

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Поляева Е.В., Горлов И.В.

Тверской государственной технической университет», г. Тверь

Ключевые слова: технология машиностроения, автоматизация, технологическая подготовка производства, структурная модель, моделирование, базы знаний.

Аннотация. Представлена математическая модель производственной системы, раскрывающая её структуру и позволяющая представить её в виде базы знаний. Формализация осуществляется с применением формальной логики, что позволяет описывать производственную систему на разных уровнях абстрагирования и учитывать только те элементы и связи, которые необходимы исследователю для проведения инженерных расчётов. Приведён алгоритм, позволяющий проводить оптимизационные расчёты при выборе элементов производственной системы.

STRUCTURAL DETAIL MODEL - BASIS OF SYNTHESIS TECHNOLOGICAL PROCESS

Poletaeva E.V., Gorlov I.V.

Tver State Technical University, Tver

Keywords: engineering technology, automation, technological preparation of production, structural model, group technology, flexible production systems.

Abstract. A mathematical model of a production system that reveals its structure and allows it to be presented as a knowledge base is considered. Formalization is carried out using formal logic, which allows us to describe the production system at different levels of abstraction and take into account only those elements and connections that are necessary for the researcher to carry out engineering calculations. An algorithm is presented that allows for optimization calculations when choosing the elements of the production system.

При расширении и частой смене номенклатуры производства возникает проблема автоматизации технологической подготовки для сокращения времени, затрачиваемого на проведение инженерных расчётов при сохранении их качества. Эта проблема может быть решена с помощью применения систем структурного моделирования сложных систем, которыми и являются производственные системы. Такие системы могут быть представлены на разных уровнях абстрагирования и в том объёме, который требуется исследователю. Математические модели позволяют вводить и хранить информацию о производственной системе, их элементах и свойствах применительно к конкретному производству и строить алгоритмы в зависимости от цели пользователя. Одни и те же модели могут быть использованы для проектирования индивидуальных, типовых и групповых

технологических процессов, что позволяет существенно снизить затраты на переналадку производства при переходе на выпуск нового изделия.

Машиностроительное производство представляет собой большую систему, а процессы, протекающие в ней, являются процессами сложными [1]. Между участниками процесса устанавливаются отношения, определяющие структуру производства и его функционирование. Производственная система состоит из разнородных подсистем, в которые входят строительные здания и сооружения, станочное оборудование, транспорт, носители информации и др. Каждая подсистема не только должна выполнять свою основную функцию, но и, взаимодействуя с другими подсистемами, обеспечивать эффективную работу всей производственной системы. Рассматриваемые системы имеют большую размерность и слабую структурированность, уникальность, что существенно усложняет моделирование таких систем [2,3].

Для исследования производственной системы необходимо иметь её формальное описание (модель). При этом одни и те же элементы могут являться составными частями разных систем, основу которых в свою очередь могут составлять разные элементы в зависимости от цели исследования. Кроме того, производственная система существует не только в пространстве, но и во времени. Производственные процессы могут быть упорядочены по-разному, что в значительной степени определяет эффективность функционирования системы. Технология машиностроения как наука создаёт концепты, определяющие методику как разбиения системы на подсистемы и элементы, так и соединения этих элементов в единую систему, т.е. методологию анализа и синтеза производственных систем [4,5,6].

Одним из основных концептов, лежащих в основе технологии машиностроения, является система *СПИДО* (станок-приспособление-инструмент-деталь-оператор). Система *СПИДО* описывает производственную систему на самом нижнем уровне абстрагирования в отличие от цеха, участка, линии, описывающих производственную систему на более высоком уровне, и является базовым концептом при автоматизации технологического проектирования.

Современные базы знаний предметной области машиностроения используют математический аппарат формальной логики и теории систем. Объектами моделирования являются производственные системы, их элементы, процессы, свойства и связи между ними, обеспечивающие возникновение и сохранение целостных свойств системы. Базовыми здесь являются *род-вид* и *система-элемент*. Так, для формального представления системы *СПИДО* каждый её элемент как родовое понятие является корневой вершиной графа-дерева (рис. 1). Здесь стрелка обозначает связь *род-вид*, а отрезок прямой – связь между видовыми понятиями, указывающая на то, что деление родового понятия производится по одному основанию.

