

УДК 656:216

**ОМАРОВ А.Д.** – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

**КАРПУЩЕНКО Н.И.** – д.т.н., профессор (Российская Федерация, г. Новосибирск, Сибирский государственный университет путей сообщения)

**ОМАРОВА Г.А.** – к.э.н., PhD, профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

## **ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ И НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

### **Аннотация**

*В статье рассмотрены вопросы повышения безопасности движения и надёжности технических средств. Для оценки и управления безопасностью движения поездов в наибольшей степени подходят комплексные показатели. Предлагается установить сокращенный набор показателей в виде: вероятности безотказной работы технических средств, коэффициента готовности, а также наработки на отказ.*

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, железнодорожный путь, объем перевозок, безопасность движения, грузооборот, технические средства, национальные стандарты, специальные технические регламенты.

### **Введение.**

Основным направлением развития железнодорожного транспорта является повышение скоростей пассажирских, грузовых поездов при безусловном обеспечении безопасности движения поездов. Это повышает требования к надежности рельсового пути. Без надежной работы рельсовой колеи невозможно себе представить нормальное функционирование железных дорог. Одной из основных предпосылок увеличения объема перевозок на железных дорогах Республики является обеспечение постоянного соответствия в развитии подвижного состава и способности пути воспринимать все увеличивающиеся поездные нагрузки.

В настоящее время в результате роста перевозочной работы существенно изменились режимы нагружения и работы пути и, в частности, возросла осевая нагрузка, увеличились скорости движения поездов и грузонапряженность линий, что явилось одной из причин повышения уровня динамического воздействия колес подвижного состава на путь. Изменение эксплуатационных условий оказывает значительное влияние на надежность железнодорожного пути. Анализ причин отказов элементов верхнего пути и контактной сети показывает, что большую часть составляют дефекты, возникновение которых объясняется недостаточной контактно-усталостной прочностью их материала, антикоррозионной стойкости. В связи с этим возникает необходимость создания методов, позволяющих количественно оценить эксплуатационную стойкость и надежность работы элементов верхнего пути и контактной сети, подверженных контактно-усталостным разрушениям при циклическом динамическом нагружении и коррозионным процессам [1-7].

**Мероприятия по обеспечению надежности перевозочного процесса.** Организация перевозочного процесса требует в целом от всех участвующих хозяйств обеспечить перевозку грузов и пассажиров на заданном маршруте в заданное время, при этом обеспечить соответствующие виды безопасности: экологическую, пожарную, информационную, радиационную и т.д., обеспечить соблюдение планированных норм затрат ресурсов на выполнение этих операций.

Как показано на рисунке 1, речь идёт о комплексе организационных и технических структур. Необходимо обеспечить взаимодействие всех служб для надёжной организации перевозочного процесса. Все это отражается в нормативно-технической документации.

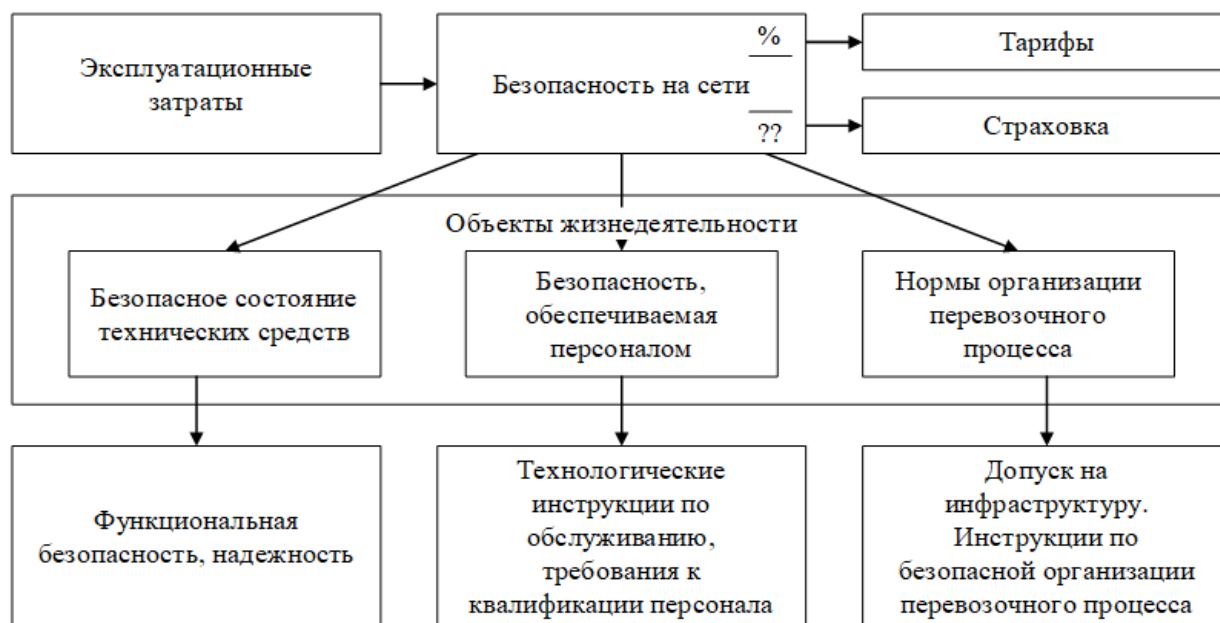


Рисунок 1 – Структурная схема обеспечения безопасности движения поездов

Структура технических регламентов, включая национальные стандарты и стандарты организации и технической документации, представлена на рисунке 2.

