

С.Л. Гольдин

Факторы RAMS

и опыт внедрения стандартов RAMS при поставках подвижного состава

В настоящее время в процессе реализации любого железнодорожного проекта европейские компании — разработчики и изготовители вынуждены особенно тщательно подходить к вопросам обеспечения безотказности, доступности (эксплуатационной готовности), ремонтпригодности и безопасности поставляемой продукции (факторы RAMS — Reliability, Availability, Maintainability, Safety) [1–3]. Эти показатели позволяют связать технические и эксплуатационные характеристики продукции, которые формируются на стадиях жизненного цикла «Проектирование» и «Производство», с результатом, в том числе экономическим, получаемым уже на стадии эксплуатации, и перераспределить между клиентом и поставщиком риски при эксплуатации продукции.

Отдельные показатели RAMS стали включаться в условия контрактов на поставку вооружений еще в период Второй мировой войны, и именно положительные результаты их применения побудили потребителей гражданских технических устройств и систем воспользоваться этим опытом. В середине 1960-х годов показатели RAMS стали проникать в контракты на поставку железнодорожных систем, сначала как показатели безотказности, а затем и доступности, ремонтпригодности, безопасности. Широкое распространение

в практике европейских контрактов на поставку железнодорожной техники факторы RAMS получили в последние 10–15 лет. Некоторые из них применялись и в договорах или технических заданиях на поставку железнодорожной техники российскими производителями. В данной публикации рассматривается системный подход к применению факторов RAMS на основе опыта таких ведущих европейских производителей железнодорожных систем, как Bombardier Transportation, Lecov, Cleary System Engineering.

Нормируемые подходы к достижению RAMS

Общепринятые рекомендации, содержащиеся в комплекте европейских стандартов [4–8], обычно определяемых как стандарты RAMS, описывают в общем виде базовые требования и процедуры, которым должны следовать производители железнодорожной техники для достижения необходимых показателей RAMS, при этом процедуры их реализации на этапах жизненного цикла продукции не детализируются. В связи с этим достижение факторов RAMS зависит в первую очередь от квалификации в области RAMS изготовителя (разработчика) и его опыта практического применения этих рекомендаций в процессе разработки и производства продукции.

Как правило, достижение RAMS обеспечивается реализацией программного плана RAMS (RAMPP), иногда называемого программой достижения RAMS. При этом общие принципы и требования рекомендаций, являющиеся базовыми положениями данного плана, адаптируются к определенным специфическим условиям изготовителя и производимому продукту.

Программный план RAMPP включает три основные части:

- анализ требований клиента;
- предварительная оценка надежности системы и ее частей;
- демонстрация надежности.

Взаимодействие этих трех основных частей RAMPP и их после-

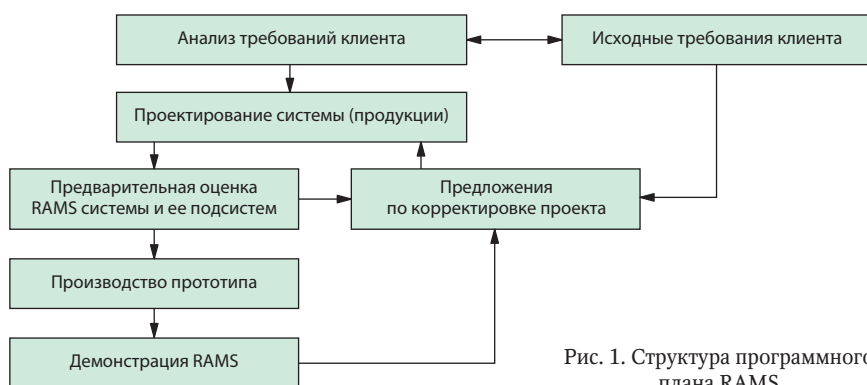


Рис. 1. Структура программного плана RAMS

довательность в процессе проектирования и производства приведены на рис. 1.

Таким образом, RAMPP охватывает основные стадии жизненного цикла продукции, но существенную роль в достижении RAMS в нем играют стадии проектирования и производства, так как они имеют обратные корректирующие связи.

Составление предварительного программного плана RAMS

Итак, программный план RAMS или RAMPP — это средство, при помощи которого изучаются и контролируются действия и прогресс в выполнении требований RAMS к изготавливаемой продукции на стадиях жизненного цикла. RAMPP определяет действия, функции, процессы, стратегию испытаний, изменение, сбор данных, ресурсы и график достижения RAMS продукта. Этот программный план должен отражать как договорные, так и эксплуатационные требования на необходимых уровнях достоверности (если необходимо), определять административную и организационную структуру органов, ответственных за деятельность по достижению RAMS.

