

УДК: 658.310.8: 519.876.2

## **ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛНЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ И ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ ИСПОЛНИТЕЛЬСКОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**П.В. Сенченко**

*В данной статье рассматриваются вопросы функционального и динамического проектирования технологии управления учрежденческой деятельностью. В частности, предложен вариант построения цветной временной сети Петри, моделирующей процесс исполнения и контроля исполнения организационно-распорядительной документации.*

Одной из составляющих частей информационной технологии документооборота является организация контроля исполнительской дисциплины сотрудников организации, занятых в процессе документооборота при работе с различными документами и поручениями руководителя. В данной статье рассматривается вариант построения динамической модели технологии исполнения и контроля исполнения мероприятий на основе функциональной модели.

Построение функциональной модели документооборота позволяет на этапе проектирования информационной технологии определить, какие задачи будут поставлены перед системой. Рассмотрение функциональной модели технологии исполнения и контроля исполнения мероприятий предлагается осуществлять в соответствии с методологией функционального моделирования IDEF0. Результатом работ, проводимых в рамках этой методологии, является модель исследуемой системы. Модель представляет собой совокупность диаграмм – схематичных изображений функций и потоков. На рис. 1 представлен фрагмент функциональной модели документооборота – технология постановки на контроль и организация контроля исполнительской дисциплины. Ниже кратко изложено описание данной технологии

Документы, направляемые исполнителю (I2), в зависимости от принадлежности и результата рассмотрения руководителем могут быть поставлены на контроль (A1). Документы, не поставленные на контроль, передаются для сведения, и в данном случае процедура контроля исполнения не предусмотрена.

На документах, подлежащих контролю (I2), работником канцелярии (M1) проставляется штамп «Контроль». Документ, переданный на исполнение вместе с поручением (I1), может быть поставлен на контроль с определением конкретного срока исполнения, а также без определения этого срока, тогда документ считается поставленным на текущий контроль.

Сотрудник организации (M3) в ходе исполнения документа (A2) информирует помощника по контролю (M5) о ходе работы с документом.

Контроль исполнения документа (A3) осуществляет канцелярия, помощник по контролю и лицо, контролирующее исполнение документа в целом (M4). Контроль исполнения строится на базе данных автоматизированной информационной системы регистрации контроля (M2) и обеспечивает:

– оперативное информирование руководителя канцелярией либо помощником по контролю о состоянии исполнения всех видов документов;

- предварительный контроль сроков исполнения документов (направление писем-напоминаний исполнителям);
- анализ исполнительской дисциплины.

Продление срока исполнения документа (A4) производится помощником по контролю с информированием руководителя на основании мотивированной письменной просьбы исполнителя, заверенной лицом, контролирующим исполнение документа в целом, поданной не позднее чем за 2 дня до истечения срока исполнения. В противном случае документ считается не исполненным в срок.

