

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ВНЕДРЕНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Е.А. Дронь¹, Г.И. Позорелов², Г.Г. Куликов²

¹ Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Россия,

² АО «Уфимское научно-производственное предприятие «Молния», г. Уфа, Россия

Организационные системы управления являются распределенными, при этом некоторые контуры управления в них организуются в явном виде, другие существуют в неявном виде. При управлении производственным предприятием всегда существует модель объекта производства (производимой продукции), модель производственной среды и модель жизненного цикла. АИС представляет собой модель реальной производственной системы. Разработан комплекс моделей классификаторов производственного предприятия. Построены модели производственных процессов при внедрении информационных систем, которые являются естественным отображением модели организации и управления производством на верхнем уровне.

Базовой технологией реализации информационных потоков в производственной системе является производственный документооборот. Для получения модели производственного документооборота необходимо рассмотреть производственную систему в аспекте взаимосвязи и движения документов. Предложена модель производственного документооборота, позволяющая однозначно классифицировать производственные процессы. При моделировании учитывались знания из менеджмента, теории принятия решений, системного моделирования, программирования.

Ключевые слова: классификатор, менеджмент, модель, автоматизированные информационные системы.

Введение

Производственная система, как любая другая, определяется, прежде всего, классификацией, под которой можно понимать основные понятия, справочники, реестры и др.

Для формирования электронного образа изделия, производственной системы определены следующие условия создания корпоративной базы знаний предприятия:

- обеспечение единства классификации, кодирования изделий, процессов, информации;
- обеспечение унификации представления знаний;
- обеспечение однозначности толкования данных и знаний всех уровней.

1. Построение системы классификации в области менеджмента при внедрении информационных систем

Классификация позволяет определять структуры системы в рамках изучаемой предметной области. В основе любой классификации лежит основание.

Основание классификации – это правило, которое определяет, какие элементы могут соответствовать заданному классу. Существует множество оснований для классификаций; также существуют общепринятые классификации и классификации для решения отдельных задач менеджмента [5] (рис. 1).

Рассмотрим классификатор для компонентов менеджмента: структура; персонал; финансы; бизнес-процессы; маркетинг; учет; микроэкономика/хозрасчет; логистика.

Класс компонентов менеджмента включает совокупность подклассов (персонал, финансы и т. д.). Подклассы могут быть также продекомпозированы. По аналогии с теорией множеств отношения «класс – подкласс» – это то же, что и отношение «множество – подмножество». Виды классификаторов представлены на рис. 2.

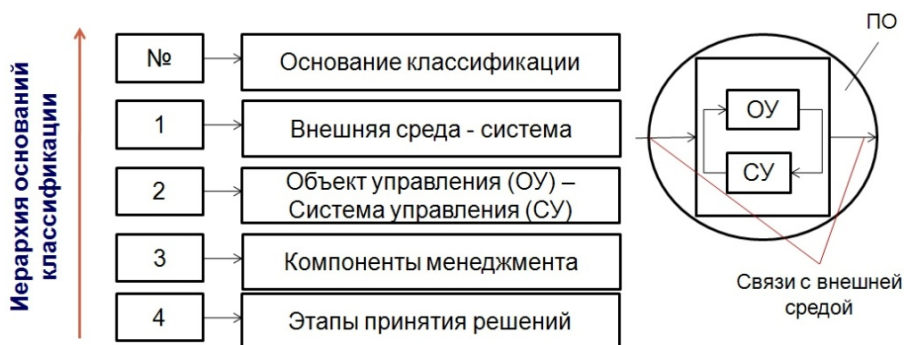


Рис. 1. Иерархия оснований классификации в области менеджмента

Правило классификации, заданное перечнем наименований классов и отношением классифицируемого элемента к одному из классов, называется *линейным (одномерным) классификатором*.

В качестве примера приведем линейный классификатор по основанию «Принятие решений» [5]:

1. Сбор и анализ информации.
2. Разработка альтернативных управленческих решений.
3. Принятие решений.
4. Исполнение решений.
5. Учет результатов использования.
6. Оценка и контроль.
7. Анализ и выявление факторов, влияющих на решение.

Для декомпозиции класса и выявления связей между его подклассами существуют иерархические классификаторы. Классификация по компонентам менеджмента может быть детализирована в виде иерархического классификатора (рис. 3). Для декомпозиции классов используется *правило иерархий*.



Рис. 3. Иерархическая классификация компонентов менеджмента

Наиболее простыми классификаторами являются *линейные* (одномерные). К сложным классификаторам относят классификаторы, построенные на основе линейных и иерархических. Наиболее распространенным методом объединения классификаторов является матричный метод.

Матричные классификаторы позволяют разбить предметную область на классы по двум признакам. Построим матричный классификатор, объединяющий одномерную классификацию компонентов менеджмента и этапов принятия решений.

