

УДК 519.876

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ АРМ СИСТЕМЫ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРУБНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

*Фомин С.Я., д.т.н., профессор кафедры «Автоматизированные системы
управления» (stan.fomin2010@yandex.ru)*

**Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
(119049, Россия, Москва, Ленинский пр., 4)**

Аннотация. Традиционные подходы к решению задач автоматизации процессов оперативного (ситуационного) управления производством холоднодеформированных труб основаны на построении классических поведенческих моделей исследования операций с использованием количественной информации, что приводит к существенной потере семантического содержания информационной структуры слабоструктурированных задач адекватной процедуры выбора альтернативных решений. Предложен альтернативный подход, основанный на синтезе естественно-языковых семиотических моделей с использованием семантической информации при разработке инструментария для АРМ типа «Советчик мастера».

Ключевые слова: производство труб, АРМ – автоматизированное рабочее место, ситуационное управление, семиотическая модель, конфликтная ситуация, технологический маршрут, холоднодеформированные трубы, ЛТП – логико-трансформационные правила, элементарная ситуация, диалоговая процедура.

DOI: 10.17073/0368-0797-2016-5-347-353

Перспектива достижения реальных результатов в решении проблемы автоматизации процессов оперативного управления трубным производством видится в создании интеллектуальных инструментальных средств (ИС) автоматизированных рабочих мест (АРМ), систем типа «Советчик мастера», способных обеспечить оперативный персонал эффективными ИС разрешения разнообразных конфликтных ситуаций (КС) в режиме реального времени. Актуальность создания АРМ для оперативного персонала управления трубным производством определяется спецификой решаемых задач (большая размерность и существенный фактор информационной неопределенности).

В процессе разрешения КС оперативный персонал одновременно рассматривает и оценивает множество факторов: отклонения текущих характеристик работы элементов производственного комплекса (ПК) от плана; ситуационное состояние конкретных рабочих мест: укомплектованность бригад, уровни незавершенного производства и простой агрегатов, переоснастки агрегатов, наличие необходимого рабочего инструмента и трубной заготовки, восстановление вышедших из строя узлов оборудования, виды брака на конкретных операциях (О) технологических маршрутов (ТМ) и др.

Недостатком подходов к решению задач оперативного управления, ориентированных на использование традиционных моделей (уравнения, автоматы, транспортные сети, системы массового обслуживания,

А-системы), является ориентация на использование в их структурах количественной информации [1 – 3]. Язык традиционных формальных систем отображает только общие (синтаксические) свойства проблемных сред (ПС). Такое представление сложных ПС, целей и критериев приводит к потере их семантического содержания, влияющего на характер принимаемых оперативных решений. Поэтому наиболее адекватными средствами описания процессов принятия решений по управлению «большими» системами представляются естественно-языковые модели, используемые в структурах интеллектуальных систем управления [4, 5]. Системы, основанные на методологии искусственного интеллекта (ИИ), нашли широкое применение при выборе эффективных режимов функционирования разнообразных систем, в контуре управления которых существенная роль принадлежит человеку (ЛТП – лицо, принимающее решение) [4 – 10]. Психолингвистические исследования естественно-языковой составляющей механизмов принятия оперативных решений человеком подтверждают гипотезу о существовании универсального набора простейших операций, выполняемых над текстами естественного языка в процессе принятия конкретных решений [6]. Эти операции составляют основу естественно-языковых механизмов общения с внешним и внутренним миром, построения пространства целей, формирования моделей ПС, построения гипотез о причинах возникновения тех или иных возмущений (конфликтных ситуаций в ходе производственного про-

цесса) и соответствующей корректировки поведения (репланирование графиков работы станов и т.п.).

Для выполнения любой операции над текстами в общем случае необходимо обращение к базе знаний (БЗ) – внешней (ее роль играет ПС и мир, в котором она функционирует) или внутренней (ее роль играет накопленный опыт). Понятие БЗ является фундаментальным в содержании понятия ИИ. Каждая операция имеет постоянную часть, состоящую из схемы применения (синтаксис), и переменную часть, включающую в себя действия, не изменяющие истинность причинно-следственных связей (прагматику) и БЗ.

