

УДК 004.021+625.25

**Н. М. Арипов, д-р техн. наук,  
Д. Х. Баратов, канд. техн. наук**

Кафедра «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте»,  
Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

## **МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ**

В статье исследованы особенности электронного документооборота технической документации железнодорожной автоматики и телемеханики. Рассмотрены задачи синтеза математического описания электронного документооборота технической документации железнодорожной автоматики и телемеханики. Исследованы реальные процессы создания, проверки и использования технической документации на примере ведения заказных спецификаций систем автоматики и телемеханики, что позволило выявить сценарии документооборота, а также протоколы свойств технических документов. Разработана методика создания модели электронного документооборота технической документации на основе аппарата теории графов. Описаны методы определения множеств для предлагаемой модели, предложена алгебра документооборота технической документации с использованием графов.

Для задания матричной формы представления документооборота документации предлагается использовать множество плоских прямоугольных матриц, каждая из которых представляет состояние системы в некоторую дискретную единицу времени. Полученные матрицы инцидентности определяют графовую модель документооборота рассматриваемого процесса, а совокупность этих матриц задает все возможные сценарии движения документов в процессе, описывает возможные состояния документов и определяет возможных участников. Применение предложенной методики построения математической модели на основе теории графов позволяет разработать прикладное программное обеспечение для решения задач оперативного документооборота технической документации.

электронный документооборот технической документации; теория графов; модель электронного документооборота технической документации; формальное представление технической документации; технологический процесс ведения заказных спецификаций железнодорожной автоматики и телемеханики; матрица инцидентности электронного документооборота технической документации

### **Введение**

В настоящее время на железнодорожном транспорте с помощью современных информационных технологий решаются самые сложные задачи. Для управления движением поездов по станциям и перегонам используется микропроцессорные системы. Продолжаются работы по переводу на элек-

тронный документооборот параллельно с традиционным бумажным документооборотом. В Узбекистане на данный момент эта задача определена на законодательном уровне [1].

Вопросы формализации электронного документооборота технической документации железнодорожной автоматики рассмотрены на работах [2–9], однако остается актуальной задача четкой формализации понятия «электронный документооборот технической документации» и создания модели технологических процессов железнодорожной автоматики и телемеханики, а также использования достижений информационных технологий для решения управленческих проблем.

Для создания модели электронного документооборота технической документации на устройства сигнализации, централизации и блокировки были исследованы реальные процессы создания, проверки и использования технической документации в системах автоматики и телемеханики. Это позволило выявить сценарии документооборота и протоколы свойств технических документов.

В данной статье рассмотрен новый подход к созданию моделей документооборота технической документации на основе аппарата теории графов. Описаны методы определения множеств для разработанной модели, предложена алгебра документооборота с использованием графов.

## 1 Общие положения

Для построения графовой модели необходимо определить некоторый набор данных, которые будут являться базисом. Для графовой модели данные должны быть дискретны и предполагать связность различной степени. В качестве основы для рассматриваемой графовой модели используется нотация, введенная в работе [5].

Формально процесс электронного документооборота представляется в виде трех конечных множеств и связей элементов этих множеств между собой. Математическая нотация данного процесса представлена в виде

$$D_r = \{ U, P, \Phi \},$$

где  $D_r$  – формальная модель электронного документооборота технической документации;  $U$  – множество участников;  $P$  – множество процессов;  $\Phi$  – множество состояний технической документации с допустимыми областями значений.

Множество  $U$  определяется как конечное множество фактических участников документооборота,  $P$  – как конечное множество процессов, выполнение которых производится в пределах рассматриваемой системы документооборота участниками из множества  $U$ ,  $\Phi$  – конечное множество состояний, которые

могут принимать техническую документацию после выполнения процессов из множества  $\Pi$  участниками из множества  $У$ .

При построении графовой модели документооборота технической документации предлагается использовать следующий способ отображения документооборота технической документации графами [10]. Для задания множества вершин графа будем использовать множество возможных состояний  $\Phi$ . Ребра графа зададим с помощью множества процессов  $\Pi$ . Установим это соответствие таким образом, чтобы выполнялись следующие правила:

- одной вершине графа соответствует один и только один элемент множества  $\Phi$ ;
- одному ребру графа соответствует один и только один элемент множества  $\Pi$ ;
- одному элементу множества  $\Phi$  соответствует одна и только одна вершина графа;
- одному элементу множества  $\Pi$  соответствует одно и только одно ребро графа.

