

Электронное моделирование

УДК 625.25

**П. Е. Булавский, д-р техн. наук,
Д. С. Марков, канд. техн. наук**

Кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»,
Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Предложена методика получения альтернативной модели в виде аналитического выражения для оценки временных характеристик технологических цепочек электронного документооборота технической документации в хозяйстве автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте. Методика реализована в виде алгоритма последовательного перехода от формализованной схемы технологических цепочек к альтернативной модели. Алгоритм представляет собой последовательность операций синтеза: формализованных схем, графов технологических цепочек, матриц смежности, матриц вероятности, аналитических выражений для надежности и риска путей процессов электронного документооборота, аналитических выражений для оценки времени выполнения технологических цепочек. Показан синтез динамического вероятностного технологического процесса на основе формализованной схемы и аппарата динамических вероятностных нагруженных графов для технологических цепочек согласования и утверждения части проектно-сметной документации, а также возможность выполнения процедур верификации и валидации имитационной модели электронного документооборота с использованием альтернативной модели на основе диагностического вероятностного технологического процесса.

электронный документооборот технической документации; формализованная схема; альтернативная модель; имитационная модель; верификация; валидация; динамические вероятностные нагруженные графы

Введение

В соответствии с предложенной в [1] концептуальной моделью методология описания электронного документооборота технической документации (ЭДТД) в хозяйстве автоматики и телемеханики основывается на выделении следующих составляющих: уровней управления, технологических цепочек по выделенным уровням иерархии и алгоритмов выполнения технологических процессов (ТП) исследуемого ЭДТД [2].

Формализованная схема ЭДТД синтезируется на основе обобщенной формализованной схемы (ОФС) сложных систем массового обслуживания, предложенной авторами в [3]. Содержательное наполнение концептуальной модели (модель-описание) формируется в соответствии с выделенными составляющими по результатам обследования реальных процессов ЭДТД. Это позволяет перейти от модели-описания к формализованной схеме [4], которая служит основой для разработки автоматизированной технологии и имитационной модели (ИМ) ЭДТД, предназначенной для оценки эффективности принимаемых системотехнических решений. Важнейшим вопросом синтеза и применения ИМ ЭДТД является обеспечение и доказательство адекватности ИМ. С этой целью используются процедуры верификации (verification, VE) выполнения исходных требований и валидации (validation, VA) конкретных приложений. В [5] предложено для целей верификации и валидации использовать альтернативную модель (АМ) ЭДТД. В качестве математического аппарата для синтеза АМ выбран аппарат динамических вероятностных нагруженных графов (ДВНГ), на основе которого разработаны основные положения и метод представления технологических процессов ЭДТД в виде динамических вероятностных технологических процессов (ДВТП) [5]. Полученная таким образом АМ должна использоваться в процессе разработки автоматизированной технологии как для экспресс-оценки времени выполнения ТП, так и для доказательства адекватности ИМ ЭДТД. Для решения последней задачи необходимо разработать методику получения аналитических выражений времени реализации всех технологических цепочек по всем уровням иерархии представления процессов ЭДТД на основе ДВТП. Целями данной работы является разработка такой методики и иллюстрация ее применения для одной из технологических цепочек ЭДТД.

1 Методика оценки времени выполнения динамического вероятностного технологического процесса

Процедуры верификации ИМ и валидации с использованием АМ выполняются на основе следующих принципов:

- использование для ИМ ЭДТД и АМ одной и той же формализованной схемы, т. е. одной и той же информации;
- моделирование процесса ЭДТД с требуемой для процедур VA детализацией;
- моделирование процессов с учетом вероятностно-временных характеристик операций-вершин и вероятностей существования взаимодействующих дуг графа; последнее особенно существенно для учета качества технической документации и его изменения в процессе ЭДТД;
- использование ДВНГ-модели как самостоятельного средства для экспресс-оценок показателей эффективности ЭДТД и корректности программной реализации ИМ.

Реализация указанных принципов и предложенное в [5] формализованное описание ТП в виде ДВПТ позволили разработать методику синтеза АМ, представленную в данной работе в виде алгоритма (рис. 1).

Первый блок. На основе анализа нормативных документов и натурального обследования в соответствии с ОФС осуществляется построение формализованной схемы (ФС) рассматриваемой системы ЭДТД.

