



**Сергей Валентинович
Бушуев**

Sergey V. Bushuev



**Мария Леонидовна
Ускова**

Maria L. Uskova

Жизненный цикл устройств ЖАТ и оптимизация его стоимости

Life cycle and cost optimization of railway automation and telemechanics devices

Аннотация

В статье излагаются основные понятия жизненного цикла устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) и рассматриваются методы и способы оптимизации затрат на протяжении всего жизненного цикла устройств, способствующие повышению эффективности работы хозяйства автоматики и телемеханики.

Ключевые слова: жизненный цикл, системы железнодорожной автоматики и телемеханики, СЖАТ, контракт жизненного цикла.

Abstract

The article outlines the basic concepts of life cycle of railway automation and telemechanics devices and describes basic methods and ways to optimize costs over the entire life cycle of devices, contributing to improvement of efficiency automation and remote control equipment operation.

Keywords: life cycle, railway automation and telemechanics systems, life cycle contract.

Авторы Authors

Сергей Валентинович Бушуев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на ж.-д. транспорте» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Мария Леонидовна Ускова, аспирант кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на ж.-д. транспорте» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Sergey V. Bushuev, PhD in Engineering, Associate Professor of «Automation, Telemechanics and Communication in Railway Transport» chair, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg | Maria L. Uskova, Postgraduate student of «Automation, Telemechanics and Communication in Railway Transport» chair, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg

Главная задача инфраструктуры ОАО «РЖД» — обеспечение бесперебойного перевозочного процесса. Своевременное осуществление грузовых и пассажирских перевозок во многом достигается надежной работой систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ).

По мере их усложнения, внедрения малообслуживаемой техники растет стоимость строительства. В то же время все большее значение приобретает сервисное обслуживание, выполняемое разработчиком, что также требует существенных затрат из-за недостаточной конкуренции. Поэтому вопрос оптимизации затрат на протяжении всего жизненного цикла устройств ЖАТ и возможности переноса этой функции на строительную организацию путем заключения контракта жизненного цикла между поставщиком и потребителем на сегодняшний день является открытым, требующим разработки методов оценки и средств для управления стоимостью жизненного цикла устройств.

поскольку при создании адаптируемых микропроцессорных СЖАТ силами одной организации можно достичь снижения стоимости системы за счет уменьшения количества стыков и оптимизации аппаратных средств. Тем самым создается единый программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий высокую степень интеграции различных функций, например, электрической централизации, контролируемого пункта ДЦ и системы телеизмерений, при полном возложении ответственности за эти процессы жизненного цикла адаптируемой СЖАТ на одно предприятие. В этом наблюдается предпосылка для заключения контракта жизненного цикла (КЖЦ), поскольку данное предприятие возлагает на себя обязанности по разработке, производству, проектированию, строительству и дальнейшему сервисному обслуживанию. Остается только определить методику расчета стоимости такого контракта, но сначала необходимо разобраться в этапах жизненного цикла, расходы

и уникальные. К уникальным с точки зрения жизненного цикла можно отнести участок железной дороги, так как он больше в таком виде нигде не повторится. СЖАТ, как правило, тиражируемые системы. Однако в результате активного применения микропроцессорной техники, кроме классически применяемых устройств и систем, свойства которых в эксплуатации зависят только от монтажа (физических соединений), появился новый класс адаптируемых систем. Их свойства зависят не только от применяемого оборудования и его соединений между собой, но и от программного обеспечения, адаптация которого определяет уникальные свойства системы на каждом участке.

Если этап адаптации программного обеспечения считать выполняемым в рамках проектирования, то жизненный цикл СЖАТ включает в себя 18 основных этапов (рис. 1).

К появлению новой системы ЖАТ (начало жизненного цикла) приводит возникновение потребности заказчика улучшить технические характеристики систем автоматики на участке, повысить надежность, пропускную способность, появление новых возможностей для реализации функций автоматизации на более высоком уровне (например, потребность замены пультов управления на АРМ). Поэтому жизненный цикл для новых устройств ЖАТ, согласно приведенной структурной схеме (блок 1), начинается с возникновения потребности, несущей в себе все необходимые функциональные и технические требования, предъявляемые к новым устройствам и системам.

Следующим этапом жизненного цикла для создаваемого устройства является стадия научно-исследовательской работы (НИР), осуществляемая разработчиком (блок 2). На этой стадии разрабатываются исходные требования к создаваемой продукции на основании данных, представленных заказчиком. Для большей конкретизации

Под жизненным циклом устройства подразумевается временной интервал от момента разработки устройства (системы) до его вывода из эксплуатации [1]. Системы ЖАТ относятся к долгоживущим объектам техники, так как эксплуатируются в течение 25 лет и более.

