Unitsky
String
Technologies

# ЗАО «Струнные технологии»

# Особенности обоснования, обеспечения и подтверждения требований к ФБ объектов струнного транспорта

Докладчик:
Шевченко Дмитрий Николаевич,
главный специалист, к.т.н., доцент,
ЗАО «Струнные технологии»

II Межотраслевой форум
«Функциональная безопасность»,
https://www.kpda.ru/conf-2025/#days2

09 октября 2025 г.

# Особенности струнного транспорта (СТ)

## Рельсо-струнная транспортная эстакада

Специальная предварительно напряжённая конструкция требует гораздо меньше ресурсов для строительства, поэтому транспортно-инфраструктурные решения uST более доступны в сравнении с другими видами эстакадного транспорта

# Особенности струнного транспорта (СТ)

## Подвижной состав (uPod)

Уникальные аэродинамические качества и инновационная система опирания стальных колёс на стальные рельсы делают беспилотные юнимобили наиболее эффективным видом подвижного состава

# Особенности струнного транспорта (СТ)

- легкая надземная эстакада, струнный рельс (предварительно напряженный),
- рельсовые транспортные средства (РТС) - компактные электромобили,
- область применения – пассажирские перевозки с невысоким пассажиропотоком, где надземная эстакада – *безальтернативный* способ организации трассы;
- изолированность от других видов транспорта, отсутствие пересечений в одном уровне с другими магистралями;
- выполнение функций безопасности непрерывно или с высокой частотой запросов;
- владелец активов, разработчик, исполнитель и эксплуатирующая организация – ЗАО «Струнные технологии» и дочерние компании.

# Сравнение СТ и магистрального ЖТ

- беспилотное управление РТС, уровень автоматизации GoA4 по IEC 62290;
- отсутствие необходимости обеспечения совместимости с существующими объектами транспорта (инфраструктурой, подвижным составом);
- малые габариты, низкая сцепная масса;
- отсутствие специальных ТНПА, принцип принятия риска – ALARP;
- спецификация требований (в т.ч. к функциональной безопасности) зависит от особенностей СТК;
- централизованное управление всеми РТС и объектами инфраструктуры;
- интервальное регулирование – радиоблокировка.

# ТНПА в области рельсового транспорта

- **ГОСТ 33894-2016** Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на железнодорожных станциях. Требования безопасности и методы контроля.
- **ГОСТ 33895-2016** Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на перегонах железнодорожных линий. Требования безопасности и методы контроля.
- **ГОСТ 33435-2023** Устройства управления, контроля и безопасности железнодорожного подвижного состава. Требования безопасности и методы контроля.
- **Памятка Р817** Эксплуатационно-технические требования к системам интервального регулирования движения поездов на перегонах. Комитет ОСЖД. Варшава. Дата вступления в силу: 21.10.2016 г.
- **ГОСТ Р 70059-2022** Системы управления и контроля ж.-д. транспорта для перевозок пассажиров в пригородном сообщении. Принципы построения и основные функциональные требования.

# ТНПА в области рельсового транспорта

- **IEEE 1474-2004 (2025)** Standard for Communications Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements. Управление поездами на основе связи. Требования к реализации и функциям.
- **ANSI / ASCE / T & DI 21 – 2021** Automated People Mover Standards.
- **IEC 62290:2014** Railway applications – Urban guided transport management and command/control systems – Part 1: System principles and fundamental concepts. Системы управления и контроля для ж.-д. пассажирских перевозок в городском и пригородном сообщении. Часть 1. Принципы и фундаментальные концепции построения.
- **IMA.** Performance Specification for a Turnkey Mass Transit Monorail System / IMA – 2022.
- **EN 13452-1:2003** Railway applications – Braking - Mass transit brake systems. Performance requirements.