RAMPP устанавливает методику проектирования, которая будет использоваться, стратегию испытаний, определяет мероприятия и процессы, которые должны обеспечить сохранение необходимых уровней RAMS в производстве, а также будущие планы мониторинга RAMS в условиях эксплуатации и необходимые инструменты для принятия корректировочных мер.

Эффективный RAMPP позволяет достичь сокращения общих затрат, особенно в рамках расходов по эксплуатации в течение срока службы (LCC). Такая программа может включать задачи анализа, которые способны заменить тестирование или применить стратегию

тестирования в плане достижения характерных показателей RAMS с более значительным эффектом, чем при использовании аналитических методов. Качественно спланированная разработка и программа тестирования обеспечат соответствие проекта потребностям пользователя по RAMS и устранение потенциальных дефектов, которые могут появиться в ходе проектирования или создания до того, как продукция будет передана клиенту.

Требования клиента к системе

Установление требований клиентом

Первичным источником требований к вновь создаваемой продукции (системе) является клиент. Как известно, существуют три основных типа требований: функциональные, эксплуатационные и ограничительные.

Функциональные требования определяют необходимую задачу, действие либо меры, которые должны быть предприняты, или же конкретно то, что именно система должна обеспечивать.

Эксплуатационные требования характеризуют, насколько хорошо система должна функционировать в ожидаемых условиях эксплуатации.

Ограничительные требования налагаются на систему по законодательным, юридическим, политическим, стратегическим, процессуальным, моральным, технологическим или интерфейсным условиям.

Основные факторы, учитываемые при разработке исходных требований клиента

Исходные требования RAMS должны выбираться на основе типа производимых систем (т. е. разовых или восстанавливаемых систем), концепции обслуживания и концепции применения системы.

Для любого продукта ключевыми вопросами RAMS, с точки зрения пользователя, являются следующие:

- какие показатели применяемых RAMS важны?
- какие уровни применяемых RAMS необходимы?
- как и когда будут оценены достижимые уровни применяемых RAMS?
- как будет измеряться прогресс в достижении заданных уровней применяемых RAMS?
- как и когда будут определяться достигнутые уровни применяемых RAMS?
- как требования пользователя к применяемому RAMS могут быть «переведены» в договорные требования?

Анализ требований клиента

Так как клиент определяет требования, например, к железнодорожной системе или изделию и, следовательно, априори устанавливает желаемый уровень безотказности и безопасности заказываемой продукции, процесс взаимодействия изготовителя с конкретным клиентом является существенным компонентом, оказывающим влияние на формирование RAMPP и на реализуемый изготовителем подход к безотказности и безопасности в процессе разработки и производства. В связи с этим основные положения RAMPP должны фиксировать как подход (технические и технологические возможности) изготовителя (разработчика) к вопросу достижения требований RAMS, так и первоначальные требования клиента, а также требования, которые могут быть им высказаны уже при реализации RAMPP.

При анализе требований клиента и разработке требований RAMS проекта целесообразно следующее:

- определение характеристик системы, которые прямо или косвенно обеспечивают достижение RAMS

при удовлетворении требований клиента к ее функционированию;

- распределение факторов RAMS для различных уровней системы (т. е. подсистема, компонент либо уровень сборки), понятных инженерам-конструкторам и технологам.

Потребности пользователя выражаются в эксплуатационных условиях, которые явно или неявно относятся ко многим факторам, влияющим на RAMS. Некоторые из этих факторов находятся вне контроля проектировщика, так как определяются политикой, финансированием и другими нетехническими вопросами. В связи с этим при проектировании требований RAMS следует принимать во внимание пять видов влияющих на них факторов:

- собственные проектные;
- «внешние» (проектирования);
- инфраструктурного обеспечения;
- концепции эксплуатации;
- эксплуатационных условий.

Установление требований RAMS на стадии проектирования

Факторы RAMS требуют тщательной проработки и должны быть точно сбалансированы между технологической осуществимостью, эксплуатационными потребностями и пожеланиями клиента. Это связано с тем, что нереально высокие требования будут повышать затраты и нецелесообразно отклонять программу разработки, а слишком низкие приведут к получению низкого уровня безопасности, неудовлетворительной работе системы в реальных эксплуатационных условиях, высоким затратам на эксплуатацию и техническое обслуживание.

Руководитель проекта должен преобразовать потребности клиента в следующие программу и системные требования:

- задачи для функциональных параметров и их предельные значения;

- ограничения доступности по цене;

- ограничения в отношении графика работы;

- технические ограничения.