На протяжении всего жизненного цикла устройств ЖАТ прослеживаются тесные взаимоотношения между потребителем, заказчиком, поставщиком, разработчиком и изготовителем. Допускается совмещение выполняемых функций участниками работ. В качестве заказчика и основного потребителя устройств ЖАТ выступает ОАО «РЖД». Также допускается объединение функций разработчика и изготовителя. Сейчас, в период массового распространения микропроцессорных устройств ЖАТ, объединение функций разработчика и изготовителя особо приветствуется,

на выполнение которых должны отразиться в стоимости КЖЦ.

Взаимосвязь поставщика с потребителем наиболее полно отражается при помощи петли качества. Под петлей качества [3] понимается замкнутый в виде кольца цикл, соответствующий жизненному циклу устройства и образованный взаимоотношениями изготовителя, потребителя и других объектов, которые принимают участие в формировании и поддержании всего жизненного цикла устройства (системы).

Все устройства (системы) можно разделить на тиражируемые

предъявляемых требований производится оценка условий, учитываются все факторы, которым будет подвергаться новое устройство при эксплуатации (температура, влажность, интенсивность движения и др.). После обобщения всех требований, предъявляемых к новому устройству, разработчик приступает к ряду исследований, испытаний.

Производится выбор технического решения, включающий в себя требования безопасности и надежности для создаваемого устройства, разрабатываются документы «Доказательство безопасности» и «Методики испытаний на безопасность».

На этом же этапе по поручению заказчика формируется техническое задание (ТЗ) на создаваемое устройство ЖАТ в соответствии со всеми данными, согласованными с заказчиком.

После того как разработчик определился с выбором технического решения для создаваемого устройства ЖАТ и согласовал эти требования с заказчиком, жизненный цикл устройства ЖАТ переходит на стадию опытно-конструкторских работ (ОКР). На этапе ОКР (блок 3) разработчик производит выбор элементной и конструктивной базы для нового устройства. При этом на стадии ОКР разработ-

чик ведет непосредственные переговоры с будущим изготовителем устройства, выбор которого заранее определен в ТЗ заказчиком. Также на стадии разработки и конструирования формулируется концепция безопасности, рассматриваются методы и способы для дальнейшего технического обслуживания устройства. После проведения всех этих мероприятий разработчик составляет конструкторскую документацию (КД) на вновь создаваемое устройство [2], производит экспертизу разработанных проектов ТЗ и рабочей КД. Этап разработки КД для разработчика заканчивается ее утверждением (подписанием, согласованием с заказчиком и исполнителем). Только после подписания КД происходит передача копии конструкторской документации от разработчика к изготовителю.

Далее изготовитель производит технологическую подготовку и осваивает производство опытных образцов. На этой стадии создаваемая продукция подвергается экспертизе испытаний на соответствие всех требований, ранее заявленных в ТЗ и КД на создаваемую продукцию (блоки 4, 5). По результатам прохождения экспертизы испытаний при необходимости осуществляется доработка образцов создаваемой продукции и ее конструкторской документации. При положительном результате прохождения экспертизы происходит подписание акта и выдается разрешение на внедрение создаваемого устройства на опытном полигоне (блок 6). В дальнейшем, после внедрения устройства ЖАТ на опытном полигоне, производятся эксплуатационные испытания, которые состоят из двух этапов:

- испытания, проводимые перед включением в опытную эксплуатацию;
- испытания в условиях опытной эксплуатации (блок 7).

Для определения готовности опытных образцов к включению в опытную эксплуатацию назначается