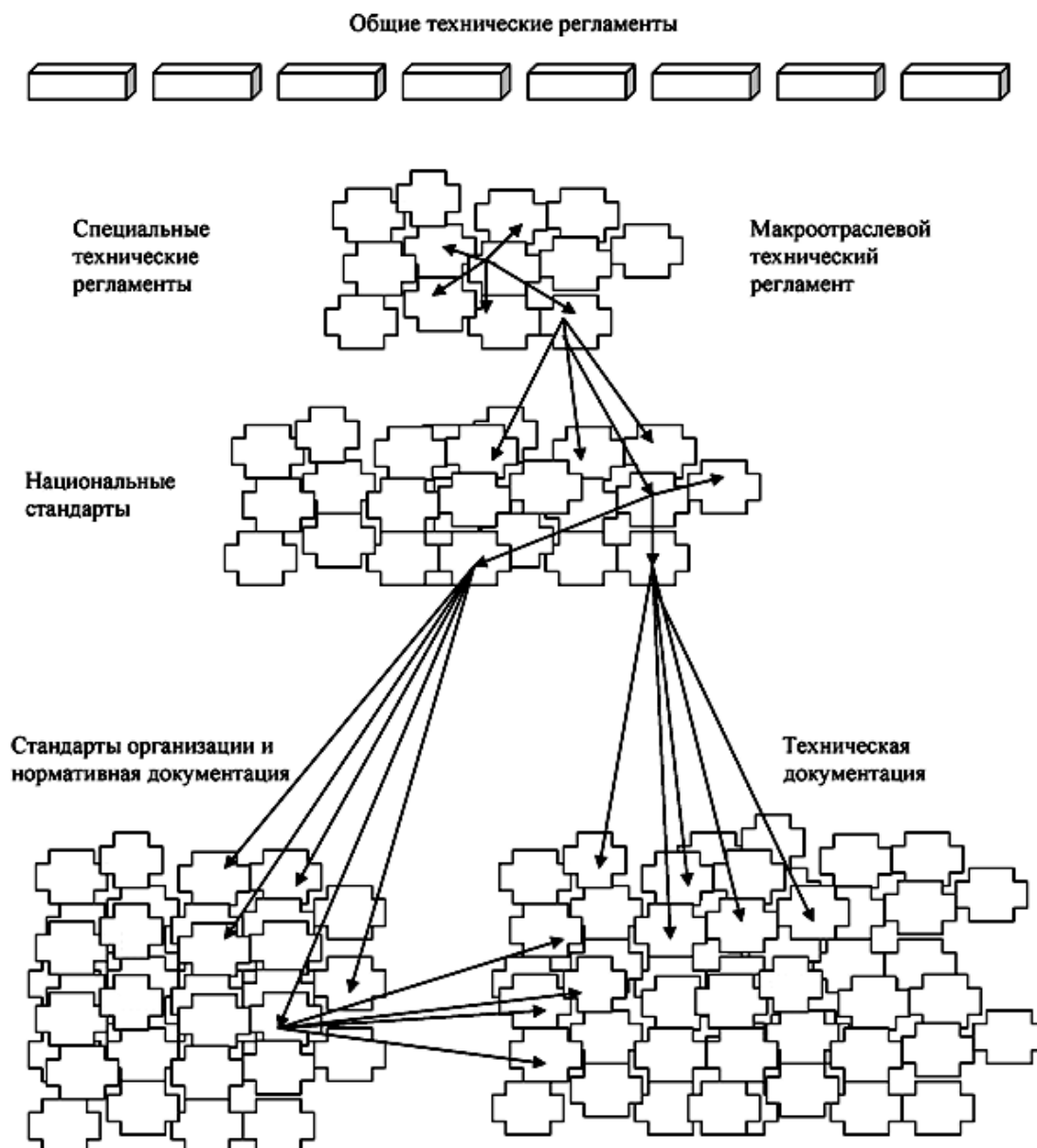


Рисунок 2 – Структура технических регламентов

Основные вопросы должны отражаться в технической документации на изделия, в стандартах организации, в нормативной документации. Некоторые элементы, связанные с количественными показателями, а также общими нормами организации перевозочного процесса, попадают в национальные стандарты и специальные технические регламенты.

Достижения высоких показателей надежности и безопасности в первую очередь определяются действующей нормативной базой, как это показано на рисунке 3, и требуют анализа стандартов, технических условий и выявления именно тех технологических процессов и операций, которые оказывают влияние на надежность технических средств и безопасность движения поездов.