Второй блок. На основе анализа полученной на предыдущем этапе ФС выполняется синтез графов технологических цепочек для всех элементов иерархической структуры представления процессов ЭДТД.

Третий блок. Синтез ДВПТ для всех графов технологических цепочек иерархической структуры ФС.

Синтез таких ДВПТ обеспечивает информационное единство описания АМ и ИМ ЭДТД. Следует отметить, что АМ описывает только основные свойства, необходимые для оценки времени выполнения процессов ЭДТД с учетом качества технической документации.

Четвертый блок. Построение на основе ДВПТ технологических цепочек с учетом их вероятностно-временных характеристик, полученных в результате натурального обследования матриц смежности.

Пятый блок. Построение на основе данных используемых в блоке 4 матриц вероятностей ДВПТ.

Шестой и седьмой блоки. Формализованный расчет надежности и риска путей реализации процессов ЭДТД, представленных в виде ДВПТ.

Восьмой блок. Формирование математических выражений для расчета временных параметров процессов ЭДТД с учетом средних значений качества технической документации.

Реализация данного алгоритма обеспечивает упрощение процедур проверки адекватности ИМ ЭДТД с использованием АМ. Для осуществления процедур VE и VA выполняются блоки 6 и 7 алгоритма с конкретными исходными данными, а затем в блоке 8 рассчитываются временные параметры процессов ЭДТД с теми же данными, что позволяет дать предварительную оценку времени выполнения технологических цепочек для последующего сравнения с результатами оценки тех же временных характеристик, полученных с использованием ИМ ЭДТД.

2 Синтез альтернативной модели технологической цепочки согласования и утверждения части проектно-сметной документации

2.1 Формализованная схема

Первый блок алгоритма реализуется посредством синтеза ФС технологической цепочки согласования и утверждения части проектно-сметной документации