Таким образом, классификаторы определяют систему координат дискретного пространства для представления конкретных систем, выделяемых из исследуемой предметной области в том или ином срезе (аспекте).

Построим *трехмерный классификатор* с помощью одномерных классификаторов (рис. 4):

1. Компоненты менеджмента.
2. Этапы принятия решений.
3. Компоненты обеспечения менеджмента.

Матричный классификатор, составленный на основе трех одномерных классификаторов, будет представлять собой трехмерную матрицу.



Рис. 2. Виды классификаторов

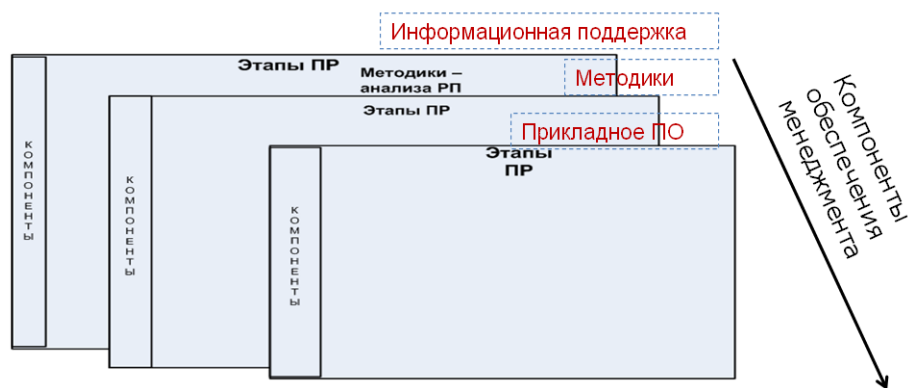


Рис. 4. Пример элементов трехмерного классификатора

Трехмерный классификатор может быть интерпретирован как трехмерная ортогональная дискретная система координат, определяющая множество структур (рис. 5).

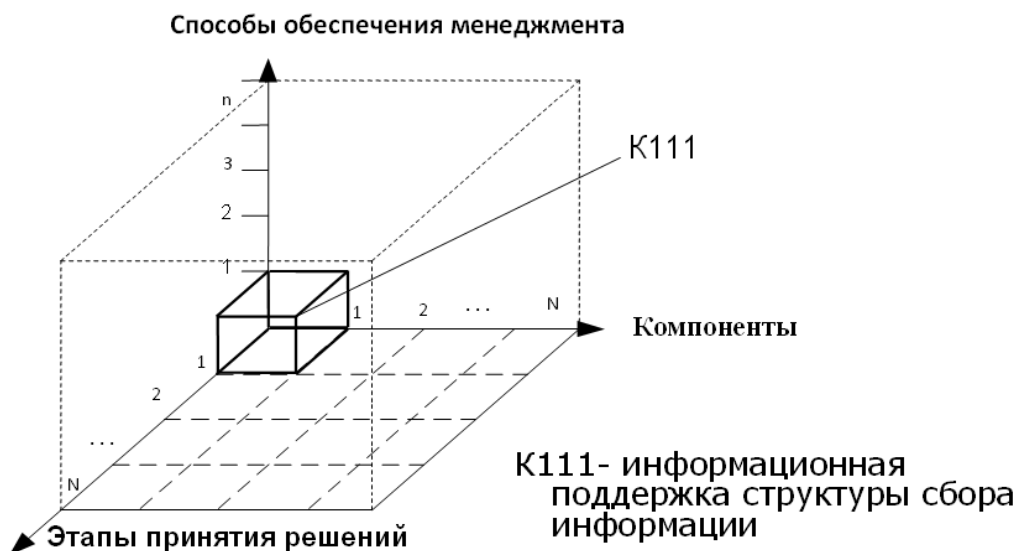


Рис. 5. Трехмерный классификатор

Любая интегрированная информационная система начинается со справочников, так как они определяют набор элементов (подсистем), составляющих конкретную информационную систему управления предприятием.

Рассмотрим пример построения классификатора.

С точки зрения кибернетики существуют различные классификаторы общих функций управления производственными системами.

Эти функции в теории управления представлены следующими классификаторами:

1. Одномерный классификатор по основанию «Общие функции управления» [5]:
 - 1.1. Прогнозирование.
 - 1.2. Нормирование и планирование.
 - 1.3. Реализация планов.
 - 1.4. Учет и анализ выполнения планов.
 - 1.5. Коррекция и регулирование при выполнении планов.
2. Одномерный классификатор по основанию «Виды деятельности для организации управления» [5]:
 - 2.1. Производство.
 - 2.2. Финансирование.
 - 2.3. Снабжение.
 - 2.4. Сбыт.