Существенное внимание при разработке требований RAMS должно быть уделено однозначному пониманию клиентом и разработчиком определения понятий «Отказ», «Сбой» и «Ложная тревога». Это оказывает существенное влияние на показатели RAMS системы по следующим причинам:

- не все сбои влияют на выполнение задачи, но некоторые могут повлиять на эксплуатационное сопровождение, обслуживание и систему материального обеспечения;

- не все отказы в нижних уровнях вызывают невыполнение задачи. Такой обнаруженный отказ может вызвать отказ на более высоком уровне, но может и не вызвать его. Например, если в системе есть резервные компоненты, то отказ одного из них может и не вызвать невыполнения задачи. Если же резервных компонентов нет, то отказ может вызвать полную потерю функциональности, но может и лишь ухудшить ее;

- во многих случаях происходит событие, которое ухудшает рабочие характеристики изделия до уровня ниже желательного, но не вызывает полной потери функциональности изделия. Например, отказ некоторых электронных блоков, вплоть до отдельного тягового преобразователя, может снизить тяговые свойства локомотива. Однако последний сохраняет работоспособность, хотя и работает в менее эффективном режиме.

В каждом из предыдущих примеров основная функция продолжает выполняться системой, но способность системы к выполнению этой функции ухудшается. Таким образом, вопрос следует ставить так: следует ли рассматривать ухудшенные рабочие характеристики как сбой. Ответы могут быть разными, в за-

висимости от задачи, функции, особых требований системы, а также от особых требований пользователя. Определение должно быть четким и точным, иначе имеется реальная опасность того, что разработанное оборудование не будет в полной мере отвечать требованиям пользователя. Указанное определение также должно охватывать так называемые ложные тревоги, так как они могут иметь такой же эффект, как и фактический сбой, и часто пользователь не может различить фактический сбой и ложную тревогу.

Предварительная оценка требований RAMS

Оценка RAMS — это продолжительный процесс определения их уровня, достигнутого во времени в любой точке жизненного цикла системы. Оценка начинается на самых ранних стадиях программы разработки и продолжается в течение всего срока эксплуатации. Возможность проведения оценки и качество оценки зависят от имеющейся информации. В связи с этим предварительная оценка RAMS, основанная, прежде всего, на накопленных данных, обычно бывает довольно приблизительной. Ее точность повышается по мере проведения анализа, развития проекта и сбора результатов испытаний компонентов, подсистем и системных уровней, а затем и результатов эксплуатации.

Одним из основных используемых технических приемов оценки RAMS является анализ другой подобной системы или метод сравнительного анализа, который разработан как средство выполнения предварительной оценки системы. Основными целями сравнительного анализа являются:

- определение рисков, связанных с безопасностью, надежностью и ремонтпригодностью, выполнение работ по снижению числа аварийных ситуаций и разработка техно-

логий, направленных на удовлетворение потребностей пользователя;

- расчет исходной безопасности, надежности и ремонтпригодности, доработка проекта в отношении улучшения этих показателей.

На стадии разработки, посвященной выбору концепции системы, количество доступной индивидуальной информации о RAMS обычно незначительно, что вынуждает аналитиков проводить исследование на основе предположений и использовать опыт работы с аналогичными системами. Основной характеристикой сравнительного анализа является оценка нового оборудования при помощи информации и характеристик RAMS подобного, уже используемого оборудования. Эта оценка должна быть проведена на уровне системы, подсистемы, компоновочного узла или отдельного компонента, в зависимости от того, где сходство является наибольшим. Основой этого метода является предположение, что оборудование будет работать или изменяться предсказуемо. Это дает основания полагать, что разрабатываемое подобное оборудование будет иметь сходный уровень надежности. Факторы, которые должны быть рассмотрены, включают в себя проект системы, требования для выполнения задачи, производство, физическое сравнение, эксплуатационное применение и факторы окружающей среды.

Как уже отмечалось, применение показателей RAMS в контрактных отношениях существенно упрощает оценку реальных эксплуатационных достоинств, а иногда и недостатков поставляемой продукции. Документальной основой процесса оценки является протокол RAMS.

Разработка протокола RAMS

С самого начала новой разработки или крупной программы модификации команда разработ-

чиков совместно с пользователями должна применять непрерывный процесс оценки достижения RAMS для определения и документирования потенциала и ограничений, налагаемых уровнем надежности, ремонтпригодности и доступности, обращая особое внимание на эксплуатационные эффекты. Протокол RAMS является доказательством обоснования метода и документов на всем протяжении процесса поставки. Этот документ подтверждает, что система отвечает установленным требованиям RAMS. Он включает подтверждение того, что требования RAMS достижимы и верно истолкованы компанией-разработчиком. Хорошо документированный протокол RAMS дает большие преимущества любому процессу приобретения. В то же время если требования RAMS не достигнуты в полной мере, то преимущества, даваемые наличием протокола RAMS, еще больше возрастают, так как этот протокол документирует шаги, предпринятые для достижения требований RAMS, и позволяет более обоснованно разработать корректирующие мероприятия.