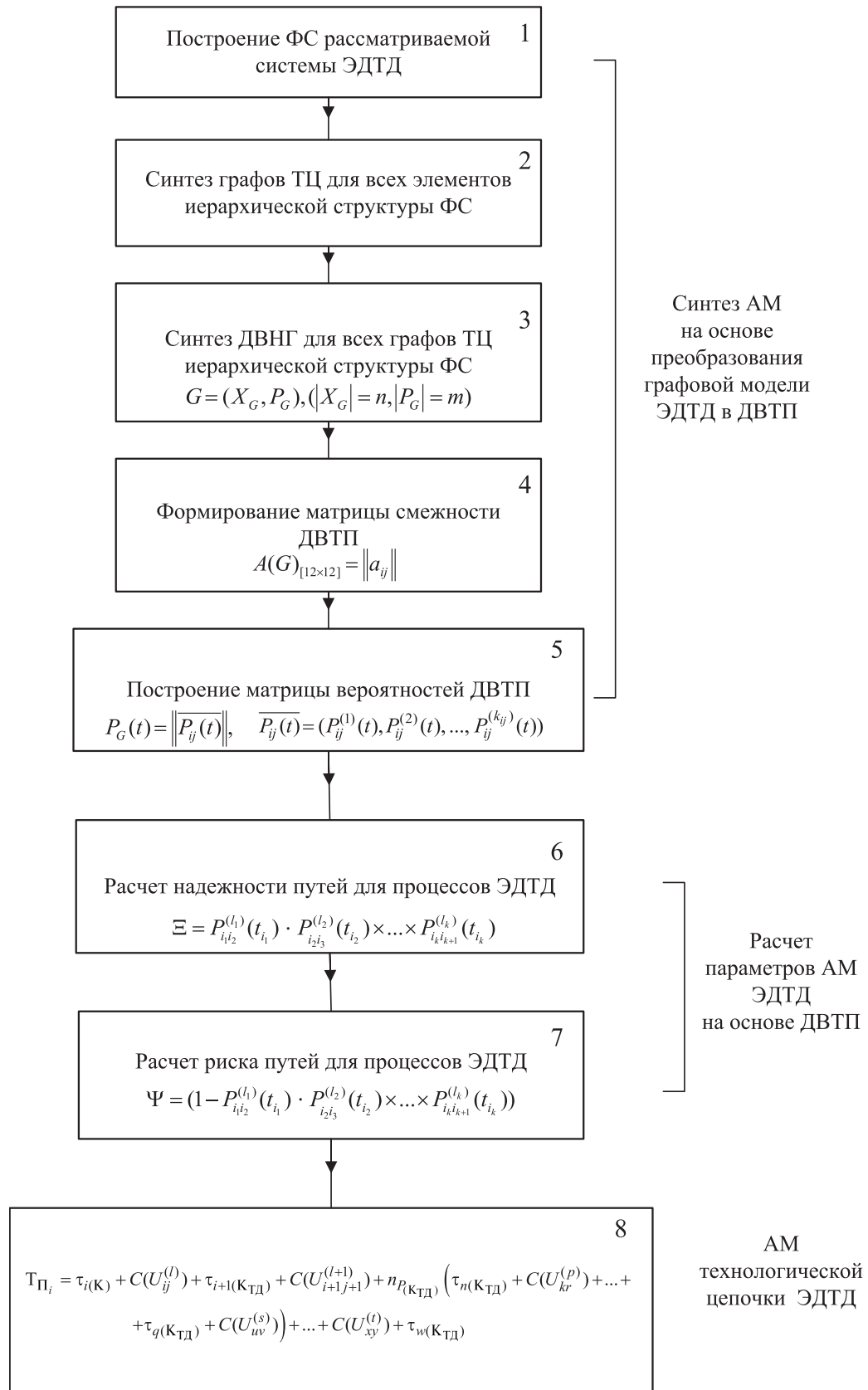


Рис. 1. Алгоритм синтеза аналитической модели временных параметров технологических цепочек

(ПСД) второго уровня ЭДТД. Для этого выделяются элементарные для данного уровня представления операции, являющиеся алгоритмами для следующего иерархического уровня. Выделяются участники процесса реализации ТП, определяется последовательность реализации технологической цепочки (ТЦ).

Второй блок алгоритма реализуется с помощью синтеза графа (рис. 2) ТЦ согласования и утверждения части ПСД. Ниже представлен список алгоритмов, входящих в ОФС второго уровня иерархии процессов ЭДТД:

A111 – регистрация схематического плана станции в аппарате главного инженера;

A114 – утверждение схематического плана станции начальником дороги;

A15 – передача схематического плана станции причастным службам;

A112 – передача схематического плана станции проектной организации;

A115 – передача утвержденного схематического плана станции функциональному заказчику (службе автоматики и телемеханики);

A11 – проектирование схематического плана станции;

A12 – проектирование таблицы взаимозависимостей стрелок и сигналов;

A14 – передача схематического плана станции функциональному заказчику (служба автоматики и телемеханики);

A113 – корректировка схематического плана станции;

A19 – рассмотрение схематического плана станции функциональным заказчиком;

A110 – передача схематического плана станции в аппарат главного инженера;

A116 – выдача утвержденного схематического плана станции проектной организации.