Введем в рассмотрение матричный классификатор для определения возможных управленческих (кибернетических) структур предприятия (рис. 6).

1 \ 2	1.1. Прогнозирование	1.2. Нормирование и планирование	1.3. Реализация планов	1.4. Учет и анализ	1.5. Коррекция при выполнении планов
2.1. Производство	+	+	+	+	+
2.2. Финансирование					
2.3. Снабжение					
2.4. Сбыт					

Рис. 6. Матричный классификатор типовой структуры предприятия

Структура замкнутого контура управления, определенная с помощью матричного классификатора, отражает кибернетический аспект реальной производственной системы (рис. 7).

С помощью матричного классификатора можно также определить структуру для управления финансами, снабжением, сбытом.

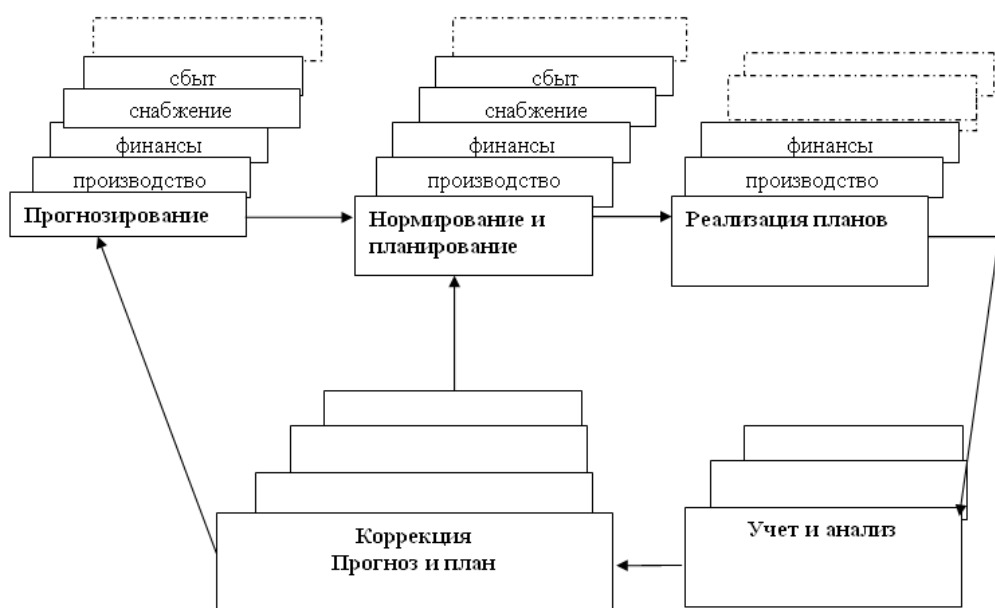


Рис. 7. Замкнутый контур управления производством

Рассмотренные выше правила и методика построения сложных классификаторов могут быть распространены на n -мерные классификаторы.

2. Построение моделей производственных процессов при внедрении информационных систем

Любая АИС является моделью реальной производственной системы. Реальная система при ее отображении – это единство множества структур (моделей) в различных аспектах. К наиболее распространенным аспектам относят *объектный* (структурный, технологический) и *кибернетический*.

АИС, являющаяся моделью реальной системы, может иметь свою модель.

Приведем характеристики производственной системы с точки зрения организационного управления на примере производственной системы машиностроительного предприятия (рис. 8) [3].

Управление в социально-экономических системах

План – это модель ожидаемого процесса производства в различных аспектах. Диспетчерский график – это модель реализации плана в конкретных условиях. Основой плана и диспетчерского графика являются модели производственных процессов.