Рассмотрим основные элементы структуры системы ситуационного управления производством труб.

Для больших систем характерна динамика структуры и законов функционирования, обуславливающая динамику O через семантику и прагматику. Такие O называются семиотическими операциями (СО), а язык, который базируется на них, – семиотическим [6]. СО образует специальный класс знаков семиотики и отличается от формальных операций (ФО) тем, что при их выполнении между преобразуемыми абстрактными объектами устанавливаются те же причинно-следственные связи, которые имеют место между обозначаемыми элементами реального мира, в то время как ФО отображают только синтактику и не сохраняют причинно-следственные связи. Этим преимуществом СО объясняется эффективность использования их в структуре механизма принятия оперативных решений, основанной на построении семиотической модели (СМ) объекта управления (ОУ). Одной из существенных особенностей СМ системы принятия решений является присутствие в ней модели внешнего мира, записанной на некотором формализованном языке, сохраняющем семантику естественного языка. Трудность процедуры этого описания связана с многозначностью и «размытостью» понятий естественного языка. Однако, если заранее обозначить смысл употребляемых понятий в форме толкового словаря, то описание на естественном языке можно формализовать – записать в символической форме с помощью ограниченного числа знаков-понятий, связанных непосредственно с понятиями естественного языка. Такой СМ описывается широкий класс объектов управления – практически все объекты, которые могут быть описаны на естественном языке [6].

В качестве языка описания СМ чаще всего используется язык бинарных отношений (ЯБО), словарь которого достаточно прост и конструктивен. Словари указанного языка составляют:

- базовые понятия (например, x_i , $i = 1, 2, \dots$), которые содержатся в описании объекта: x_1 – «стан», x_2 – печь, ..., x_{21} – пакет труб («деталь») и т.п.;
- базовые отношения (например, R_j , $j = 1, 2, \dots$), указывающие на отношения между базовыми понятиями. Для естественного языка выделено около 200 универсальных отношений, например

R_1 – «находится в», R_2 – «быть одновременно» и т.д. В этих отношениях постулируется их бинарность;

- имена – названия предметов, используемые на естественном языке (например, $b_k = 1, 2, \dots$). Для введения имен используется специальное базовое отношение R_0 – «иметь имя» (например, сочетание $x_2 R_0 b_7$ означает «печь секционная»).

Каждый конкретный реальный объект ПК и система его управления порождают свой индивидуальный словарь базовых понятий, отношений и имен, которые вводятся в словарь по мере необходимости.

Синтаксис (грамматика данного языка) точно и недвусмысленно определяет формальные признаки синтаксически правильных фраз, что очень важно, так как вычислительная система (ВС) не обладает опытом человека, позволяющим сразу отсеивать неправильные конструкции фраз. При этом символическое описание сложных ситуаций с помощью ЯБО дает возможность выявления свойств объекта, которые неочевидно следуют из его описания (латентны). Используются разного рода формальные преобразования, с помощью которых можно изменять в нужную сторону исходное описание объекта. Эту формальную работу можно «доверить» ВС, используя алгебраические свойства базовых отношений R_j . Так, например, отношение R_2 («быть одновременно») обладает свойством симметрии: $(A_1 R_2 A_2) = (A_2 R_2 A_1)$; отношение R_1 («находиться в») транзитивно, т.е. из $(A_1 R_2 A_2)$ и $(A_2 R_2 A_3)$ следует $(A_1 R_2 A_3)$. В настоящее время выявлено порядка 400 алгебраических свойств, с помощью которых можно преобразовывать исходное состояние (текущую ситуацию), т.е. достигать цели управления. Из имеющихся доступных способов непосредственного воздействия на ОУ выбирается одно и с помощью некоторых логико-трансформационных правил (ЛТП) текущая ситуация переводится в новую. Полный список ЛТП соответствует возможностям воздействия СУ на процессы, протекающие в ПК. В силу конечности числа различных воздействий все исходное множество полных ситуаций некоторым образом разбивается на существенно малое число классов, каждому из которых соответствует одно из реально допустимых управляющих воздействий на ОУ.