Для формального описания производственной системы воспользуемся аппаратом реляционной базы данных. Тогда модель базы знаний предметной области машиностроения можно представить в виде системы отношений [7-9].

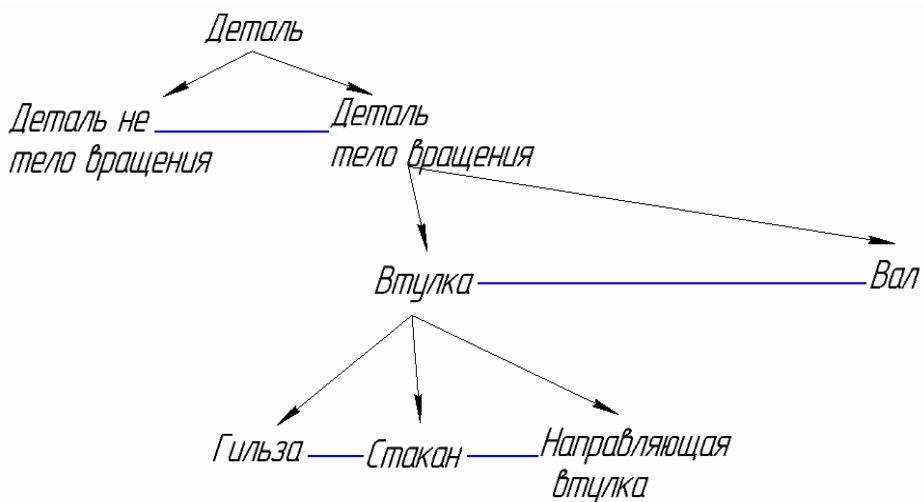


Рис. 1. Структура, раскрывающая содержание понятия *деталь*

Формализуем связи *система-элемент*. Деталь как объект производства, являясь элементом системы СПИДО, в свою очередь сама может быть представлена как система элементов (рис. 2). Здесь стрелка указывает на принадлежность элемента системе, а отрезок прямой – на то, что указанные элементы являются элементами одной системы.

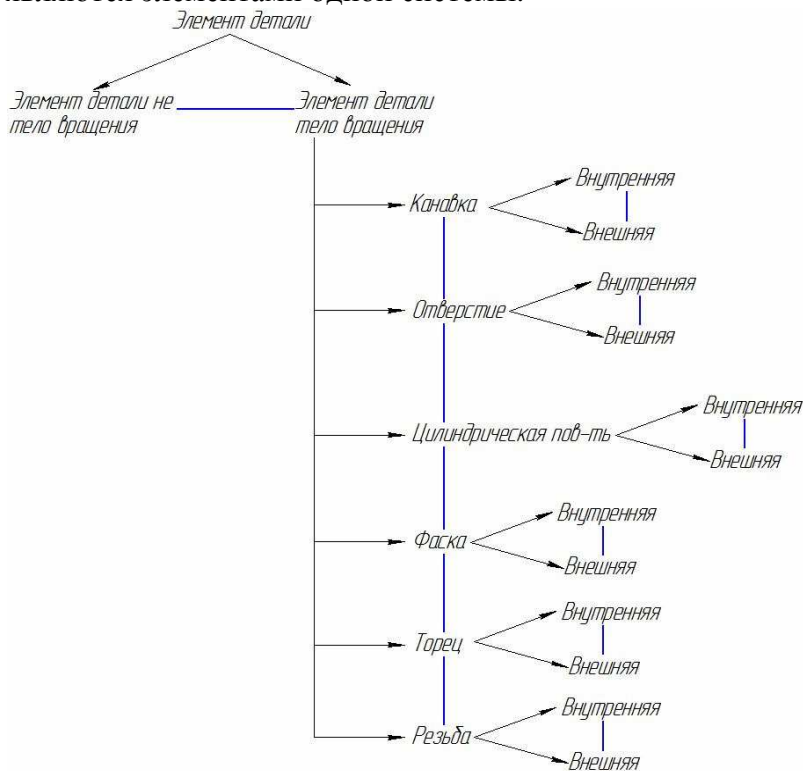


Рис. 2. Структура детали как системы

Отношением *Termin* представлено множество терминов предметной области (рис. 3). Здесь:

Key - код термина, выраженный уникальной строкой, состоящей из первой буквы термина и целым числом;

TermName - термин (слово/словосочетание), представленный символьной строкой;

TermType - принадлежность термина к одной из трех подсистем (вещественный объект V, свойство S, процесс P).