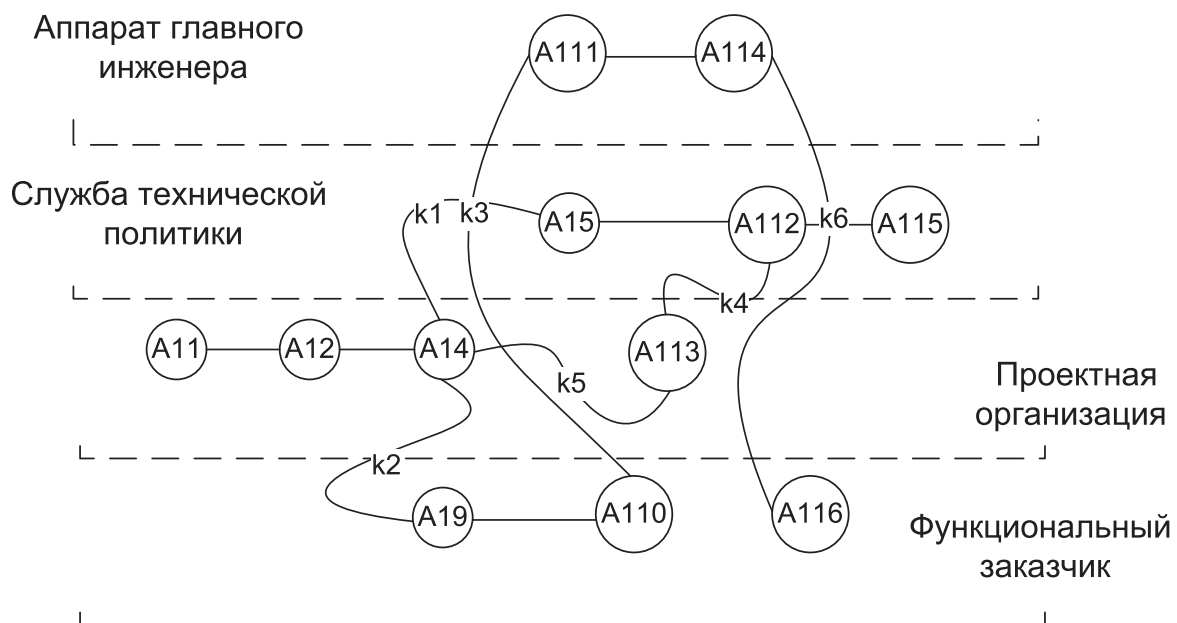


Рис. 2. Граф технологической цепочки согласования и утверждения части ПСД

2.2 Формализация оценки временных параметров ДВТП

Динамическим вероятностным нагруженным графом [6] называется ориентированный граф $G = (X_G, P_G)$, ($|X_G| = n, |P_G| = m$), у которого в любой момент времени $t \in T$ для любых вершин x_i, x_j из X_G l -я дуга $U_{ij}^{(l)} \in P_G$ существует с вероятностью $P_{ij}^{(l)}(t)$. Если в данный момент времени t дуга $U_{ij}^{(l)}$ существует, то она характеризуется априорно известной величиной $C_l(U_{ij}^{(l)})$ – нагрузкой дуги в момент времени t .

В [5] дано определение ДВТП. Это динамический вероятностный нагруженный граф технологической цепочки, соответствующей описанию процесса обработки комплекта технических документов ЭДТД логически взаимосвязанной функционально полной последовательностью операций.

Матрицей смежности ДВТП $A(G)_{[12 \times 12]} = \|a_{ij}\|$ называется квадратная матрица с размерностью $[n \times n]$, $n = |X_G|$, каждый элемент a_{ij} которой равен количеству возможных дуг (петель при $i = j$) из вершины $x_i \in X_G$ в вершину $x_j \in X_G$.

Матрицей вероятностей ДВТП $G = (X_G, P_G)$ называется матрица $P_G(t) = \|\overline{P_{ij}(t)}\|$ с размерностью $[n \times n]$, $n = |X_G|$, каждый элемент $\overline{P_{ij}(t)} = (P_{ij}^{(1)}(t), P_{ij}^{(2)}(t), \dots, P_{ij}^{(k_j)}(t))$ которой есть вектор вероятностей существования соответствующей дуги из вершины $x_i \in X_G$ в вершину $x_j \in X_G$ в момент времени t .

Примем, что упорядоченная последовательность дуг $(U_{i_1 i_2}^{(l_1)}, U_{i_2 i_3}^{(l_2)}, \dots, U_{i_k i_{k+1}}^{(l_k)})$ образует возможный путь $\mu_{(i_1, i_2, \dots, i_{k+1})}^{(l_1, l_2, \dots, l_k)}$ из вершины $X_{i_1} \in X_G$ в вершину $X_{i_{k+1}} \in X_G$, если существует упорядоченная по возрастанию последовательность согласованных временных срезов $(t_{i_1}, t_{i_2}, \dots, t_{i_k})$ – такая, что соответствующая ей упорядоченная последовательность вероятностей $(P_{i_1 i_2}^{(l_1)}(t_{i_1}), P_{i_2 i_3}^{(l_2)}(t_{i_2}), \dots, P_{i_k i_{k+1}}^{(l_k)}(t_{i_k}))$ не содержит нулевых элементов.

В [5] сформулированы определения надежности и риска пути для ЭДТД с учетом качества технической документации.

