

Жизненный цикл радиотехнических систем технологической железнодорожной радиосвязи

Д. П. Лобеев¹, Д. Н. Роевков²

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

¹mladkevich@mail.ru, ²roenkov_dmitry@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу жизненного цикла радиотехнических систем железнодорожной радиосвязи с целью выявления наиболее важных этапов для построения цифровых систем технологической железнодорожной радиосвязи. В ходе проведенных исследований рассмотрены типовые модели жизненного цикла транспортной и радиотехнической систем, определены и описаны их ключевые с точки зрения железнодорожной специфики этапы.

Ключевые слова: жизненный цикл, радиотехнические системы, технологическая железнодорожная радиосвязь

I. ВВЕДЕНИЕ

Для успешного создания и эффективного функционирования радиотехнической системы требуется четкая структуризация работ и методология внедрения. В связи с этим появляется необходимость использования понятия жизненного цикла системы, который представляет собой процесс ее построения и развития технического задания вплоть до утилизации системы. Каждый этап жизненного цикла по-своему уникален, поскольку включает в себя определенный комплекс работ, характеризуется различными методами, ролями и ответственностью участников.

С учетом специфики построения сетей технологической радиосвязи на железной дороге (ограниченность частотного ресурса, преимущественно линейная структура сетей радиосвязи, высокий уровень шумов в радиоканалах и др.) [1-4], а также повышенных требований к надежности радиосвязи, используемой, в том числе, в системах управления движением поездов [5-7], к характеристикам оборудования предъявляются специфические, как правило более жесткие по сравнению с оборудованием, используемым в гражданских радиосетях, требования [8, 9]. В связи с этим, целесообразно на основании анализа жизненного цикла радиотехнических систем выявить его наиболее важные, с точки зрения достижения наибольшей эффективности этих систем, этапы. Полученные результаты помогут более акцентированно направлять усилия на обеспечение критически важных для железнодорожных пользователей характеристик радиотехнических систем на соответствующих этапах их жизненного цикла.

II. МОДЕЛИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Радиотехнические системы передачи информации (сообщения) предназначены для передачи информации на расстояние с помощью электромагнитных колебаний.

К ним относятся различные системы связи, радиовещания, телевидения. То есть радиотехническую систему, в данном контексте, можно рассматривать как транспортную систему [10].

При проектировании новых радиотехнических систем важно понимать структуру этих систем. Нельзя просто создать и внедрить систему без какого-либо тестирования, расчета нагрузки на сеть, расчета пропускной способности, калибровки оборудования и компонентов, на которых должна работать создаваемая система. Важно понимать всю концепцию системы: от идеи системы до полного прекращения её работы.



Рис. 1. Типовая модель жизненного цикла транспортной системы

На рис. 1 представлена типовая модель жизненного цикла транспортной системы. Все этапы можно объединить в следующие группы: 1) этапы идентификации угроз и оценки связанного с ними риска; 2) этапы реализации системы сначала в проекте, затем в виде аппаратно-программного комплекса; 3) этап применения системы согласно назначению и этап снятия с эксплуатации. Этими группами идентифицируется ответственность за безопасность системы: за первые этапы несет ответственность заказчик, за создание системы отвечают подрядчики (проектировщики и изготовители), за эксплуатацию и обслуживание – снова заказчик. На каждом этапе жизненного цикла должны

решаться задачи верификации (проверка готовности к переходу на следующий этап) и валидации (проверка физической способности отвечать требованиям по назначению) системы.

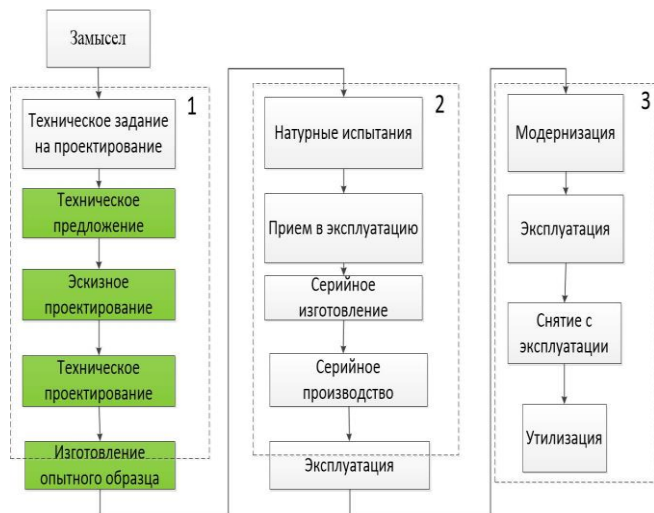


Рис. 2. Модель жизненного цикла радиотехнической системы

Для радиотехнических систем, на основе типовой модели жизненного цикла транспортной системы, может быть построена схожая модель жизненного цикла, состоящая из 3 блоков (1 – «до изготовления», 2 – «до эксплуатации», 3 – «до утилизации»), включающих 16 этапов.