Такое тождественное отображение множеств состояний  $\Phi$  в множество вершин  $v$  и множества процессов  $\Pi$  в множество ребер  $e$  можно математически определить следующим образом: для любого  $i$  справедливо утверждение

$$v(i) \leftrightarrow \Phi(i) \text{ и } e(i) \leftrightarrow \Pi(i),$$

где  $i \in I, I = 1, 2, 3, \dots, n$ .

Другими словами, определяются две парные грамматики: первая грамматика для преобразования  $\Phi$  в  $v$ , вторая грамматика – для преобразования  $\Pi$  в  $e$ .

Таким образом, связи между вершинами тождественны связям состояний моделируемого документооборота. После реализации множеств процессов  $\Pi$  изменяются состояния  $\Phi$  технической документации. В графе документооборота вершины графа соединяют ребра только в том случае, если соответствующие вершинам состояния связаны действием, соответствующим ребру, т. е.

$$e = \begin{cases} e - \text{если ребро существует;} \\ 0 - \text{если ребро отсутствует.} \end{cases}$$

Направленность ребер устанавливается таким образом, чтобы отображать логику последовательности смены состояний документооборота. Вершина  $i$  является входящей вершиной для вершины  $j$  через ребро  $k$  только в том случае, если состояние  $i$  сменяется на состояние  $j$  после совершения действия  $k$ . Таким образом, состояниям  $y_1, y_2, \dots, y_n$  ставятся в соответствие вершины графа  $v_1, v_2, \dots, v_n$  и каждая пара вершин  $v_i$  и  $v_j$  соединена ребром

$e_{ij}$ , идущим от  $v_i$  к  $v_j$  в том и только в том случае, когда состояние  $v_i$  является входным состоянием для  $v_j$ .

Чтобы получить возможность четкого описания различных структурных свойств документооборота, полезно ввести в графовую модель ряд понятий, определенных и широко применяемых в теории графов [11–14]. Совокупность непустого множества  $V$ , изолированного от него множества  $E$  (возможно, пустого) и отображения  $\Phi$  множества  $E(V^2)$  является графом. Элементы множества  $V$  называются вершинами графа, элементы множества  $E$  – ребрами графа, а  $\Phi$  – отображением инцидентности графа.

## 2 Определения модели документооборота на основе графа

Для представления графа документооборота технической документации принимается написание вида

$$G = (V, E, \Gamma),$$

где  $V$  – множество вершин графа;  $E$  – множество ребер графа;  $\Gamma$  – множество отношений инцидентности.

Таким образом, граф  $G$  состоит из непустого множества элементов, называемых вершинами; множества связанных пар из множества вершин, называемых ребрами; множества признаков направленности ребер [10].

Множество, состоящее из вершин графа  $G$ , называется множеством вершин графа и обозначается  $V(G)$ . Аналогично множество, состоящее из ребер, называется множеством ребер и обозначается  $E(G)$ . Если  $v_i$  и  $v_j$  являются вершинами графа  $G$ , тогда ребро  $v_i v_j$  называется связью, которая соединяет  $v_i$  и  $v_j$ .

Две вершины –  $v_i$  и  $v_j$  – являются граничными вершинами ребра  $e$ , если  $v_i$  – начало ребра, а  $v_j$  – конец ребра. Две вершины –  $v_i$  и  $v_j$  – смежны, если они различны и существуют и есть ребро, идущее от одной из них к другой. Считается, что ребро  $e$  исходит из вершины  $v_i$ , если  $v_i$  является началом, но не является концом  $e$  и что ребро заходит в  $v_i$ , если  $v_i$  является концом, но не является началом  $e$ . В обоих случаях ребро  $e$  называется инцидентным вершине  $v_i$ , а вершина  $v_i$  – инцидентной ребру  $e$ . Общее число ребер, инцидентных вершине  $v_i$ , является степенью вершины  $v_i$  и обозначается  $b(v_i)$ .

