

УДК 004.942+519.876.5

*Булавский Петр Евгеньевич,  
д.т.н., профессор, Петербургский государственный университет  
путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург  
Bulavskiy Petr Evgenevich,  
PGUPS, Saint-Petersburg*

*Ваисов Олег Кахрамонович,  
аспирант, Петербургский государственный университет  
путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург  
Vaisov Oleg Kahramonovich,  
PGUPS, Saint-Petersburg*

**ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ СИСТЕМ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ  
НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ**

**ESTIMATION OF THE EXECUTION TIME  
OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF ELECTRONIC  
DOCUMENT MANAGEMENT OF TECHNICAL  
DOCUMENTATION OF RAILWAY AUTOMATION SYSTEMS  
AND TELEMCHANICS BASED ON PETRI NETS**

**Аннотация:** разработана имитационная модель всех технологических процессов с учетом особенностей электронного документооборота технической документации, которая позволяет оценить время выполнения, как отдельных технологических цепочек, так и в целом определить затрачиваемое время от их начала до завершения строительства и ввода систем железнодорожной автоматики и телемеханики в эксплуатацию.

**Abstract:** a simulation model of all technological processes was developed taking into account the peculiarities of electronic document management of technical documentation, which allows to evaluate the lead time of both individual technological chains, and in general to determine the elapsed time from their beginning to the completion of construction and commissioning of railway automation and telemechanics systems.

**Ключевые слова:** электронный документооборот технической документации, цветные сети Петри, иерархия, вложенность.

**Keywords:** electronic document management of technical documentation, color Petri nets, hierarchy, nesting.

**Введение.** Оценка параметров электронного документооборота технической документации (ЭДТД) систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) предполагает выполнение системных исследований методом имитационного моделирования с учетом целого ряда особенностей: территориальной распределенности средств ЭДТД, временной продолжительности реализации проектов СЖАТ, большого числа участников, решающих разнородные задачи [1].

Существенное влияние на все процессы жизненного цикла СЖАТ оказывает качество технической документации (ТД). Под качеством понимается весь объем признаков и характеристик технической документации, который относится к ее способности удовлетворять установленным потребностям [2].

Оценка качества технической документации выполняется путем исследования продолжительности выполнения технологических цепочек ЭДТД на базе методологии СП и имитационного моделирования (ИМ) с применением возможностей среды моделирования CPN Tools.

Система CPN Tools является специальной средой моделирования, которая использует аппарат сетей Петри и язык функционального программирования CPN ML [3].

**Формализация технологических операций ЭДТД.** На базе сформулированных в [4] требований был проведен анализ существующих методов формализации и инструментальных средств ИМ технологических процессов ЭДТД. Анализ показал, что GPSS World является эффективным инструментом имитационного моделирования, свободным от ограничений аналитических и численных методов, с нестандартной обработкой данных и снимающим с программиста множество нетривиальных проблем программирования и отладки моделей. Но при этом необходимо отметить наличие ряда серьезных недостатков: отсутствие визуального представления схемы технологических операций; отсутствие возможности регулирования темпа автоматического моделирования; невозможность простого отслеживания технологических процессов; медленное пошаговое продвижение транзактов, а также то, что моделирование в этой среде требует высокой квалификации.

В соответствии с результатами анализа, ИМ технологических процессов ЭДТД целесообразно производить на базе иерархических цветных сетей Петри с временными ограничениями. Реальные технологические процессы ЭДТД имеют конечную продолжительность. В соответствии с [5] временные цветные сети Петри задаются следующим набором:

$$TCPN = (P, T, A, \Sigma, N, C, G, E, I)$$

где,  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$  – конечное множество позиций, т.е. условий при которых выполнится технологическая операция ЭДТД;

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$  – конечное множество переходов,  $P \cup T = \emptyset$  и  $P \cap T = \emptyset$ ;

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_l\}$  – конечное множество направленных дуг;

$\Sigma$  – конечное множество непустых наборов цветов;

$N$  – является функцией узла, определенной из  $A$  в  $P \times T \cup T \times P$ ;