Termin

<i>Key</i>	<i>TermName</i>	<i>TermType</i>
------------	-----------------	-----------------

Рис. 3. Отношение *Termin* реляционной базы данных, описывающее множество объектов предметной области

Отношение *Tie1rv* (рис. 4) описывает две связи: между родовым и видовым понятиями и между видовыми понятиями, полученными при делении родового понятия по одному основанию (*IndexLinkRV* – номер связи, *TermKey1* – код термина родового понятия, *TermKey2* – код термина видового понятия, *BaseOfDivision* – основание деления).

Tie1rv

<i>IndexLinkRV</i>	<i>TermKey1</i>	<i>TermKey2</i>	<i>BaseOfDivision</i>
--------------------	-----------------	-----------------	-----------------------

Рис. 4. Отношение, описывающее родовидовые связи между объектами

Отношение *Tie2si* (рис. 5) описывает две связи: между системой и элементом и между элементами одной системы и принцип, по которому система делится на элементы (*IndexLinkSI* – номер связи между элементами, относящимися к одной системе, *TermKey1* – код термина системного понятия, *TermKey2* – код термина понятия элемента системы, *PrincipleOfDivision* – принцип деления).

Отношение *Tie3tp* (рис. 6) описывает связи между материальными объектами и свойствами: если такая связь существует, то это означает, что рассматриваемый объект имеет соответствующее свойство (*IndexLinkTermPr* – номер связи, *TermKey1* – код термина вещественного объекта, *TermKey2* – код термина свойства);

Tie2si

<i>IndexLinkSI</i>	<i>TermKey1</i>	<i>TermKey2</i>	<i>PrincipleOfDivision</i>
--------------------	-----------------	-----------------	----------------------------

Рис. 5. Отношение, описывающее системные связи между объектами

Tie3tp

<i>TermKey1</i>	<i>TermKey2</i>
-----------------	-----------------

Рис. 6. Отношение, описывающее связи между материальными объектами и свойствами

<i>Key</i>	<i>TermName</i>	<i>TermType</i>
Д001	Деталь	V
Д002	Деталь – тело вращения	V
Д003	Деталь - не тело вращения	V
В001	Втулка	V
Ф002	Фаска	V
Ф003	Фаска наружная	V
...
Р001	Резьба	V
Р002	Резьба наружная	V
Р003	Резьба внутренняя	V

Рис. 7. Фрагмент модели базы знаний, описывающий отношение *Termin* предметной области, включающий термины, обозначающие видовые понятия терминов *Деталь*, *Станок*, *Элемент детали*

<i>IndexLinkRV</i>	<i>TermKey1</i>	<i>TermKey2</i>	<i>BaseOfDivision</i>
1	С002	Ф001	по виду механической обработки
2	С002	Т001	по виду механической обработки
3	С002	Ш001	по виду механической обработки
4	С002	С003	по виду механической обработки
5	С002	П001	по виду механической обработки
6	С002	О001	по виду механической обработки

Рис. 8. Фрагмент модели базы знаний *Tie1rv*, включающий термины для обозначения элементов системы, обозначаемой термином *Станок*

<i>IndexLinkSI</i>	<i>TermKey1</i>	<i>TermKey2</i>
1	Д001	Э001
2	С002	Э001

Рис. 9. Фрагмент модели базы знаний *Tie2si*

<i>IndexLinkTermPr</i>	<i>TermKey1</i>	<i>TermKey2</i>
1	Д001	Р001
2	Д001	Р002
3	С002	Р001
4	С002	Р002

Рис. 10. Фрагмент модели базы знаний *Tie3si*

Рассмотренная модель базы знаний позволяет строить оптимизационные алгоритмы при автоматизации технологического проектирования. Так, на основе представленной модели может быть реализован алгоритм выбора оптимальной структуры станочного оборудования для обработки некоторой детали, который состоит из следующих шагов:

1. Ввод информации о детали, её элементах и свойствах. При этом есть возможность хранения и использования ранее введенной информации.