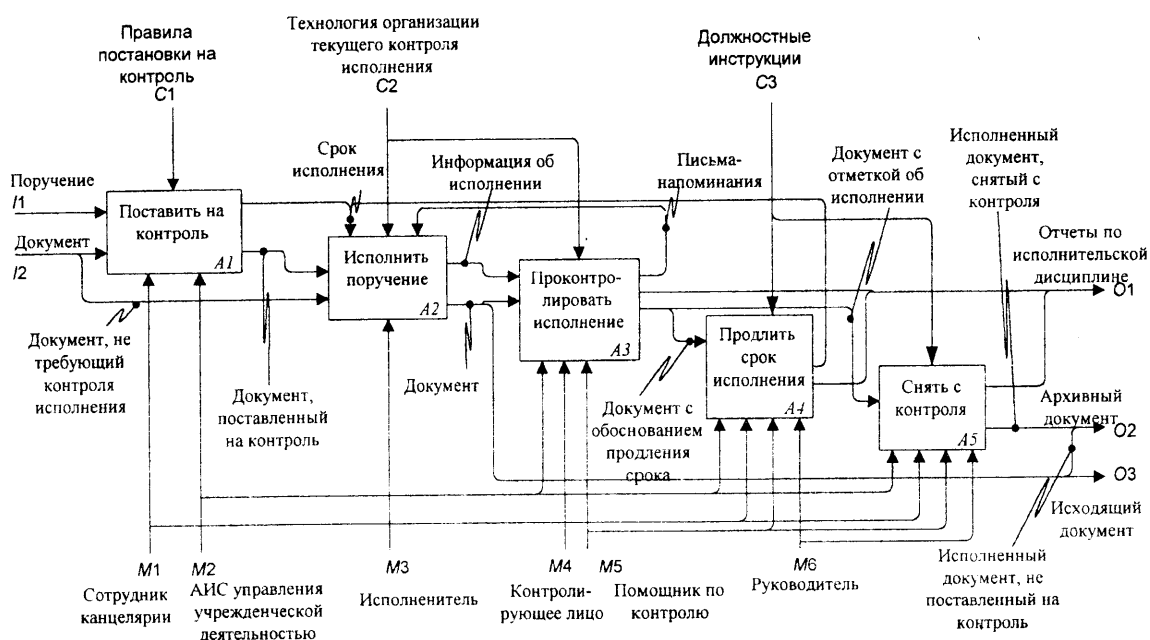


Рис. 1 – Технология исполнения и контроля исполнения документа

Изменение срока исполнения документа (A4) документируется, при этом проставляется новый срок исполнения документа, подпись и дата изменения.

Документ считается исполненным и снимается с контроля (A5) после документированного подтверждения исполнения – возврата контрольной карточки с отметкой об исполнении или невозможности исполнения по объективным причинам, а также на основании результатов проверки. Документ с контроля снимается помощником по контролю либо тем должностным лицом, которым дано поручение по контролю исполнения документа.

Канцелярия учитывает и обобщает данные о ходе и результатах исполнения документов. Отчеты о состоянии исполнительской дисциплины (O1) передаются руководителю.

В результате работы с документом может быть сформирован исходящий документ (O3), документ, с которым проводилась работа, сдается в архив (O2). Если результатом исполнения документа является исходящий документ, он передается в канцелярию для регистрации и отправки по назначению.

Данная функциональная модель дает представление об организации процесса постановки на контроль, исполнения и контроля исполнения мероприятия, не учитывая при этом динамику процессов. Использование математических аппаратов динамического моделирования позво-

ляет оптимизировать алгоритмы, положенные в основу работы системы автоматизированного документооборота. Построение динамических моделей в IDEF-технологии будем осуществлять с использованием математического аппарата сетей Петри (СП, PN), что обосновывается следующими факторами [1]:

- сети Петри позволяют реализовать условия выбора, основанные на логических операциях «ИЛИ» и «И»;

- с помощью сетей Петри возможно моделировать не только структурную часть процесса, но и отображать динамику выполнения основных его функций посредством перемещения фишек из одной позиции сети в другие позиции;

- структура процесса представляется в наглядном графическом виде с помощью графов.

Классическая структура сетей Петри определяется позициями, переходами, входной и выходной функцией. Дадим обобщенное определение сетей Петри [2]:

Сеть Петри  $C$  является четверкой,  $C=(P, T, I, O)$ , где  $P=\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  – конечное множество позиций,  $n \geq 0$ ;  $T=\{t_1, t_2, \dots, t_m\}$  – конечное множество переходов,  $m \geq 0$ ; множество позиций и множество переходов не пересекаются:  $P \cap T = \emptyset$ ;  $I: T \rightarrow P^\infty$  является входной функцией – отображением из переходов в комплекты позиций;  $O: T \rightarrow P^\infty$  является выходной функцией – отображением из переходов в комплекты позиций.

Мощность множества  $P$  есть число  $n$ , а мощность множества  $T$  есть число  $m$ . Произвольный элемент  $P$  обозначается символом  $p_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ , а произвольный элемент  $T$  – символом  $t_j$ ,  $j = 1, \dots, m$ .

Согласно [3] расширение возможностей сетей Петри и использование раскрашенных (цветных) сетей Петри (ЦСП, CPN) позволяет более адекватно описывать реальные процессы по сравнению с обычными сетями Петри. Наличие же в технологии документооборота различных временных характеристик обуславливает возможность применения аппарата временных сетей Петри, основанных на введении времени срабатывания конкретного перехода, для чего необходимо ввести время начала и конца срабатывания перехода, время длительности срабатывания перехода. Таким образом, для описания динамической модели документооборота будем использовать цветные временные сети Петри (СТPN).

Для цветной сети Петри функции  $I$  и  $O$  являются многомерными [3], т.е.  $I = (I^1, I^2, \dots, I^L)$ ;  $O = (O^1, O^2, \dots, O^L)$ , где  $L=|D|$ ,  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_L\}$  – множество цветов (пометок).