Надежностью пути $\mu_{(i_1, i_2, \dots, i_{k+1})}^{(l_1, l_2, \dots, l_k)}$, соответствующего времени начала ЭДТД t_{i_1} , называется величина $\Xi = P_{i_1 i_2}^{(l_1)}(t_{i_1}) \cdot P_{i_2 i_3}^{(l_2)}(t_{i_2}) \times \dots \times P_{i_k i_{k+1}}^{(l_k)}(t_{i_k})$.

Риском пути $\mu_{(i_1, i_2, \dots, i_{k+1})}^{(l_1, l_2, \dots, l_k)}$, соответствующего времени начала ЭДТД t_{i_1} , называется величина $\Psi = (1 - P_{i_1 i_2}^{(l_1)}(t_{i_1})) \cdot P_{i_2 i_3}^{(l_2)}(t_{i_2}) \times \dots \times P_{i_k i_{k+1}}^{(l_k)}(t_{i_k})$.

Надежность и риск каждого возможного пути являются функциями времени начала ЭДТД t_{i_1} .

В [7] изложены принципы оценки качества технических документов. Реализация третьего блока алгоритма синтеза АМ предполагает формулировку задачи синтеза АМ как задачи оценки времени выполнения процессов (см. с. 83)

в зависимости от достигнутого качества технической документации и времени начала процессов ЭДТД.

Рассмотрим процесс Π_c (рис. 3).

Введем следующие обозначения:

- X_1 – проектирование схематического плана станции;
- X_2 – проектирование таблицы взаимозависимостей стрелок и сигналов;
- X_3 – передача схематического плана станции функциональному заказчику (служба автоматики и телемеханики);
- X_4 – корректировка схематического плана станции;
- X_5 – передача схематического плана станции причастным службам;
- X_6 – рассмотрение схематического плана станции функциональным заказчиком;
- X_7 – передача схематического плана станции в аппарат главного инженера;
- X_8 – регистрация схематического плана станции в аппарате главного инженера;
- X_9 – утверждение схематического плана станции начальником дороги;
- X_{10} – передача схематического плана станции проектной организации;
- X_{11} – передача утвержденного схематического плана станции функциональному заказчику (службе автоматики и телемеханики);
- X_{12} – выдача утвержденного схематического плана станции проектной организации.

Таким образом, на рис. 3 $X_1 \div X_{12}$ – операции процесса Π_i ;

$\tau_1 \div \tau_{12}$ – время выполнения операции X_i процесса Π_i ;

U_{ij}^k – дуга из вершины X_i в X_j ;

$C_{(U_{ij}^n)}$ – нагрузка дуги из вершины X_i в X_j ;

$P_{ij(K_{ТД})}$ – вероятность условного перехода в зависимости от качества технической документации, участвующей в операции X_i процесса Π_i .

