

11.2. СИСТЕМА-КОНСУЛЬТАНТ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНА

Козырева Н.А., соискатель

ГОУ ВПО Московской области «Международный университет природы, общества и человека «Дубна», Институт системного анализа и управления

В статье рассматривается процесс производственного планирования. Приведено описание предложенной модели управления процессом планирования. Разработан набор производственных моделей для поддержки принятия решений при формировании объемного плана и показана схема работы модели на примере производственного ресурса – технологического оборудования.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях предприятия, независимо от ведомственной подчиненности и формы собственности, работают по заказам. При таком подходе объектом учета и контроля становится отдельный производственный заказ. Поэтому необходим переход от существующей системы централизованного управления отраслью к уровню управления предприятием.

Первостепенной задачей управления является выпуск изделий высокого качества, соответствующих требованиям потребителей. Поэтому система менеджмента, существующая на предприятии, требует модернизации. И особенно изменение необходимо процессу планирования, который, как известно, играет ключевую роль в управлении. Задача планирования на промышленном предприятии заключается в формировании производственного плана, обеспечивающего выполнение заказов и эффективное использование всех видов ресурсов.

Экономические условия, в которых на сегодняшний день работают промышленные предприятия, подвергаются постоянным изменениям. Руководство предприятий должно оперативно реагировать на складывающиеся ситуации и принимать быстрые и точные решения.

Прежде чем производственный план будет утвержден и передан для работы в подразделения и службы предприятия, он проходит процедуру согласования. Основным этапом в процедуре согласования является этап объемного планирования. На данном этапе определяется баланс между производственными ресурсами, имеющимися на предприятии, и объемами заказов с целью обеспечения исполнений обязательств перед заказчиками.

Помощником на этапе объемного планирования может выступать система-консультант. Функции системы заключаются в определении направления изменения параметров плана и производственных условий, в которых он может быть исполнен, для оперативного реагирования на изменение экономической ситуации.

ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ-КОНСУЛЬТАНТ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Планирование – это функция управления, включающая:

- анализ ситуаций и факторов внешней среды;
- прогнозирование, оценку и оптимизацию альтернативных вариантов достижения целей;
- разработку плана;
- реализацию плана.

Процесс производственного планирования представляет действия, направленные на составление произ-

водственного плана на горизонт планирования. Производственный план формируется исходя из заказов, поступающих на предприятие, и должен быть обеспечен доступными ресурсами. Поскольку поступление заказов происходит непрерывно, то производственный план и производственные условия подвергаются постоянным корректировкам.

Разработкой производственного плана занимаются службы предприятия, начиная с верхнего управленческого уровня и заканчивая производственными подразделениями. Единицами планирования и учета в производственных подразделениях выступают операция и деталь, как составная часть изделия. При этом загрузка технологического оборудования и сотрудников должна быть максимальной. Простой оборудования считается экономически невыгодным. В отличие от нижнего уровня, план верхнего уровня включает более крупную учетную единицу, которой могут выступать, к примеру, узлы изделия или группы деталей. Сформированный на верхнем уровне производственный план подлежит согласованию на возможность его исполнения и утверждению. Утвержденный план подвергается корректировке только в случаях форс-мажора (изменения в заказах, поломки оборудования, срыв поставок материалов и т.п.).

Чтобы уменьшить время на составления плана на верхнем уровне, снизить корректировку плана на нижних уровнях и исключить возникающие ненужные риски, предложено формировать план на верхнем уровне, используя детальную производственную информацию с нижних уровней. Таким образом, на основании анализа имеющихся ресурсов и их мощностей можно выяснить реализуемость производственного плана. Чем меньше горизонт планирования, тем доля прогнозной информации сокращается и увеличивается доля реальной учетной производственной информации.

Для помощи лицу, принимающему решения (ЛПР) в составлении производственного плана, была разработана модель системы-консультант, а в последствии и сама система.

В модель системы-консультант входят:

- объекты – заказ, технологическая операция, производственный ресурс, производственный план;
- параметр горизонт планирования.

Далее подробнее приведем описание объектов и покажем отношения между ними.

