

# **ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНС**

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

# ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

МАТЕРИАЛЫ  
XI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
(Гомель, 25–26 ноября 2021 г.)

Часть 1

Под общей редакцией *Ю. И. КУЛАЖЕНКО*

Гомель 2021

УДК 656.08  
ББК 39.18  
П78

Редакционная коллегия:

**Ю. И. Кулаженко** (отв. редактор), **Ю. Г. Самодум** (зам. отв. редактора),  
**А. А. Ерофеев** (зам. отв. редактора), **Т. М. Маруняк** (отв. секретарь),  
**К. А. Бочков, Д. И. Бочкарев, Т. А. Власюк, И. А. Еловой, Д. В. Леоненко,**  
**В. Я. Негрей, В. М. Овчинников, А. А. Поддубный, А. В. Пигунов, А. О. Шимановский**

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор **В. В. Кобищанов**  
(Брянский государственный технический университет);  
доктор технических наук, профессор **Ю. О. Пазойский**  
(Московский государственный университет путей сообщения)

**Проблемы безопасности на транспорте** : материалы XI Междунар.  
П78 науч.-практ. конф. (Гомель, 25–26 ноября 2021 г.) : в 2 ч. Ч. 1 / М-во  
трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т  
трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2021. –  
338 с.  
ISBN 978-985-891-052-5 (ч. 1)

Рассматриваются теоретические и организационно-технические основы обеспечения безопасности транспортных систем; пути повышения безопасности и надежности подвижного состава и систем электроснабжения; информационная и функциональная безопасность систем автоматики, телемеханики и связи; энергетическая и экологическая безопасность транспорта; вопросы безопасности транспортной инфраструктуры; надежности и безопасности зданий и сооружений; безопасности пассажирских перевозок; естественные науки в обеспечении безопасности транспортных систем; экономическая безопасность транспортных систем; транспортная безопасность при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций.

Для ученых, преподавателей учебных заведений транспортного профиля, научных и инженерно-технических работников научно-исследовательских и проектных организаций, предприятий и учреждений транспорта и строительства.

**УДК 656.08**  
**ББК 39.18**

ISBN 978-985-891-052-5 (ч. 1)  
ISBN 978-985-891-051-8

© Оформление. БелГУТ, 2021

## ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ БУКСОВЫХ УЗЛОВ

*Д. И. ВОЛОШИН*

*Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков*

Буксовый узел является одним из важнейших элементов вагона с точки зрения обеспечения его надежности в целом. Согласно многолетним статистическим данным, он занимает второе место после тормозного оборудования по отказам в эксплуатации и прямо влияет на количество внеплановых отцепок и последующего технического обслуживания и ремонта вагонов.

Надежность буксового узла, как технической системы, преимущественно зависит от состояния блока подшипников. На надежность подшипников влияет большое количество факторов: внешние условия эксплуатации, состояние смазочных материалов, герметичность корпуса, особенности монтажа и демонтажа, качество входного контроля составных частей в процессе технического обслуживания и ремонта и т. п. Подшипниковые элементы воспринимают статические и динамические нагрузки, которые передаются на железнодорожный путь от кузова вагона в порожнем и нагруженном состоянии при разных режимах эксплуатации. Наличие знакопеременных нагрузок при прохождении стыков железнодорожного пути и вхождении вагонов в кривые участки колеи создают предпосылки к возникновению большого количества эксплуатационных отказов и повреждений буксового узла. Важным фактором, который оказывает влияние на возникновение отказов, являются и ошибочные действия обслуживающего персонала при проведении технического обслуживания и ремонта вагонов. Подшипник в собранном виде может иметь несоответствие радиальных и осевых зазоров, что приводит к накоплению повреждений, а в дальнейшем и к отказу всего буксового узла.