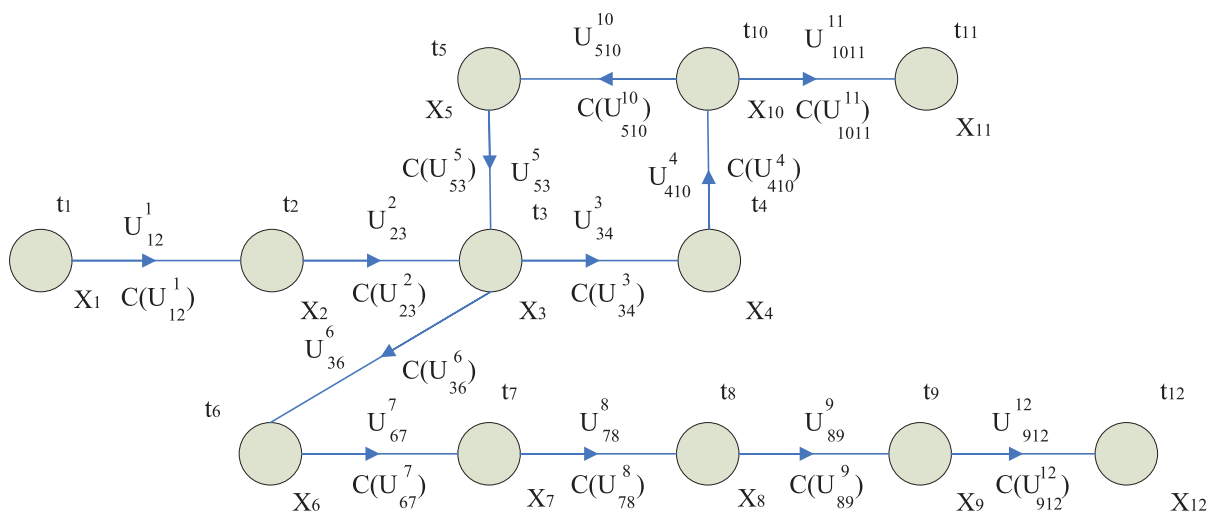


Рис. 3. Динамический вероятностный технологический процесс

Реализация блока 4 (см. рис. 1) позволяет построить матрицу смежности на основе полученной ДВТП. Матрица смежности [6] для графа (см. рис. 3) имеет вид:

$$A(G)_{[12 \times 12]} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Пятый блок алгоритма реализуется путем построения матрицы вероятностей [6]. Матрица вероятностей для описанного процесса представлена на рис. 4.

Введем три типа операций и вероятностные логические условия: операции, порождающие качество технической документации с заданной вероятностью X_1 ; операции, длительность которых зависит от качества технической документации X_2, X_3, X_4 ; операции, повышающие качество технической документации X_2, X_3 ; логические условия, вероятность перехода в которых зависит от качества технической документации $P_{ij(K_{ТД})}$.

Учитывая, что $\tau_i = f(K_i)$ для $i = 2 \div 10$; $n = f(K_i)$; $m = f(K_i)$; обозначим:

τ_i – время выполнения элементарной операции X_i процесса Π_i ;

$P_{(K_{ТД})}$ – вероятность условного перехода как функция, зависящая от качества технической документации;

$\tau_{i(K_{ТД})}$ – время выполнения элементарной операции как функция, зависящая от качества технической документации.

Блоки 6 и 7 алгоритма синтеза альтернативной модели выполняются путем расчета по формулам:

– надежности пути рассматриваемого процесса ЭДТД:

$$\Xi = P_{i_1 i_2}^{(l_1)}(t_{i_1}) \cdot P_{i_2 i_3}^{(l_2)}(t_{i_2}) \times \dots \times P_{i_k i_{k+1}}^{(l_k)}(t_{i_k});$$

– риска пути рассматриваемого процесса ЭДТД:

$$\Psi = 1 - P_{i_1 i_2}^{(l_1)}(t_{i_1}) \cdot P_{i_2 i_3}^{(l_2)}(t_{i_2}) \times \dots \times P_{i_k i_{k+1}}^{(l_k)}(t_{i_k}).$$

Реализация блока 8 алгоритма (см. рис. 1) осуществляется посредством синтеза формулы расчета времени выполнения процессов Π_i иерархической структуры ФС с помощью матрицы вероятностей и матрицы смежности рассматриваемого процесса [5]. Индексы дуг графа при определении нагрузок и индексы времени выполнения операций соответствуют элементам матриц смежности и матриц вероятности.

Построим математическое выражение для оценки времени выполнения процесса Π_C (см. рис. 3):

$$\begin{aligned} T_{\Pi_C} = & \tau_1 + C(U_{12}^1) + \tau_{2(\text{К-ТД})} + C(U_{23}^2) + n_{P(\text{К-ТД})} (\tau_{3(\text{К-ТД})} + C(U_{34}^3) + \tau_{4(\text{К-ТД})} + \\ & + C(U_{410}^4) + \tau_{10(\text{К-ТД})} + C(U_{510}^{10}) + \tau_{5(\text{К-ТД})} + C(U_{53}^5)) + C(U_{36}^6) + \tau_{6(\text{К-ТД})} + \\ & + C(U_{67}^7) + \tau_{7(\text{К-ТД})} + C(U_{76}^8) + \tau_{8(\text{К-ТД})} + C(U_{89}^9) + \tau_{9(\text{К-ТД})} + C(U_{912}^{12}) + \tau_{12} + \\ & + C(U_{1011}^{11}) + \tau_{11}, \end{aligned}$$

где

$$\tau_i = f(P_{(X_i)}) \cdot P_{(\text{К-ТД})}; \quad C_{(U_{ij}^n)} = f(t) \cdot P_{(\text{К-ТД})},$$

где $P_{(X_i)}$ – вероятность порождения уровня качества технической документации при выполнении операции X_i .