Структуризация ситуаций в системе оперативного управления трубным ПК реализована с помощью метода главных компонент факторного анализа и метода автоматической классификации [11]. Объединение ситуаций в классы при использовании одношаговых решений реализуется на субъективной основе. Предварительный отбор признаков классификации ситуаций осуществляется экспертами путем анализа работы ПК. Система, аккумулируя знания отдельных экспертов, становится носителем коллективного опыта.

В процессе эксплуатации уточняются процедуры классификации, понятия и ЛТП, первоначально сообщаемые экспертами в форме правил. Такая же обучаю-

щая последовательность реализуется и для правил экстраполяции и оценки тех или иных текущих ситуаций. Системы ситуационного управления (СиУ) ориентированы на достижение результатов, которые будут не хуже лучших результатов, получаемых «человеком». Практика их применения подтверждает это.

Отметим еще один существенный аспект реализации СиУ. Для многих реальных ОУ одношаговые решения не могут определять стратегию управления. В таких объектах формируются в качестве решений цепочки из одношаговых решений. Так, например, при изготовлении стальных холоднодеформированных (ХД) труб используются многопроходные многооперационные ТМ. На каждом проходе ТМ труба подвергается операции деформирования. Для «склейки» этих операций на смежных проходах ТМ оперативный персонал выясняет необходимость термообработки, связанной с исчерпанием ресурса пластичности металла трубы на данном проходе ТМ. Если ресурс еще не исчерпан, то операция термообработки перед следующим проходом ТМ не назначается. В противном случае перед следующим проходом трубы подвергаются отжигу и химической обработке по снятию окалины для нанесения антифрикционного покрытия перед последующей операцией деформирования труб [9].

Особенностью системы СиУ является возможность пополнения синтаксической модели в процессе функционирования (обучаемость), а также независимость (универсальность) основных блоков структуры модели (анализатор, классификатор и др.) [6]. Эта возможность обеспечена использованием языка СиУ. Основные алгоритмы работы с такими описаниями неизменны, меняются списки понятий и правила иерархического образо-

вания одних описаний из других. Одно понятие может быть частным случаем другого, что позволяет классифицировать ситуации. В качестве примера введем следующие базовые понятия и отношения: x_1^0 – «стан»; x_2^0 – «труба»; xR_0y – « x имеет имя y »; xR_1y – « x производит предмет y »; xR_2y – « x произвел y тонн»; xR_3y – « x происходит одновременно с y ».

Тогда ситуация «стан № 1 производит трубу 20×2 (диаметр 20 мм, стенка 2 мм) и произвел 3 т, стан № 3 производит трубу 40×3 (диаметр 40 мм, стенка 3 мм)» может быть записана в виде:

$$\left((x_1^0 R_0 (\text{№ } 1)) R_1 (x_2^0 R_0 (20 * 2)) R_2 (3) \right) \times \\ \times R_3 \left((x_1^0 R_0 (\text{№ } 3)) R_1 (x_2^0 R_0 (40 * 3)) \right),$$

Введем небазовые понятия: $x_1^1 = x_1^0 R_0 (\text{№ } 1)$ – «стан №1»; $x_2^1 = x_1^0 R_0 (\text{№ } 3)$ – «стан № 3»; $x_3^1 = x_2^0 R_0 (20 * 2)$ – «труба 20×2»; $x_4^1 = x_2^0 R_0 (40 * 3)$ – «труба 40×3».

Базовая ситуация преобразуется в более компактный вид на другом уровне иерархии: $(x_1^1 R_1 x_3^1 R_2 (3)) R_3 (x_2^1 R_1 x_4^1)$.