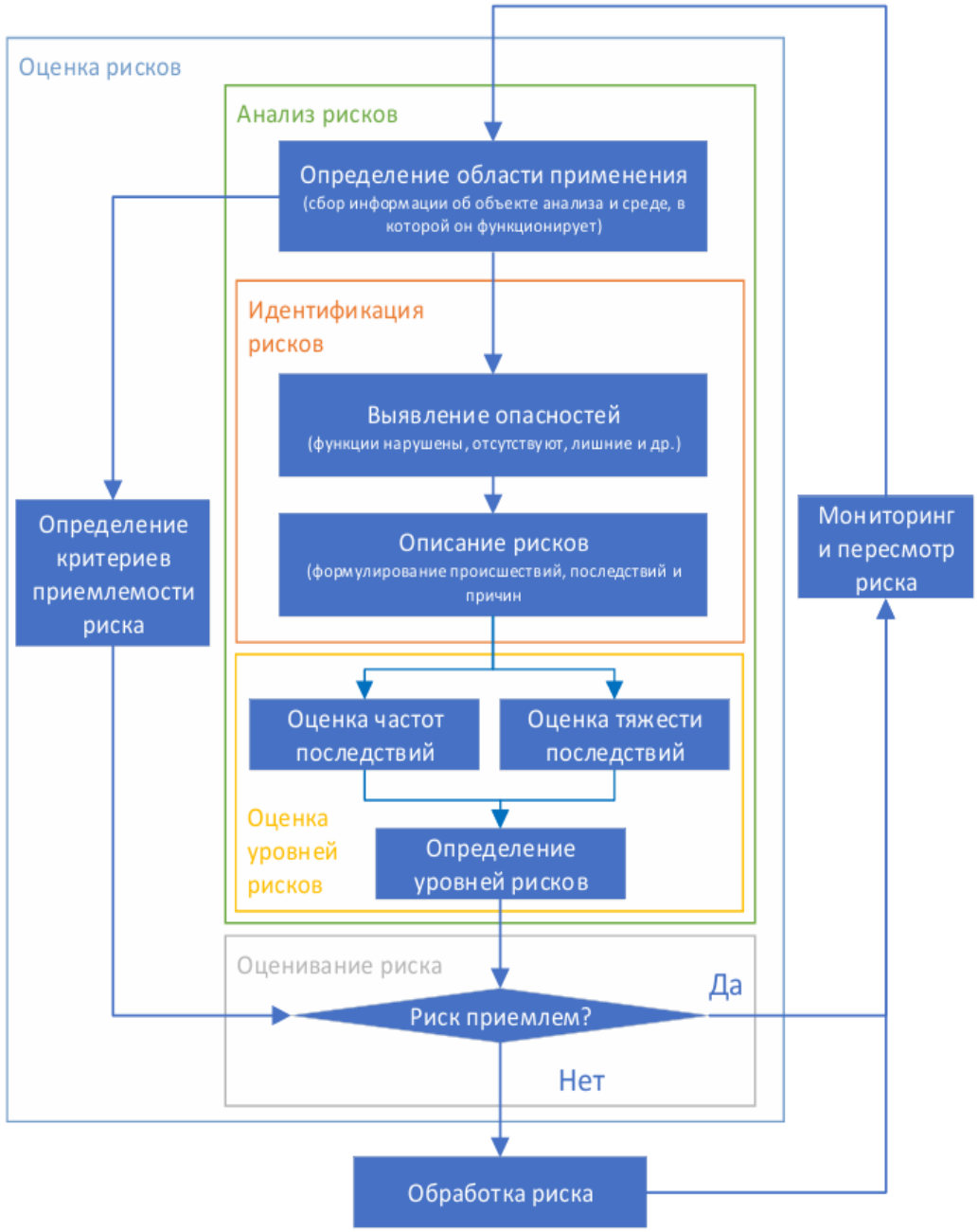
# ТНПА в области ФБ

| EN 50126/50128/50129 | IEC 61508 |
|---|---|
| – предназначен для АСУ железнодорожным транспортом, но не каждый вид рельсового транспорта (в т.ч. СТ) может быть признан железнодорожным. Требуется решение регулирующего органа | + предназначен для широкого класса Э/Э/ЭП-систем, связанных с безопасностью, в качестве основополагающего (при разработке специальных или отраслевых стандартов) и в качестве самостоятельного |
| | + аккредитовано больше ОС/ИЦ/НИЛ |
| – ПО посвящен EN 50128-2011, который устарел и в РБ не принят как национальный | + ПО посвящен ГОСТ IEC 61508-3-2018 |
| + этапы ЖЦ (12) по EN 50126 почти совпадают с ЖЦ по ГОСТ 33432. В ГОСТ 33432 добавлены этапы 12 «Мониторинг эксплуатационных характеристик» и 13 «Модификация и модернизация» | – этапы ЖЦ (16) по IEC 61508 значительно отличаются от ЖЦ ГОСТ 33432. Этапы 6-9, 11 предполагают только планирование (эксплуатации, ТО, подтверждения соответствия, установки и ввода в эксплуатацию) |
| | + в ГОСТ 33432, ГОСТ 33435, ГОСТ 34012 и др. присутствуют ссылки на требования (в т.ч. по SIL) IEC |
| – EN применяются в Европе и ОАЭ | + IEC 61508 - международный |

# Обоснование требований к ФБ

Оценка рисков:

- ключевой этап процесса управления рисками;
- один из методов формирования требований к безопасности объектов;
- нормирования уровня безопасности,
- анализа эффективности мероприятия по снижению рисков.



# Стандарты по оценке рисков

- **ГОСТ 33433-2015** Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте.
- **ГОСТ ISO 12100-2013** Безопасность машин. Основные принципы конструирования. Оценки риска и снижения риска.
- **ГОСТ Р ИСО 31000-2019** Менеджмент риска. Принципы и руководство.
- **ГОСТ Р 51897-2021** Менеджмент риска. Термины и определения.
