

УДК 621.396

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ СВЯЗИ

© 2015 А.А. Воронков<sup>1</sup>, А.В. Загоруйко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара

<sup>2</sup> ОАО «Трансаммиак», г. Тольятти

Статья поступила в редакцию 19.10.2015

В статье рассмотрены методы моделирования производственного процесса технического обслуживания линейных сооружений связи (ЛСС). Обоснован выбор метода функциональных сетей. Показано применение данного метода для оценки эффективности технического обслуживания ЛСС ВОЛП.

*Ключевые слова:* техническое обслуживание, функциональные сети, линейные сооружения связи, волоконно-оптическая линия передачи, качество, надежность.

Высокий уровень надежности функционирования современных инфокоммуникационных сетей не может быть обеспечен без организации эффективного технического обслуживания линейных сооружений связи (ЛСС).

Для количественной оценки эффективности производственного процесса технического обслуживания ЛСС необходимы методы формального описания и анализа, обладающие следующими свойствами:

- иметь аналитические средства для оценки показателей технологической эффективности обслуживания ЛСС;

- в удобной и простой форме описывать и оптимизировать процессы технического обслуживания ЛСС;

- выбранная система показателей технологической эффективности должна оцениваться с помощью единого метода;

- методика расчета показателей технологической эффективности должна соответствовать основным требованиям, сформулированным в отраслевых стандартах и нормативных документах. Наиболее жесткие требования по повышению эффективности технического обслуживания предъявляются к ЛСС волоконно-оптических линий передачи (ВОЛП).

Анализ нормативных документов и стандартов показывает, что рекомендованные в них методы оценки технологической эффективности обслуживания ЛСС ВОЛП не позволяют решить следующие задачи:

- проводить сравнительную количественную оценку различных технологий обслуживания ЛСС ВОЛП, как производственных процессов, по критериям затрат времени и человеческих ресурсов, стоимости выполненных работ с учетом возможных ошибок персонала;

- проводить ранжирование ЛСС ВОЛП по их значимости в структуре телекоммуникационных сетей;

- учитывать особенности наиболее перспективного прогнозирующего метода технического обслуживания ЛСС ВОЛП.

Система технического обслуживания (ТО) ЛСС ВОЛП представляет собой в настоящее время комплекс взаимосвязанных подразделений, технических средств, а также нормативных документов и технологий, определяющих порядок выполнения работ по ТО ВОЛП для обеспечения заданных показателей качества и надежности передачи информации [1].

Главной предпосылкой эффективной организации ТО следует считать обоснованный выбор технологии обслуживания, определяющей набор и периодичность выполнения необходимых работ на протяжении всего срока службы ЛСС.

Очевидно, что при больших затратах на строительство такого дорогостоящего сооружения как ВОЛП, целесообразно планировать эффективную технологию обслуживания в течение всего срока эксплуатации. Для оптимизации решений необходимо, чтобы вопросы организации эксплуатации были учтены уже на стадиях проектирования и строительства объекта [2].

Для решения поставленных задач необходимо установить жесткую формализованную связь между временем выполнения технологической операции, необходимым составом персонала для выполнения технологической операции, вероятностью безошибочного выполнения операции и стоимостью выполнения технологической операции.

Процессы ТО ЛСС ВОЛП могут быть формализованы как производственные процессы, для реализации которых используются соответствующие технические средства, а процесс функционирования – в виде технологического алгоритма соответствующего метода обслуживания.

В настоящее время наибольшими возможностями описания и оценки производственного процесса технического обслуживания обладают

*Воронков Андрей Андреевич, кандидат технических наук, профессор кафедры линий связи.*

*E-mail: voronkov@psuti.ru*

*Загоруйко Александр Владимирович, магистрант, кабельщик-спайщик. E-mail: sandr117@ya.ru*

функциональные сети (ФС). Они являются продолжением и развитием обобщенного структурного метода (ОСМ) [3]. Данный метод заключается в декомпозиции производственного процесса на отдельные операции и представлении повторяющихся операций в виде элементарных математических моделей - типовых функциональных единиц (ТФЕ), представляющих собой типовые функциональные структуры (ТФС) небольшой размерности [4]. При этом ТФЕ придает ряд количественных характеристик. Таким образом, математическую модель процесса технического обслуживания можно построить из минимально необходимого количества готовых ТФЕ, добавив к ним модели тех операций, по которым ТФЕ отсутствуют, так как они являются специфическими для рассматриваемого процесса. На основе разработанных математических моделей определяются показатели эффективности, качества и надежности процесса технического обслуживания в целом с использованием данных по отдельным функциональным единицам [5]. При этом необходимо решить задачу по минимизации сроков и трудозатрат на выполнение работ по техническому обслуживанию. Эта задача может быть решена при помощи функции «время - трудозатраты». ОСМ позволяет рассчитать зависимость между продолжительностью работы и трудозатратами, и следовательно оптимизировать сроки выполнения технологических операций [6].

На основе аппарата ФС осуществляется разбиение алгоритма произвольной структуры на ряд заданных формализмов. В соответствии с введенными количественными характеристиками ТФС при помощи логико-вероятностного метода [7] строится модель процесса ТО ЛКС ВОЛП и сравниваются различные алгоритмы обслуживания.