Для исследования фактического состояния надежности подшипниковых узлов было предложено использование метода «Дерева отказов». Его инструментарий позволяет провести детальный анализ факторов, которые могут оказывать влияние на возникновение повреждений и отказов отдельных элементов. «Дерево отказов» лежит в основе разработки логико-вероятностных моделей причинно-следственных связей отказов сложных систем с отказами их элементов и другими событиями (влияниями). Анализ возникновения отказов состоит из последовательностей и комбинаций различных событий и следующих за ними отказов системы (рисунок 1). Таким образом «дерево» представляет собой многоуровневую графологическую структуру причинных взаимосвязей, полученных в результате наблюдения опасных ситуаций в обратном порядке, для того чтобы отыскать возможные причины их возникновения [1].

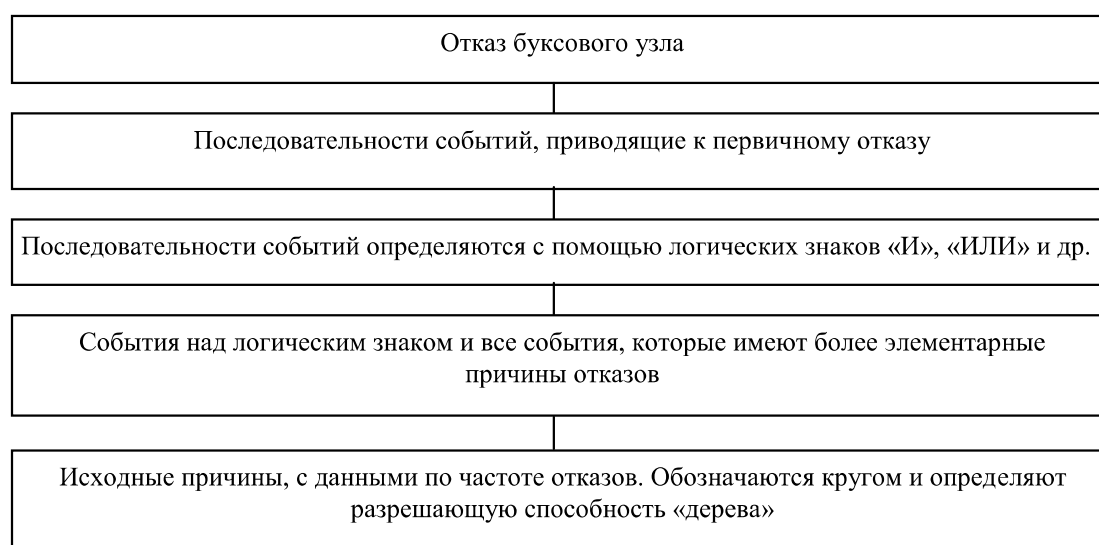


Рисунок 1 – Основная структура «дерева отказов»

Использование данного метода позволяет иметь в распоряжении исследователей действенный механизм оценки фактического уровня надежности буксовых узлов вагонов. На основе моделирования сценариев поведения узла в эксплуатации становится возможной разработка новых вариантов конструктивных решений с учетом обеспечения определенных параметров надежности.

Отказ буксового узла в эксплуатации может возникнуть по разным причинам и развиваться во времени по различным сценариям. С целью уменьшения количества отказов в работающем узле необходимо обнаружить все существующие виды отказов и формализовать их математическое описание [2]. Начальным шагом проведения количественного анализа разработанной модели, является построение эквивалентной «ветви дерева» (рисунок 2), где элементарным событиям в соответствие поставлены независимые переменные упорядоченного от элементарных отказов числового ряда  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ . Здесь  $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$  – вектор состояний исходного события, а бинарный вспомогательный параметр  $H_i$  – это структурная функция для конечного события. При этом  $H_i = 1$ , когда исходное событие происходит, и  $H_i = 0$ , когда исходное событие не происходит.