- **EN 50126-1:2017** Железные дороги. Требования и подтверждение надёжности, готовности к эксплуатации, ремонтопригодности и безопасности – Часть 1: Общий процесс обеспечения RAMS.
- **ГОСТ ISO 14971-2021** Изделия медицинские. Применение менеджмента риска к медицинским изделиям.
- **ГОСТ Р МЭК 61508-2012** Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Ч.1, 4, 5.
- **СТБ IEC 31010-2022** Менеджмент рисков. Техники оценки риска.

# Особенности стандартов по оценке рисков

- не регламентируют шкалы уровней частот и тяжести последствий, уровней рисков (содержат только примеры и общие подходы определения шкал);
- не дают указаний по оценке уровня тяжести последствий: как наиболее вероятного или наиболее опасного события, средневероятного или средневзвешенного значения ущерба;
- не дают указаний по комплексной оценке последствий, которые реализуются одновременно по нескольким критериям (угроза жизни людей, экологический, экономический ущерб, повреждение объектов транспорта и т. д.);
- не дают указаний по масштабированию частоты событий на размеры системы, для которой нормируется риск. Например, «невероятные» происшествия, связанные с одним объектом, в условиях применения миллиона однотипных объектов могут приводить к «частым» последствиям;
- имеют неточности.

# Методики оценки рисков

- Методические рекомендации по оценке рисков на железнодорожной инфраструктуре. ОАО «РЖД». Утверждены ОАО «РЖД» 21.11.2011 г.
- Методика оценки рисков, связанных с функционированием моторвагонного подвижного состава. ОАО «РЖД». Утверждены решением №546/р ОАО «РЖД» 13.03.2020 г.
- Руководство по планированию и проектированию железнодорожного обеспечения Дубая. Системные требования. Приложение 8. Стратегия безопасности. V01.01.A08.

# Методика оценки рисков

А) **устранены терминологические неточности,** благодаря анализу множества ТНПА;