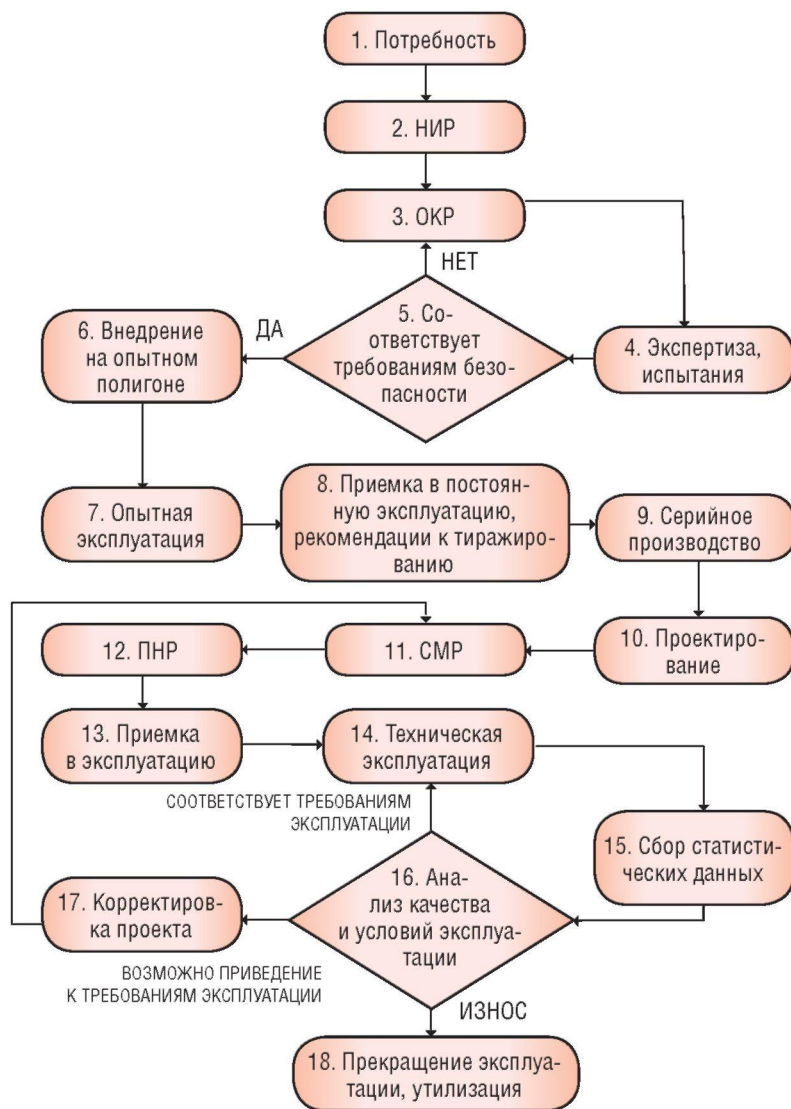


Рис. 1. Жизненный цикл устройств ЖАТ

рабочая комиссия, которая обязана проверить качество монтажных, строительных и пуско-наладочных работ при вводе в эксплуатацию опытных образцов. Ввод образцов СЖАТ в опытную эксплуатацию оформляется актом, к которому прикрепляются все протоколы испытаний, и подписывается всеми участниками комиссии.

Следующим шагом в жизненном цикле СЖАТ в стадии опытной эксплуатации следуют приемочные испытания с последующей приемкой опытных образцов в постоянную эксплуатацию. Приемочные испытания проводятся, как правило, на одном объекте, независимо от числа опытных образцов, находящихся в опытной эксплуатации, а выводы и предложения комиссии распространяются на все остальные опытные образцы. На данном этапе приемочная комиссия рассматривает результаты предшествующих испытаний, проводит приемочные испытания предъявленных опытных образцов, выдает заключение о качестве продукции и составляет протокол приемочных испытаний. При отрицательных результатах испытаний комиссия указывает дальнейшее направление работ по доработке продукции и/или ее рабочей КД. В случае положительного итога испытаний приемочная комиссия принимает опытные образцы в эксплуатацию и рекомендует их к поставке на производство, а также дает предложение по объему установочной серии, формирует рекомендации о проведении авторского надзора. В заключение комиссией выдается сертификат безопасности на разрабатываемое устройство. Наличие сертификата безопасности говорит о том, что новое разрабатываемое устройство выдержало все проверки и испытания и соответствует всем предъявленным техническим требованиям. Тем самым предоставляется документальное разрешение на серийное производство нового устройства (блоки 8, 9).

Следующий этап жизненного цикла устройства ЖАТ — стадия проектирования (блок 10). Итогом стадии проектирования является наличие рабочей документации, на основании которой производятся строительно-монтажные и пуско-наладочные работы (блоки 11, 12). При вводе в постоянную эксплуатацию (блок 13) система подвергается множеству неоднократных проверок и испытаний на правильность функционирования во всех возможных ситуациях при эксплуатации. Обязательным условием по вводу новой системы в эксплуатацию является наличие специализированной комиссии, в состав которой входят разработчики системы, проектировщики, изготовители, представители служб СЦБ (сигнализации, централизации и блокировки), ревизорский аппарат.

Следующим, наиболее продолжительным этапом жизненного цикла устройств ЖАТ является техническая эксплуатация (блок 14). На данном этапе персоналом дистанций СЦБ производится эксплуатация и техническое обслуживание данной системы. Качество проведения технического обслуживания периодически проверяется комплексными проверками, на основании которых создаются соответствующие заключения, акты. На основе полученных заключений проводятся профилактические работы, ремонт, модернизация системы, ее реконструкция.