С точки зрения специфики построения цифровых систем технологической радиосвязи, и создания новой радиотехнической системы, наиболее важными являются этапы: техническое предложение, эскизное проектирование, техническое проектирование, изготовление опытного образца (этапы выделены на рис. 2 темным тоном). Другие этапы жизненного цикла менее значимы с точки зрения наличия специфики построения цифровых систем технологической железнодорожной радиосвязи.

III. ОПИСАНИЕ НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫХ ЭТАПОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

При разработке технического предложения, на основе технического задания (далее ТЗ), уточняется задача и уясняются требования, выдвинутые заказчиком. На этом же этапе выполняются все необходимые системотехнические расчеты на выполнение требований ТЗ в рамках имеющихся ограничений (стандарты, международные соглашения, условия размещения и эксплуатации, технические и экономические ресурсы и т. п.). Завершается этот этап разработкой документа, называемого техническим предложением [11].

Техническое предложение включает в себя:

- варианты решений поставленной задачи;
- тактико-технические характеристики;
- сравнительные оценки;

- существующие аналоги с учетом эксплуатационных и конструкционных особенностей разрабатываемой системы.

Системотехнические расчеты – разработка структурной схемы проектируемой системы и все необходимые по этой схеме расчеты. Эти расчеты выполняются на основе системообразующих уравнений, то есть уравнений, которые связывают между собой основные характеристики системы в целом. Например, как системообразующую можно рассматривать задачу синтеза сети радиосвязи: найти такую сеть радиосвязи S'' , которая удовлетворяет исходным требованиям (ограничениям) и обладает при этом значениями совокупности (вектора) показатели качества $K(S'')$, наилучшим в смысле безусловного критерия предпочтены, который имеет вид: $K(S'') \leq K(S')$. Если выполняется это условие, то каждый из показателей качества $K_i(S'')$, где $i \in [1, m]$ оптимизированный сети S'' не хуже, чем у исходной сети S' , в том числе, по меньшей мере, один из этих показателей качества лучше, чем у сети S' .

В этом разделе осуществляется анализ исходных данных, определяется их полнота, непротиворечивость и реализуемость. Кроме того, в рамках этого раздела осуществляется поиск аналогичных технических решений, возможно отличающихся техническими характеристиками, но которыми можно воспользоваться при условии достаточности исходных данных. Помимо этого, исследуются возможные способы решения поставленной задачи, то есть рассматриваются варианты структурных схем, варианты использования системообразующих соотношений и т. д. [12].

На этапе эскизного проектирования выполняется анализ всех вариантов решения поставленной задачи с оценкой их приемлемости по различным техническим, экономическим, технологическим особенностям. На данном этапе выполняются следующие операции:

- выработка критерия (или несколько критериев) оценки, на основе которого выбирается оптимальная система;
- расчет технических характеристик системы в целом и её структурных узлов;
- разработка функциональных схем структурных узлов;
- создание модели работы системы в целом и её структурных и функциональных узлов.

Этап эскизного проектирования начинается с выбора метода проектирования. Так, при анализе имеющихся прототипов на этапе технического предложения может оказаться, что уже существует система того же назначения и близкая по своим характеристикам к проектируемой, и если имеется возможность воспользоваться готовой разработкой (юридическая, наличие всей требуемой информации и т. д.), то проектирование целесообразно осуществлять методом экстраполяции. Таким образом, в данном случае метод

экстраполяции предполагает создание новой системы на основе уже существующей.

Результатом этого этапа является эскизный проект – документ, содержащий принципиальные схемные и конструкторские решения, дающие общее представление о системе и принципе её действия.

При согласовании результатов проектирования структурных узлов в некоторых случаях может потребоваться возврат на ступень формирования ТЗ на разработку. Например, в случае, если в процессе проектирования передатчика и приемника окажется, что при некотором заданном значении энергетического потенциала радиоприемника расчетное значение выходной мощности передатчика будет неоправданно большим, в то время как приемник будет иметь низкую чувствительность.