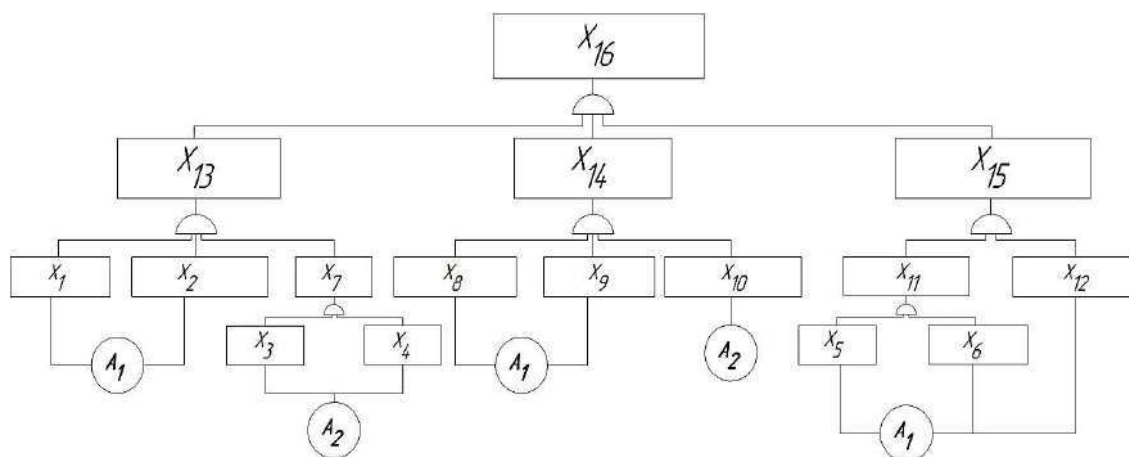


Рисунок 2 – Пример модели «дерева отказов» для события «Отказ герметичности буксового узла»

Структурная функция для события с логическим знаком «И» в математическом виде будет иметь вид

$$H_i = \prod_{i=1}^n X_i = X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_n.$$

А структурная функция для события с логическим знаком «ИЛИ»

$$H_i = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - X_i] = 1 - [1 - X_1] \cdot [1 - X_2] \cdot \dots \cdot [1 - X_n].$$

В результате проведенных расчетов были определены вероятности отказов основных элементов буксового узла: корпуса буксы (вероятность отказа 0,36), подшипникового узла (вероятность отказа 0,87) и торцевого крепления (вероятность отказа 0,26). Как видим, надежность подшипников узла имеет значительное влияние на надежность буксы в целом. Поэтому для повышения уровня надежности актуальной научно-технической задачей является разработка и внедрение новых конструкций буксовых узлов.

#### Список литературы

1 Хенли, Э. Дж. Надежность технических систем и оценка риска / Э. Дж. Хенли, Х. Кумамото ; под общ. ред. д-ра техн. наук В. С. Сыромятникова. – М. : Машиностроение, 1984. – 528 с.  
 2 Райншке, К. Оценка надежности систем с использованием графов / К. Райншке, И. А. Ушаков ; под ред. проф. И. А. Ушакова. – М. : Радио и связь, 1988. – 208 с.

<i>Страдомский М. Ю.</i> Риски нарушения безопасности движения на железнодорожной станции и роль цифровых систем нарушения в их снижении .....	60
<i>Сыцко В. Е.</i> Импортзамещение как основа экономической безопасности .....	63
<i>Tereshchenko O. A.</i> Information support for operational management technology of railway local work .....	64
<i>Фёдоров Е. А., Терещенко О. А., Страдомская А. А., Лавицкий В. В.</i> Оценка устойчивости системы эксплуатации локомотивов к изменениям структуры и размеров грузопотока на железнодорожном полигоне .....	65
<i>Фёдоров Е. А., Лисогурский О. Н., Макриденко А. Б., Гедрус К. И.</i> Идентификация рисков эксплуатационной работы железнодорожной станции с использованием процессного подхода .....	67
<i>Филатов Е. А.</i> Требования к проектированию стрелочных горловин улучшенных эксплуатационных качеств .....	69
<i>Филипкова А. В.</i> Автоматизация и интеллектуальное управление в системе организации движения поездов ..	71
<i>Халмухамедов А. С.</i> Опыт использования передвижного поста весогабаритного контроля транспортных средств в Республике Узбекистан .....	74
<i>Шатило С. Н., Дорошко С. В.</i> Основные направления профилактики травматизма на объектах Белорусской железной дороги .....	76
<i>Шкрыль А. Ю.</i> Государственное регулирование обеспечения вагонным парком грузовой базы субъектов хозяйствования Республики Беларусь .....	78
<i>Юницкий А. Э., Артюшевский С. В., Куринская Г. А.</i> Вихретоковое торможение в системе безопасности транспортных комплексов .....	80
<i>Юницкий А. Э., Сорокин Ю. А.</i> Реализация СВТС функций определения местоположения в uST транспортных системах .....	83