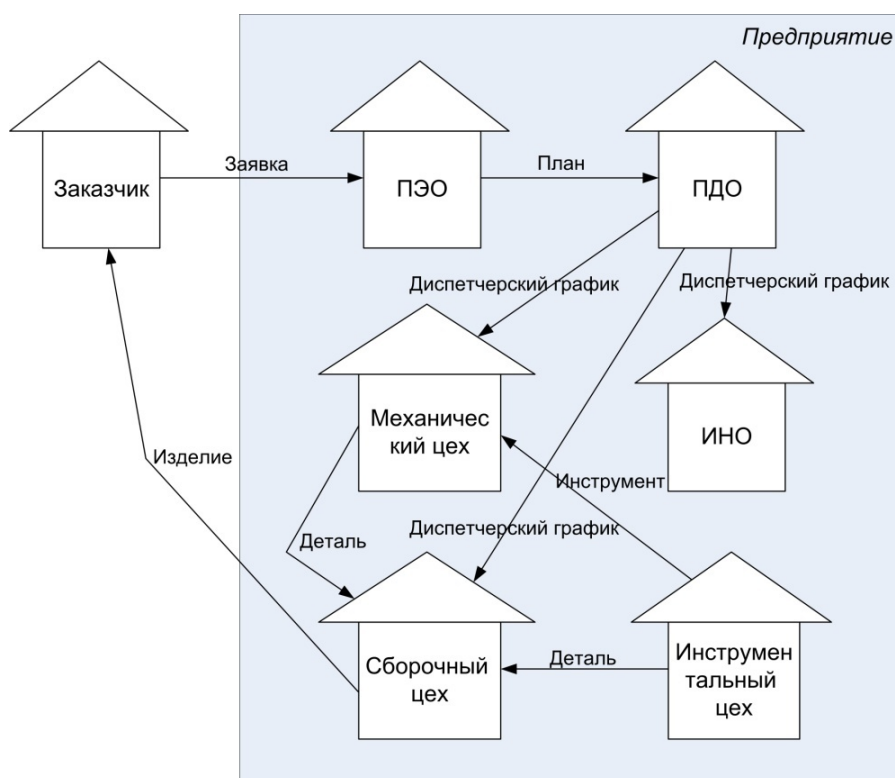


Рис. 8. Мнемосхема организации производственной системы: ПЭО – плано-экономический отдел; ПДО – плано-диспетчерский отдел; ИНО – инструментальный отдел)

Рассмотренные выше понятия и определения производственной системы определили следующую классификацию информации в производственной системе:

1. *Информация, связанная с организацией и управлением производством.* Данная информация сосредоточена в БД автоматизированной системы управления предприятием. Для реализации функциональности АСУП в настоящее время используются корпоративные информационные системы (КИС).

2. *Информация, связанная с конструкторской и технологической подготовкой производства.* Эта информация сосредоточена в базах данных (БД) и базах знаний (БЗ) САПР, CAD/CAM-системах, а также PDM-системах.

3. *Информация, связанная непосредственно с технологическими процессами* и являющаяся характеристикой реальной производственной среды. Эта информация сосредоточена в БД АСУТП.

Данная классификация является естественным отображением модели организации и управления производством на верхнем уровне. Она соответствует информационному аспекту представления производственной системы.

Таким образом, организовать управление производством означает:

- организовать конструкторскую и технологическую подготовку производства;
- организовать процесс производства.

Так, в основе любого производственного процесса лежит сочетание, прежде всего, ресурсов – материальных, трудовых, технологических и т. д. [1]. Самой большой задачей управления производством является задача обеспечения производства ресурсами, которая классифицируется на следующие виды:

- задача планирования ресурсов;
- задача обеспечения ресурсами.

В обоих случаях процессы характеризуются информационными показателями. В процессах планирования предметы труда, результаты труда относятся полностью к информационной среде. В процессах обеспечения ресурсами информация является вторичной, первичной является материальная сторона [2].

3. Модель производственного документооборота

Рассмотрим модель организации производства машиностроительного предприятия, представленной на формализованном предметно-ориентированном языке IDEF0 (рис. 9) [3, 4].