На множестве  $P$  задается функция  $\mu(P)$  как совокупность целых неотрицательных чисел, характеризующих количество цветных фишек в позициях.

СТPN определяется следующей шестеркой [2]:  $C=(P, T, I, O, \mu, \tau)$ , где  $\tau$  – один из вариантов способа задания некоторых временных характеристик элементов множества  $T$ .

Временные характеристики могут быть заданы приведенными ниже способами [1]:

- заданы продолжительность каждого мероприятия и время начала проведения первого мероприятия;

- заданы продолжительность каждого мероприятия и время окончания проведения последнего мероприятия;
- заданы продолжительность каждого мероприятия и время начала и окончания каждого из них;

В нашем случае временные характеристики будем задавать длительностью исполнения организационно-распорядительного документа (мероприятия), временем начала и завершения его исполнения.

В общем случае [1, 3] моделирование процессов контроля и исполнения мероприятий предполагает решение следующих задач:

- периодическое изменение состояния СТРПН путем изменения маркировки фишек;
- изменение пользователем временных либо ресурсных характеристик.

Решение первой задачи заключается в следующем [1, 3]: необходимо использовать алгоритм маркировки сетей Петри, при этом начальная маркировка  $\mu_0$  соответствует начальному состоянию сети. Переход сети считается разрешенным, а соответствующее мероприятие активным, если все его условия соблюдены (во всех позициях фишки помечены, имеются все необходимые фишки). Условия срабатывания перехода могут быть заданы следующим образом: в выходных позициях перехода фишки появляются сразу после того, как пользователь отметит выполнение любой из работ, входящих в соответствующий данному переходу этап деятельности, вместе с тем отметка об исполнении остальных работ данного этапа осуществляется пользователем в течение времени, отведенного для данного этапа. Это необходимо для избежания тупиковых ситуаций по времени срабатывания для следующих параллельных переходов. В случае истечения регламентного времени выполнения этапа и наличия в нем невыполненных работ (поручение не исполнено в срок) пользователь сети имеет возможность самостоятельно принять решение о дальнейших действиях. Окончание этапа порождает новую маркировку  $\mu$  позиций и определяет условия активизации следующих переходов.

Исходя из теории, изложенной в [2, 4, 5], классическая структура сети Петри состоит из двух типов узлов:  $O$  – круг, являющийся позицией,  $|$  – планка, являющаяся переходом. С помощью ориентированных дуг происходит соединение позиций и переходов. Дуга, направленная от позиции  $p_i$  к переходу  $t_j$ , определяет позицию, которая является входом перехода. При этом условия моделируются позициями, а события – переходами. Выполнение условия представляется фишкой в позиции, которая соответствует данному условию, при этом запуск перехода удаляет разрешающие фишки, определяющие выполнение так называемых предусловий, и образует новые фишки, которые определяют выполнение постусловий. Следует отметить, что в сети Петри непримитивные события представляются в виде прямоугольников, что позволяет упростить некоторые виды сетей.

При переходе от диаграммы IDEF0 в сети Петри функциональный блок диаграммы заменяется фрагментом сети Петри, имитирующим работу этого блока [1]. Осуществим моделирование процесса контроля и исполнения мероприятия с использованием математического аппарата СТРПН. На рис. 2 представлен фрагмент динамической модели технологии исполнения и контроля исполнения документа. Фишки, помеченные синим цветом (для удобства прочтения модели цвет указан буквой со стрелкой), отображают постоянные (неисчерпаемые) ресурсные характе-

ристики модели. Жирной линией изображены позиции, изображающие движение самих документов и связанных с ними мероприятий (поручений).