Протокол RAMS может основываться на доказательствах различных типов, которые, однако, должны находиться в рамках предположений, заявленных в RAMPP. Метод, используемый в каждом отдельном случае, может быть выбран по усмотрению поставщика как соответствующий характеру каждого рассматриваемого требования. Обычно применяют следующие методы:

количественное подтверждение: этот подход основан на определенном методе анализа для формирования показателей, которые демонстрируют требуемые (или желаемые) характеристики RAMS в целевой системе. Этот тип подтверждения также включает результаты любых испытаний или демонстраций, проводимых как часть RAMPP;

качественное подтверждение: подход базируется на процессах, используемых для разработки и обслуживания системы. Качественное подтверждение выполнения требований RAMS осуществляется демонстрацией качества, завершенности и комплексности, лежащих в основе процессов проектирования и управления;

подтверждение прошлыми данными или сравнительное подтверждение, которое включает использование данных о других аналогичных системах, исследовавшихся для других клиентов. Сравнительное подтверждение может иметь отношение к системе, которая является разновидностью рассматриваемой или имеет с ней сходство и произведена одним и тем же поставщиком. Предоставленные данные могут включать количественный и качественный аспекты продукта и информацию о соответствующих службах поддержки.

Протокол неразрывно связан с программным планом RAMS и является совокупностью всех результатов RAMS, которые были получены в путем инженерного проектирования, проверок и испытаний, а также из эксплуатационных данных.

Путем оценки протокола RAMS в любое время инженеры и руководители проекта могут получить практическое представление о достигнутом уровне RAMS. Важно также, что тем самым они получают информацию о том, какие действия могут потребоваться для исправления любого обнаруженного дефекта или устранения выявленных рисков и проблем.

Для того чтобы отвечать требованиям RAMS, протокол вместе с RAMPP предоставляет результаты, при помощи которых отражается следующее:

- требования клиента к RAMS определены, продемонстрированы, понятны клиенту и поставщику;
- в RAMPP разработана стратегия, которая наряду с соответствующим

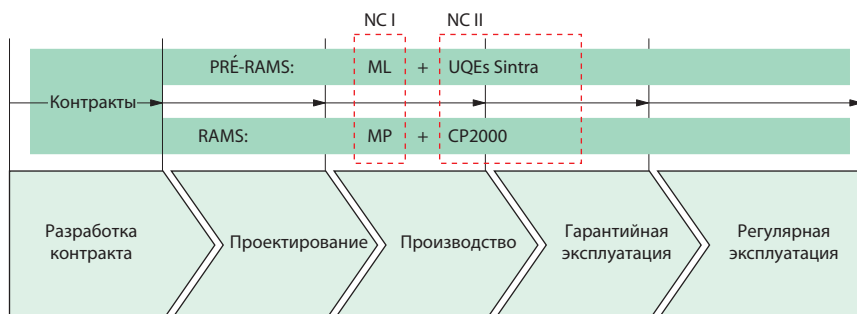


Рис. 2. Уровни анализа на стадиях жизненного цикла

критерием успешного результата определяет программу действий по RAMS, доказывающих, что их осуществление позволит достигнуть требований RAMS;

- клиенту даются продолжительные гарантии того, что требования RAMS будут удовлетворены;
- риски RAMS и стратегия управления четко определены при достижении требований RAMS;
- создается отчет (с данными о статусе) о протоколе RAMS, где указано, как выполняются требования RAMS на всех стадиях жизненного цикла.

Анализ результатов применения показателей RAMS в контрактах на поставку подвижного состава

Технология перераспределения рисков между поставщиком и потребителем на этапе эксплуатации в результате применения в контрактных условиях факторов RAMS может быть продемонстрирована с помощью результатов анализа, выполненного на основе условий четырех контрактов, которые реализовала компания Bombardier Transportation Portugal (BTP) [9]. В одних из них (контракты ML, UQEs Sintra) показатели RAMS не использовались (Pré-RAMS), а в контрактах MP и CP2000 они уже применялись.

Подробные характеристики данных показателей отображены в табл. 1 и 2. В этих таблицах, а также на рис. 2 отображены все аспек-

ты, связанные с факторами RAMS на сравнительных уровнях NC1 и NC2. Данные аспекты касаются не только показателей, но и других параметров и условий, косвенно или напрямую связанных с факторами RAMS.

