

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОКУМЕНТООРИЕНТИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

© 2016 Е.А. Ковалькова, И.Н. Хаймович

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара, Россия  
ЧОУ ВО «Международный институт рынка» г. Самара, Россия

Рассмотрены вопросы автоматизации моделей базовых бизнес-процессов конструкторско-технологической подготовки кузнечно-штамповочного производства и показаны пути сокращения времени технологической подготовки производства за счет использования информатизации документооборота производственных процессов. Предложено использование ресурсно-ориентированного подхода при моделировании промышленной предметной области, выявлен необходимый признак декомпозиции функциональной модели на основании статуса документов, определены шаблоны моделей данных.

Ключевые слова: бизнес-процессы, конструкторско-технологическая подготовка производства, ресурсно-ориентированный подход, функциональная модель.

Разработка и согласование бизнес-процессов (БП) проводится для реинжиниринга этих процессов, который состоит в оптимизации системы документооборота конструкторско-технологической подготовки в области кузнечно-штамповочного производства (КТПП КШП), а также в моделировании структурной реорганизации.

Для удобства моделирования существующих процессов целесообразно из множества определений БП использовать следующее: бизнес-процесс – это операция, включенная в систему операций, целью которой является производство и поставка услуг/товаров с использованием собственных и предоставляемых ей ресурсов операциям, входящим в систему, а также другим системам.

Приведенное определение свидетельствует о том, что БП в силу свойств понятия «операция» всегда может быть описан математической моделью [1,2,3]– целевым функционалом и множеством ограничений, это является важнейшим условием для постановки задачи глобальной оптимизации

управления ресурсами различного рода [4,5,6].

Для формирования модели БП требуется проведение декомпозиции существующих процессов производства до суммы моделей, состоящей из следующих компонентов:

- функциональной модели (ФМ), представляющей детальную систему функций документооборота КТПП КШП, связанных между собой отношениями, через объекты (документы КТПП с их жизненным циклом - ЖЦ) системы;
- модели данных (документов) (МДД) связаны с элементами ФМ и представляют собой описание объектов (документов), связанных с системными функциями;
- модели информационных ресурсов (МИР) – интерпретация ФМ в спецификации [ресурс (исполнитель)/ресурс(информационная система)↔ перечень системных функций «Работа»] с привязкой к рабочим местам автоматизированной системы (АС) КТПП КШП;
- информационной модели данных (ИМД) – структурированной модели объектов АС документооборота КТПП КШП в терминах классов, связанных

между собой отношениями полного порядка и отношениями соответствия.

Поскольку объектом моделирования КТПП КШП является документооборот, то ФМ строится на основе документоориентированного подхода к описанию процесса в IDEF0 – нотации. Требуется определить ограничения на уровень детализации объектов процесса в этой нотации, т.к. это необходимо для процедуры проверки адекватности ФМ.

Авторы статьи предлагают использовать вместо классического подхода в IDEF0 – методологии (рис.1 А) ресурсно-ориентированный подход (рис. 1 Б) [6-9], в этом случае в ФМ будут задействованы «Работы», т.е. действия или функции из ФМ, преобразующие элементы «Ресурсы».