Правила генерации управляющих воздействий, сформулированные для макро- или метаситуаций экспертами, также записываются на языке СиУ и вводятся в модель, аккумулируя опыт многих ЛПР разных уровней иерархии. На каждом уровне системы управления реализуется своя система формирования решений, для адекватного отображения которых введено понятие «элементарной операции», определенной во времени и пространстве элементарного действия (*Act*) над элементарным объектом (*Obj_j*), представленной графом (рис. 1). Вершины графа отождествляют понятия, пред-

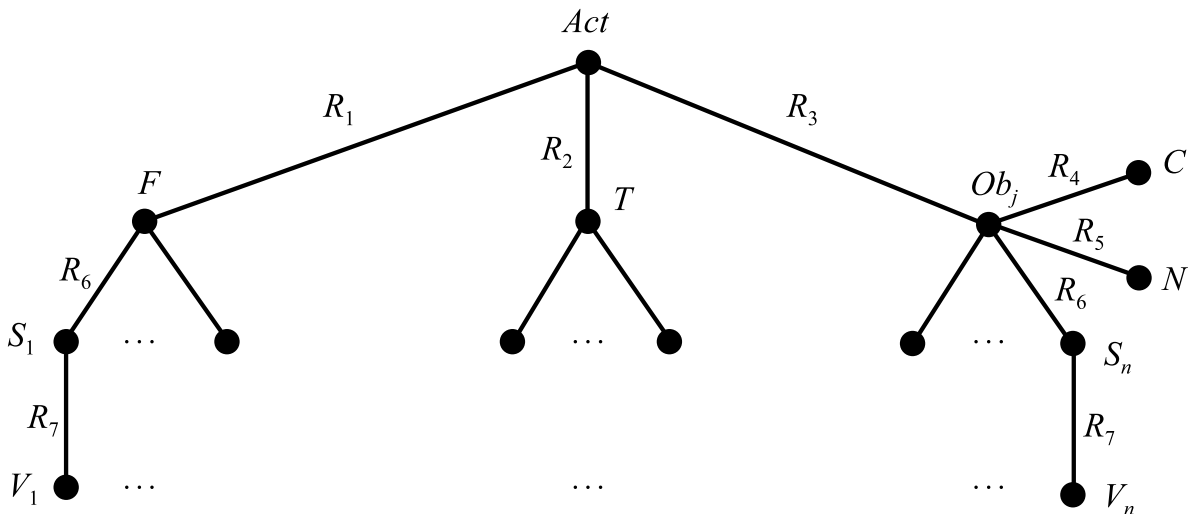


Рис. 1. Граф элементарной операции (элементарный список):
Act – действие; *P, T, Obj_j* – место, время и объект управления соответственно; *N* – тип объекта; *S₁, ..., S_n* – признаки (характеристики) места и времени объекта; *V₁, ..., V_n* – значения признаков

Fig. 1. Count of elementary operation (elementary list):
Act – act; *P, T, Obj_j* – place, time and object of control, respectively; *N* – type of object; *S₁, ..., S_n* – attributes (characteristics) of the place and time of the object; *V₁, ..., V_n* – values of characteristics

ставленные на рисунке. Могут выражаться числами, словами, предложениями.

Рассмотрим пример элементарной операции в системе оперативного управления цехом ХД труб:

*#Направить *напольную тележку № 3 * из * отделения термообработки * с * трубами котельными * 5 т * в * отделение химической обработки * начать в *10:20 * закончить в *10:35#*

Здесь: «направить» – действие Act , «напольную тележку» – тип объекта действия, «№ 3» – имя объекта, «трубами котельными» – тип объекта, «5 т» – признак объекта; «отделение термообработки», «отделение химической обработки» – соответственно, места действия – пункт отправления и пункт назначения; «из», «в» – признаки этих действий; «начать в», «закончить в» – признаки времени; «10:20», «10:35» – значения этих признаков.

Семантические связи (отношения) между понятиями отражаются ребрами R графа (см. рис. 1): R_1 – «действие – место»; R_2 – «действие – время»; R_3 – «действие – объект»; R_4 – «элемент класса – класс»; R_5 – «иметь имя»; R_6 – «иметь признак»; R_7 – «признак – значение». Семи универсальных отношений достаточно для описания любой элементарной ситуации в системе оперативного управления ПК и реализации унифицированной структуры « $R_1 - R_7$ » в инструментальном комплексе АРМ «Советчик мастера». Вершинами графа « $R_1 - R_7$ », названного «Элементарным списком», могут быть самые различные элементы: числа, слова, предложения, имеющиеся в словаре базовых понятий. Программа достаточно легко определяет смысл каждого понятия, ориентируясь на семь универсальных отношений.