Что касается самих показателей, то в некоторых контрактах договорные условия предусматривают штрафные санкции, применяемые в зависимости от степени невы-

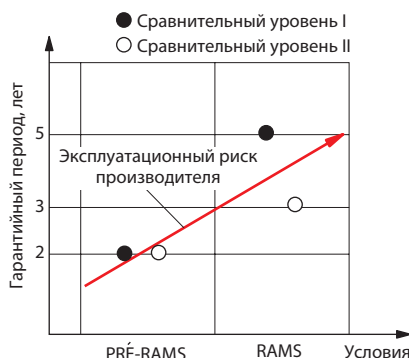


Рис. 3. Вариации гарантийного периода в случаях Pré-RAMS и RAMS

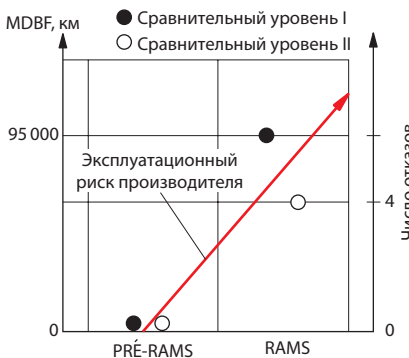


Рис. 4. Вариация контрактных требований по показателям надежности в случаях Pré-RAMS и RAMS

полнения договорных обязательств. Штрафы могут быть значительными даже по сравнению с общей стоимостью контрактов (см. табл. 1, 2). Таким образом, в этом случае реализуется передача рисков от клиента (эксплуатанта) производителю.

Все договоры предусматривают предоставление для поставляемых систем определенного гарантийного периода, в течение которого ремонт и замена составных частей, так же как и приведение систем в надлежащее рабочее состояние, относятся к зоне ответственности производителя, за счет которого осуществляются все указанные действия. Данный аспект напрямую связан с надежностью работы систем, так как здесь учитывается возможность возникновения неполадок в их работе. Увеличение длительности гарантийного периода также способствует передаче рисков производителю (рис. 3).

Введение в контракт на поставку показателей фактора безотказности также смещает риски от клиента (эксплуатанта) к производителю. Упомянутыми показателями являются MDBF (Mean Distance Between Failures – средний пробег между отказами) и число неисправностей на 1 млн. км пробега. На рис. 4 представлены контрактные требования, соответствующие данным показателям, а также возможные случаи применения штрафных санкций в течение гарантийного периода. Данный факт отображается в передаче эксплуатантом транспортных средств части эксплуатационных рисков производителю.

Анализируя фактор эксплуатационной готовности, следует отметить, что, с одной стороны, на сравнительном уровне I (NC I) в условиях Pré-RAMS полностью отсутствуют какие-либо контрактные требования по данному критерию, тогда как в условиях контракта RAMS этому вопросу было уделено много внимания. Можно также отметить наличие различных пока-

Таблица 1

Описание факторов RAMS, присутствующих в договорных условиях и обязательствах ВТР в сравнительном уровне I

Факторы RAMS	Показатели и условия RAMS	Pré-RAMS		Штрафные санкции
		Контракт ML	Контракт MP	
Надежность	$MDBF_{контр}^1 / MDBF_{реал}$ $MDBF_{чит} = 95\,000\text{ км}$	—	95 000/ $MDBF_{реал} / < 1$	Штраф = $= (95\,000 / MDBF_{реал} - 1) \times$ ежемесячный счет
	МКВФ ² или MDBF	Предоставляется производителем для наиболее важных систем		Отсутствуют
	Гарантия на системы ³	2 года	5 лет	Стоимость ремонтных работ, модификации и замены комплектующих
	Особенности гарантии на комплектующие системы ⁴ : кузова вагонов; вагонные тележки; компрессорное оборудование; электрическое и электронное оборудование; электропроводка	От 3 до 10 лет. Большинство комплектующих систем имеют особую гарантию от 4 до 5 лет. Только пассажирские сиденья имеют гарантию 3 года, а каркасы вагонных кузовов — 10 лет	—	
Доступность	До ⁵ (доступность обслуживания)	—	Показатель До > 98%	Процент от ежемесячного счета: До (97,5; 97,99) ≥ 98% До (97; 97,49) ≥ 95% До (96,5; 96,99) ≥ 90% До (96; 96,49) ≥ 80% До (95,5; 95,99) ≥ 60% До (95; 95,49) ≥ 30% До ниже 95 ≥ 0%
	Дл ⁶ (доступность парка)	—	Дл > 98%	Штраф = (98 – Дл) × ежемесячный счет/100. Не более 20% ежемесячного счета
	Время простоя ⁷	—	Месячное время простоя < 100 ч	Штраф = [(месячное время простоя – 100)/100] × ежемесячный счет. Не более 10% ежемесячного счета
Ремонтно-пригодность	Связана с эксплуатационной готовностью	—	—	—
Безопасность	Спецификации по активной безопасности	Да		—
	Спецификации по пассивной безопасности	Нет		—
	Система контроля безопасности	Нет	Да	—