## **2 БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

<i>Абдуллаев Б. А., Иноятлов К. Х., Хайдаров О. У.</i> Методика проведения экспериментальных исследований для определения коэффициентов теплопередачи ограждения кузовов рефрижераторных вагонов и контейнеров .....	85
<i>Ананьева О. С.</i> Повышение надежности электроснабжения рельсового транспорта .....	87
<i>Бурченков В. В., Шантур В. Д.</i> Цифровые источники информации для роботизации технического обслуживания грузовых вагонов .....	89
<i>Васильев С. М.</i> Проблематика перевозок сверхнормативных и негабаритных грузов .....	91
<i>Васильев С. М., Пищик А. В.</i> Особенности работы узла пятник – подпятник в вагонах-платформах для перевозок крупнотоннажных контейнеров .....	93
<i>Волошин Д. И.</i> Особенности обеспечения надежности современных конструкций буксовых узлов .....	95
<i>Гизатуллина В. Г., Разон В. Ф., Воробей О. В.</i> Разработка методики для расчета показателей и коэффициентов производительности труда на предприятиях вагонного хозяйства .....	97
<i>Гизатуллина В. Г., Разон В. Ф., Кальницкий А. Н.</i> Анализ трудоемкости ремонта грузовых вагонов в депо Белорусской железной дороги .....	98
<i>Горева А. П., Холодилов О. В.</i> Применение цифровых технологий при радиационном контроле литых деталей подвижного состава .....	100
<i>Гриценко А. В., Киселёв И. Г., Курилкин Д. Н., Шрайбер М. А.</i> Эффективность охлаждения силовых полупроводниковых приборов тепловозов .....	102
<i>Довгяло В. А., Моисеенко В. Л., Пуначёв Д. С., Максимчик К. В.</i> Разработка конструкторской документации для шпалооборочного комплекса .....	106
<i>Инагамов С. Г.</i> Совершенствование рычажной передачи для потележечной тормозной системы грузового вагона .....	109
<i>Комиссаров В. В., Скороходов С. А., Пацукевич В. С., Афанасьев П. М., Путьто А. В.</i> Экспериментальная оценка напряженного состояния кузова вагона-самосвала модели 31-656 .....	110
<i>Комиссаров В. В., Таранова Е. С.</i> Классический закон трения и его модификация применительно к системе колесо/рельс .....	112
<i>Коновалов Е. Н., Пастухов М. И., Чернин Р. И., Белогуб В. В., Белогуб Н. В.</i> Оценка напряженно-деформированного состояния кузова вагона-самосвала, выработавшего нормативный срок службы .....	115
<i>Кузнецова М. Г., Шимановский А. О.</i> Подходы к математическому моделированию динамики автоцистерн для предварительной оценки их устойчивости и управляемости .....	117
<i>Кулаженко Ю. И., Кебилов А. А., Зайчик В. С.</i> Изменения в процедурах по подтверждению соответствия требованиям безопасности железнодорожного подвижного состава и инфраструктуры .....	119
<i>Леоненко Е. Г.</i> Выявление причин сходов подвижного состава .....	121
<i>Моисеенко В. Л., Максимчик К. В., Пуначёв Д. С.</i> Щебнеочистительная машина РМ-80. Разработка норм расхода эксплуатационных материалов .....	123