## 3 Матричная форма представления документооборота технической документации

Для представления документооборота технической документации целесообразно использовать матричную форму [15, 16]. В матричной форме используются три множества из введенной ранее тройки  $\{U, P, \Phi\}$ .

Считается, что на момент представления произошла актуализация множеств, т. е. все состояния представлены множеством форм, все действия, приводящие к изменению состояний, – множеством действий, а участники, производящие действия, описаны в виде ролей в множестве участников. Матричная модель представляет модель текущего состояния документооборота технической документации, оперирующую конечным количеством технической документации.

Предлагается использовать множество плоских прямоугольных матриц документооборота, каждая из которых представляет состояние системы в некоторую дискретную единицу времени. Столбцы матрицы документооборота ставятся в соответствие состояниям документов, возможных в пределах жизненного цикла документооборота. Первый столбец соответствует первому элементу множества  $\Phi$ , второй столбец – второму элементу и т. д., до последнего элемента множества  $\Phi$ . Строки матрицы документооборота ставятся в соответствие процессам, произведение которых приводит к смене состояния хотя бы одного документа. Первая строка соответствует первому элементу множества  $\Pi$ , вторая строка – второму и т. д., для всего множества  $\Pi$ .

Таким образом, получаем прямоугольную матрицу со столбцами, количество которых равно размерности множества  $\Phi$  и строкам по размерности матрицы  $\Pi$ . Заполняется данная матрица элементами множества ролевых участников моделируемого документооборота  $У$ . Элемент заносится в клетку матрицы только в том случае, если соответствующий участник производит действие, соответствующее элементу строки, что приводит к изменению состояния, соответствующего элементу столбца.

В том случае, если на данном шаге документооборота действие строки не изменяет состояние столбца, элемент матрицы заполняется пустыми или нулевыми значениями. Критерием успешности создания матрицы является ее невырожденность по столбцам и строкам. Другими словами, в матрице существуют хотя бы один столбец, содержащий непустой элемент, и хотя бы одна строка, в которой присутствует непустой элемент. При этом предполагается, что для заполнения будут задействованы не все элементы множества ролевых участников  $У$ .

Таким образом, получена матрица документооборота технической документации, содержание которой однозначно соответствует состоянию документооборота на первом шаге. После возникновения первого события, а именно после того, как произошло первое действие, приведшее к изменению хотя бы одного состояния, произведем актуализацию матрицы документооборота. Приведем содержание матрицы таким образом, чтобы элементы матрицы соответствовали текущему состоянию – второму шагу документооборота. На втором шаге получаем матрицу, заполненную участниками настоящего шага, находящимися на пересечении производимых ими действий и состояний, которые эти действия изменяют.



5. По окончании работ завод отправляет оборудование на склад дистанции.

Для обозначения параметров модели используются условные обозначения:

- документы обозначим множеством форм, используемых в моделируемом процессе:  $\Phi 1 \dots \Phi 10$ ;
- процессы, выполняемые с документами для смены состояний, обозначим множеством процессов:  $\Pi 1 \dots \Pi 10$ ;
- исполнителей, выполняющих процессы  $\Pi 1 \dots \Pi 10$ , обозначим множеством  $У 1 \dots У 10$ .

Рассмотрим возможные сценарии технологического процесса ведения заказных спецификаций, которые могут быть реализованы заданной моделью.

Применим терминологию теории графов к модели документооборота технической документации. В таком случае возможные сценарии документооборота соответствуют путям графа (рис. 2).