2. Ввод информации по станочному оборудованию, необходимому для обработки всех поверхностей детали, для которой проектируется технологический процесс. Здесь должны быть введены все варианты станочного оборудования.

3. Установление и ввод связей между свойствами деталей, её элементов и свойствами станочного оборудования.

4. Формирование всех возможных вариантов структур станочного оборудования для обработки рассматриваемой детали.

5. Выбор оценочной функции для определения оптимального варианта структуры станочной системы.

6. Проведение оптимизационного расчёта.

Представленная модель позволяет проводить оптимизационные расчёты не только для выбора станочного оборудования, но и для выбора приспособления, инструмента и в целом для системы СПИДО, а объектом производства может быть обобщённая деталь. Таким образом, представленная модель позволяет оптимизировать структуру производственной системы по различным целевым функциям в зависимости от решаемой задачи при разработке единичного, типового и группового технологического процесса.

Список литературы

1. Полетаева Е.В. Построение информационной системы машиностроительного производства на базе предметной онтологии: монография. Тверь: ТвГТУ, 2015. 196 с.
2. Горлов И.В., Полетаева Е.В., Калинин Н.А. Групповая технология как основа автоматизации широкономенклатурного производства // Вестник Тверского государственного технического университета. Тверь. 2016. №1(29). С. 59-65.
3. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. М.: Высшая школа, 2015. – 343 с
4. Керимов С.Г. О модели онтологии предметной области, модели информационного поиска и коррекции запросов // Информационные технологии. 2009. № 4. С. 31-33.
5. Норенков И.П., Уваров М.Ю. Задачи обработки знаний на основе ролевой кластеризации онтологий // Информационные технологии. 2012. №2. С. 19-24.
6. Авдошин С.М., Шатилов М.П. Информационные технологии онтологического инжиниринга // Информационные технологии. 2008. №10. С. 28-37.
7. Фуфаев Э. В., Фуфаев Д.Э. Базы данных. М.: Академия, 2016. 320 с.
8. Цуканова Н.И. Онтологическая модель представления и организации знаний: Учебное пособие. М.: Горячая линия - Телеком, 2015. 272 с.
9. Кириллов В.В. Введение в реляционные базы данных (+CD-ROM). М.: БХВ-Петербург, 2016. 318 с.

References

1. Poletaeva E.V. Building an information system for machine-building production based on subject ontology: monograph. Tver: TvSTU, 2015. 196 p.
2. Gorlov I.V., Poletaeva E.V., Kalinin N.A. Group technology as the basis for the automation of wide-range production // Bulletin of Tver State Technical University. Tver. 2016. No. 1 (29). P.59-65.
3. Sovetov B.Ya., Yakovlev S.A. Modeling of systems. M.: Higher school, 2015. 343 p.
4. Kerimov S.G. On the model of the domain ontology, the model of information retrieval and query correction // Information technologies. 2009. No. 4. P. 31-33.
5. Norenkov I.P., Uvarov M.Yu. Knowledge processing tasks based on role-based ontology clustering // Information technologies. 2012. No. 2. P. 19-24.

6. Avdoshin S.M., Shatilov M.P. Information technologies of ontological engineering // Information technologies. 2008. No. 10. P. 28-37.
7. Fufaev E.V., Fufaev D.E. Databases. M.: Academy, 2016. 320 p.
8. Tsukanova N.I. Ontological model of knowledge representation and organization. Study guide. M.: Hotline - Telecom, 2015. 272 p.
9. Kirillov V.V. Introduction to relational databases (+CD-ROM). M.: BHV-Petersburg, 2016. 318p.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Полетаева Елена Валентиновна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технология и автоматизация машиностроения, epolet2010@mail.ru	Poletaeva Elena Valentinovna – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, epolet2010@mail.ru
Горлов Игорь Васильевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технология и автоматизация машиностроения», gorloviv@yandex.ru	Gorlov Igor Vasilyevich – doctor of technical sciences, associate professor, professor of Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, gorloviv@yandex.ru
Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Российская Федерация	Tver State Technical University, Tver, Russian Federation

Получена 29.09.2020