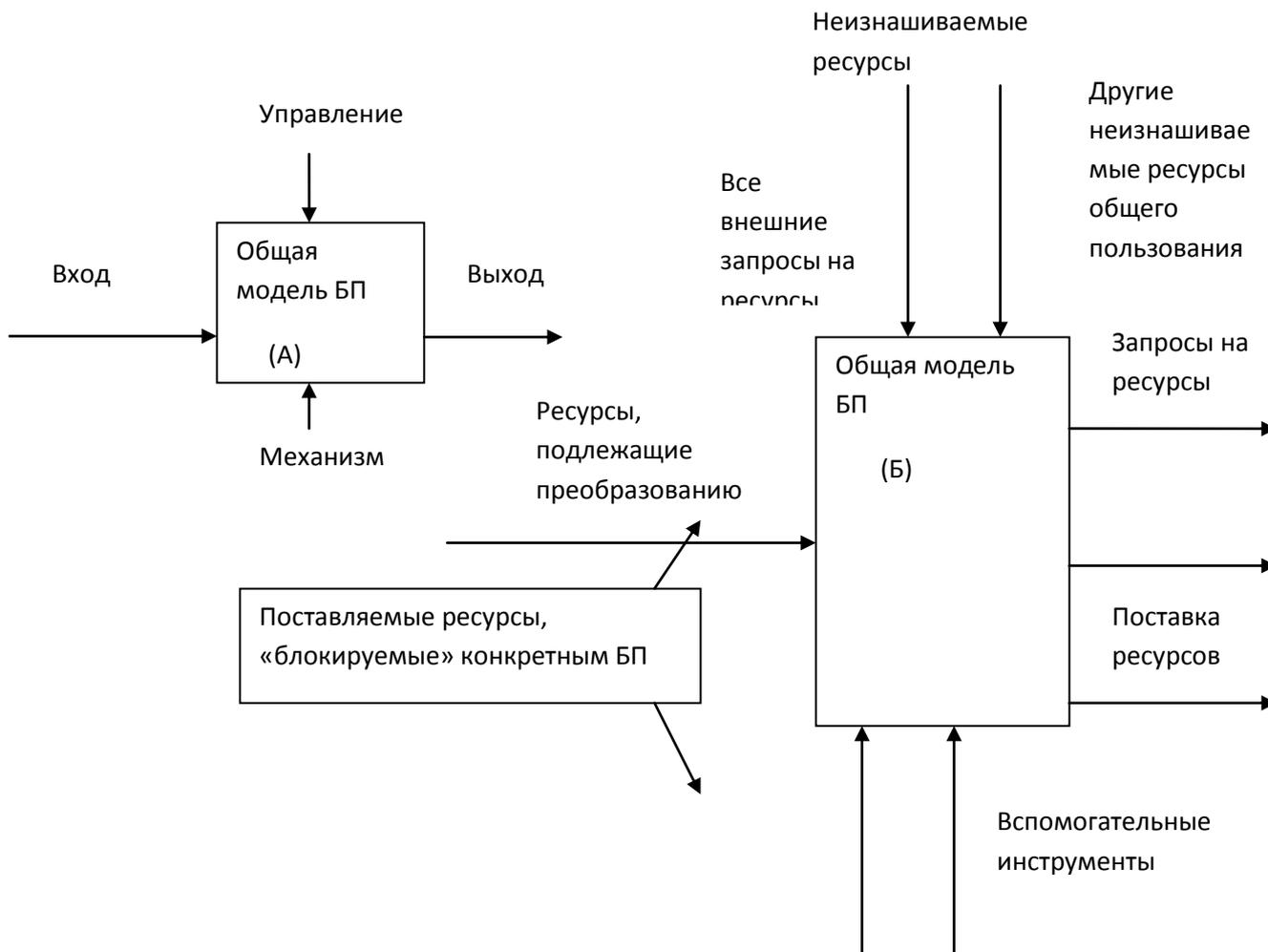


Рисунок 1- Общая модель БП

Конкретизация IDEF0 – нотации моделирования БП состоит в следующем:

- все «Работы» принадлежат одному классу, т.е. обладают одинаковым набором свойств и поведением; основной критерий – набор действий над конкретным документом (комплексом документов), составляющий его жизненный цикл;

- все связи между «Работами» относятся к классу «Ресурс»; главным образом задействованы информационные ресурсы – документы, функционирующие в среде КТПП КШП.

Для однозначной «привязки» ресурсов к трем возможным входам БП на множестве «Ресурсов» вводится следующая классификация:

1. Признак изменчивости «Ресурса» при исполнении «Работы».

«Ресурсы», подлежащие трансформации (изменяемые в процессе выполнения «Работы»)- рабочие документы, подлежащие изменению в соответствии с их жизненным циклом (ЖЦ).

Нетрансформируемые «Ресурсы».

Неизменяемые «Ресурсы» - регламентирующая и распорядительная документация, архивная документация, не изменяемая в рамках данной «Работы».