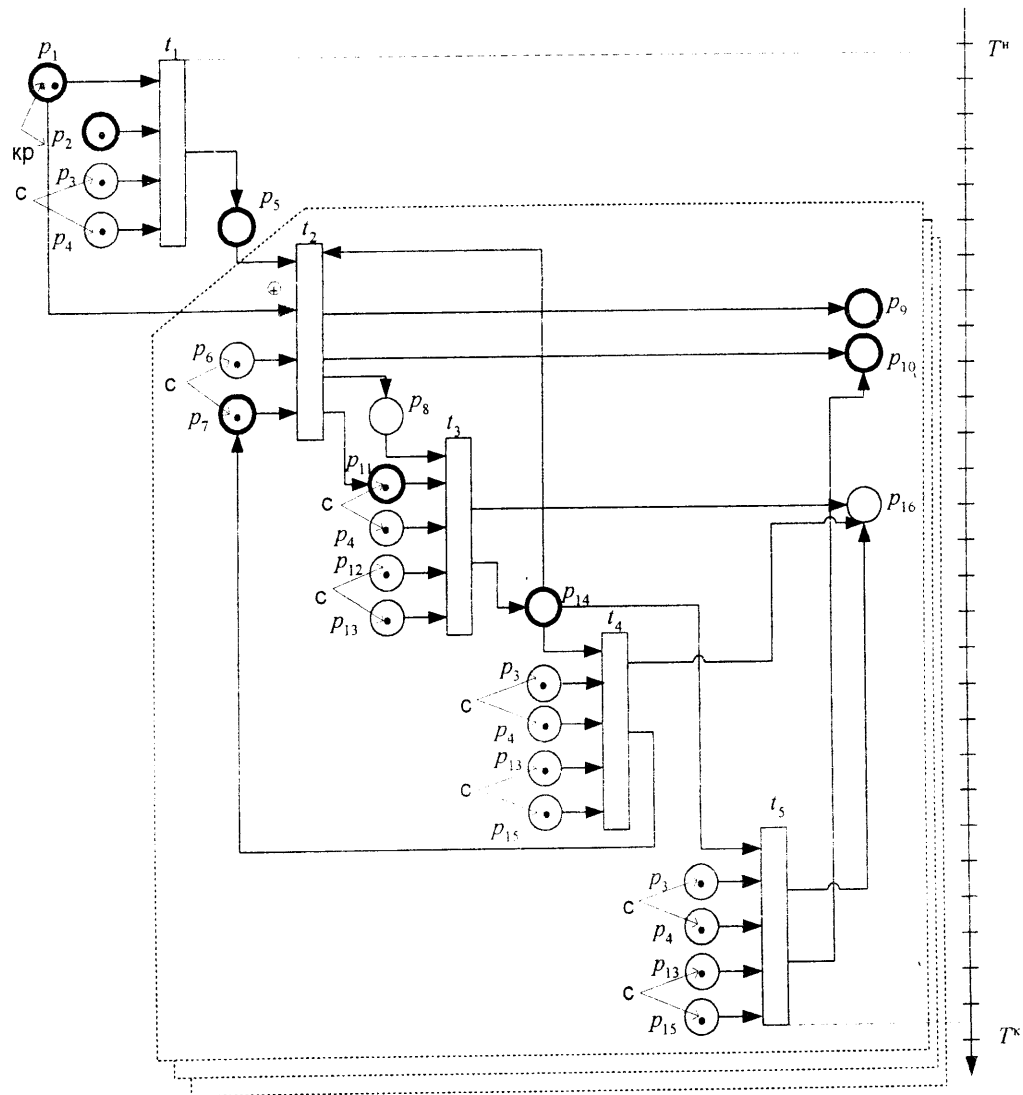


Рис. 2 – Временная сеть Петри, описывающая динамическую модель технологии исполнения и контроля исполнения документа

Поскольку сотруднику в одно и то же время может быть как передано для сведения несколько документов, так и поставлено на контроль несколько мероприятий, в представленной сети Петри отмеченные пунктиром позиции и переходы составляют подсеть, которая повторится столько раз, сколько документов и поручений передано исполнителю, с целью обеспечения параллелизма и согласованности модели.

Исходя из функциональной модели (см. рис. 1) взаимосвязь элементов предложенной сети Петри описывается следующим образом:

$t_1$  – поставить документ на контроль:

$I(t_1) = \{p_1, p_2, p_3, p_4\}$  – входная функция,

где  $p_1$  – документ;

$p_2$  – поручение (основание для постановки на контроль);

$p_3$  – сотрудник канцелярии;

$p_4$  – АИС управления учрежденческой деятельностью;

$O(t_1) = \{p_5\}$  – выходная функция,

где  $p_5$  – документ, поставленный на контроль;

$t_2$  – организовать исполнение мероприятия:

$I(t_2) = \{p_1, p_5, p_6, p_7\}$ ,

где  $p_1$  – документ, контроль исполнения которого не требуется;