Поскольку число возможных ситуаций практически бесконечно, то заготовить заранее описание по одному конкретному списку на каждую ситуацию проблематично. Поэтому в системе формирования решений использован в качестве приемлемого средства описаний не конкретизированный или не полностью конкретизированный список. Вершинами графа могут быть как идентификаторы конкретных элементов-объектов, значения признаков и т. д., так и идентификаторы правил, с помощью которых конкретизируются эти элементы в зависимости от рассматриваемой ситуации. При этом каждое правило может учитывать не только ситуацию в целом, но и отдельные ее элементы, связанные семантически с определенным элементом операции.

Процедура формирования решений оперирует со списками операций, включающими: потенциальные, планируемые, актуальные и выполняемые. Список конкретизированных в АРМ «Советчик мастера» актуальных операций представляет собой решение, выданное исполнителю (бригады, операторы станков), переписывается в ВС в список выполняемых операций.

Программа Пл (планирование) находит для каждой выполняемой операции потенциальную операцию, следующую за ней в цепочке ТМ (например, травление

труб после отжига), производит возможную конкретизацию (например, возможность отжига труб в секционной, либо в проходной, либо в муфельной печи) и записывает результат в список планируемых операций. Логика программы А (актуализация технологических операций (ТО) записывается выражением

$$P(a, b) \wedge P(a, c), \quad (1)$$

где P – отношение «следовать непосредственно за»; a – запланированная ТО; b – выполненная ТО; c – выполненная транспортная операция или группа операций (например, транспортировка пакетов труб мостовым краном № 1 отделения химической обработки и напольной тележкой № 3).

Программа А сопоставляет списки выполненных операций со списком запланированных и переписывает в список актуальных те запланированные операции, для которых выражение (1) истинно. Используемые таким образом операции из соответствующих списков исключаются. Конкретизированные актуальные операции (программа К – конкретизация) выдаются оперативному персоналу в качестве решения, сформулированного на данном шаге управления, заносятся в список выполняемых операций и по мере их выполнения переводятся в список выполненных. Программа П (проверка) периодически проверяет список выполняемых операций. Если в списке оказываются операции, время выполнения которых истекло, то поступает соответствующий сигнал оперативному персоналу. Аналогичен принцип обработки транспортных операций.

Списки операций дают целостное (системное) представление процесса управления. Частная конкретизация элементов (решений) выносятся в массив правил. При составлении списков потенциальных операций определяется зависимость/независимость их от ситуации. Если элемент зависим от ситуации, то вместо него указывается идентификатор соответствующего правила. Так, например, при разрешении конфликтной ситуации «недокомплект вагонных норм» при формировании поставок трубной продукции по направлениям заказчиков необходимо указать идентификатор правила возможного разрешения указанного конфликта – прогноз вариантов репланирования загрузки трубных станов с помощью процедур имитационного моделирования.

При составлении (классификации) правил выясняется, от каких элементов ситуации и каким образом зависит конкретный элемент решения. Используется принцип семантической декомпозиции, который продуктивно согласуется с интуитивным представлением о процессе формирования оперативных решений при возникновении конфликтных ситуаций. Так, например, ЛПР должен разрешать в режиме реального времени ряд «конфликтов»: отставание от плана постав-

ки готовых труб конкретных марко-профилеразмеров, выяснить возможности восстановления вышедшего из строя узла агрегата (оправкодержателя стана, фрагмента кладки свода методической печи, редуктора приводного механизма протяжного стана и т. п.). Действительно, при возникновении подобных «конфликтов» ЛПП интуитивно стремится к оперативному разрешению каждого из локальных «конфликтов». Системное же их разрешение под силу преимущественно весьма опытным ЛПП. Создание адекватного инструментария АРМ позволяет ЛПП эффективно (системно) решать проблему выработки оперативных решений. Структурируются классы правил, с помощью которых решение доводится до таблицы с результатами, либо до алгоритма, либо до диспозиции. Рассмотрим суть этих структур.