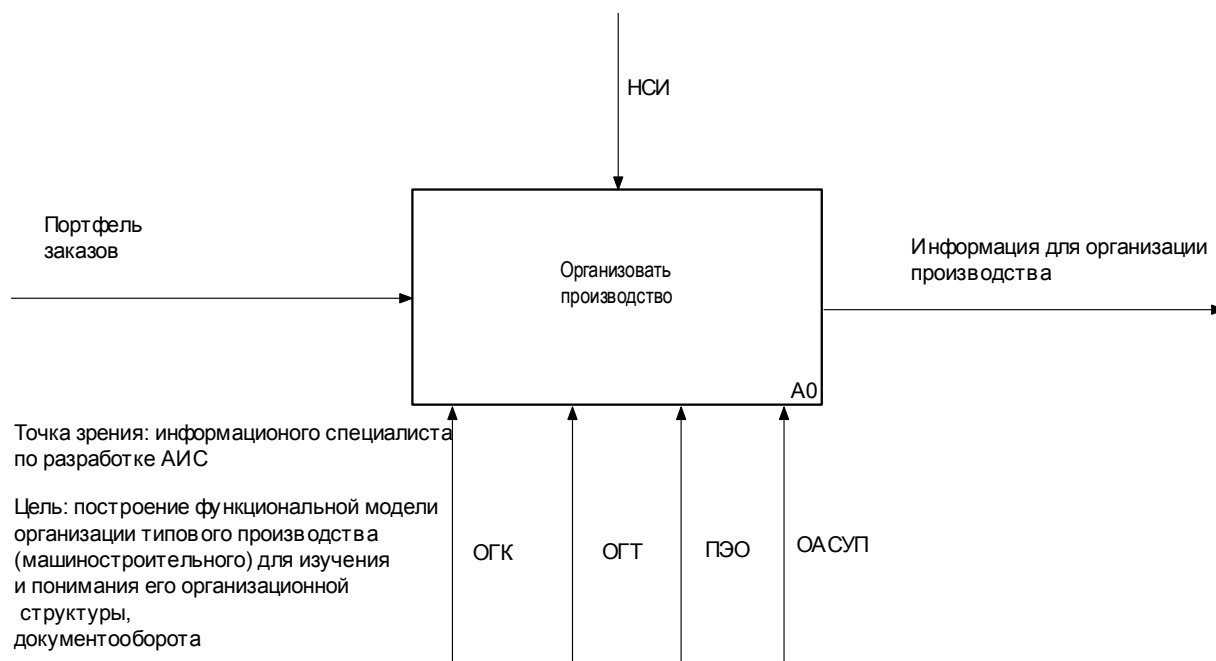


Рис. 9. Контекстная диаграмма модели организации производства машиностроительного предприятия в аспекте организации документооборота: НСИ – нормативно-справочная информация, ОГК – отдел главного конструктора, ОГТ – отдел главного технолога, ПЭО – планово-экономический отдел, ОАСУП – отдел автоматизированных систем управления производством

Примечание: при моделировании будем учитывать знания из менеджмента, теории принятия решений, системного моделирования, программирования.

Будем рассматривать трехуровневую схему организации производства:

1. На уровне предприятия.
2. На уровне цехов и функциональных служб.
3. На уровне участков.

Модель должна отвечать на следующие вопросы:

1. Что делать (производить)? Это конструкторско-технологическая модель объекта производства.
2. Как и чем делать? Это технологическая модель производства.
3. Где взять ресурсы, в каком объеме, в какое время и куда их поставить? Это оперативная модель производства.

В блоках функциональной модели (рис. 10) представлены функции, определяющие множество деловых процессов для организации производства. С точки зрения организации документооборота, планово-производственная информация – это информация, необходимая для организации ресурсного обеспечения, технической (конструкторско-технологической) подготовки производства, а также для осуществления регулярного производства.

В качестве входа и выхода представлены следующие категории информации: *конструкторская информация* (документация) – модель объекта производства (что будет изготавливаться?); *технологическая информация* (документация) – технология производства, изготовления объекта производства (из чего, с помощью какого оборудования и инструмента, кем, в какой последовательности?).

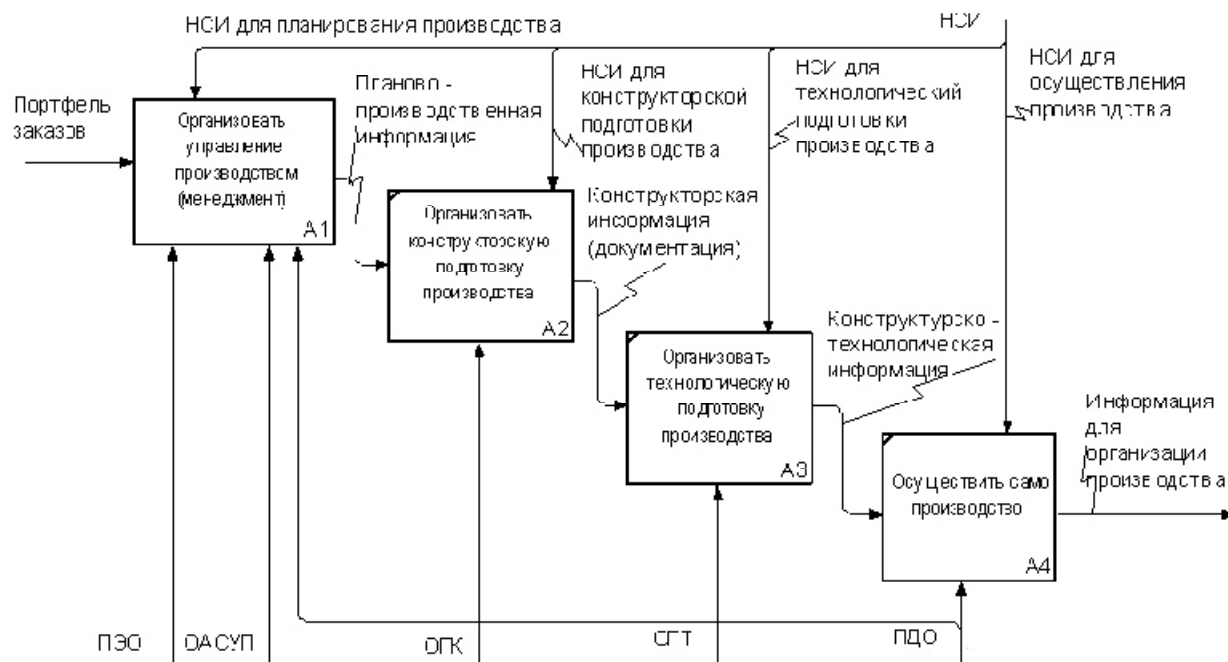


Рис. 10. Декомпозиция функциональной модели организации производственного документооборота (уровень предприятия)

Примечание: конструкторскую и технологическую подготовку производства объединяют и называют технической подготовкой, конструкторско-технологическим проектом или техническим проектом.