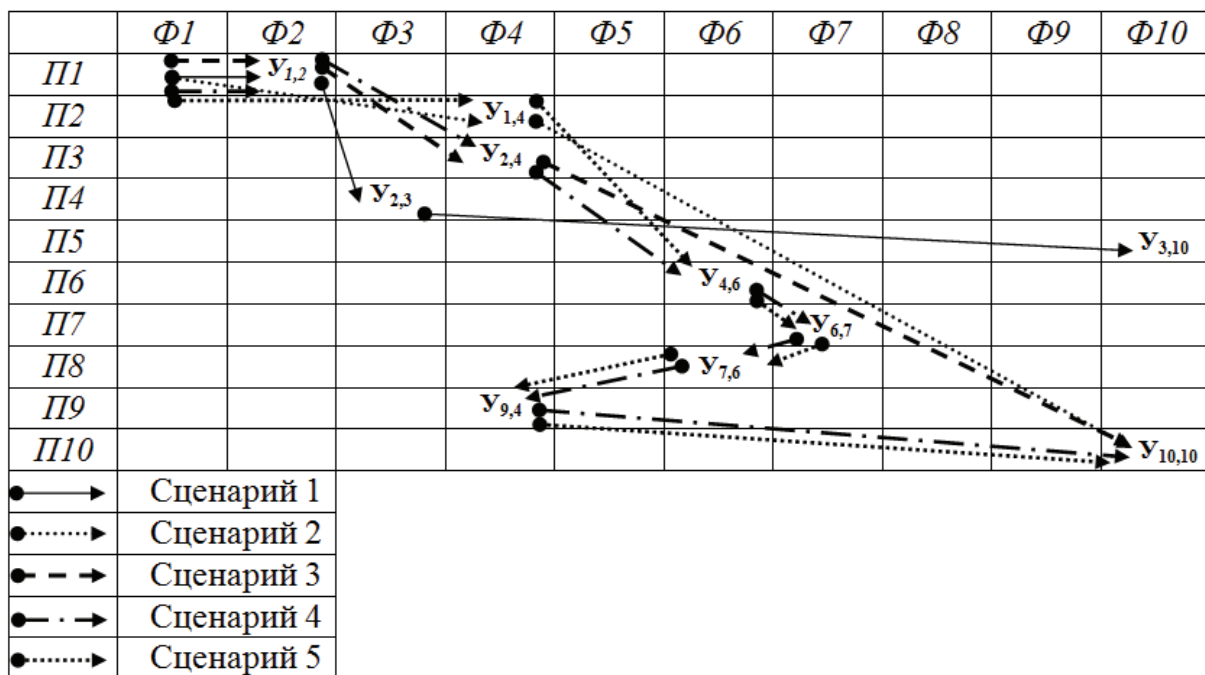


Рис. 2. Граф перехода технологического процесса ведения заказных спецификаций железнодорожной автоматики и телемеханики

В заданном графе существуют пять возможных пути, которые обозначим через ребра:

$$C1 = \Pi 1, \Pi 4, \Pi 5; \quad C2 = \Pi 2, \Pi 10; \quad C3 = \Pi 1, \Pi 3, \Pi 10;$$

$$C4 = \Pi 1, \Pi 3, \Pi 6, \Pi 7, \Pi 8, \Pi 9, \Pi 10 \quad \text{и} \quad C5 = \Pi 1, \Pi 2, \Pi 6, \Pi 7, \Pi 8, \Pi 9, \Pi 10.$$

Указанным путям соответствуют сценарии документооборота.

Построим матрицы документооборота, соответствующие рассматриваемым сценариям. На каждом шаге сценария реализуется шаг документооборота, соответствующий действию, производимому с документами.

**Сценарий 1.** На шаге 1 элементы матрицы П1, Ф1 и П1, Ф2 принимают значения У1 и У2 (см. рис. 1). На шаге 2 элементы матрицы П1, Ф2 и П4, Ф3 принимают значения У2 и У3, а на шаге 3 элементы П4, Ф3 и П5, Ф10 принимают соответственно значения У3 и У10.

**Сценарий 2.** На шаге 1 элементы матрицы П1, Ф1 и П2, Ф4 принимают соответственно значения У1 и У4. На шаге 2 элементы матрицы П2, Ф4 и П10, Ф10 принимают соответственно значения У4 и У10.

**Сценарий 3.** На шаге 1 элементы матрицы П1, Ф1 и П1, Ф2 принимают значения У1 и У2. На шаге 2 элементы матрицы П1, Ф2 и П3, Ф4 принимают значения У2 и У4, а на шаге 3 элементы П3, Ф4 и П10, Ф10 принимают соответственно значения У4 и У10.