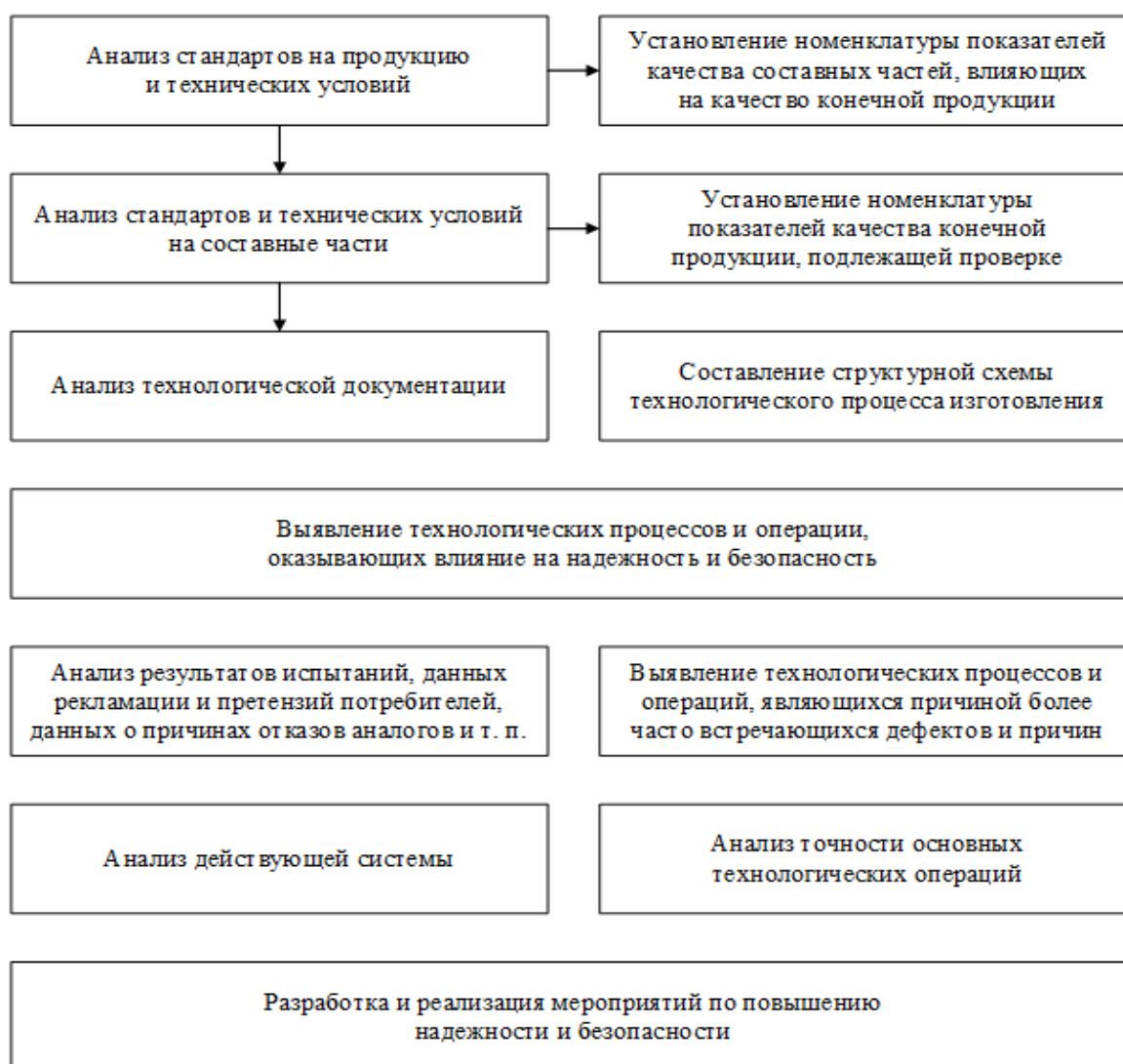


Рисунок 3 – Схема анализа параметров технологических процессов, влияющих на надежность и безопасность

Технический и технологический процессы, связанные с перевозками, относятся к вопросам, которые, с точки зрения надежности, представлены на рисунке 4. Диаграмма раскрывает понятие опасных отказов системы организации перевозочного процесса и защитных отказов, то есть когда нарушение перевозочного процесса фиксируется, но оно не связано с безопасностью. Соответственно здесь будут различные элементы ущерба, связанных с опасными и неопасными состояниями.

С точки зрения надежности данного процесса, необходима полная структура данных показателей в зависимости от видов транспортных областей или производств. Она может расширяться, дополняться, но основные показатели можно отнести к классам безотказности, долговечности, сохраняемости, ремонтпригодности, а также к комплексным показателям, которые определяют комбинацию [8-11].

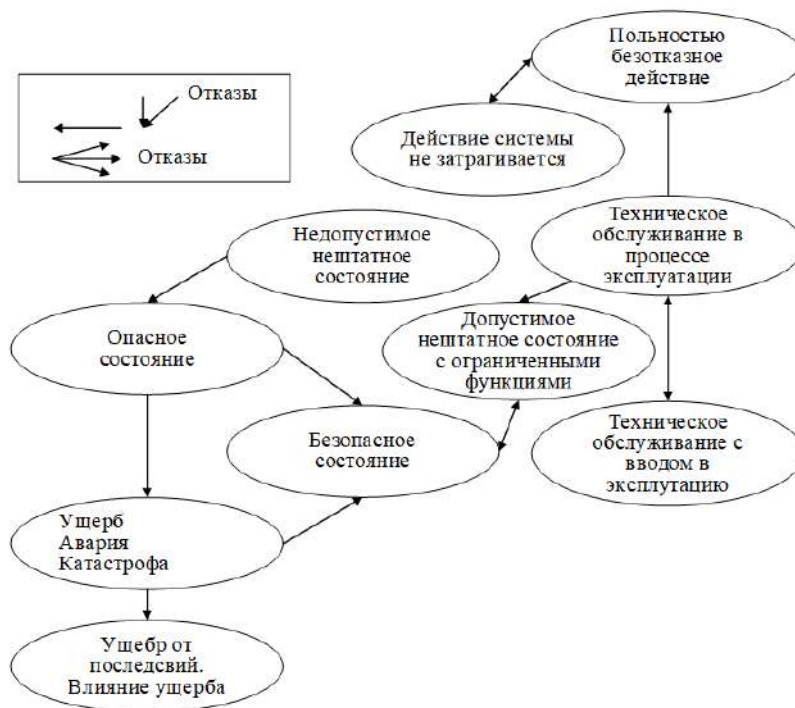


Рисунок 4 – Состояние технической системы, связанное с ее надежностью

Среди многих комплексных показателей, обеспечивающих оперативное реагирование и выработку конкретных мероприятий межхозяйственного взаимодействия, предлагается установить набор показателей в виде: вероятностей безотказной работы технических средств, коэффициента готовности, а также наработки на отказ. Их взаимодействие и взаимосвязь представлены на рисунке 5. Эти показатели и процесс обеспечения надежности оцениваются с учетом жизненного цикла системы (рисунок 6).