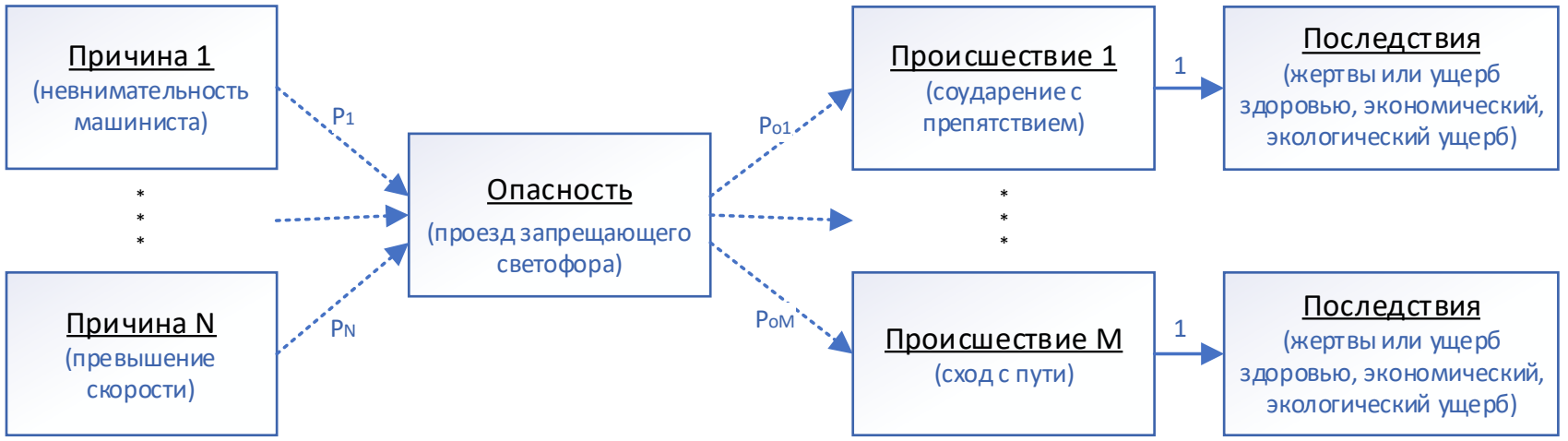
Б) **шкалы** уровней частот последствий, уровней тяжести последствий и уровней рисков **откалиброваны и утверждены** руководством компании - Владельца активов. При этом, значения нормируются для СТК;

В) **предложена формальная методика оценки уровня частоты последствий** с учетом количества эксплуатируемых объектов;

Г) **предложена формальная методика оценки уровня тяжести последствий** в том числе, характеризующихся широким спектром ущерба (репутационные, экономические, экологические, жизнь и здоровье людей).

# Термины

- **Риск** (risk): сочетание (функция) частоты реализации негативных последствий (вреда, ущерба) опасности и тяжести этих последствий.
- **Опасность** (hazard): событие, которое может привести к происшествию с негативными последствиями.
- **Причина опасности** (cause): событие, которое с некоторой вероятностью может повлечь опасность.
- **Происшествие** (accident): событие, при котором реализуются последствия (вред, ущерб).
- **Последствие** (consequence): результат воздействия происшествия на объект.



# Методика оценки рисков

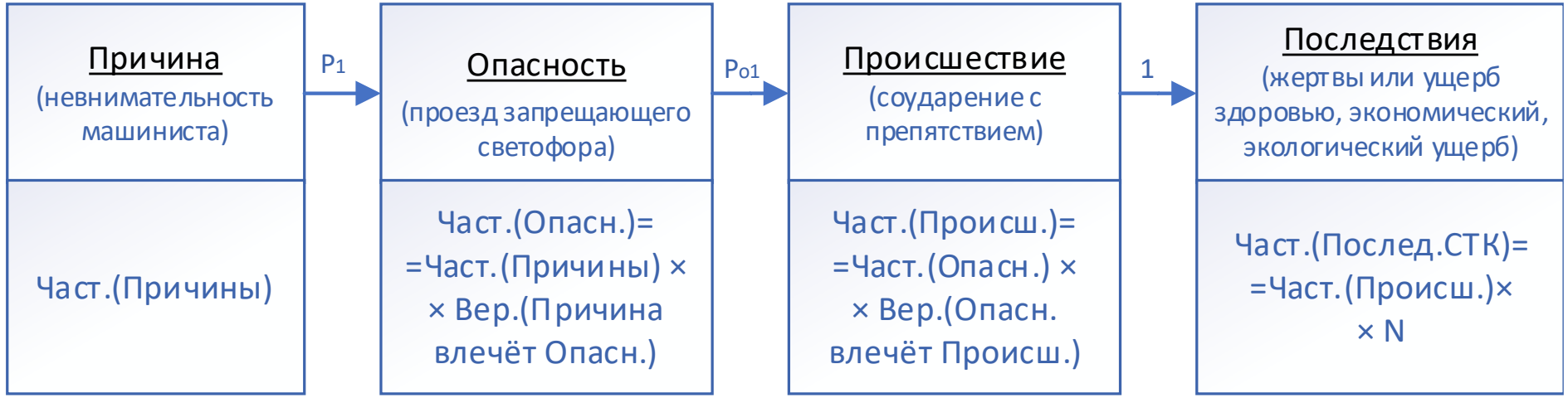
А) **устранены терминологические неточности,** благодаря анализу множества ТНПА;