**Сценарий 4.** На шаге 1 элементы матрицы П1, Ф1 и П1, Ф2 принимают значения У1 и У2. На шаге 2 элементы матрицы П1, Ф2 и П3, Ф4 принимают значения У2 и У4. На шаге 3 элементы П3, Ф4 и П6, Ф6 принимают соответственно значения У4 и У6. На шаге 4 элементы П6, Ф6 и П7, Ф7 принимают соответственно значения У6 и У7. На шаге 5 элементы П7, Ф7 и П8, Ф6 принимают соответственно значения У7 и У6. На шаге 6 элементы П8, Ф6 и П9, Ф4 принимают соответственно значения У6 и У4. На шаге 7 элементы П9, Ф4 и П10, Ф10 принимают соответственно значения У4 и У10.

**Сценарий 5.** На шаге 1 элементы матрицы П1, Ф1 и П2, Ф4 принимают соответственно значения У1 и У4. На шаге 2 элементы матрицы П2, Ф4 и П6, Ф6 принимают соответственно значения У4 и У6. На шаге 3 элементы П6, Ф6 и П7, Ф7 принимают соответственно значения У6 и У7. На шаге 4 элементы П7, Ф7 и П8, Ф6 принимают соответственно значения У7 и У6. На шаге 5 элементы П8, Ф6 и П9, Ф4 принимают соответственно значения У6 и У4. На шаге 6 элементы П9, Ф4 и П10, Ф10 принимают соответственно значения У4 и У10.

Полученные матрицы инцидентности определяют графовую модель документооборота рассматриваемого процесса.

Совокупность этих матриц задает все возможные сценарии движения документов в процессе, описывает все возможные состояния документов (рис. 3) и определяет возможных участников.

Кроме матрицы инцидентности, граф удобно представлять матрицей смежности. Как матрица инцидентности отражает отношения между вершинами и ребрами, так матрица смежности отражает отношения собственно между вершинами. В предлагаемой модели матрица смежности отражает отношения состояний (рис. 4), ее элементами являются действия, приводящие к смене состояний.



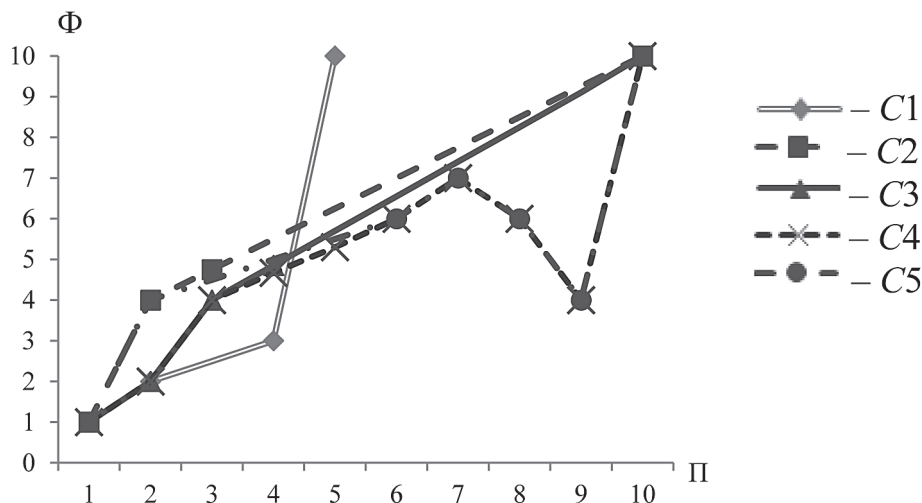


Рис. 3. График изменения состояний технологического процесса ведения заказных спецификаций