Заказ представляет собой последовательность технологических операций $\{O_j\}$ [3, с. 14], каждая из которых характеризуется параметрами:

- изделием d , подлежащим обработке;
- количеством обрабатываемых изделий N^d ;
- длительностью обработки одной единицы изделия T^d ;
- набором производственных ресурсов $\{R_j\}$, которыми выполняется технологическая операция.

Производственный ресурс R_j – средства предприятия, которые могут быть использованы в процессе производства изделий. В рамках рассматриваемой модели производственные ресурсы подразделяются на следующие виды: подразделение, профессия, сотрудник и технологическое оборудование. Каждый ресурс характеризуется двумя параметрами – мощностью P_j и загрузкой C_j . Мощность – это количество часов (минут), в течение которых теоретически может

работать ресурс с предполагаемым положительным выходом производимой продукции на горизонте планирования. Загрузка – это количество часов, в течение которых фактически проработал или будет работать ресурс на горизонте планирования.

Производственный план формируется на горизонт планирования и содержит множество технологических операций, принадлежащих различным заказам, и множество производственных ресурсов, которые связаны с операциями отношением «многие ко многим». В предложенной модели план может принимать значение предварительного плана или объемного плана.

Предварительный план, обозначим как **PLAN**, – это множество технологических операций из поступивших на предприятие заказов. В данном плане предполагается, что операции O_1, \dots, O_{N^O} могут обрабатываться на любом из подходящих ресурсов R_1, \dots, R_{N^R} . Это отражают пунктирные линии, соединяющие операции и ресурсы в предварительном плане, представленном в виде графа на рис. 1. При этом загрузка каждого ресурса не максимальная.

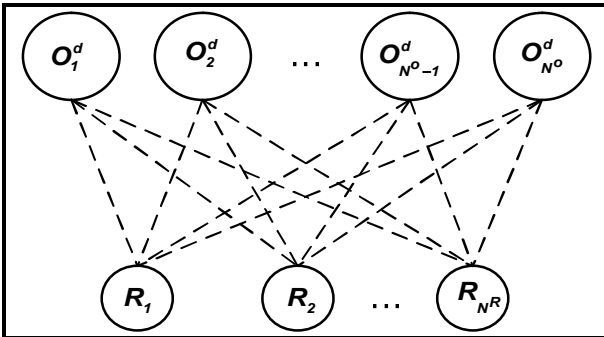


Рис. 1. Предварительный план на горизонте планирования

Объемный план **PLAN** – это план, который построен на горизонт планирования и состоит из технологических операций с фактическим количеством обрабатываемых изделий и максимальной загрузкой производственных ресурсов. Объемный план в виде взвешенного графа показан на рис. 2. Граф называется взвешенным, если каждому ребру графа поставлено в соответствие некоторое число, называемое весом ребра. Вес ребра в графе определяет найденное количество изделий x_{ij} , которые обработаются на операции соответствующим ресурсом. Сплошные линии показывают фактическое распределение технологических операций по ресурсам на горизонте планирования.

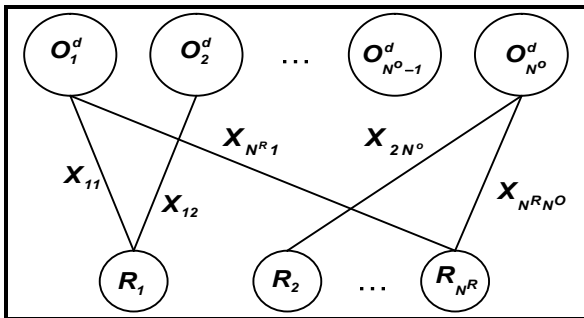


Рис. 2. Объемный план на горизонте планирования

Задача системы-консультант заключается в нахождении объемного плана из предварительного плана с одновременной корректировкой производственных условий. Для формализованного представления знаний введем обозначения контролируемых, регулируемых и управляющих переменных, описывающих состояние системы:

X_i – количество обрабатываемого изделия на i -й операции;

Inc_i определяет включение i -й технологической операции в предварительный план:

$$Inc_i = \begin{cases} 1, & O_i \in IncO; \\ 0, & O_i \notin IncO \end{cases} \quad i = 1, \dots, N^O;$$

C_i^d задает количество обрабатываемых деталей i -й операцией;

AD_i определяет дополнительное условие обработки деталей i -й операцией:

$$AD_i = \begin{cases} 1, & \text{полная обработка} \\ & \text{всего количества деталей}; \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

R_{ij} – принадлежность j -го ресурса к i -й операции;

P_j^R – мощность j -го ресурса.