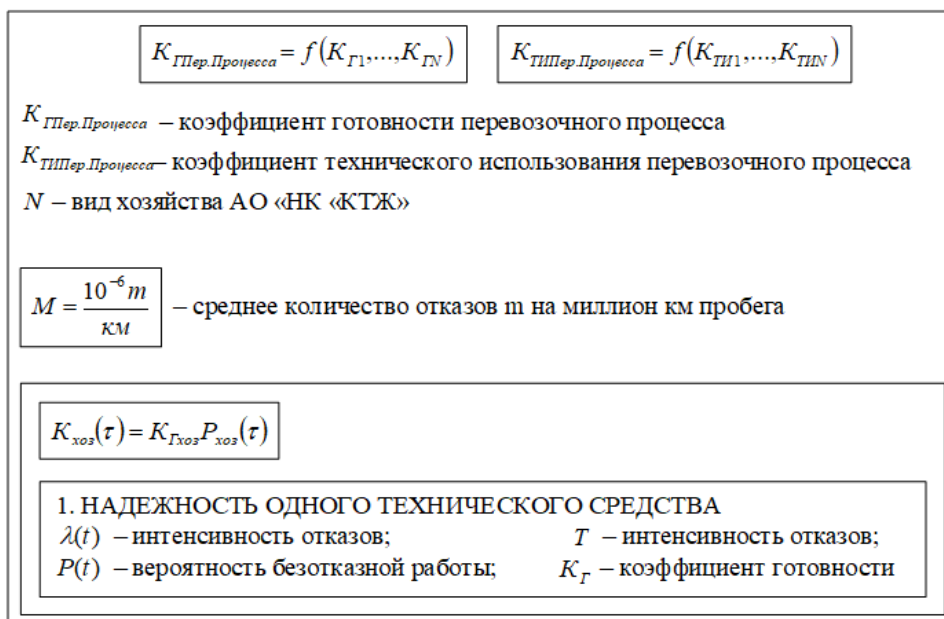


Рисунок 5 – Надежность перевозочного процесса

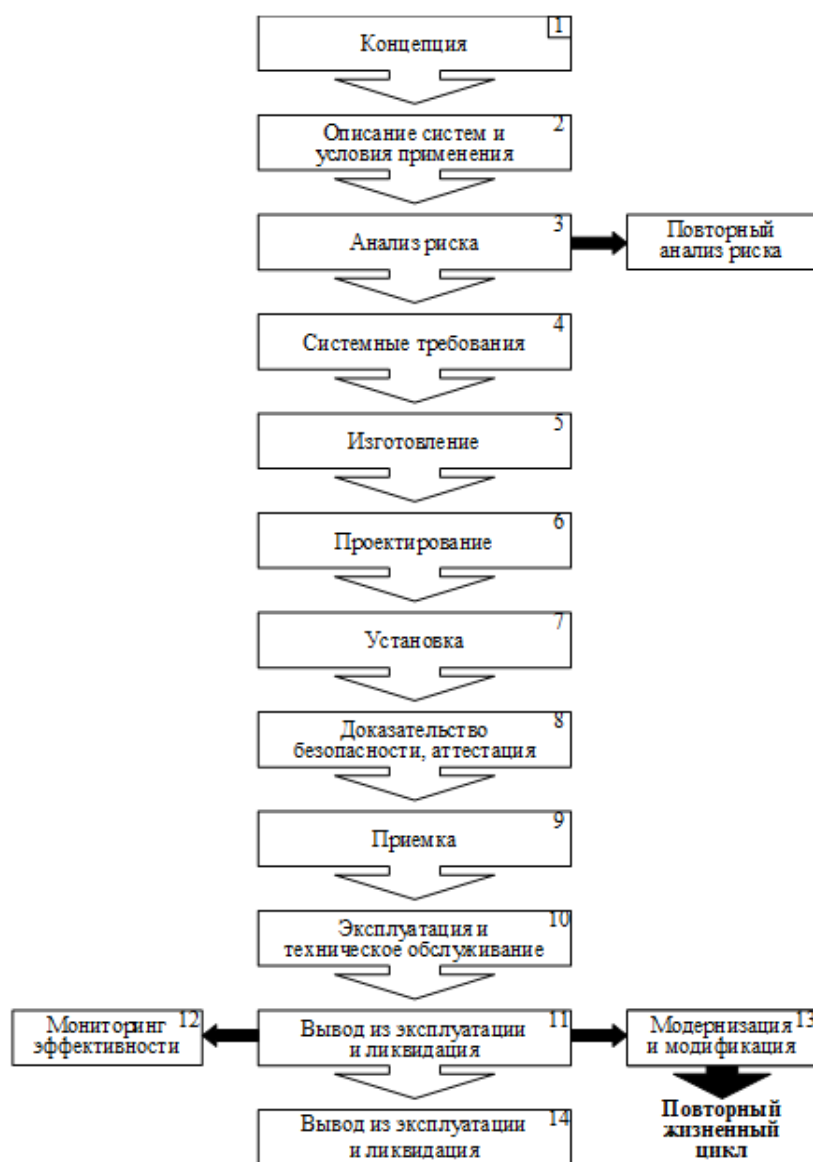


Рисунок 6 – Жизненный цикл систем

Жизненный цикл системы определяется с момента формирования технических требований, т.е. с концептуального описания всего технологического процесса, выявления риска, создания системных требований, переноса всех этих элементов на этапе разработки, производства, изготовления, доказательства безопасности и надежности, приема в эксплуатацию.

Только определив все элементы жизненного цикла, мы можем гарантировать, что заданные в начале концептуальные требования будут выполнены, и более того, мы должны уметь их проконтролировать, чтобы понимать, как управлять данным процессом. Стоимость ошибки на начальной стадии достаточно велика. Необходимо в максимальной степени стремиться планировать данные затраты на начальной стадии организации перевозочного процесса. К этому же нас призывают и действующие сегодня нормативные базы международных стандартов (таблица 1), поскольку именно стремление достичь новых показателей качества, когда от организации качественного производства мы стремимся перейти к качеству управления.

Таблица 1 – Стандарты по функциональной безопасности и оценкам рисков нарушения безопасности

МЭК 61508 (1-7)	Функциональная безопасность электрических (электронных) программируемых электронных систем безопасности.
EN 50126	Применение на железнодорожном транспорте. Спецификация и демонстрация надежности, доступности, ремонтпригодности и безопасности
EN 50126-2	Применение на железнодорожном транспорте. Согласованность для управляющих транспортных систем – часть 2. Безопасность
EN 50128	Применение на железнодорожном транспорте. Программное обеспечение для систем управления и обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте
EN 50129	Применение на железнодорожном транспорте. Электронные системы железнодорожного управления и защиты, связанные с безопасностью
ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-99	Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств
ГОСТ Р 51901	Управление надежностью. Анализ риска технологических систем
Межгосударственный стандарт ГОСТ 27.310	Анализ видов, последствий и критичности отказов
IEC 60880 – 2	Программное обеспечение компьютеров в системах безопасности атомных электростанций
ГОСТ Р МЭК 60950-2	Безопасность оборудования информационных технологий

Это новая принципиальная посылка, заложенная в нормативных документах. Большинство из них гармонизируют сегодня с российской нормативной базой. Не взаимодействуя с этими стандартами, мы не сможем работать по транспортным коридорам в России и тем более выходить на международные рынки.