$C: P \rightarrow \Sigma$  – функция набора цветов, которая назначает цвет для каждого места;

$G: T \rightarrow EXPR$  – является защитной функцией, которая назначает защиту для каждого перехода  $t$  следующим образом:

$$[Type(G(t)) = Bool \wedge Type(Var(G(t))) \subseteq \Sigma].$$

$E: A \rightarrow EXPR$  – представляет собой функцию выражения дуги, которая присваивает дуговое выражение каждой дуге  $a$ :

$$\forall a \in A: [Type(E(a)) = C(p(a))_{MS} \wedge Type(Var(E(a))) \subseteq \Sigma],$$

$I: P \rightarrow EXPR$  – является функцией инициализации, которая присваивает выражение инициализации каждому месту  $p$  следующим образом:

$$\forall p \in P: [Type(I(p)) = C(p)_{MS} \wedge Type(Var(I(p))) \subseteq \emptyset]$$

Тип  $(v)$  обозначает тип переменной  $v$ .  $Var(expr)$  обозначает набор переменных в выражении  $expr$ .

**Моделирование технологических процессов ЭДТД.** В [6] выделены технологические цепочки (ТЦ), соответствующие стадийности выполнения работ от их начала до завершения строительства и ввода СЖАТ в эксплуатацию. Под ТЦ понимается функционально завершенная последовательность операций над комплектом технической документации. На основании этих данных построена условная модель технологической цепочки ЭДТД на базе иерархических цветных сетей Петри с временными ограничениями (рисунок 1).

В соответствии с синтаксисом языка CPN ML атрибуты позиции представлены в виде выражения  $I^1I$ , которое задает начальную маркировку, состоящую из 1 (фишки) метки со значением (цветом) 1.

С учетом особенностей технологических процессов ЭДТД фишки имеют временной характер. Для заданий временных свойств фишек использованы следующие обозначения:

$$closet\ tED = int\ timed,$$

где *closet* – системное слово языка CPN ML для определения типа данных (цвета), *timed* – системное слово языка CPN ML означающее, что фишки данного типа имеют временные метки, *tED* – обозначение нового типа данных, *int* – название типа данных (*integer*). В качестве атрибута дуг ИЦВСП используется переменная *k*, необходимая для переноса соответствующих фишек между позициями и переходами. Переменная *k* объявлена следующим образом: *var: k: tED*.