$p_5$  – документ, поставленный на контроль;

$p_6$  – исполнитель;

$p_7$  – срок исполнения;

$O(t_2) = \{p_8, p_{11}, p_9, p_{10}\}$ ,

где  $p_8$  – информация об исполнении, либо документ с обоснованием необходимости продления срока исполнения мероприятия, либо документ с отметкой об исполнении;

$p_9$  – исходящий документ, сформированный в результате исполнения мероприятия;

$p_{10}$  – архивный документ – после работы с документом его оригинал передается в архив организации;

$p_{11}$  – документ;

$t_3$  – организовать контроль исполнения:

$I(t_3) = \{p_4, p_8, p_{11}, p_{12}, p_{13}\}$ ,

где  $p_{12}$  – лицо, контролирующее исполнение документа в целом;

$p_{13}$  – помощник по контролю;

$O(t_3) = \{p_{14}, p_{16}\}$ ,

где  $p_{14}$  – письмо-напоминание;

$p_{16}$  – отчеты по исполнительской дисциплине;

$t_4$  – продлить контрольный срок исполнения:

$I(t_4) = \{p_3, p_4, p_{13}, p_{14}, p_{15}\}$ ,

где  $p_{14}$  – документ с обоснованием необходимости продлить контрольный срок исполнения мероприятия;

$p_{15}$  – руководитель;

$O(t_4) = \{p_7, p_{16}\}$ ,

где  $p_7$  – новый срок исполнения;

$t_5$  – снять с контроля;

$$I(t_5) = \{p_3, p_4, p_{13}, p_{14}, p_{15}\},$$

где  $p_{14}$  – документ с отметкой об исполнении;

$$O(t_5) = \{p_{10}, p_{16}\}.$$

В результате построения данной сети Петри получаем цветную временную сеть со свободным выбором. Позиция  $p_1$  (документ) является входом переходов  $t_1$  и  $t_2$ , что позволяет свободно осуществлять выбор (разрешение конфликта сети) запускаемого перехода, причем наличие фишек в других позициях не влияет на выбор запускаемого перехода. Наличие логики ИЛИ (+) перехода  $t_2$  говорит о необходимости наличия фишки только в одной из позиций  $p_1$  или  $p_5$ . В позиции  $p_1$  одна фишка помечена красным цветом, ее наличие обеспечивает срабатывание перехода  $t_2$  при моделировании процесса передачи сотруднику документа, контроль исполнения которого не требуется. Вертикальная ось, изображенная справа от сети, есть ось времени в условных единицах, при этом высота прямоугольника, изображающего переход, есть время, необходимое для выполнения определенного действия. Временная составляющая сети  $t_i$  имеет важную смысловую нагрузку. Так, время срабатывания перехода  $t_3$  напрямую зависит от продолжительности выполнения мероприятия (исполнения поручения) сотрудником организации – перехода  $t_2$ . И если величины  $t_1$ ,  $t_3$ ,  $t_4$ ,  $t_5$  несущественно влияют на поведение модели (в реальной жизни эти величины слабо варьируются), то от величины  $t_2$  в немалой степени зависит срабатывание всех остальных переходов сети.

Таким образом, с помощью предложенной сети Петри возможно осуществить моделирование процессов исполнения мероприятий и контроля их исполнения. Использование существующих программных средств, имитирующих работу цветной временной сети Петри, позволяет, манипулируя временными составляющими сети и изменяя количество и цвет фишек в позициях, моделировать различные ситуации, возникающие в процессе ведения документооборота организации, что обеспечивает сотруднику, отвечающему за контроль исполнительской дисциплины, возможность повысить производительность труда сотрудников при работе с организационно-распорядительными документами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ехлаков Ю.П. Теоретические основы автоматизированного управления: Учебник. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2001. – 337 с.
2. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 264 с., ил.
3. Тарасенко В.Ф. Нелинейные математические модели и информационные системы в финансовом менеджменте / Под ред. В.З. Ямпольского. – Томск: Изд-во ТПУ, 1998. – 191 с.
4. Jensen K. Coloured Petri nets: Basic concepts, analysis methods and practical use. – Berlin a. o.: Springer-Verlag, 1996. – Vol. 1. Basic concepts.
5. Чурина Т.Г. Способ построения раскрашенных сетей Петри, моделирующих SDL-системы / Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН. – Новосибирск, 1998.