Особенность этих стандартов – задание требований к создаваемой системе. В настоящий момент – это организация перевозочного процесса на основе рисков, задание требований программного обеспечения как к самостоятельному компоненту системы, так и регламент жесткого контроля для всего жизненного цикла. С точки зрения безопасности, и понятия риска переводятся на элементы, составляющие сеть.

Следующий элемент данных международных стандартов, который практически полностью соблюдаем – это комплексный показатель RAMS (рисунок 7). Он составлен из: R – надежность, A – коэффициент готовности, M – пригодность к обслуживанию, S – безопасность.

Комплексность данного показателя, а также влияющие на него факторы применительно к железной дороге, изображены на рисунке 7. Многообразие данных факторов показывает, что учет их во всем взаимодействии представляет собой сложный процесс, и он должен быть заложен как в нормативную документацию, так и позволять нам анализировать влияние каждого из этих элементов на комплексные показатели RAMS.

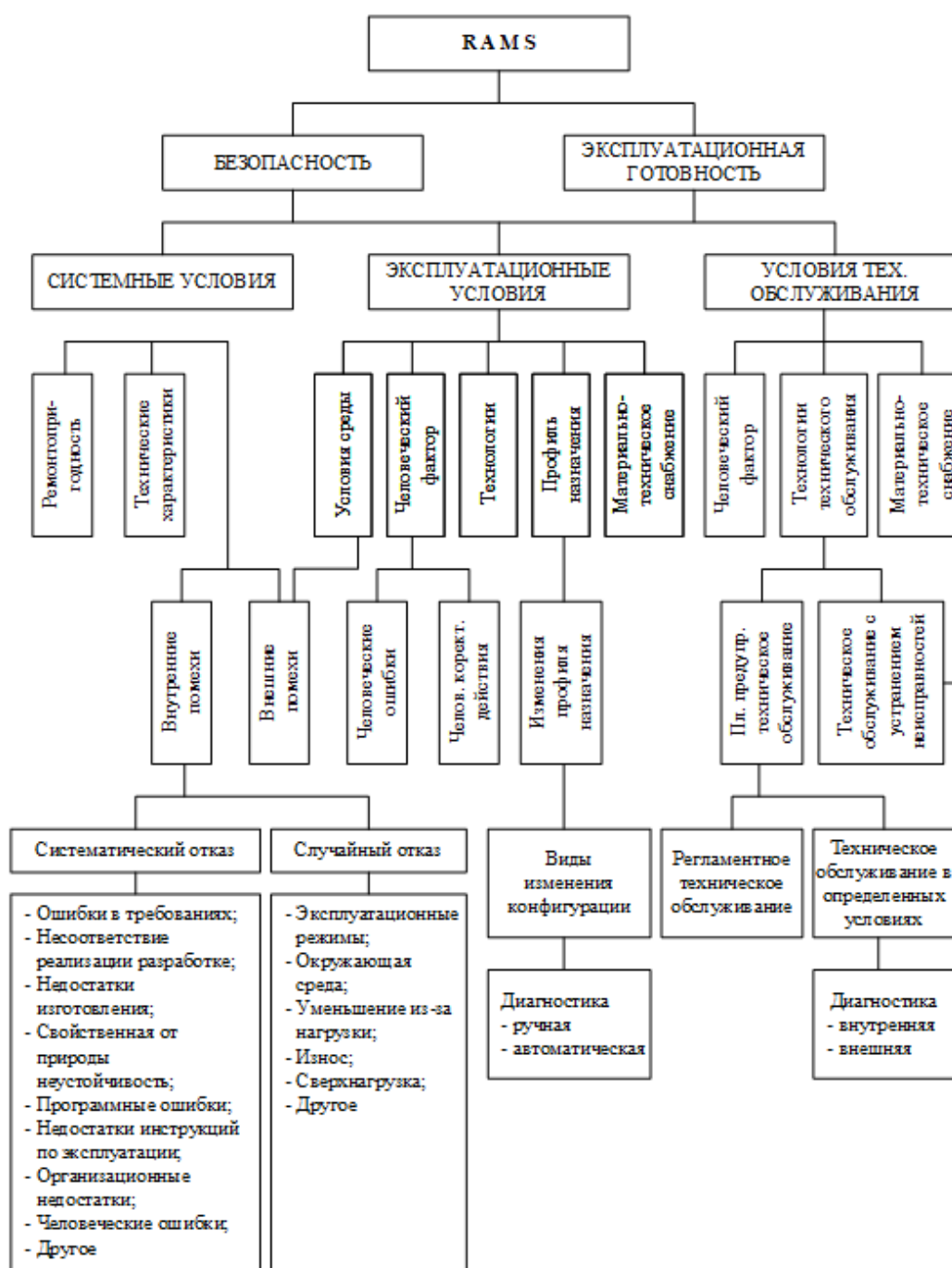


Рисунок 7 – Факторы, влияющие на RAMS для железнодорожного транспорта

В первую очередь выделены такие комплексные показатели, как вероятность безотказной работы, наработка на отказ, коэффициент готовности. Методология достижения поэтапного подхода, обеспечивающая соответствие требований разработчика, заказчика, контролирующих организаций, представлена в соответствии со стандартом 50126 на рисунке 8 в виде V-диаграмм. Работа по данной диаграмме – это строгий процесс разработки. Подробное его описание и методы взаимодействия изложены в стандарте 50126. Проверку наших разработчиков по данному вопросу проводили на этапе создания



системы КЛУБ последних модификаций и получили предварительный сертификат от ТЮФ германского органа сертификации по организации правил работы в соответствии с данной классификацией.