Пополняемые «Ресурсы» - персонал, CAD/CAM/CAE и информационные системы и базы (базы данных по операциям, оборудованию и т.д.).

2. Признак блокировки «Ресурса» «Работой», исключающий возможность использования «Ресурса» другими «Работами».

«Ресурсы», которые не могут блокироваться «Работами» («Ресурсы» общего пользования), в данном случае неизменяемые информационные ресурсы по п. 1.2.1, допускающие тиражирование.

Блокируемые «Ресурсы» - в основном, рабочие документы, находящиеся на соответствующих стадиях ЖЦ.

3. Признак начала выполнения «Работы».

Начало выполнения «Работы» инициируется событием «Поступление «Ресурса»». Необходимым, но не достаточным условием выполнения «Работы» является свершение полного набора событий «Поступление «Ресурса»», связанных с интерфейсами «Работы».

Безусловным инициирующим событием начала выполнения «Работы» является управляющее воздействие – здесь трактуется как управляющий документ (распоряжение, резолюция), пункт графика потока работ (flowchart node), для информационной системы с задействованным функционалом управления потоком работ (workflow).

4. Признак завершения «Работы». Этим признаком является смена атрибутов

статуса трансформируемых ресурсов – изменяемых рабочих документов.

Понятие статуса документа трактуется как совокупность атрибутов, однозначно определяющих фазу ЖЦ документа.

Пусть  $D_i$  – документ в ФМ или МДД, тогда атрибутами документа являются элементы жизненного цикла документа:

$$\{a_{di}\} = \{P, И, У, Д, Д_k, А\}, \quad (1)$$

где P – документ на разработке, У – документ на согласовании и/или утверждении, И – документ на изменении, Д – действующий документ,  $D_k$  – наличие копии действующего документа, предназначенной для внесения изменений, А – аннулирование.

Отношения соответствия для документа  $D_i$  определим через флаги состояний 0 – документ не принадлежит элементу жизненного цикла, 1 – документ принадлежит элементу жизненного цикла. Обозначим соответствия как статусы документа.

Обобщенно статус С документа  $D_i$  определяется как:

$$C(D_i) = \begin{cases} P(0 \wedge 1) \\ И(0 \wedge 1) \\ У(0 \wedge 1) \\ Д(0 \wedge 1) \\ Д_k(0 \wedge 1) \\ А(0 \wedge 1) \end{cases}, \quad (2)$$

где значения «0» и «1» описывают флаги состояний, т.е. атрибут статуса или «задействован», или «не задействован».

Из всех возможных статусов документа значимыми являются статусы, указанные в таблице 1.

Таблица 1- Изменение статуса документа в процессе жизненного цикла документа

| Обозначение | Элементы жизненного цикла документа                       | Статус документа          | Сокращенное обозначение |
|-------------|---|---------------------------|-------------------------|
| $C1(D_i)$   | «Разработка»  | $(P=1, И=У=Д=Д_k=A=0)$    | $(P=1)$                 |
| $C2(D_i)$   | «Внесение изменений в рабочий (не утвержденный) документ» | $(P=1, И=1, У=Д=Д_k=A=0)$ | $(P=1, И=1)$            |
| $C3(D_i)$   | «Утверждение нового документа»                            | $(P=1, У=1, Д=Д_k=A=0)$   | $(У=1)$                 |

|                      |  |   |       |
|----------------------|--|---|-------|
| C4(D <sub>i</sub> )  | «Ввод в действие документа (помещение в архив)»                          | (Y=1,<br>D=1, И=D <sub>к</sub> =A=0);       | (D=1) |
| C5(D <sub>i</sub> )  | «Внесение изменений в действующий документ»                              | (D=1, И=1, D <sub>к</sub> =A=0)             |       |
| C6(D <sub>i</sub> )  | «Редактирование (изменение) документа на базе новой версии документа»    | (D <sub>к</sub> =1, И=1, Y=0, A=0)          |       |
| C7(D <sub>i</sub> )  | «Утверждение новой версии документа»                                     | (D <sub>к</sub> =1, И=1, Y=1, A=0)          |       |
| C8(D <sub>i</sub> )  | «Утверждение изменений в действующем документе»                          | (D =1, И=1, Y=1,<br>D <sub>к</sub> =A=0);   |       |
| C9(D <sub>i</sub> )  | «Отработка (ввод в действие) изменений в действующем документе»          | (D <sub>к</sub> =1, И=1, Y=1, A=1,<br>D=0); |       |
| C10(D <sub>i</sub> ) | «Ввод в действие новой версии документа, исходный документ аннулируется» | (D <sub>к</sub> =1, Y=1, A=1,<br>D=И=0).    |       |