Б) **шкалы** уровней частот последствий, уровней тяжести последствий и уровней рисков **откалиброваны и утверждены** руководством компании - Владельца активов. При этом, значения нормируются для СТК;

В) **предложена формальная методика оценки уровня частоты последствий** с учетом количества эксплуатируемых объектов;

Г) **предложена формальная методика оценки уровня тяжести последствий** в том числе, характеризующихся широким спектром ущерба (репутационные, экономические, экологические, жизнь и здоровье людей).

# Оценка уровня частоты последствий




- потоки Причин – пуассоновские, характеризуются только интенсивностью (частотой) событий;
- потоки Опасностей и Происшествий – образованы случайным прореживанием исходного потока Причин, являются пуассоновскими;
- Происшествие реализуется Последствиями наверняка (с вероятностью 1), при этом реализуется для всех N объектов в составе СТК.
- Поток Последствий определяется суперпозицией потоков Происшествий для N объектов, следовательно, он тоже пуассоновский.

# Особенности утвержденных шкал и методики оценки уровней частот последствий

+ шкалы уровней частот последствий, тяжести последствий и рисков являются едиными для всего СТК и его подсистем с учетом количества однотипных подсистем;

- для каждого отдельного проекта СТК указанные шкалы должны быть согласованы Органом по сертификации и Регулирующим органом;

+/- требования к ФБ подсистем СТК «пропорциональны» их количеству в составе СТК.

# Методика оценки рисков

А) **устранены терминологические неточности,** благодаря анализу множества ТНПА;

Б) **шкалы** уровней частот последствий, уровней тяжести последствий и уровней рисков **откалиброваны и утверждены** руководством компании - Владельца активов. При этом, значения нормируются для СТК;

В) **предложена формальная методика оценки уровня частоты последствий** с учетом количества эксплуатируемых объектов;

**Г) предложена формальная методика оценки уровня тяжести последствий.**

Последствия характеризуются несколькими (4) критериями:
- жизнь и здоровье людей;
- величина экономического ущерба от простоя;
- повреждение подвижного состава;
- повреждение инфраструктуры.

Величина ущерба по каждому критерию – случайная величина.

Необходима гармонизация однотипных уровней тяжести последствий по каждому критерию.

# Оценка уровня тяжести последствий

1. отдельно по каждому из 4 критериев ущерба предлагается дать экспертную оценку математического ожидания величины ущерба;
2. по величине ущерба определяется дискретный уровень тяжести ущерба в соответствии со шкалой уровней тяжести последствий;
3. среди 4 уровней тяжести последствий по 4 различным критериям выбирается наибольший (пессимистичный).