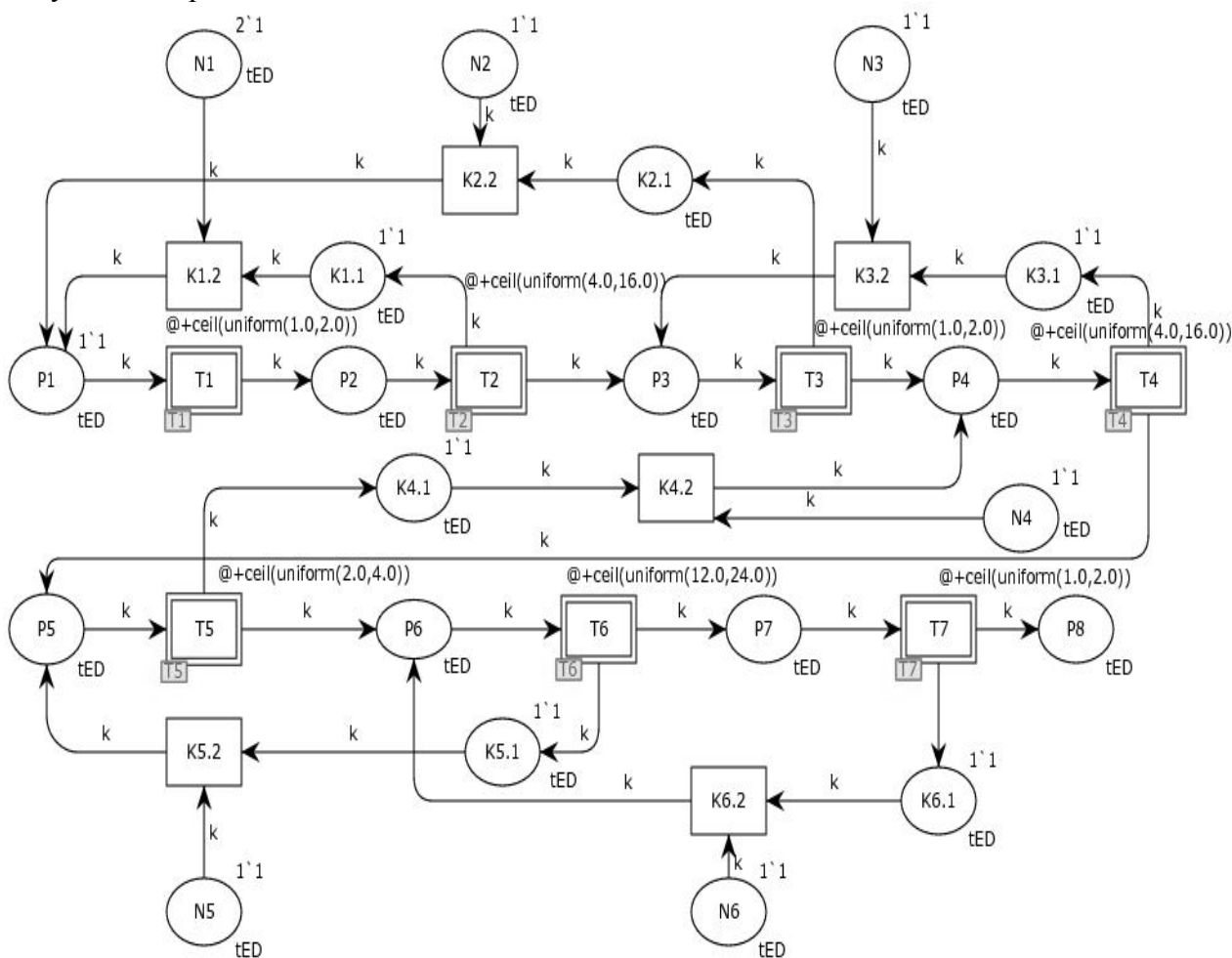


Рисунок.1 – Иерархическая ЦВСП технологической цепочки алгоритмов ЭДТД

Возможности среды моделирования CPN Tools позволяют задавать временные задержки срабатывания позиций, переходов и перемещения фишек через дуги путем задания случайной величины, распределенной по некоторому закону распределения случайных величин. Так для переходов *T1*, *T2*, *T3*, *T4*, *T5* используется функция равномерного закона распределения (*uniform*) случайных величин, параметры которого выбраны путем экспертной оценки времени, необходимого для осуществления соответствующих технологических операций при новом строительстве СЖАТ на небольших участках:

$$I^1I @ +ceil(uniform(4.0,16.0))$$

В данной модели приняты следующие обозначения позиций, переходов и дуг (таблица 1).

Таблица 1

## Значение множества переходов

Переходы	Описание переходов
T1	Выдача технического задания и технических условий по запросам
T2	Проектирование утверждаемой части проектно-сметной документации (ПСД)
T3	Согласование и утверждение утверждаемой части ПСД
T4	Проектирование ПСД
T5	Отправка и экспертиза ПСД
T6	Изготовление, строительство и проведение пуско-наладочных работ
T7	Ведение и архивирование ТД

Описание множества позиций, т.е. условий при которых выполняются технологические операции ЭДТД приведено в таблице 2.

Таблица 2

## Значение множества позиций

Позиции	Описание позиции
P1	Наличие технического задания и технических условий
P2	Проверка выданных по запросам технического задания и технических условий и начало выполнения проектирования ПСД
P3	Наличие утверждаемой части проектно-сметной документации
P4	Наличие согласованной и утвержденной утверждаемой части ПСД и проектирование ПСД
P5	Наличие проекта и отправка на экспертизу ПСД
P6	Заключительная экспертиза ПСД и начало строительства
P7	Завершение проведения пуско-наладочных работ с учетом регламентных процедур
P8	Наличие ТД для ведения и архивирования в дистанции автоматики и телемеханики