На этапе технического проектирования происходят следующие операции:

- выполняется детальная разработка структурной и функциональных схем;
- определяются конкретные требования к каждому структурному и функциональному узлу;
- разрабатываются принципиальные схемы устройств;
- создается цельный макет и макет каждого структурного и функционального узла.

Результатом данного этапа является технический проект – комплект конструкторских документов, то есть комплект всей необходимой документации для организации изготовления опытного образца (схемы, конструкторские решения, карты технологического процесса и др.).

На следующем этапе осуществляется изготовление опытного образца, причем, как правило, на том предприятии, где предполагается серийное производство. Полученный образец подвергают заводским испытаниям, после которых анализируют результаты испытаний, выполняют все необходимые корректировки, и, затем, проводят натурные испытания.

На практике, если проектирование проведено успешно, но заводские испытания показали неудовлетворительные результаты, то чаще всего достаточно вернуться на этап изготовления опытного образца и реже – на более ранние стадии проектирования.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При правильной оценке данных этапов возможно создание наиболее жизнеспособной модели радиотехнической системы, которая будет удовлетворять требованиям и специфике цифровой технологической железнодорожной радиосвязи. Исходя из этого, следует уделять большое внимание жизненному циклу радиотехнических систем, являющихся частным случаем транспортных систем. Подробное изложение расчетов и

обоснований, принимаемых технических решений, позволяет проникнуться физическим смыслом действия проектируемых систем, понять суть системного подхода к выбору, обоснованию и расчету технических характеристик радиотехнической системы во всем их многообразии и противоречивости требований к ним. В процессе жизненного цикла целесообразность, или практическая достижимость целей создания системы, сначала возрастает, проходя последовательно периоды становления и развития, а затем снижается, проходя периоды регресса и модернизации. В процессе модернизации какое-то время удается поднимать целесообразность до некоторого приемлемого уровня, но затем система настолько устаревает, что затраты на модернизацию дают слишком мало эффекта, и система гибнет (снимается с эксплуатации и утилизируется). Таким образом, задача анализа жизненного цикла и выявление этапов, наиболее значимых для построения новой цифровой системы технологической радиосвязи, является основополагающей при исследовании вопросов построения цифровых систем радиосвязи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Горелов Г.В., Роенков Д.Н., Юркин Ю.В. Системы связи с подвижными объектами: Учебное пособие. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. 335 с. URL: http://library.mii.ru/2014books/knigi/14/Gorelov_vse.pdf (дата обращения: 02.03.2022).
- [2] Плеханов П.А. Беспроводные инфокоммуникационные сети на железнодорожном транспорте. СПб.: ПГУПС, 2014. 55 с.
- [3] Плеханов П.А. Цифровые системы подвижной связи на железнодорожном транспорте / П.А. Плеханов, Д.Н. Роенков. СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2020. 41 с.
- [4] Плеханов П.А., Роенков Д.Н. Переход к будущей железнодорожной системе подвижной связи // Автоматика, связь, информатика. 2021. № 5. С. 6-11.
- [5] Шматченко В.В., Роенков Д.Н., Плеханов П.А., Иванов В.Г., Яронова Н.В. Влияние отказов и сбоев системы радиосвязи GSM-R на безопасность перевозочного процесса // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2016. Т. 13. № 4 (49). С. 570-578.
- [6] Роенков Д.Н., Шматченко В.В., Яронова Н.В. Повышение надежности сетей поездной радиосвязи // Автоматика, связь, информатика. 2017. № 7. С. 22-27.
- [7] Роенков Д.Н., Плеханов П.А., Яронова Н.В. Способ оценки надежности сети поездной радиосвязи // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2017. Т. 14. № 3. С. 461-470.
- [8] Роенков Д.Н., Коренной Г.О. Методические указания по организации и расчету сетей ПРС // Автоматика, связь, информатика. 2014. - № 6. С. 18-20.
- [9] Роенков Д.Н., Коренной Г.О. Методические указания по организации и расчету сетей ПРС // Автоматика, связь, информатика. 2014. № 7. С. 11-15.
- [10] Исаков В.Н. Статистическая теория радиотехнических систем: курс лекций. URL: <http://strts-online.narod.ru/>
- [11] Алехин, В.А. Проектирование радиотехнических систем: учебное пособие / В.А. Алехин, В.Т. Лобач, М.В. Потипак; Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону – Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2016. 218 с.
- [12] Гладышев, А.М. Основы проектирования и эксплуатации радиоэлектронных систем: учеб.-метод. пособие / А.М. Гладышев, И.Н. Давыденко. Минск: БГУИР, 2015. 184 с.