О необходимости проведения модернизации системы свидетельствуют также статистические данные об отказах, передаваемые в дистанцию посредством системы АСУШ-2 из дорожных центров диагностики и мониторинга или же с помощью комплексной автоматизированной системы учета, контроля устранения отказов технических средств и анализа их надежности КАСАНТ (блок 15).

Статистические данные об отказах позволяют производить анализ условий эксплуатации, по ре-

зультатам которого можно судить об уровне технической эксплуатации и вырабатывать дополнительные рекомендации для дальнейшего использования устройства (блоки 16, 17).

Завершением жизненного цикла считается решение квалификационной комиссии о прекращении эксплуатации системы (блок 18). Основными причинами утилизации системы является ее физический и моральный износ (система выработала свой ресурс).

Из представленной структурной схемы видно, что затраты, понесенные поставщиком и потребителем, будут различны, поскольку они охватывают разные стадии его жизненного цикла. С позиции поставщика стоимость жизненного цикла устройства включает затраты на стадиях разработки, проектирования, производства. В свою очередь, для потребителя стоимость жизненного цикла устройства — понесенные затраты с момента ввода в эксплуатацию до его утилизации.

На СЖЦ (стоимость жизненного цикла) устройства влияют понесенные затраты поставщика при разработке, производстве, установке, утилизации, техническом обслуживании (сервисном обслуживании, если есть предварительная договоренность между поставщиком и потребителем). При этом наибольшие издержки поставщик несет в проектировании и производстве. Объясняется это средствами, потраченными на составление рабочей документации, приобретение необходимого материала (оборудования). Стоимость сервисного обслуживания включает в себя затраты на проведение внепланового технического обслуживания и ремонта, на техническую поддержку (консультирование, обучение пользователей по вопросам правильной эксплуатации устройства).

Расходы, понесенные потребителем на протяжении всего жизненного цикла устройства, включают в себя стоимость приобретения, уста-

новки (сборка, ввод в эксплуатацию), владения (техническое обслуживание, плановое, внеплановое обслуживание и ремонт), утилизации.

Итоговая СЖЦ устройства формируется из суммарных затрат, понесенных поставщиком и потребителем. Уменьшить стоимость устройства можно на стадиях проектирования и технической эксплуатации (владения), но при этом наблюдаются два возможных варианта.

С одной стороны, можно увеличить затраты на проектирование более надежной системы (с большей кратностью резервирования, на современных средствах микроэлектронной базы, со средствами диагностирования), но при этом будет наблюдаться сокращение затрат на техническое обслуживание устройств. С другой стороны, можно использовать в эксплуатации более дешевую систему (например, традиционную релейную), но при этом увеличатся затраты на ее техническое обслуживание.

Однако в связи с инфляцией и опережающим ростом уровня жизни (увеличение затрат на оплату труда быстрее инфляции) наблюдается неравноценное влияние капитальных вложений и эксплуатационных расходов на СЖЦ. Поэтому общая проблема всех участников жизненного цикла устройств ЖАТ заключается в поиске наиболее эффективного варианта оптимизации стоимости жизненного цикла. К сожалению, разделение жизненного цикла на этапы, на каждом из которых участвуют разные контрагенты (заказчики и исполнители), приводит к тому, что принять решение по снижению общей стоимости жизненного цикла практически невозможно. Это подталкивает к идее заключения контракта жизненного цикла, когда один исполнитель принимает решение о выборе типа применяемой в заданных условиях системы, строит ее и обслуживает. В этом случае будет найдено оптимальное с экономической точки зрения решение.

Тем не менее, оптимизация стоимости не должна сказываться на снижении надежности устройства. Кроме того, потери от ненадежности — наиболее трудно прогнозируемый фактор при определении стоимости жизненного цикла.

Под надежностью устройства [5] понимается комплексное свойство, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Показателем надежности устройств ЖАТ выступает количественное проявление отказов. При этом количество отказов зависит от того, на какой стадии жизненного цикла в эксплуатации находится устройство.

При анализе надежности устройств ЖАТ принято руководствоваться понятием интенсивности отказов. Известно, что при правильном и своевременном проведении технического обслуживания работа устройств ЖАТ удовлетворяет всем требованиям надежности и не требует никаких дополнительных затрат. В случае если хотя бы одно условие не выполняется, работа устройства выходит за рамки надежности, в результате чего возникают отказы, которые сказываются на СЖЦ устройства. Возникновение отказа приводит к внеплановому техническому обслуживанию и ремонту, влекущему за собой дополнительные затраты. Отсюда следует, что увеличение жизненного цикла устройств ЖАТ достигается высоким уровнем надежности и сопровождается увеличением расходов либо на проектирование и изготовление, либо на техническое обслуживание при эксплуатации.