Далее модель с уровнем организации управления предприятием декомпозируется на уровень цехов и уровень участков.

Приведем детализированное описание модели (табл. 1).

Таблица 1

Структура функциональной модели организации производственного документооборота

Метка	Наименование	Вход	Выход	Исполнитель
A ₁₁	Организовать технико-экономическое планирование	Портфель заказов, оперативная информация по технико-экономическому планированию	Управленческая информация (бизнес-план, объемно-календарный план, графики производства, учетные документы по выполнению плана и др.)	ПЭО, ОАСУП
A ₁₂	Организовать оперативное управление	Оперативная информация о состоянии производства, оперативные планы	Диспетчерские графики (планы производства), управленческая информация (рапорты, отчеты, ведомости)	ПДО
A ₁₃	Организовать материально-техническое снабжение (МТС), логистическую поддержку	Оперативная информация для планирования и учета МТС	Планы, графики МТС и другие учетные документы	Отдел МТС
A ₁₄	Организовать управление качеством производства и выпуском продукции	Оперативная информация для планирования и учета качества	Планы и графики, необходимые для учета качества	Отдел стандартизации

Окончание табл. 1

Метка	Наименование	Вход	Выход	Исполнитель
A ₁₅	Организовать учет реализации и сбыта готовой продукции	Оперативная информация для реализации	Планы и графики для реализации	Отдел реализации и сбыта
A ₁₆	Организовать управление трудовыми ресурсами	Оперативная информация о трудовых ресурсах	Планы и графики подготовки и переподготовки сотрудников	Отдел труда и зарплаты
A ₁₇	Организовать бухгалтерский учет	Оперативная информация для бухгалтерского учета	Бухгалтерская отчетность (плановая, учетная)	Бухгалтерия
A ₁₈	Осуществить производство	Вся необходимая информация и ресурсы	Готовая продукция, необходимая информация о готовой продукции	Производственные подразделения (цеха)
A ₁₉	Организовать интегрированный сбор, обработку, хранение, распределение, передачу оперативной информации о производстве	Управленческая информация со всех функциональных служб	Оперативная информация	ОАСУП

Приведенную структуру модели можно представить в форме морфологической таблицы (таблицы смежности), представленную на рис. 11.

A _{ij} \ A _{ij}	A ₁₁		A ₁₉
A ₁₁	B		
...
...
A ₁₉			B

Рис. 11. Таблица смежности (B – внутренняя связь)

Примечание: приведенные в таблице смежности функции управления могут воздействовать:

- на самих себя (внутренняя связь);
- техническую подготовку производства;
- регулярное производство.

Например, функция технико-экономического планирования может выполняться для планирования работы самого ПЭО, для технической подготовки и непосредственно для самого производства.

В реальных системах управления действия функции управления пересекаются. Функции организационного управления могут объединяться, дифференцироваться.

Функции организационного управления декомпозируются и по уровням. Так, для уровня цеха функция технико-экономического планирования осуществляется бюро технико-экономического планирования, для уровня участка – старшим мастером или мастером.

Далее рассмотрим модель разработки конструкторско-технологической документации (табл. 2) и модель технической подготовки производства (табл. 3).

Рассмотренные графоаналитические модели как объекты документооборота позволяют получить ответы на следующие вопросы:

Управление в социально-экономических системах

1. В какой последовательности разрабатывается технологическая подготовка производства?
2. Какие документы используются при создании технологической подготовки производства?
3. В какой последовательности изготавливается опытный образец?
4. Какие службы участвуют в изготовлении опытного образца?
5. Какие ресурсы и в каком количестве необходимы для изготовления опытного образца?
6. Какова номенклатура деталей, узлов, объекта производства?