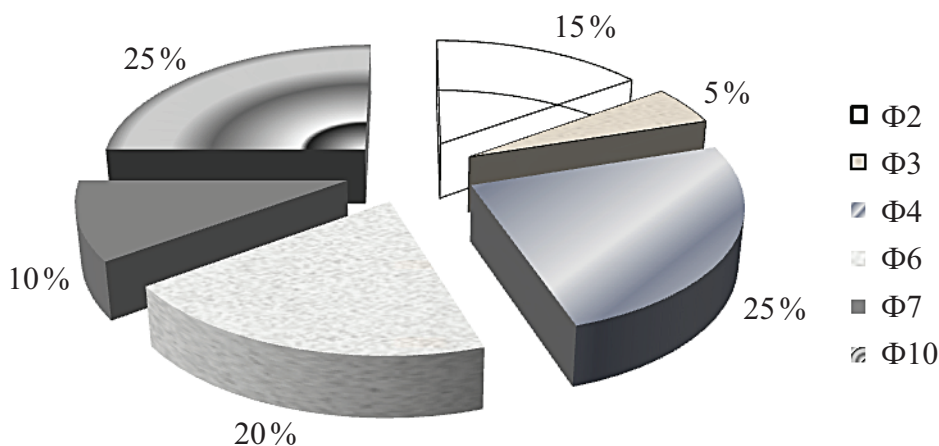


Рис. 4. График соотношений состояний технологического процесса ведения заказных спецификаций

## Заключение

На основе методологии построения концептуальной модели систем документооборота технической документации [5] и модели композитного документооборота [10] в настоящей статье представлена графовая модель электронного документооборота технической документации, которая учитывает декомпозицию потоков движения документов и множество участников процесса, множество состояний и множество действий.

Полученные результаты:

- исследованы реальные процессы создания, проверки и использования технической документации систем автоматики и телемеханики;
- выявлены сценарии документооборота и протоколы свойств технических документов;

- разработана методика создания модели электронного документооборота технической документации на основе аппарата теории графов;
  - для задания матричной формы представления документооборота технической документации предложено использовать множество плоских прямоугольных матриц;
  - описаны методы определения множеств для предлагаемой модели, предложена алгебра документооборота технической документации с использованием графов.
- Перспективы:
- дальнейшее совершенствование теоретической базы документооборота технической документации;
  - возможность эффективного установления всех возможных сценариев движения документов в процессе, описание всех возможных состояний документов и определение возможных участников;
  - разработка компьютерного прикладного программного обеспечения на основе аппарата теории графов для решения задач документооборота технической документации систем железнодорожной автоматики и телемеханики.

## Библиографический список

1. Об электронном документообороте : закон Республики Узбекистан от 29.04.2004 г. № 611-П. – [Ташкент, 2004].
2. Булавский П. Е. Принципы организации и особенности электронного документооборота технической документации службы автоматики и телемеханики железной дороги / П. Е. Булавский, Д. Х. Баратов // Автоматика и телемеханика железных дорог России. Техника, технология, сертификация : сб. науч. тр. ; под редакцией Вл. В. Сапожникова. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2008. – С. 31–37.
3. Василенко М. Н. Технологии документооборота для оптимизации заказов / М. Н. Василенко, П. Е. Булавский, Д. Х. Баратов // Мир транспорта. – 2009. – № 4. – С. 110–115.
4. Булавский П. Е. Синтез формализованной схемы электронного документооборота систем железнодорожной автоматики и телемеханики / П. Е. Булавский, Д. С. Марков // Известия Петербургского гос. ун-та путей сообщения. – 2010. – Вып. № 4. – С. 63–74.
5. Булавский П. Е. Концептуальная модель электронного документооборота технической документации / П. Е. Булавский // Транспорт Российской Федерации. – 2011. – № 1. – С. 60–63.
6. Булавский П. Е. Электронный документооборот технической документации / П. Е. Булавский, Д. С. Марков // Автоматика, связь, информатика. – 2012. – № 2. – С. 2–4.
7. 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.