# Способы обеспечения ФБ

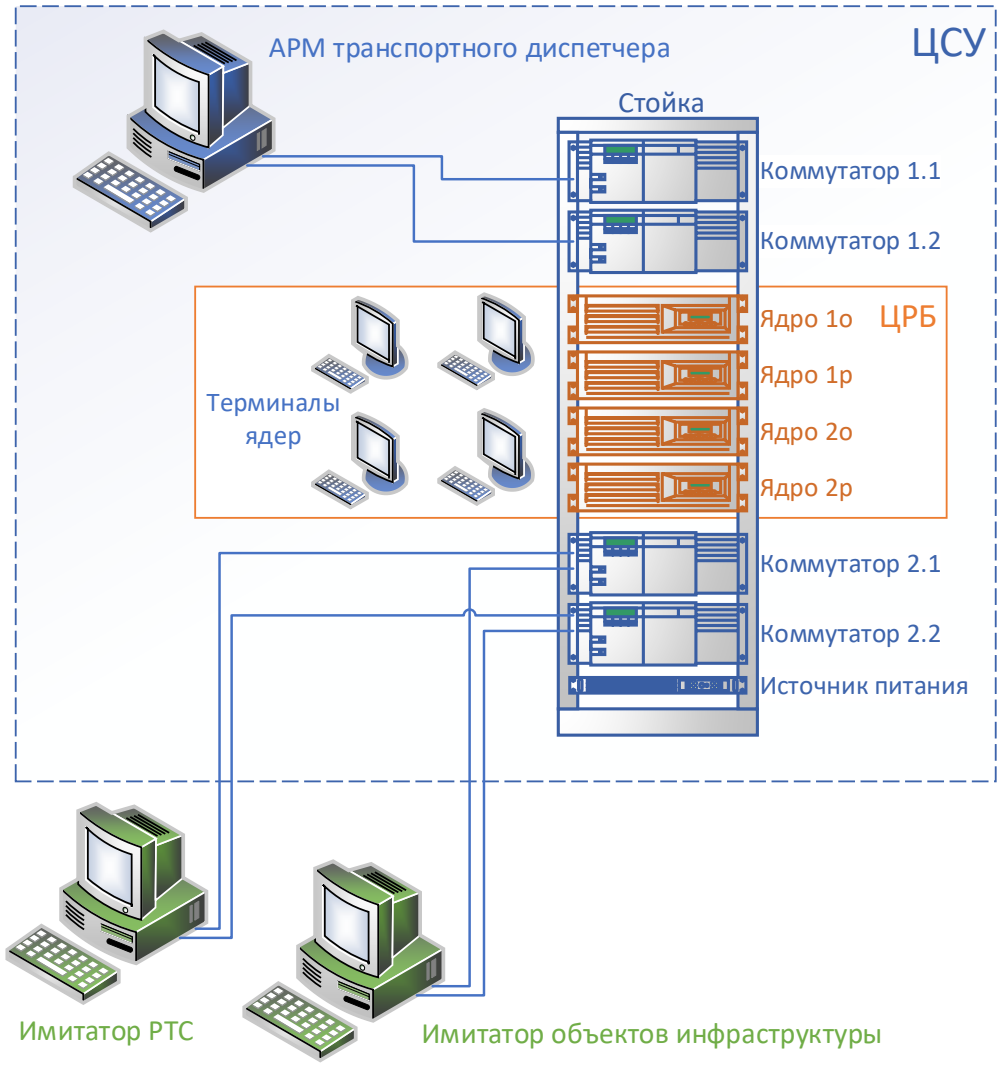
1) использование высоконадежной элементной базы (концепция безотказности);
2) использование элементной базы с известным распределением видов отказов и специальное построение системы, чтобы вероятные отказы элементов не приводили к отказу выполняемых системой функций безопасности (концепция безопасного поведения при отказах);
3) резервирование (структурное, информационное, временное) с обеспечением независимости отказов резервных подсистем и отсутствия отказов по общим причинам;
4) диагностирование.

# Структура требований к ФБ IEC 61508

# Подтверждение соответствия требований к ФБ

# Подтверждение соответствия требований к ФБ

Стендовые испытания АСУ перевозочным процессом



# Проблемы внедрения объектов СТ

Проблемы:

- определение регулирующего органа, согласующих инстанций;
- определение состава разрешительных документов;
- определение требований к эксплуатирующей и обслуживающей организации.

Решения:

- ГОСТ 33477, ГОСТ 33432;
- опыт метрополитенов;
- опыт RTA (ОАЭ).

Unitsky
String
Technologies

# Спасибо
# за внимание!