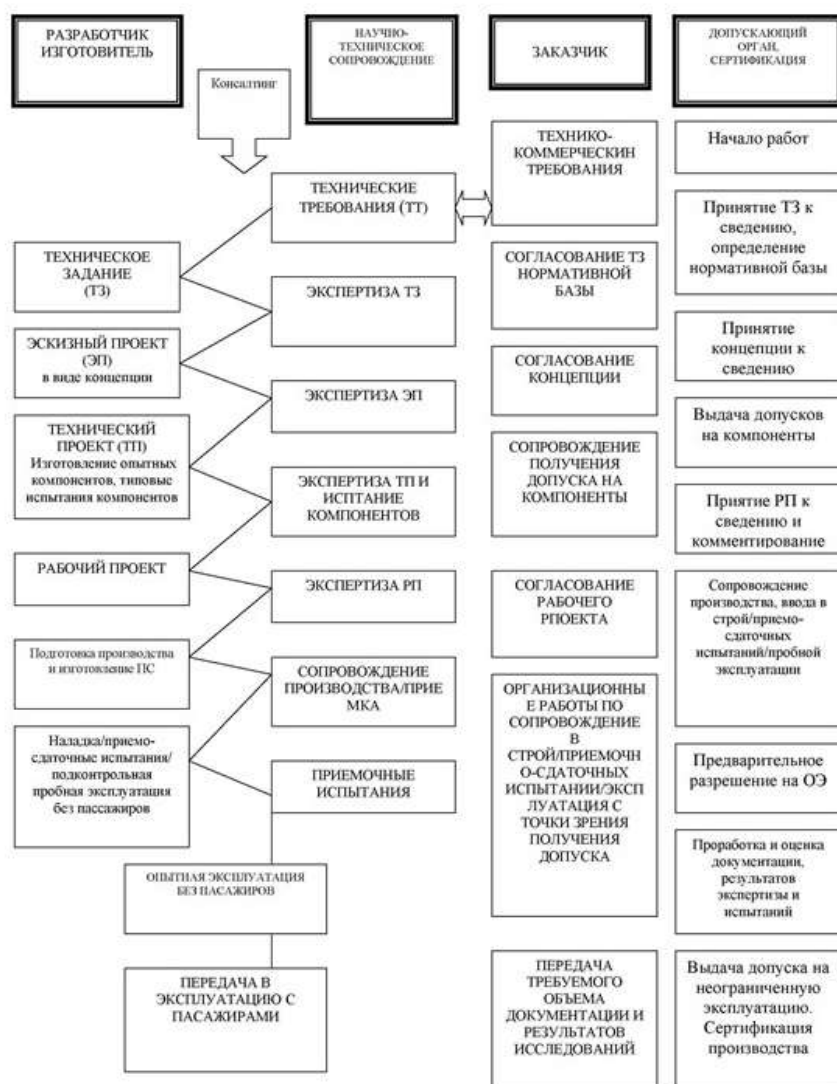


Рисунок 8 – Схема проведения проекта и получения допуска на эксплуатацию в соответствии с EN 50126

На рисунке 9 представлена диаграмма процесса управления показателями для проекта разработки. Именно документирование данного процесса, строгое введение его в норматив разработки и организацию процессов производства предстоит еще до конца организовать. Отличие данного элемента от того, что мы привыкли называть сегодня показателем ИССО, состоит в том, что здесь документирован и распределен каждый элемент пошагового достижения показателей надежности и безопасности.

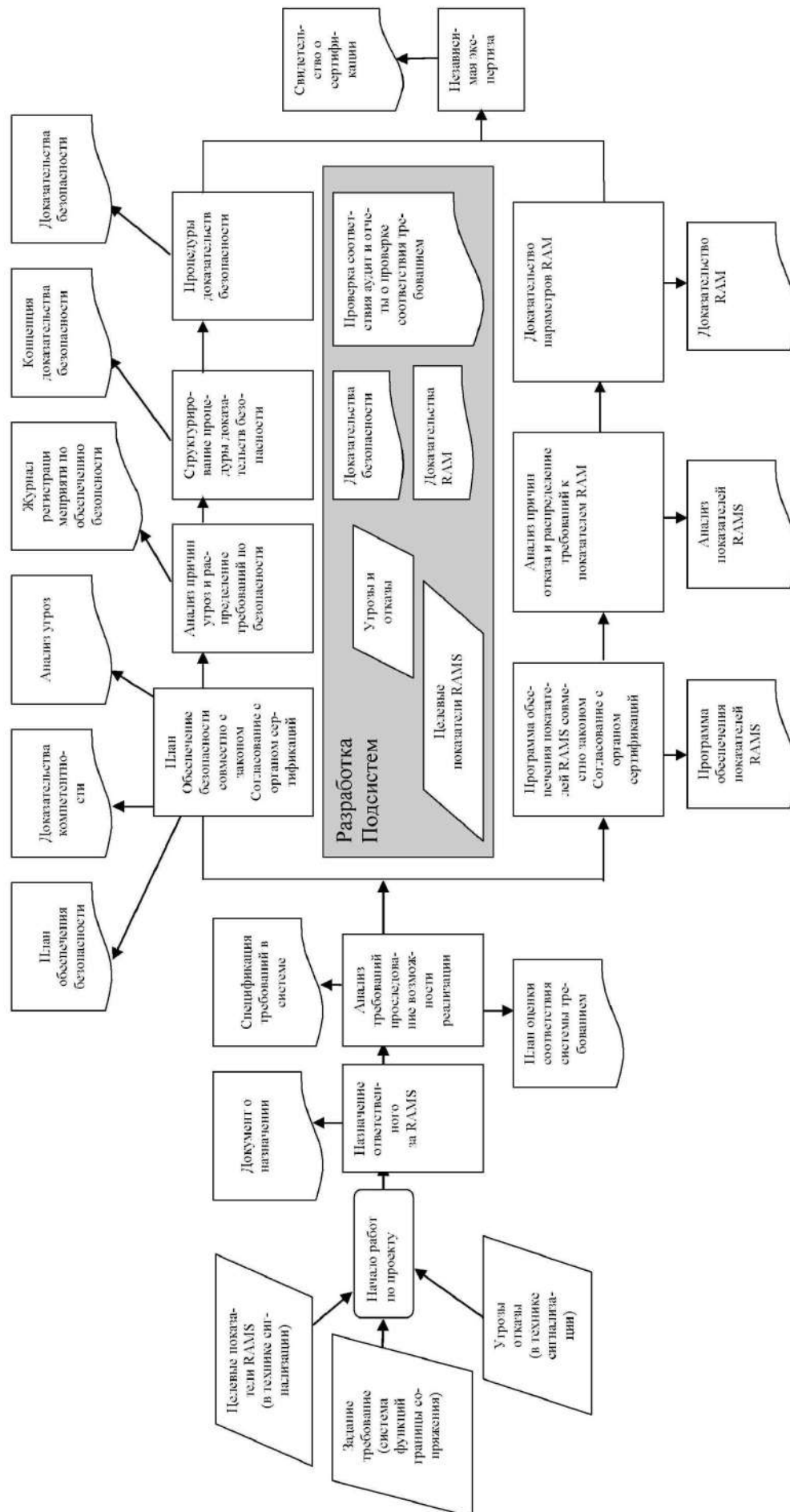


Рисунок 9 – Примерная диаграмма процесса управления показателями RAMS для проекта разработки