8. 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.
9. Арипов Н. М. О документообороте в хозяйстве автоматики и телемеханики и внедрение безбумажной технологию ведения технической документации / Н. М. Арипов, Д. Х. Баратов // Вестник ТашИИТ. – 2015. – № 2. – 2015. – С. 77–81.
10. Круковский М. Ю. Графовая модель композитного документооборота / М. Ю. Круковский // Математичні машини і системи. – 2005. – № 3. – С. 149–163.
11. Diestel R. Graph Theory, Electronic Edition / R. Diestel. – N. Y. : Springer-Verlag, 2005. – 422 с.
12. Харари Ф. Теория графов / Ф. Харари ; пер. с англ. и предисл. В. П. Козырева ; под ред. Г. П. Гаврилова. – Изд. 2-е. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 296 с.
13. Зыков А. А. Основы теория графов / А. А. Зыков. – М. : Вузовская книга, 2004. – 664 с.
14. Домнин Л. Н. Элементы теория графов : учеб. пособие / Л. Н. Домнин. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2007. – 144 с.
15. Булавский П. Е. Матричный метод формализации имитационных моделей сложных систем массового обслуживания / П. Е. Булавский, Д. С. Марков // Известия Петербургского гос. ун-та путей сообщения. – 2010. – № 4. – С. 186–195.
16. Булавский П. Е. Иерархическая многоматричная формализация имитационной модели электронного документооборота технической документации / П. Е. Булавский, Д. С. Марков // Актуальные вопросы развития систем железнодорожной автоматики телемеханики : сб. науч. тр. ; под ред. Вл. В. Сапожникова. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2013. – С. 52–59.
17. Baratov D. The problems of electronic document management technical documentation on the basis of the hierarchical formalization / D. Baratov, N. Aripov // Proc. of VII International Scientific Conference and IV International symposium of young researchers: Transport problems 2015, Jun 22–25, Katowice, Poland, 2015, pp. 620–625.

*Najirjon M. Aripov,  
Dilshod Kh. Baratov*

«Automation and remote control on railway transport» department,  
Tashkent institute of railway transport engineers

### **Methods of building the mathematical mode of electronic document management of technical documentation for railway automation**

The article describes the features of electronic document management of technical documentation of railway automation and remote control. It provide the review of tasks for mathematical description synthesis of electronic document management of technical documentation of railway automation and remote control.

To this end a survey of real processes of creating, testing and using of technical documentation is made by the example of providing the custom specifications of automation and remote control systems, which allowed to reveal the document management scenarios, as well as the protocols of properties of technical documents. The technique of creating a model of electronic document management of technical documentation was developed on the basis of means of theory of graph. The article describes the methods of determination of the sets for the proposed model, as well as proposes the algebra of technical documentation management using graphs. The article also suggests to use a set of flat rectangular matrices, each of them representing the state of the system in a discrete unit of time, to define a matrix form of document management. Obtained adjacency matrices determine the graph model of document management of the process in question, and the combination of these matrices defines all possible scenarios of documents movement during the process, describes all possible states of the documents and determines the possible participants. Implementation of the proposed method of creating of a mathematical model based on theory of graphs allows to a develop reliable application software to meet the challenges of operational document management of technical documentation.

electronic document management of technical documentation, theory of graph, model of electronic document management of technical documentation, formal presentation of technical documentation, technological process for order specifications of automation and remote control, adjacency matrix of electronic document management of technical documentation

### References

1. Republic of Uzbekistan Law «On electronic document management» [Ob elektronnom dokumentooborote] dd. 29.04.2004. № 611-II.
2. Bulavsky P. E., Baratov D. Kh. (2008). Principles of organization and features of electronic document management of technical documentation for railway automation and remote control services [Printsipy organizatsii i osobennosti elektronnoy dokumentooborota tekhnicheskoy dokumentatsii sluzhby avtomatiki i telemekhaniki zheleznoy dorogi]. Collection: Automation and remote control of Russian railways. Equipment, technology and certification: collection of research papers [Sbornik «Avtomatika i telemekhanika zheleznykh dorog Rossii. Tekhnika, tekhnologiya, sertifikatsiya sbornik nauchnykh trudov»]. Under the editorship of V. V. Sapozhnikov. St. Petersburg, PSTU (PGUPS), pp. 31–37.
3. Vasilenko M. N., Bulavsky P. E., Baratov D. Kh. (2009). Technologies for order optimization of documents management [Tekhnologii dokumentooborota dlya optimizatsii zapasov]. Transport world [Mir transporta], issue 4, pp. 110–115.
4. Bulavsky P. E., Markov D. S. (2013). Synthesis of formalized diagram of electronic document management of railway automation and remote control systems [Sintez formalizovannoy skhemy elektronnoy dokumentooborota sistem zheleznodorozhnoy