Общая продолжительность процесса ЭДТД включает совокупность элементарных для данного уровня представления операций, выполняемых на разных стадиях ЭДТД и нагрузок дуг в соответствии со структурной схемой взаимодействия процессов и вероятностью выполнения условных переходов в данный момент времени.

Предложенная ДВТП-модель позволяет более точно определять продолжительность реализации элементарных операций и переходов на данном иерархическом уровне представления при натуральных обследованиях, подготовке исходных данных для синтеза и валидации ИМ ЭДТД.

Заключение

Развитие ЭДТД в хозяйстве автоматики и телемеханики – актуальная задача, решение которой позволяет совершенствовать технологию работы всех звеньев железнодорожного комплекса [8–12].

В данной работе:

- сформулирована задача верификации и валидации ИМ ЭДТД с использованием альтернативной модели;
- для реализации альтернативной модели предложено использование аппарата ДВНГ, позволяющего обеспечить информационное единство АМ и ИМ ЭДТД;
- предложена методика получения АМ в виде математического выражения для оценки временных характеристик ТЦ ЭДТД;
- предложенная методика реализована в виде алгоритма синтеза альтернативной модели ЭДТД;
- предложен подход к обеспечению верификации и валидации ИМ ЭДТД и контролю адекватности ИМ на основе преобразования формализованной схемы ЭДТД в ДВП;
- выполнена разработка альтернативной модели на основе ФС второго уровня ЭДТД технологической цепочки согласования и утверждения части ПСД.

В дальнейшем предполагаются разработки:

- алгоритмов формирования матрицы смежности (блок 4 алгоритма, см. рис. 1);
- алгоритмов формирования матрицы вероятностей (блок 5 алгоритма, см. рис. 1);
- алгоритмов формирования выражений для расчета надежности и риска пути рассматриваемых ТЦ ЭДТД;
- алгоритмов формирования математических выражений для оценки временных характеристик ТЦ ЭДТД;
- программ автоматизированного расчета временных параметров АМ, а также выполнение расчетов АМ с использованием разработанных программ для всего множества ТЦ, включенных в ФС ЭДТД.

Библиографический список

1. Булавский П. Е. Концептуальная модель электронного документооборота технической документации / П. Е. Булавский // Транспорт Российской Федерации. – 2011. – № 1. – С. 60–63.
2. Василенко М. Н. Интегрированная система автоматизации проектирования, ведения и проверки технической документации / М. Н. Василенко // Автоматика, связь, информатика. – 2009. – № 9. – С. 28–29.
3. Марков Д. С. Матричный метод формализации имитационных моделей сложных систем массового обслуживания / Д. С. Марков, П. Е. Булавский // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2010. – № 4. – С. 186–196.
4. Булавский П. Е. Синтез формализованной схемы электронного документооборота систем железнодорожной автоматики и телемеханики / П. Е. Булавский, Д. С. Марков // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2013. – № 2. – С. 108–115.

5. Булавский П. Е. Метод оценки времени выполнения процессов и адекватности имитационной модели электронного документооборота технической документации / П. Е. Булавский, Д. С. Марков // Бюллетень результатов научных исследований. – 2014. – № 2. – С. 45–57.
6. Орлов Г. С. Динамические вероятностные нагруженные графы. Определения, свойства, области применения / Г. С. Орлов // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2010. – № 1 (31). – С. 48–57.
7. Булавский П. Е. Оценка качества технической документации на системы ЖАТ / П. Е. Булавский // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 8. – С. 37–39.
8. Василенко М. Н. Организация электронного документооборота на полигоне Октябрьской ж. д. при реконструкции и модернизации систем автоматики и телемеханики / М. Н. Василенко, Б. П. Денисов, П. Е. Булавский // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2008. – № 4. – С. 67–72.
9. Василенко М. Н. Электронный документооборот в хозяйстве СЦБ / М. Н. Василенко, В. Г. Трохов, Д. В. Зуев // Автоматика связь, информатика. – 2014. – № 8. – С. 2–3.
10. Василенко М. Н. Развитие электронного документооборота в хозяйстве АТ / М. Н. Василенко, В. Г. Трохов, Д. В. Зуев, Д. В. Седых // Автоматика, связь, информатика. – 2015. – № 1. – С. 14–16.
11. Василенко М. Н. Единое информационное пространство технической документации ЖАТ / М. Н. Василенко, А. Ф. Ершов // Автоматика связь, информатика. – 2012. – № 5. – С. 15–16.
12. Василенко М. Н. Применение теории и методов экспертизы схемных решений ЖАТ для повышения качества ведения технической документации / М. Н. Василенко, А. М. Горбачев // Транспорт Российской Федерации. – 2012. – № 6. – С. 40–42.