Возможности ИЦВСП позволяют производить разработку сложных имитационных моделей (ИМ) технологических процессов ЭДТД путем замещения их одним переходом, соответствующим определенной степени детализации алгоритмических уровней, так как алгоритмические уровни представляет собой определенную степень детализации элементарных технологических процессов. В связи с наличием большого количества выполняемых технологических операций, переходы *T1*, *T2*, *T3*, *T4*, *T5* выполнены в виде вложенной структуры. Вложенная структура построена на базе методологии нисходящего проектирования и образует иерархическую ИМ (таблица 3).

Таблица 3

## Результаты исследования ИМ ЭДТД

Наименование технологических процессов	Продолжительность работы (в неделях)
Формирование технического задания и технических условий	2
Проектирование утверждаемой части ПСД	2
Согласование и утверждения утверждаемой части ПСД	2
Проектирование ПСД	15
Отправка и экспертиза ПСД	3
Изготовление, строительство и проведение пуско-наладочных работ	14
Ведение и архивирование ТД	2
<b>Итого</b>	<b>40</b>

**Заключение.** Таким образом, в данной работе формализованы технологические процессы ЭДТД на базе ИВЦСП и посредством методологии нисходящего проектирования разработана ИМ, которая позволяет оценивать продолжительность работ при проектировании ТД СЖАТ. Следующим этапом выполнения работ по исследованию ИМ ЭДТД на базе иерархических ЦВСП являются: определение временных параметров

выполнения технологических процессов ЭДТД в реальных условиях путем натурных исследований или при помощи анализа соответствующих статистических данных; планирование и проведение серий имитационных экспериментов для оценки выбранных показателей качества ЭДТД.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Василенко М.Н. Организация электронного документооборота при проектировании систем автоматики и телемеханики / Василенко М.Н., Денисов Б.П., Булавский П.Е., Трохов В.Г. // Известия петербургского университета путей сообщения. – Санкт-Петербург 2007 Выпуск №1. – С. 16-29.
2. Булавский П.Е. Метод оценки времени выполнения процессов и адекватности имитационной модели электронного документооборота технической документации/ Булавский П.Е., Марков Д.С.//Автоматики на транспорте. – 2014. Т.2. – №1 – С. 45-56.
3. Скородумов П.В. Анализ перспективных расширений сетей Петри // Наука и Мир – 2014. Т.1. – №10 – С. 66-68.
4. Булавский П. Е. Моделирование процессов электронного документооборота технической документации с помощью сетей Петри /П.Е. Булавский, О.К. Ваисов // Автоматика на транспорте. – 2018. – Т.4. – №4. – С. 687-705.
5. Булавский П.Е. Метод оценки времени на выполнения процессов электронного документооборота технической документации/ Булавский П.Е, Марков Д.С. // В сборнике: Развитие элементной базы и совершенствование методов построения устройств железнодорожной автоматики и телемеханики сборник научных трудов Под редакцией Вл. В. Сапожникова. Санкт-Петербург, 2014. С. 64-69.
6. Jensen, K., Kristensen, L.M. Formal Definition of Timed Coloured Petri Nets. In Coloured Petri Nets; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2009; pp. 257-271.



## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ TECHNICAL SCIENCES

УДК 10167

*Бутова Светлана Николаевна,  
д.б.н., профессор,  
Московский государственный университет пищевых производств, г. Москва  
Butova Svetlana Nikolaevna,  
Moscow State University of Food Production, Moscow*

*Дронов Николай Олегович,  
Московский государственный университет пищевых производств, г. Москва  
Dronov Nikolay Olegovich,  
Moscow State University of Food Production, Moscow*

### ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ CENTELLA ASIATICA В СОСТАВЕ КОСМЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

### PROSPECTS FOR THE USE OF CENTELLA ASIATICA IN COSMETICS

**Аннотация:** в последние годы число людей страдающих чувствительной кожей, постоянно растет, особенно из-за условий окружающей среды (загрязнения), напряженного образа жизни и использования косметических средств, которые могут быть слишком жесткие