¹ MDBF — среднее пройденное расстояние между техническими сбоями. Техническим сбоем считается возникновение неполадок технического характера, повлекших за собой перерыв движения более чем на 5 мин, эвакуацию или посадку пассажиров на другие транспортные средства, либо приостановку оказываемых транспортных услуг. $MDBF_{контр}$ — контрактный MDBF, установленный на 95 тыс. км; $MDBF_{реал}$ — реальный накопленный MDBF, рассчитанный на основании отчетов о ежедневных происшествиях.

² МКВФ — средний пробег между поломками (Mean Kilometer Between Failures). Поломкой считается сбой в эксплуатации и выход из строя транспортного средства более чем на 2 мин.

³ Гарантийный период начинается с момента временной приемки любой комплектующей.

⁴ Гарантийный период начинается с момента временной приемки каждого UGE-поезда.

⁵ До — отношение разности запланированного количества часов эксплуатации и количества часов прерванной эксплуатации к запланированному часам эксплуатации. Запланированное количество часов эксплуатации — это общее время в часах, запланированное для оказания пассажирам транспортных услуг в нормальном эксплуатационном режиме. Количество часов прерванной эксплуатации — это общее количество часов времени простоя (в соответствии с договорными условиями, установленными для различного времени суток), связанного с прерыванием функционирования транспортного средства в связи с возникновением технических сбоев или неисправностей при нормальном режиме.

⁶ Дп — процентное отношение числа эксплуатируемых поездов к числу запланированных. Данные меры предпринимаются ежедневно, но рассчитываются ежемесячно.

⁷ Месячное время простоя — общее время (в соответствии с договорными условиями, установленными для различного времени суток) реального простоя.

Описание факторов RAMS, присутствующих в договорных условиях и обязательствах ВТР в сравнительном уровне II

Факторы RAMS	Показатели и условия RAMS	Pré-RAMS		Штрафные санкции
		Контракт UQEs Sintra	Контракт CP2000	
Надежность	Происшествия ¹ /1 млн. км пробега парка	—	< 4	Общее число происшествий по всему парку для общего количества километров, пройденных транспортными средствами, экстраполированное на 1 млн. км. В случае невыполнения гарантия продлевается на соответствующий период
	Гарантия на системы ²	2 года	3 года	
	Особые гарантии на комплектующие системы ³ : двигатели; редукторы и другие элементы тяговой передачи; комплекты колесных пар; наружная окраска вагонов; электронные преобразователи мощности	—	5 лет или пробег 800 тыс. км (что произойдет раньше)	
Доступность	DCR/AFE ⁴	—	100%	0,2% обновленной стоимости первого полученного поезда UQE за каждый день просрочки, но не более 10% обновленной стоимости поезда
	Общее время простоя ⁵ каждого поезда UQE (в течение гарантийного периода)	< 30 дней		1% обновленной стоимости поезда UQE/сут. Не более 10% обновленной стоимости поезда. Не более 15% показателя «da soma dos valores atualizados» (предыдущий и нынешний показатели)
Ремонто-пригодность	Связана с эксплуатационной готовностью	—	—	—
Безопасность	Спецификации по активной безопасности	Да		—
	Спецификации по пассивной безопасности	Нет		—
	Система контроля безопасности	Нет		—

¹ Происшествие — это любое событие, повлекшее за собой следующее: задержку эксплуатации более чем на 5 мин; необходимость технического вмешательства; перерыв в движении поездов.

² Гарантийный период начинается непосредственно с момента временной приемки каждого поезда UQE.

³ Гарантийный период начинается непосредственно с момента временной приемки каждого поезда UQE.

⁴ AFE — общее количество поездов по данному контракту (22 электропоезда UME); DCR — корректируемая доступность. Число поездов UME рассчитывается по формуле $DCR = D_{ix} +$ (поезда UME, обслуживаемые по уровню 3 или выше + поезда UME, не готовые к эксплуатации не по вине поставщика). Здесь D_{ix} — непосредственная доступность или число поездов UME, полностью пригодных к эксплуатации клиентом. Непосредственная доступность — с 8.00 до 16.00 ежедневно. Отношение DCR/AFE должно составлять 100% для данных временных интервалов.

⁵ Нерабочими (простаивающими) считаются поезда UME, которые простояли как минимум 24 ч по вине производителя, за исключением тех поездов, которые находятся на плановом осмотре.