Bulavsky Petr E.,

Markov Dmitry S.

«Automation and Remote Control on Railways» department,
Petersburg State Transport University

The method of estimation of time characteristics of electronic technical document management processes

In this paper authors offer the method of obtaining the alternative model (AM) as an analytic expression for the estimation of time characteristics of technological chains (TC) of electronic technical document management (ETDM) in railway automation and remote control. The method is realized as the algorithm of consistent transition from TC formalized scheme to AM. Algorithm is a sequence of synthesis operations: formalized schemes,

TC graphs, adjacency matrices, probability matrices, analytic expressions for reliability and risk of ETDM process paths, analytic expressions of TC performance time estimation. The analysis of dynamic probabilistic technological process (DPTP) based on formalized scheme and apparatus of dynamic probabilistic loaded graphs for the TC of confirmation of approvable part of project documentation is adduced. The possibility of performance of ETDM simulation models verification and validation procedures with use of AM based on DPTP is shown.

electronic technical document management; formalized scheme; alternative model; simulation model; verification; validation; dynamic probabilistic loaded graphs

References

1. Bulavsky P. E. Concept model of electronic technical documentation management. *Transport of the Russian Federation*, 2011, issue 1, pp. 60–63.
2. Vasilenko M. N. Integrated system of automation of design, management and test of technical documentation. *Avtomatika, svyaz`, informatica*, 2009, issue 9, pp. 28–29.
3. Markov D. S., Bulavsky P. E. Matrix method of formalization of simulation models of complex mass service systems. *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2010, issue 4, pp. 186–196.
4. Bulavsky P. E., Markov D. S. Synthesis of formalized scheme of railway automation and remote control electronic document management. *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2013, issue 2, pp. 108–115.
5. Bulavsky P. E., Markov D. S. Method of evaluation of process lead time and simulation model adequacy for electronic technical document management. *Scientific research result bulletin*, 2014, issue 2, pp. 45–57.
6. Orlov G. S. Dynamic probabilistic loaded graphs. Definitions, properties, application areas. *Ryazan state radio technique university messenger*, 2010, issue 1 (31), pp. 48–57.
7. Bulavsky P. E. Evaluation of quality of railway automation and remote control systems technical documentation. *Avtomatika, svyaz`, informatica*, 2011, issue 8, pp. 37–39.
8. Vasilenko M. N., Denisov B. P., Bulavsky P. E. Organization of electronic documentation management on October Railway under reconstruction and modernization of railway automation and remote control systems. *Proceedings of Rostov State Transport University*, 2008, issue 4, pp. 67–72.
9. Vasilenko M. N., Trokhov V. G., Zuev D. V. Electronic document management in SCB. *Avtomatika, svyaz`, informatica*, 2014, issue 8, pp. 2–3.
10. Vasilenko M. N., Trokhov V. G., Zuev D. V., Sedykh D. V. Development of electronic document management in automation and remote control. *Avtomatika, svyaz`, informatica*, 2015, issue 1, pp. 14–16.
11. Vasilenko M. N., Ershov A. F. Unified data space for railway automation and remote control technical documentation. *Avtomatika, svyaz`, informatica*, 2012, issue 5, pp. 15–16.
12. Vasilenko M. N., Gorbachov A. M. Use of theory and methods of railway automation and remote control technical solution expertise for increase of technical documentation management quality. *Transport of the Russian Federation*, 2012, issue 6, pp. 40–42.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии М. Н. Василенко
Поступила в редакцию 26.11.2015, принята к публикации 23.12.2015*

БУЛАВСКИЙ Петр Евгеньевич – доктор технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.
e-mail: pbulavsky@gmail.com

МАРКОВ Дмитрий Спиридонович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.
e-mail: mds1945@yandex.ru

© Булавский П. Е., Марков Д. С., 2016