Таблица 2

Типовая модель разработки конструкторско-технологической документации (технического проекта)

Последовательность блоков	Последовательность действий	Исполнители	Необходимая НСИ
	1. Техническое задание на объект производства	Заказчик и разработчик	ГОСТ ОСТ СТП
	2. Согласование ТЗ		
<pre> graph TD 1[1 ТЗ] --> 2{2} 2 -- нет --> 3[3 Коррекция] 3 --> 1 2 -- да --> 4[4 Разработка] 4 --> 5{5} 5 -- нет --> 6[6 Коррекция] 6 --> 4 5 -- да --> 7[7 Разраб. ТПР] 7 --> 8{8} 8 -- нет --> 9[9 Коррекция] 9 --> 7 8 -- да --> 10[10 Утверждение] </pre>	3. Коррекция ТЗ	Заказчик и разработчик	Методики САПР: CAD/ CAM/ CAE/ PDM
	4. Разработка эскизного проекта объекта производства	Разработчик	
	5. Согласование ЭП	Заказчик, разработчик, контролирующие комитеты	
	6. Коррекция ЭП		
	7. Разработка рабочего проекта (технологии разработки отдельных деталей, узлов и всего изделия)		
	8. Согласование		
	9. Коррекция		
	10. Утверждение		

Таблица 3

Модель изготовления и доработки опытного образца
в соответствии с рабочим проектом

Последовательность блоков	Последовательность действий	Исполнители	НСИ
	1. Получение рабочего проекта для производства	Функциональные, производственные службы, разработчик	ГОСТ ОСТ СТП
	2. Проверка условий возможности изготовления опытного образца на оборудовании данного производства	Технический совет	
	3А. Изготовление опытного образца	Цеха	
	3В. Доработка технической документации / Дополнение производственного оборудования	Разработчик	
	4. Контроль опытного образца	ОТК	ГОСТ ОСТ СТП
	5. Испытание опытного образца	Технический совет	
	6. Испытание опытного образца на ресурс	Служба испытаний	
	7. Условие на соответствие параметров изделия заданным техническим требованиям (эксплуатационные параметры)	Специальная комиссия	
	7А. Доработка документации, изготовление нового опытного образца и повторение цикла испытаний	Заказчик и разработчик	
	8. Проведение длительных испытаний на выработку ресурса	Служба испытаний	
	9. Анализ результатов испытаний и принятие решений об эталонировании опытного образца для дальнейшего регулярного производства	Заказчик и разработчик	

Для получения ответов на вопросы необходима дальнейшая декомпозиция модели производства.

Рассмотренная модель технологической подготовки производства как модель организационного управления на уровне предприятия декомпозируется по тем же изоморфным правилам на уровень цехов и на уровень участков. Такой способ декомпозиции обычно называют декомпозиция по вертикали / по горизонтали (рис. 12).

Основой для составления модели производственного документооборота являются техноло-

Управление в социально-экономических системах

гические процессы изготовления деталей, узлов и самих изделий. Существуют различные формы представления технологических процессов.

Уровень предприятия			
Уровень цехов			
Уровень участков			
Декомпозиция по вертикали	Системы	Подсистемы	Элементы
Декомпозиция по горизонтали			

Рис. 12. Способы декомпозиции

Общепринятой формой представления технологических процессов является конструкторско-технологическая документация (рабочий проект), выполненная в соответствии с ГОСТ, ЕСКД, ЕСТД.

Конструкторская документация отвечает на вопрос: из чего (из каких материалов, заготовок), в какой последовательности, с помощью какого оборудования и инструмента, кем изготавливаются детали, узлы и сами изделия.

Основные составляющие технической документации:

1. Маршрутные карты (маршрут изготовления).
2. Операционные карты определяют состав и действие при выполнении отдельных операций по изготовлению деталей, узлов.
3. Ведомости материалов (спецификация материалов).
4. Ведомости нестандартного оборудования и другие документы.

Как правило, в модель технологического процесса включаются также процессы нормирования.

Производственная модель отвечает на вопросы: какое количество ресурсов (в каком объеме, весе), в какое время и в какое место необходимо поставить для изготовления планового количества изделий. Модель производственных процессов – это модель технологического процесса в совокупности с моделью необходимых ресурсов. Разработкой моделей технологических процессов занимаются технологи и конструкторы. Для построения модели обеспечения ресурсами используется часть технологических моделей, т. е. маршрутные схемы для выбора номенклатуры и нормы ресурсов и операций. В любой системе обеспечения ресурсами обязательно присутствует необходимая часть технологической модели. Для составления моделей производственного процесса (моделей обеспечения ресурсами соответствующих технологических процессов) используются различные языки.

Заключение

Рассмотрены модели деятельности производственного предприятия с детализацией до объекта производства, а также до модели конструкторской и технологической подготовки производства. Проведен анализ существующих классификаторов, показано, что фактически применяются n-мерные классификаторы. Предложена методика формализованного описания классификаторов. В работе предлагается применять модели производственных процессов при внедрении автоматизированных информационных систем. Также предложена модель производственного документооборота, позволяющая однозначно классифицировать производственные процессы.