На сегодняшний день для оценки стоимости жизненного цикла устройств ЖАТ применяются различные методологии. Наиболее распространенной является методология УРРАН, которая позволяет прогнозировать и производить оценку затрат от ненадежных устройств ЖАТ.

Данная методология по управлению ресурсами, работой и анализом надежности устройств позволяет не только определить интенсивность отказов, но на основе их численного проявления дает оценку уровня работы эксплуатационного штата дистанции, а также вырабатывает для обслуживающего персонала рекомендации, какие мероприятия необходимо проводить для увеличения жизненного цикла устройства.

Методология УРРАН [5] базируется на сравнении фактической интенсивности отказов ($\lambda_{ф}$), которая определяется по данным, автоматизированно передаваемым от АСУШ-2, с проектными ($\lambda_{пр}$) и допустимыми ($\lambda_{доп}$) значениями интенсивности. Проектные и допустимые значения интенсивности отказов устройств ЖАТ в методологии УРРАН определены для типовых объектов станции и перегона, которые наиболее распространены на сети дорог. Поскольку на работу устройств ЖАТ влияет не только качество проведения технического обслуживания, но и многие другие факторы (климатические условия, интенсивность движения на рассматриваемом участке), то при оценке работы дистанции СЦБ необходимо руководствоваться не общим числом отказов, а сравнением полученного числа отказов за определенный период времени с допустимым значением отказов для эксплуатируемых устройств [6]. Методология

Таким образом, оптимизация СЖЦ устройства будет наблюдаться при проектировании системы (устройства), отвечающей всем требованиям надежности при максимальном снижении стоимости устройства. Только при выполнении данного условия произойдет компромисс между ценой и качеством, с уменьшением СЖЦ.

УРРАН учитывает эти факторы, поэтому при оценке интенсивности отказов для конкретного объекта к типовому применяются поправочные коэффициенты, тем самым учитываются фактические условия эксплуатации. После определения фактического значения интенсивности отказов происходит его сравнение с проектным и допустимым значениями. При этом возможны шесть вариантов событий, на основании которых формулируются результаты и рекомендации обслуживающему персоналу по дальнейшему содержанию устройств (модернизация устройства, корректировка проекта) [5]. По-

лученные данные позволяют производить оценку и сравнение различных подходов для замены, восстановления, продления срока службы или списания стареющего оборудования.

По результатам надежности устройства также можно оценить дополнительные затраты для проведения непланового технического обслуживания и ремонта, то есть данная методология дает оценку материальных и трудовых затрат, позволяя идентифицировать наибольшие затраты, которые влияют на стоимость жизненного цикла. Это дает возможность осуществлять дол-

госрочное финансовое планирование для оптимального поддержания функционирования устройства, а также производить оценку эффективности применения СЖАТ на конкретном участке дороги.

Таким образом, разработка и применение на сети железных дорог методологий, подобных УРРАН, позволяют оптимизировать стоимость жизненного цикла устройств ЖАТ за счет рационального использования инвестиционных вложений и сокращения эксплуатационных расходов, тем самым способствуя повышению эффективности работы хозяйства автоматики и телемеханики. **ИТ**

Список литературы

1. СТО РЖД 08.003–2011. Инновационная деятельность в ОАО «РЖД». Стадии жизненного цикла и паспортизация научно-технических работ : стандарт ОАО «РЖД» : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 26.06.2012 г. № 1267р «Об утверждении стандартов ОАО «РЖД» по инновационной деятельности». — Вступил в действие 01.07.2012.
2. ОСТ 32.91–97. Система разработки и постановки продукции на производство. Аппаратура железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. Порядок создания и производства : отраслевой стандарт. — Вступил в действие 01.10.1997.
3. Ребрин Ю. И. Управление качеством : учебное пособие. — Таганрог : ТРТУ, 2004.
4. СТО РЖД 02.037–2011. Управление стоимостью жизненного цикла систем, устройств и оборудования хозяйств : стандарт ОАО «РЖД» : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 22.03.2012 г. № 560р. — Вступил в действие 01.07.2012.
5. Гапанович В. А., Безродный Б. Ф. Внедрение методологии УРРАН в хозяйстве АТ // Автоматика, связь, информатика. — 2012. — № 4. — С. 11.
6. Горелик А. В., Журавлев И. А. Методы анализа надежности и эффективности функционирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики // Наука и техника транспорта. — 2011. — № 3. — С. 88.