Таблицы – это правила, которые непосредственно указывают соответствие между элементами решения и элементами ситуации. Например, соответствие наличия горячекатаной заготовки размерами 60×6 мм из стали ШХ-15 и калибров с оправками для холодной прокатки труб размером 30×2,5 мм из этой заготовки.

К алгоритмам относятся правила, содержащие точное предписание процесса обработки данных, ведущего от элементов ситуации к элементу решения.

Например, процедура генерации с помощью метода динамического программирования исходного множества альтернатив (ИМА) субоптимальных ТМ изготовления ХД труб [1].

В ряде случаев не удается довести решение задачи до таблицы или до алгоритма. При этом программное обеспечение АРМ должно предоставлять оперативному персоналу возможность «поэкспериментировать» в режиме диалога с ВС данными по конкретным ситуациям, предпринимать пробные шаги в поисках приемлемого решения. Правила, соответствующие таким задачам, называют диспозициями. Примером правила диспозиций является проверка перестановок графиков загрузки параллельно работающих протяжных станов с целью выравнивания очередей пакетов труб перед станами. Каждый вариант диспозиций проверяется на степень влияния их на реализацию смежных операций (до и после протяжки), а также на процесс комплектации вагонных норм. Процедура эвристического поиска реализуется на поведенческих моделях класса систем массового обслуживания.

Укрупненная алгоритмическая структура системы ситуационного управления трубным цехом представлена на рис. 2. Ниже изложено краткое содержание бло-



Рис. 2. Укрупненная алгоритмическая структура системы ситуационного управления трубным цехом

Fig. 2. Enlarged algorithmic structure of situational control system of pipe shop

ков диалоговой процедуры разрешения конфликтных ситуаций.

Исходная информация (блок 1) содержит сведения о выполнении заказов, незавершенном производстве, сырье (трубная заготовка и т. п.), обеспеченности необходимым рабочим инструментом, подачи железнодорожных вагонов и т. д. В блоке 2 поступающие тексты переводятся во внутреннее представление знаний на формализованном языке, сохраняющем семиотику естественного языка. При этом используются словари системы (блок 3) и необходимая нормативно-справочная информация (блок 4). На основе выявленных конфликтных ситуаций (блок 6), соответствующих сведений из базы знаний производственного процесса трубного цеха (блок 5) и правил из классов разрешения конфликтных ситуаций в системе принятия решений (блок 7), выполняется приемлемая корректировка графиков загрузки рабочих мест (блок 8). В блоке 9 полученные решения на языке внутреннего представления знаний преобразуются на ограниченный проблемно-ориентированный естественный язык для выдачи оперативному персоналу (блок 10).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобов Ф.М. Оперативное управление производством. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. – 160 с.

2. Загидуллин Р.Р. Оперативно-календарное планирование в гибких производственных системах / Под ред. В.Ц. Зориктуева. – М.: Изд-во МАИ, 2004. – 208 с.
3. Маургауз Ю.Е. Автоматизация оперативного планирования в машиностроительном производстве. – М.: Экономика, 2007. – 286 с.
4. Евменов В.П. Интеллектуальные системы управления: Уч. пособие. – М.: Изд-во Libroком, 2009. – 290 с.
5. Бровкова М.В. Системы искусственного интеллекта в машиностроении: Уч. пособие. – Саратов: Изд-во СГТУ, 2004. – 120 с.
6. Пospelov Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 284 с.
7. Мельников В.П., Васильева Т.Ю. Методология адаптивно-ситуационного управления технологической подготовки производства РЭА с применением экспертных моделей. – М.: Изд-во Буки Веди, 2014. – 262 с.
8. Колесников А.А. Ситуационное управление нестационарными производственными процессами. – Hamburg: LAP, 2012. – 220 с.
9. Фомин С.Я., Белякова Ю.С. Разработка диалоговой гибкой автоматизированной системы оперативного управления сложным многооперационным производством. Сообщение 2 // Изв. вуз. Черная металлургия. 2013. № 5. С. 58 – 62.
10. Фомин С.Я., Силакова Ю.В. Диалоговая процедура оперативного планирования технологических операций сложного многооперационного производства. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2014. № 5. С. 51 – 55.
11. Фомин С.Я. Структуризация ситуаций в системе оперативного управления производственным комплексом // Изв. вуз. Черная металлургия. 2009. № 2. С. 52 – 53.