Литература

1. Дронь, Е.А. Система поддержки принятия решений при управлении строительством на основе системной модели затрат / Е.А. Дронь, С.Г. Куликов // Вестник УГАТУ. – 2010. – Т. 5, № 2 (37). – С. 220–227.
2. Куликов, Г.Г. Автоматизированная система поддержки принятия решений для организационного управления строительным производством / Г.Г. Куликов, Е.А. Дронь // Проблемы

Информатики в образовании, управлении, экономике и технике: сб. ст. 17 Междунар. науч.-техн. конф. – 2017. – С. 191–196.

3. Куликов, Г.Г. *Автоматизированные информационные системы в экономике: учеб. пособие / Г.Г. Куликов, Е.А. Дронь, Ю.О. Багаева, М.А. Шилина. – Уфа: УГАТУ, 2013. – 180 с.*

4. Куликов, Г.Г. *Автоматизированное проектирование информационно-управляющих систем. Системное моделирование предметной области: учеб. пособие / Г.Г. Куликов, А.Н. Набатов, А.В. Речкалов. – Уфа: УГАТУ, 2003. – 104 с.*

5. *Семь нот менеджмента. Настольная книга руководителя / под ред. В.В. Кондратьева. – М.: Эксмо, 2008. – 976 с.*

Дронь Елена Анатольевна, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизированных систем управления, Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа; elena_dron@bk.ru.

Погорелов Григорий Иванович, канд. техн. наук, технический директор – заместитель генерального директора по безопасности; АО «Уфимское научно-производственное предприятие «Молния», г. Уфа.

Куликов Григорий Геннадьевич, д-р техн. наук, заместитель технического директора по ИТ-системам, АО «Уфимское научно-производственное предприятие «Молния», г. Уфа.

Поступила в редакцию 18 февраля 2018 г.

DOI: 10.14529/ctcr180308

DEVELOPMENT OF PRODUCTION MODELS AT INTRODUCTION OF AUTOMATED INFORMATION SYSTEMS

E.A. Dron¹*, G.I. Pogorelov², G.G. Kulikov²

¹ Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation,

² JSC Ufa Research and Production Enterprise "Molniya", Ufa, Russian Federation

*elena_dron@bk.ru

Organizational management systems are distributed, with some management loops organized in them explicitly, others exist in an implicit form. When managing a manufacturing enterprise and planning its activities, there is always a model of the production object (manufactured products), a model of the production environment and a life cycle model. Automated information systems is a model of a real production system. The article suggests the inspection technique, and the formalization of classifier in management. The classifier methods based on the main components of management, production system models.

The basic technology for implementing information flows in the production system is the production workflow. To obtain the model of production workflow, it is necessary to consider the production system in the aspect of interrelation and movement of documents. The article describes the functional model of the production processes, the relationship model of the production system and technological system, the system of operational management of production.

Keywords: classifier, management, model, automated information systems.

References

1. Dron' E.A. [Decision Support System in the Construction Management of the System Cost Models]. *Bulletin of USATU*, 2010, vol. 5, no. 2 (37), pp. 220–227. (in Russ.)

2. Kulikov G.G., Dron' E.A. [Automated Decision Support System for Organizational Management of Construction Production]. *Problemy informatiki v obrazovanii, upravlenii, ehkonomie i tekhnike*.

Управление в социально-экономических системах

Sbornik statey 17 Mezhdunarodnyj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii [Problems of Informatics in Education, Management, Economics and Technology. Collection of Articles 17 of the International Scientific and Technical Conference], 2017, pp. 191–196. (in Russ.)

3. Kulikov G.G., Dron E.A., Bagaeva J.O., Shilina M.A. *Avtomatizirovannyye informatsionnyie sistemyi v ekonomike: uchebnoe posobie* [Automated Information Economic Systems]. Ufa, USATU Publ., 2013. 180 p.

4. Kulikov G.G., Nabatov A.N., Rechkalov A.V. *Avtomatizirovannoye proyektirovaniye informatsionno-upravlyayushchikh sistem. Sistemnoye modelirovaniye predmetnoy oblasti: uchebnoye posobiye* [Computer-Aided Design of Information-Control Systems. System Modeling of the Subject Domain: A Training Manual]. Ufa, UGATU Publ., 2003. 104 p.

5. *Sem' not menedzhmenta. Nastol'naya kniga rukovoditelya* [Seven Notes of Management. Handbook of the Head]. Moscow, EKSMO Publ., 2008. 976 p.

Received 18 February 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Дронь, Е.А. Разработка функциональных моделей производства при внедрении автоматизированных информационных систем / Е.А. Дронь, Г.И. Погорелов, Г.Г. Куликов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2018. – Т. 18, № 3. – С. 68–80. DOI: 10.14529/ctcr180308

FOR CITATION

Dron E.A., Pogorelov G.I., Kulikov G.G. Development of Production Models at Introduction of Automated Information Systems. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2018, vol. 18, no. 3, pp. 68–80. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr180308