В этих обозначениях признак необходимости декомпозиции функциональной и информационной моделей заключается в следующем: рабочий документ D<sub>i</sub>, выходящий из блока «функция», должен иметь один из перечисленных выше статусов C1(D<sub>i</sub>)... C10(D<sub>i</sub>).

Последнее возможно, если декомпозиция бизнес-процессов сводится до уровня схемы 1 или схемы 2 – достаточное условие (рис.2).

На рисунке 3 рассматривается пример модели КТПП для ОАО «Волгабурмаш» с использованием разработанного условия необходимости и достаточности глубины декомпозиции, здесь показан БП «Согласование и утверждение технологической документации», где меняется ЖЦД у маршрутной и операционной карты и в следующей последовательности: C1 → C2 → C2 → C3, у норм расхода материала, ведомостей трудоемкости и заказа оснастки: C1 → C3.

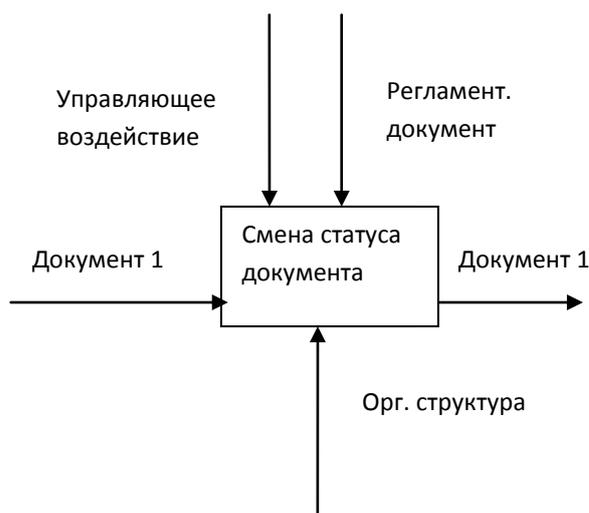


Схема 1

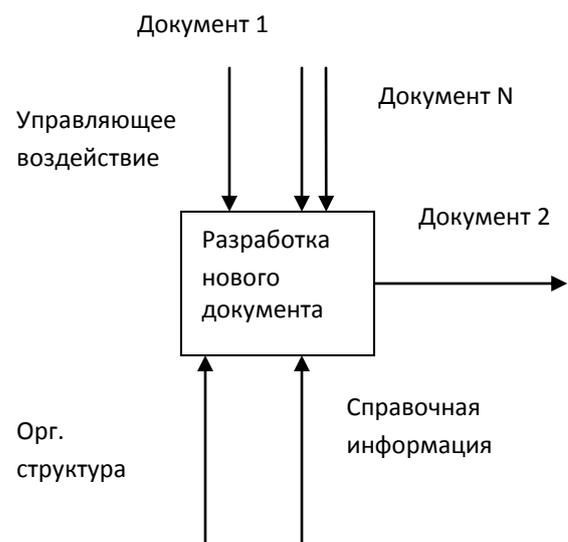


Схема 2

Рисунок 2 - Схемы определения признака достаточности модели: схема 1 – при смене статуса документа, схема 2 – при разработке нового документа