зателей эксплуатационной готовности с минимальными требованиями для их выполнения при эксплуатации транспортных средств в течение гарантийного периода (До, Дп

и «Месячное время простоя»). С другой стороны, на сравнительном уровне II (NC II) показатель «Общее время простоя поезда» (UQE) присутствует в обоих контрактных

условиях (Pré-RAMS и RAMS) с одинаковыми значениями и контрактными требованиями. Более того, здесь появляется новый показатель для условия RAMS, а имен-

но «Доступность транспортных средств» (DCR/AFE), исчисляемая для двух временных интервалов (при эксплуатации во время гарантийного периода). Когда данный показатель находится ниже 100%, к производителю начинают применять штрафные санкции. Таким образом, можно выделить два типа показателей эксплуатационной готовности: накопленные и накопительные. Показатели «Общее время простоя поезда» (UQE) и «Месячное время простоя» относятся к первому типу, а показатели До, Дп и DCR/AFE — ко второму.

Следует отметить значительное увеличение рисков производителя, переданных ему клиентом, в условиях применения накопительных показателей готовности, исчисляемых при эксплуатации транспортных средств во время гарантийного периода, с применением штрафных санкций к производителю за несоблюдение контрактных обязательств. Реально же контрактные условия Pré-RAMS, при которых готовность оценивалась, а штрафные санкции применялись исключительно в случаях достижения соответствующего негативного уровня (на основе сравнительного уровня II), достигли уровня RAMS (с отчетностью обоих сравнительных уровней), при котором готовность, помимо своего накопленного показателя, также измеряется в ходе эксплуатации транспортного средства в течение всего гарантийного периода, а к самому производителю применяются штрафные санкции за несоблюдение установленных контрактных требований. На рис. 5 и 6 приведены подробные характеристики данных процессов.

Благодаря соответствующим показателям, применяемым в контрактах RAMS в отношении производителя при эксплуатации транспортных средств на протяжении всего гарантийного периода, доступность является самым существенным фактором при внедрении RAMS в дея-

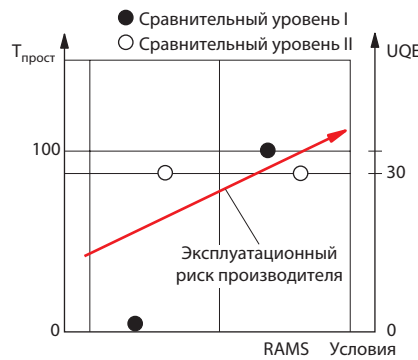


Рис. 5. Вариация контрактных требований по накопленным показателям готовности в условиях Pré-RAMS и RAMS: UQE — общее время простоя одного поезда в течение гарантийного периода; $T_{\text{прост}}$ — время простоя за один месяц в часах

тельность ВТР. Необходимо отметить, что штрафные санкции применяются исключительно в течение гарантийного периода, так как именно в данном временном интервале все действия по поддержанию работоспособности систем выполняются (в случае проведения работ по устранению отказов) или сопровождаются (в основном при плановом обслуживании транспортных средств) производителем, так как они являются основополагающими мерами для поддержания на должном уровне показателей надежности и эксплуатационной готовности производимых систем.

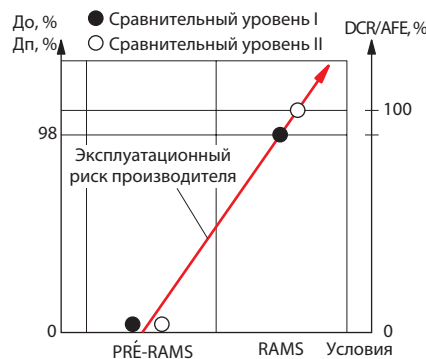


Рис. 6. Вариация контрактных требований по накопительным показателям готовности До, Дп и DCR/AFE в условиях Pré-RAMS и RAMS:

AFE — общее число поездов данного контракта; DCR — число поездов, находящихся в эксплуатации; До — доступность обслуживания; Дп — доступность парка

В отношении фактора ремонтпригодности следует отметить, что во всех рассматриваемых контрактных обязательствах в условиях Pré-RAMS и RAMS он не являлся обязательным. Тем не менее ремонтпригодность железнодорожных транспортных средств, как уже ранее отмечалось, является связующим фактором эксплуатационной готовности. Чем выше показатель ремонтпригодности, тем меньше требуется времени для восстановления работоспособности (эксплуатационной готовности) в случаях проведения ремонтных или плановых технических работ; вследствие этого увеличивается показатель эксплуатационной готовности. Таким образом, фактор ремонтпригодности, применяемый по отношению к железнодорожным транспортным средствам, становится основополагающим критерием в контрактах с условиями по поддержанию должного уровня эксплуатационной готовности, так как способствует ее обеспечению наряду с показателем безотказности. Он также является крайне важным при управлении эксплуатационными рисками в течение всего гарантийного периода.