Необходимо обеспечить такой процесс не только в области, связанной с устройствами конкретной безопасности, но и в сфере всех элементов перевозочного процесса. Ранее было сказано, что программное обеспечение представляет отдельный продукт, связанный с надежностью и безопасностью. Известно, что влияние программного обеспечения на безопасность и надежность работы технических средств значительно. Понятие «безопасность» в данной ситуации в качестве составляющего своего элемента представляет собой надежность программного обеспечения, с точки зрения его полноты описания функций, а также устойчивости работы при наличии дестабилизирующих факторов.

Показатели надежности перевозочного процесса, а также взаимодействия различных хозяйств сложной системы, как было показано ранее, отображает коэффициент готовности (рисунок 10). Коэффициент готовности определяет длительность готовности к эксплуатации объекта или системы, к длительности его неготовности. Причем под понятием «неготовность» подразумевается время, когда устраняется дефект, ведется диагностика и плановые виды ремонта.

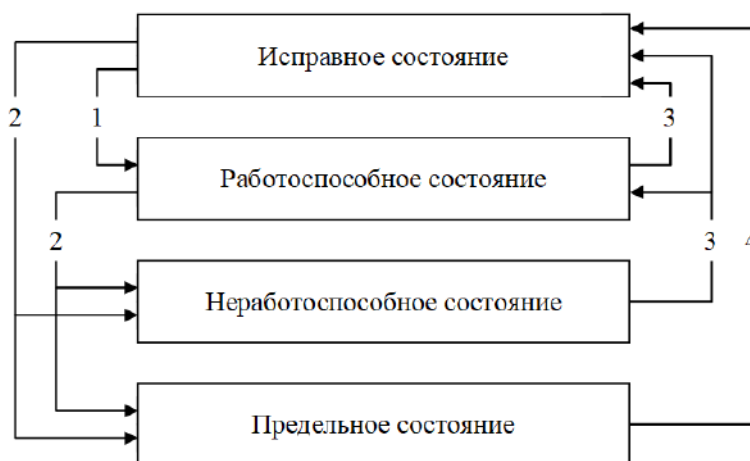


Рисунок 10 – Схема связей между состояниями объекта

Поскольку коэффициент готовности состоит из показателя времени наработки на отказ или среднего времени наработки на отказ, определим некоторые из мероприятий, повышающие коэффициент готовности, как зависящий от качества разработки при повышении среднего времени наработки на отказ.

Мероприятия, повышающие коэффициент готовности:

- повышение надежности – среднего времени наработки на отказ за счет надежности комплектующих и выполнения при ремонте технических средств всех технологических операций;
- повышение требований заказчика к среднему времени наработки на отказ в нормативной технической документации на технические средства;
- обеспечение индивидуального контроля за сроком наработки на отказ конкретного изделия и разбор причин дефектов с гарантией исключения их повторения;
- увеличение гарантийного срока ремонта изделий и уменьшения срока замены неисправных изделий (в договорах на поставку);
- введение штрафных санкций к поставщику при невыполнении показателей наработки на отказ, заданной в нормативной технической документации на изделие;
- введение мониторинга по соблюдению условий работы изделий в эксплуатации;

- увеличение времени между плановыми видами ремонта и технического обслуживания;
- сокращение времени технического ремонта и технического обслуживания;
- повышение ремонтпригодности и доступности;
- перенос плановых видов ремонта и технического обслуживания на периоды, когда эксплуатация не осуществляется.

При этом данные показатели для их прямого влияния на улучшение показателей системы должны записываться в обязательном порядке в нормативные документы. Они влияют на возможность увеличивать гарантийный срок ремонта и возможность введения штрафных санкций поставщику. В то же время необходимо понимать, что без мониторинга состояния каждого элемента, условий его эксплуатации, невозможно гарантировать соблюдение исправности данных элементов, повышающих коэффициент готовности.

### **Выводы.**

Одним из главных элементов, влияющих на наработку на отказ, является уровень качества на производстве. Следует остановиться на проблемах, связанных с качеством выпускаемой для АО «НК «Қазақстан темір жолы» продукции. Существует непонимание между проектными организациями и заводами-изготовителями, поскольку в ряде случаев технические требования не формализованы, действуют разные типы стандартов, разные критерии оценки. В проектных организациях отсутствуют отделы стандартизации, а на сегодняшний момент и отделы разработки, которые должны быть оснащены необходимыми техническими и технологическими элементами, обеспечивающими исключение ошибок в процессе разработки.

Сертификаты соответствия завода-изготовителя по ИССО 9000 не обеспечивают качество изготовления. Возникновение брака готовой продукции на стадии эксплуатации за счет скрытых технологических дефектов практически вытекает из предыдущих элементов. При этом сама элементная база сегодня и уровень возможных технических решений позволяют, минимум втрое, поднять эти показатели. Мероприятия, сокращающие время восстанавливаемости изделия, закладываются при разработке. Это и резервирование технических средств, и сокращение предрейсового контроля за счет встроенной диагностики, и выявление дефектов на ранней стадии. Это особенно характерно, например, для подвижного состава, когда тенденция развития комплексных систем контроля, расположенных на пути, позволяет выявлять дефекты на ранней стадии, но само выявление дефекта не является еще гарантией того, что процесс устранения дефекта будет четко организован. Это целый комплексный план обеспечения устранения данного дефекта на жизненном цикле изделия.