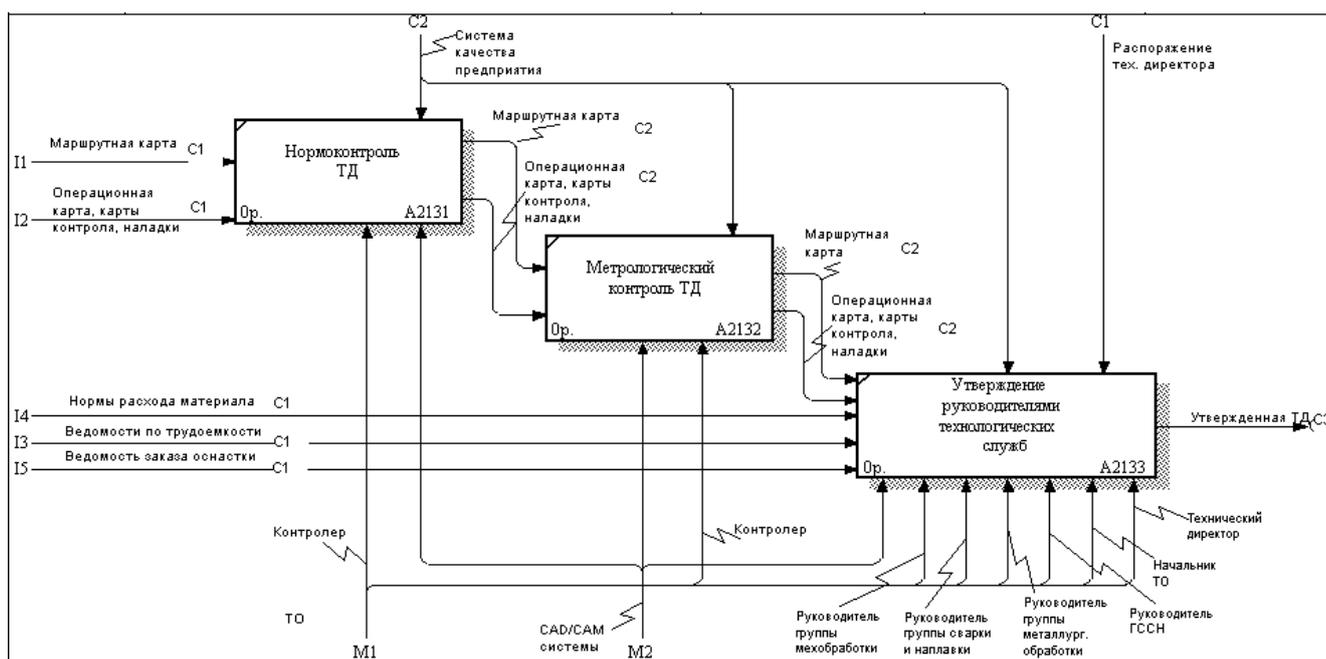


Рисунок 3 - Пример нижнего уровня декомпозиции модели КТПП

На основе ФМ строятся модели данных документов (МДД), которые представляют собой записанную в табличной форме

(табл.2) последовательность смены статуса ЖЦ документа.

Таблица 2 - Смена статуса документов

| Обозначение диаграммы по IDEF0 |  | Наименование работы 1 по IDEF0<br>Шифр работы по IDEF0 | ....  | Наименование работы N по IDEF0<br>Шифр работы по IDEF0 |
|--------------------------------|--|--|-------|--|
|                                |  | Список информационных ресурсов                         |       | Список информационных ресурсов                         |
|                                |  | Исполнители  | ..... | Исполнители  |
| Наименование документа         | Обозначение документа (код в соотв. с реестром документов) | Статус документа (C1....C10)                           |       | Статус документа (C1....C10)                           |

Пример заполнения МДД для КТПП КПП СМЗ «Металлург» (г. Самара) показан в таблице 3.