Исходной для вычисления показателей по методу ФС является функциональная структура  $F$ . На уровне задачи – это структура операций, на уровне системы – это структура задач. Все они приводятся к единому виду за счет универсального (пригодного для описания структур любого уровня) аппарата ФС. Именно это обеспечивает возможность применения единого метода оценки для семантически различных показателей.

Принцип  $F$ -структуры состоит в том, что при построении математической модели процесса функционирования системы за основу принимается конкретная структура выполняемых ею функций, соответствующая структуре взаимодействующих элементов этой системы.

Сравнительные характеристики методов моделирования сложных систем данных для функциональных структур  $F$  различного уровня проводится по-разному:

а) исходные характеристики для отдельных операций определяются на основе исходных

справочных данных, в свою очередь, зависящих от большого числа факторов, а также от наличия или отсутствия контроля за возможными ошибками и отказами;

б) полученные путем применения ОСМ показатели качества производственного процесса на уровне задачи, в свою очередь, становятся исходными характеристиками для получения показателей эффективности и качества производственного процесса на уровне системы.

Таким образом, выбор в качестве метода моделирования ФС обеспечивает единый метод оценки показателей качества алгоритмов на разных уровнях ее рассмотрения.

Задачу оценки эффективности ТО ЛКС ВОЛП можно сформулировать как построение такого отображения  $G$ , что

$$\rightarrow G : \{P_i\}, a_p \rightarrow (ТП^* \in ТП_A) \quad (1)$$

при условии

$$F [ТП^*(L^*)] \rightarrow \max, L^* \in L, \quad (2)$$

где:  $\{P_i\}$ , - множество функций ТО ЛКС ВОЛП, решаемых при разработке технологии;

$a_p$  – отношение порядка на множестве  $P = \{P_i\}$  определяющее логическую схему ТО;

$ТП^*$  – некоторый технологический процесс, обеспечивающий выполнение условия (2) из множества альтернативных  $ТП$   $ТП_A$ ;

$F$  – критерий эффективности  $ТП$ ;

$L$  – множество параметров  $ТП$ .

Отображение (1) определяет способ порождения  $ТП^*$  с параметрами  $L^*$ , которые обеспечивают максимум некоторого критерия эффективности  $F$ , и может быть построено, если определено отношение  $a_p$ , представляющее собой закон выделения на множестве  $P$  некоторого упорядоченного подмножества

$$Pa_p = \langle P_1, P_2, \dots, P_i \rangle, \quad (3)$$

определяющего последовательность и условия решения  $P_i$ .

Эффективность любой технологии обслуживания ЛКС ВОЛП характеризуется следующими основными показателями: временем, трудозатратами и стоимостью выполнения работ.

При выборе обобщенного показателя качества производственного процесса ТО и ремонта ЛКС необходимо учитывать основное требование к процессу ТО – обеспечения эффективности функционирования ЛКС при условии выполнения ТО за плановое время обслуживания  $\Delta T^0$ .

С учетом условия обеспечения заданного времени ТО  $\Delta T^0$  в качестве критерия эффективности  $ТП$  может быть использована целевая функция  $F$ , при этом условие (2) может быть конкретизировано и записано в виде

$$F [ТП^*(L^*)] \geq \frac{1}{\Delta T^0}. \quad (4)$$

Таким образом, задача оценки эффективности технологии заключается в определении принципов упорядочения множества  $Pa_p$  и разработке

логической схемы ТО ЛКС ВОЛП, т.е. формировании структуры ТП – в виде логически и технологически организованной последовательности работ с учетом связности всех функций ТО Р.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дружинин Г.В. Анализ эрготехнических систем. М.: Энергия, 1986. 463 с.
2. Ахьюджа Х. Сетевые методы управления в проектировании и производстве. Пер. с англ. М: Мир, 1979. 536 с.
3. Адаменко А.Н., Ашерев А.Г., Бердников И.Л. и др. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: исследование, проектирование, испытания. М.: Машиностроение, 1993. 452 с.
4. Пятибратов А.П. Человеко-машинные системы: эффект эргономического обеспечения. М.: Экономика, 1997. 294 с.
5. Горелик А.В. Математическая модель для расчета периодичности технического обслуживания устройств автоматики // Автоматика, связь, информатика. 2002. №6. С.17-29.
6. Нечипоренко В.И. Структурный анализ систем (эффективность и надежность). М.: Радио и связь, 1997. 221 с.
7. Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргономических систем. М.: Наука, 1982. 521 с.

#### MODELING OF INDUSTRIAL MAINTENANCE PROCESSES FOR LINEAR COMMUNICATION CONSTRUCTIONS

© 2015 A.A. Voronkov<sup>1</sup>, A.V. Zagorulko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Volga State University of Telecommunications and Informatics, Samara

<sup>2</sup> JSC "Transammiak", Togliatti

The article describes the methods of modeling the production process maintenance of linear communication structures (LSS). The choice of the method of functional networks. It shows the use of this method for evaluating the effectiveness of maintenance LSS FOL.

*Keywords:* maintenance, functional networks, linear structures of communication, fiber-optic transmission line, quality, reliability.