### **Литература**

1. Назарбаев Н.А. К конкурентоспособному Казахстану, конкурентоспособной экономике, конкурентоспособной нации: Послание Президента Республики Казахстан народу Казахстана. – Астана // Казахстанская правда. – 2004. – 19 марта.
2. Назарбаев Н.А. Новый Казахстан в новом мире: Послание Президента Республики Казахстан народу Казахстана от 28 февраля 2007 г. // Казахстанская правда. – 2007. – 1 марта. – № 56.
3. Исингарин Н.К., Кизатов Е.А. Магистральная железнодорожная сеть: основа транспорта Казахстана // Магистраль. – 2003. – №4. – С. 88-97.
4. Исингарин Н.К. Транспорт – основа новых экономических связей стран содружества и Казахстана // Вестник КазАТК. – 2000. – №1. – С. 12-23.
5. Омаров А.Д., Закиров Р.С., Тулемисов Т.Ж. Организация транспортных коридоров через Казахстан и перспективы строительства новых железных дорог в Республике //

Материалы Первой международной научно-практической конференции «Транспорт Евразии: взгляд в XXI век». – Алматы, 2000. – С. 27-30.

6. Альбрехт В.Г. О продольных силах, возникающих на поверхности соприкосновения подошвы рельса и основания при проходе колес подвижного состава. Труды МИИТ, выпуск 80. – М.: «Транспорт», 1955. – С. 5-112.

7. Альбрехт В.Г. О влиянии на вертикальный износ рельсов различного подвижного состава. Труды МИИТ, выпуск 94. – М.: «Трансжелдориздат», 1957. – С.90-117.

8. Амелин В.Г. и др. Устройство, ремонт и текущее содержание железнодорожного пути. Под ред. Амелина – М.: «Транспорт», 1991. – 271 с.

9. Ашпиз Е.С. Усиление основной площадки земляного полотна. // Путь и путевое хозяйство. – 2004. – №4. – С. 29-33.

10. Вериги М.Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава. – М.: «Транспорт», 1986. – 558 с.

11. Биттибаев С.М. Рельсовая проблема – успехи и перспективы исследований. // Промышленный транспорт Казахстана. – 2004. – № 1. – С. 14-20.

### References

1. Nazarbayev N.A. Towards competitive Kazakhstan, competitive economy, competitive nation: Message of the President of the Republic of Kazakhstan to the People of Kazakhstan. – Astana // Kazakhstanskaya pravda. – 2004. – March 19.

2. Nazarbayev N.A. New Kazakhstan in a new world: The Message of the President of the Republic of Kazakhstan to the people of Kazakhstan dated February 28, 2007 // Kazakhstanskaya Pravda. – 2007. – March 1. – No.56.

3. Isingarin N.K., Kizatov E.A. Mainline railway network: the basis of transport in Kazakhstan // Mainline. – 2003. – No. 4. – pp. 88-97.

4. Isingarin N.K. Transport – the basis of new economic ties between the countries of the Union and Kazakhstan // Bulletin of KazATK. – 2000. – No. 1. – pp. 12-23.

5. Omarov D.A., Zakirov R.S., Tulemissov T. Zh. Organization of transport corridors through the territory of Kazakhstan and the prospects for the construction of new Railways in the Republic: proceedings of the First international scientific-practical conference "Transport of Eurasia: a look into the XXI century". – Almaty, 2000. – pp. 27-30.

6. Albrecht V.G. On the longitudinal forces arising on the contact surface of the sole of the rail and the base during the passage of the wheels of the rolling stock. Proceedings of MIIT, issue 80. – М.: "Transport", 1955. – pp. 5-112.

7. Albrecht V.G. On the effect on the vertical wear of rails of various rolling stock. Proceedings of MIIT, issue 94. – М.: "Transzheldorizdat", 1957. – pp. 90-117.

8. Amelin V.G. et al. Construction, repair and current maintenance of the railway track. Edited by V.G. Amelin. – М.: "Transport", 1991. – 271 p.

9. Ashpiz E.S. Strengthening of the main platform of the roadbed. // Path and track economy. – 2004. – No. 4. – pp. 29-33.

10. Verigo M.F. Interaction of track and rolling stock. – М.: "Transport", 1986. – 558 p.

11. Bittibaev S.M. Rail problem – successes and prospects of research. // Industrial transport of Kazakhstan. – 2004. – No.1. – pp. 14-20.

**ОМАРОВ А.Д. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)**

**КАРПУЩЕНКО Н.И. – т.ғ.д., профессор (Ресей Федерациясы, Новосибирск қ., Сібір мемлекеттік қатынас жолдары университеті)**

**ОМАРОВА Г.А. – э.ғ.к., PhD, профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)**

## **ҚОЗҒАЛЫС ҚАУІПСІЗДІГІН АРТТЫРУ ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛДАРДЫҢ СЕНІМДІЛІГІ**

### ***Аңдатпа***

*Мақалада қозғалыс қауіпсіздігі мен техникалық құралдардың сенімділігін арттыру мәселелері қарастырылған. Пойыздардың қауіпсіздігін бағалау және басқару үшін кешенді көрсеткіштер қолайлы. Көрсеткіштердің қысқартылған жиынтығын келесі түрде белгілеу ұсынылады: техникалық құралдардың істен шығу ықтималдығы, дайындық коэффициенті, сондай-ақ істен шығу бойынша жұмыс.*

**Түйінді сөздер:** *теміржол көлігі, теміржол жолы, тасымалдау көлемі, қозғалыс қауіпсіздігі, жүк айналымы, техникалық құралдар, ұлттық стандарттар, арнайы техникалық регламенттер.*

**OMAROV A.D. – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)**

**KARPUSHCHENKO N.I. – d.t.s., professor (Russian Federation, Novosibirsk, Siberian State university ways of communications)**

**OMAROVA G.A. – k.e.s., PhD, professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)**

## **ISSUES OF IMPROVING TRAFFIC SAFETY AND RELIABILITY OF TECHNICAL MEANS**

### ***Abstract***

*The article discusses the issues of improving traffic safety and reliability of technical means. Comprehensive indicators are most suitable for assessing and managing train safety. It is proposed to establish a reduced set of indicators in the form of: the probability of failure-free operation of technical means, the availability coefficient, as well as the operating time for failure.*

**Keywords:** *railway transport, railway track, volume of traffic, traffic safety, cargo turnover, technical means, national standards, special technical regulations.*