Поступила 23 мая 2015 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2016. VOL. 59. NO. 5, pp. 347–353.

DEVELOPMENT OF THE ALGORITHMIC STRUCTURE ARM OF SITUATIONAL CONTROL SYSTEM OF PIPE PRODUCTION

S. Ya. Fomin

National University of Science and Technology “MISIS” (MISIS), Moscow, Russia

Abstract. Traditional approaches to solving the problems of operational process of automation (situational) production management of cold pipes are based on the construction of the classic behavioral research operations using quantitative information, which leads to a significant loss of semantic content of the information structure of semistructured problems of adequate procedures for the selection of alternative solutions. The article describes the alternative approach based on the synthesis of natural language semiotic models using semantic information in the development of tools for ARM type “Advisor Wizard”.

Keywords: production of pipes, ARM – workstation, contingency management, semiotic model, conflict situation, technological route, cold-deformed pipes, LTP – logic-transformation rules elementary situation, dialogic procedure.

DOI: 10.17073/0368-0797-2016-5-347-353

REFERENCES

1. Lobov F.M. *Operativnoe upravlenie proizvodstvom* [Production operations management]. Rostov-on-Don: Feniks, 2003, 160 p. (In Russ.).
2. Zagidullin R.R. *Operativno-kalendarное планирование в гибких производственных системах* [Operatively scheduling in flexible

manufacturing systems]. Zorikuev V.Ts. ed. Moscow: Izd-vo MAI, 2004, 208 p. (In Russ.).

3. Mauergauz Yu.E. *Avtomatizatsiya operativnogo planirovaniya v mashinostroitel'nom proizvodstve* [Automation of operational planning in the engineering industry]. Moscow: Ekonomika, 2007, 286 p. (In Russ.).
4. Evmenov V.P. *Intellektual'nye sistemy upravleniya. Uch. posobie* [Intelligent control systems. Manual]. Moscow: Izd-vo Librokom, 2009, 290 p. (In Russ.).
5. Brovkova M.V. *Sistemy iskusstvennogo intellekta v mashinostroenii Uch. posobie* [Artificial intelligence systems in mechanical engineering. Manual]. Saratov: SGTU, 2004, 120 p. (In Russ.).
6. Pospelov D.A. *Situatsionnoe upravlenie. Teoriya i praktika* [Contingency management. Theory and practice]. Moscow: Nauka, 1986, 284 p. (In Russ.).
7. Mel'nikov V.P., Vasil'eva T.Yu. *Metodologiya adaptivno-situatsionnogo upravleniya tekhnologicheskoi podgotovki proizvodstva REA s primeneniem ekspertnykh modelei* [The methodology of adaptive situational management of technological preparation of manufacturing electronics using expert models]. Izd-vo Buki Vedi, 2014, 262 p. (In Russ.).
8. Kolesnikov A.A. *Situatsionnoe upravlenie nestatsionarnymi proizvodstvennymi protsessami* [Contingency management of unsteady production processes]. Hamburg: LAP, 2012, 220 p. (In Russ.).
9. Fomin S.Ya., Belyakova Yu.S. Development of interactive flexible automated operating control system for management of a compound multioperational manufacturing. Report 2. *Izvestiya VUZov. Cher-*

naya metallurgiya = Izvestiya. Ferrous Metallurgy. 2013, no. 5, pp. 58–62. (In Russ.).

10. Fomin S.Ya., Silakova Yu.V. Interactive operational planning procedure of the technical operations in the compound multioperational manufacturing. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya = Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2014, no. 5, pp. 51–55. (In Russ.).
11. Fomin S.Ya. Structuring situations in the operational management of production complex. *Izvestiya VUZov. Chernaya metal-*

lurgiya = Izvestiya. Ferrous Metallurgy. 2002, no. 9, pp. 52–53. (In Russ.).

Information about the authors:

Fomin S.Ya., *Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Chair of Automation Control Systems (ACS) (stan.fomin2010@yandex.ru)*

Received May 23, 2015
