 13,9. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген З. С. Искакова
Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3809

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz
nitk.tou.edu.kz