- avtomatiki i telemekhaniki]. Proceedings of Petersburg Transport University [Izvestiya Peterburgskogo Universiteta Putej Soobshcheniya], issue 4, pp. 63–74.
5. Bulavsky P. E. (2011). Conceptual model for electronic document management of technical documentation [Kontseptual'naya model' elektronnoy dokumentooborota tekhnicheskoy dokumentatsii]. Transport of the Russian Federation [Transport Rossiyskoy Federatsii], issue 1, pp.60–63.
  6. Bulavsky P. E., Markov D. S. (2012). Electronic document management of technical documentation [Elektronnyy dokumentooborot tekhnicheskoy dokumentatsii]. Automation, communication, information science [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 2, pp. 2–4.
  7. Vasilenko M. N., Trokhov V. G., Zuev D. V. (2014). Electronic document management at StsB facilities [Elektronnyy dokumentooborot v khozyaystve STsB]. Automation, communication, information science [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 8, pp. 2–3.
  8. Vasilenko M. N., Trokhov V. G., Zuev D. V., Sedykh D. V. (2015). Electronic document management development within AT facilities [Razvitiye elektronnoy dokumentooborota v khozyaystve AT]. Automation, communication, information science [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 1, pp. 14–16.
  9. Aripov N. M., Baratov D. Kh. (2015). On document management within automation and remote control facilities and on implementation of paperless technology for technical documentation management [O dokumentooborote v khozyaystve avtomatiki i telemekhaniki i vnedreniye bezbumazhnoy tekhnologiyu vedeniya tekhnicheskoy dokumentatsii]. Bulletin of TashIIT [Vestnik TashIIT], issue 2, pp. 77–81.
  10. Krukovsky M. Yu. (2005). Graph model of composite document management [Grafovaya model' kompozitnoy dokumentooborota], Mathematical mechanisms and systems [Matematichni mashini i sistemi], issue 3, pp. 149–163.
  11. Diestel R. (2005). Graph Theory, Electronic Edition. New York, Springer-Verlag, 422 p.
  12. Harary F. (2003). Graph theory. Translation from English and introductory note by V. P. Kozyrev. Under the editorship of G. P. Gavrillov. 2nd ed. Moscow, Editorial URSS, 296 p.
  13. Zykov A. A. (2004). Graph theory: Fundamentals [Osnovy teorii grafov]. Moscow, Academic volume [Vuzovskaya kniga], 664 p.
  14. Dominin L. N. (2007). Graph theory: Elements [Elementy teorii grafov], textbook. Penza, Publishing house of Penza state university [Izdatel'stvo Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta], 144 p.
  15. Bulavsky P. E., Markov D. S. (2010). Matrix method of formalization of simulation models for complex queue systems [Matrichnyy metod formalizatsii imitatsionnykh modeley slozhnykh sistem massovogo obsluzhivaniya]. Proceedings of Petersburg transport university [Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya], issue 4, pp. 186–195.
  16. Bulavsky P. E., Markov D. S. (2013). Layered multi-matrix formalization of simulation model for electronic document management of technical documentation [Iyerarkhicheskaya mnogomatrichnaya formalizatsiya imitatsionnoy modeli elektronnoy dokumentooborota tekhnicheskoy dokumentatsii]. Highlights of

railway automation and remote control systems development [Aktual'nyye voprosy razvitiya sistem zheleznodorozhnoy avtomatiki telemekhaniki]: collection of research papers. Under the editorship of Vl. V. Sapozhnikov. St. Petersburg, PSTU (PGUPS), pp. 52–59.

17. Baratov D., Aripov N. (2015). The problems of electronic document management technical documentation on the basis of the hierarchical formalization. Proc. of VII International Scientific Conference and IV International symposium of young researchers. Transport problems 2015, Jun 22–25, Katowice, Poland, pp. 620–625.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии Д. С. Марковым  
Поступила в редакцию 30.04.2016, принята к публикации 06.07.2016*

*АРИПОВ Назиржон Мукарамович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта.  
e-mail: aripov\_nm@mail.ru

*БАРАТОВ Дилшод Хамидуллаевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта.  
e-mail: baratovdx@yandex.ru

© Арипов Н. М., Баратов Д. Х., 2017