Фактор безопасности является критически важным параметром, а не только обязательным контрактным условием или одним из показателей RAMS. Например, положения контрактных обязательств Pré-RAMS в отношении безопасности всегда включали в себя технические спецификации самых важных систем транспортного средства, так как они играют ключевую роль в обеспечении безопасности их эксплуатации и должны быть подробно описаны производителем с указанием активных систем безопасности. Трудновоспламеняемые отделочные материалы интерьера вагонов, тормозные системы, устройства сигнализации — это примеры критических систем безопасности транспортных средств. Что же касается систем автоматического тор-

можения и контроля скорости движения, то они представляют собой наглядный пример устройств активной безопасности. Указанные технические спецификации являются общими для всех анализируемых в настоящее время контрактов ВТР (условия Pré-RAMS и RAMS) и обладают одинаковой структурой.

Дополнительными важными аспектами в обеспечении безопасности являются управление экстренными и аварийными ситуациями при возникновении инцидентов или аварий и соответствующая минимизация последствий для человеческой жизни и окружающей среды. Данный аспект, несмотря на то что он упускается в контрактах Pré-RAMS, присутствует в контракте ML, составленном по условиям RAMS. В нем имеется ряд условий и требований к производителю в отношении подготовки и передачи документации, касающейся безопасности (Система контроля безопасности) и эксплуатации транспортных средств (План обеспечения безопасности эксплуатации транспортного средства). Последний включает в себя: план обеспечения безопасности, руководство по выполнению экстренных и аварийных мероприятий, а также нормы безопасности. Речь идет о новшестве, внедренном в контракт RAMS, в соответствии с которым необходимо детально описать структуру плана безопасности, включающего в себя следующие элементы:

- определение политики безопасности в отношении здоровья и жизни людей при эксплуатации системы;
- положения, касающиеся оценки и контроля безопасности;

- пояснения, относящиеся к выполнению экстренных мероприятий в случае аварии;

- указания в отношении скорости транспортировки и количества перевозимых пассажиров;

- примеры случаев, которые могут поставить под угрозу безопасность эксплуатации транспортного средства, с подробным описанием направлений входа и выхода пассажиров;

- технические спецификации транспортного средства.

В руководстве по проведению экстренных мероприятий должны четко указываться действия всего персонала в случае возникновения инцидентов или аварий, а в нормах безопасности — устанавливаться все нормы и правила, необходимые для обеспечения безопасности железнодорожного движения. Таким образом, налицо определенная форма, в соответствии с которой рассматривается безопасность в условиях контракта RAMS. Производитель возлагает на себя дополнительную ответственность в случае возникновения экстренных ситуаций, так как от этого может пострадать его репутация. Стоит отметить, что это новшество в сфере безопасности может быть напрямую связано с самим форматом договора.

Выводы

Очевидно, что применение требований RAMS и включение их в контрактные условия существенным образом изменяют распределение рисков, в том числе финансовых, между клиентом и производителем. При этом профессионально

спланированная и реализованная работа производителя, направленная на достижение показателей RAMS, наряду с контролем этого достижения на каждой стадии жизненного цикла продукции позволяет обеспечить качественно иной уровень надежности и безопасности железнодорожных систем, который в настоящее время является общей задачей клиента, эксплуатирующего эти системы, и производителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wigger P, vom Hövel R. Safety Assessment Application of CENELEC Standards Experience and Outlook/Copenhagen Metro Inauguration Seminar. Copenhagen, 21. — 22. 11. 2002.
2. Mann P. Successful Application of Systems Assurance on Large Scale Railway Projects. www.pmsafety.com/downloads/technicalpapers/PMSAFETY.PDF.
3. Vintr Z., Vintr M. Reliability and Safety of Rail Vehicle Electromechanical Systems/12th IFToMM World Congress. Beñançon (France), June 18–21, 2007.
4. EN 50126. Railway applications. The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS), CENELEC, 1999.
5. EN 50128. Railway applications. Communications, signalling and processing systems. Software for railway control and protection systems.
6. EN 50129. Railway applications. Communication, signalling and processing systems. Safety related electronic systems for signalling.
7. EN 603001. Dependability management Part 1: Dependability management systems. CENELEC, 2003.
8. EN 603002. Dependability management Part 2: Guidelines for dependability management. CENELEC, 2004.
9. Miguel Nuno da Silva Leocádio. Sobre a Incorporação RAMS no Desenvolvimento de Produtos de Base Tecnológica: Uma Abordagem Holística a Veículos Ferroviários: Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão de Tecnologia. Lisboa. 2004. 133 p.