Таблица 3 - Пример заполнения модели данных документов

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| Проектирование инструмента (оснастки, приспособлений)<br>Узел А3 | Разработка КД на инструмент(оснастку, приспособления)<br>А3.2 | Согласование и утверждение КД на инструмент (оснастку, приспособления) | Хранение и рассылка КД на инструмент (оснастку, приспособления) |
|--|---|--|---|

|                            |        |                            |               |      |
|----------------------------|--------|----------------------------|---------------|------|
|                            |        |                            | A3.3          | A3.4 |
|                            |        | ММ (инструмента, оснастки) |               |      |
|                            |        | КО                         | ТО, КО, ц. 52 | КО   |
| КД на инструмент, оснастку | A3.2/1 | C1                         | C3 или C2, C3 | C4   |

В таблице 3 используются обозначения: КД – конструкторская документация, ММ – математическая модель, КО – конструкторский отдел, ТО – технологический отдел, диаграммы по IDEF0 с шифрами и наименованиями поступают из ФМ узла А3.

По ФМ и МДД строится информационная модель данных на основе UML – моделей диаграмм классов с указанием их атрибутов.

В итоге удается смоделировать бизнес – процессы КТПП КШП для создания единого информационного пространства. Эти модели являются удобным средством для проведения реинжиниринга БП в плане оптимизации системы

документооборота и структурной реорганизации.

В статье определяется концепция формирования моделей бизнес-процессов КШП для проведения реинжиниринга, состоящая в последовательном составлении ФМ, МДД, МИР, ИМД с дальнейшей их оптимизацией. Определен принцип функционального моделирования на основе документоориентированного подхода с конкретизацией по ресурсам, причем сформулирована классификация ресурсов, математически определены статусы документов и определен шаблон МДД.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гречников Ф.В., Дровяников В.И., Хаймович И.Н. Анализ характеристик стабильности и размерности информационной системы управления кузнечно-штамповочным производством на Самарском металлургическом заводе «Алсоа» - Кузнечно-штамповочное производство, 2008, №4 – с.33-36.
2. Дровяников В.И., Хаймович И.Н. Особенности интеграции экономико-математического инструментария в информационную систему управления вуза //Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2010. - №74. – С.17-20.
3. Зеленов А.В., Хаймович И.Н. Оптимизация бизнес-процессов КТПП по информационно-технологическим моделям для СМЗ «Алсоа» – Самара, Вестник СГАУ, №1, 2011. –С.62-68.
4. Зеленов А.В., Хаймович И.Н. Модель оценки поставщика в системе «поставщик – заказчик». – Самара, Вестник МИРа, 2010 – №1 (6) - С.25-27.
5. Кириченко А.С., Хаймович И.Н., Согласование механизмов управления процессов КТПП на уровне сотрудников подразделений – Самара, Вестник СГАУ, №2, 2011. –С.271-278.
6. Китаев Д.Ф., Макаров А.А., Смольников С.Д. Алгоритм формирования многоагентной модели группового образовательного процесса // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-3.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23348> (дата обращения: 22.04.2016).
7. Кириченко А.С., Хаймович И.Н. Согласование механизмов управления процессов КТПП на уровне руководителей подразделений - Самара, Вестник МИРа, 2010 – №1 (6) - С.28-32.

8. Рубцов С. Секреты моделирования и разработки бизнес – процессов// Открытые системы, 2003, 1, с. 53-56.
9. Хаймович И.Н. Применение методологии SADT при моделировании бизнес-процессов технологической подготовки производства машиностроительного предприятия//Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2008. - №1. – с.21.
10. Чумак В.Г., Рамзаев В.М., Кукольникова Е.А., Шестова Н.С. Конкурентоспособность как синергетическая характеристика кластерного развития социально-экономических систем//Альманах современной науки и образования. – 2011. - №1. – С. 173-177.

## **AUTOMATION OF DOCUMENT ORIENTED PROCESS of DESIGN AND TECHNOLOGICAL PREPARATION of PRODUCTION**

© 2016 Ekaterina A. Kovalkova<sup>1,2</sup>, Irina N. Khaimovich<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Samara State Aerospace University

<sup>2</sup>International Market Institute

The article describes the problems of model automation of basic business-processes of design and technological preparation in die forging. It shows the roadmaps of time reduction of technological preparation due to IP technologies application in the document circulation improvement. The authors suggest resource-oriented approach during simulation of industrial objective area, they determine necessary feature of functional model decomposition based on document status. The article defines the data model templates.

Keywords: business processes, design and production planning, resource-oriented approach, functional model.