Процедуру выработки управляющих решений обобщенно можно описать в следующем виде:

- получение информации о состоянии системы, включая внешние условия;
- выдвижение варианта решения;
- анализ последствий принятия выдвинутого варианта;
- выяснение степени соответствия полученного результата поставленной цели;
- при обнаружении соответствия вариант принимается к исполнению, в противном случае процедура повторяется.

Для управляющих воздействий введем следующие обозначения лингвистических переменных:

NC – «не изменять»,

EO – «исключить технологическую операцию из плана»,

AP – «увеличить мощность ресурса»,

SCD – «уменьшить количество деталей»,

FCD – «учитывать полное количество деталей»,

FNP – «переформировать производственный план».

Для управления процессом формирования объемного плана разработаны производственные правила и соответствующие производственные модели. Производственная модель позволяет представить знание в виде предложений типа «Если (условие), то (действие)».

1. Если в объемном плане **PLAN** отсутствуют технологические операции, которые являются «обязательными» для выполнения, то из предварительного плана **PLAN** следует исключить операции, исполнение которых можно отложить.

$$R_i \equiv [((X_i < N_i^d) \vee (X_i = 0)) \rightarrow ((O_1 \wedge \dots \wedge O_n) = NC \wedge (O_{n+1} \wedge \dots \wedge O_{N^O}) = EO)];$$

$$R_{11} \equiv [((O_{n+1} \wedge \dots \wedge O_{N^O}) = EO) \rightarrow (Inc_{n+1} = 0) \wedge \dots \wedge (Inc_{N^O} = 0)].$$

2. Если в объемном плане **PLAN** у технологической операции количество фактически обрабатываемых де-

талей оказалось меньше, чем было задано в предварительном плане **PLAN**, то следует определить операции, которые будут выполняться с полной обработкой деталей.

$$R_2 \equiv [(X_i < N_i^d) \rightarrow ((O_i \wedge \dots \wedge O_n) = NC \wedge (O_{n+1} \wedge \dots \wedge O_{N^O}) = FCD)];$$

$$R_{21} \equiv [((O_i \wedge \dots \wedge O_n) = NC) \rightarrow (AD_i = 0) \wedge \dots \wedge (AD_n = 0)];$$

$$R_{22} \equiv [((O_{n+1} \wedge \dots \wedge O_{N^O}) = FCD) \rightarrow (AD_{n+1} = 1) \wedge \dots \wedge (AD_{N^O} = 1)].$$

3. Если объемный план \overline{PLAN} не может быть выполнен в полном объеме, т.е. выполняется условие $\overline{PLAN} \neq PLAN$, то следует увеличить мощность соответствующих ресурсов R_j , $j = 1, \dots, N^R$.

$$R_3 \equiv [(X_i < N_i^d) \rightarrow ((P_i^R \wedge \dots \wedge P_j^R) = NC \wedge (P_{j+1}^R \wedge \dots \wedge P_{N^R}^R) = AP)];$$

$$R_{31} \equiv [((P_{j+1}^R \wedge \dots \wedge P_{N^R}^R) = AP) \rightarrow$$

$$\rightarrow (P_{j+1}^R = P_{j+1}^R + const_{j+1}) \wedge \dots \wedge (P_{N^R}^R = P_{N^R}^R + const_{N^R})].$$

4. Если объемный план \overline{PLAN} не может быть выполнен в полном объеме, т.е. выполняется условие $\overline{PLAN} \neq PLAN$, и нельзя увеличить мощность соответствующих ресурсов R_j , то следует разбить технологическую операцию на части с меньшим количеством деталей.

$$R_4 \equiv [(X_i < N_i^d) \rightarrow ((C_i^d \wedge \dots \wedge C_j^d) = NC \wedge (C_j^d \wedge \dots \wedge C_{N^O}^d) = SCD)];$$

$$R_{41} \equiv [((C_{j+1}^d \wedge \dots \wedge C_{N^O}^d) = SCD) \rightarrow$$

$$\rightarrow (C_{j+1}^d = C_{j+1}^d - const_{j+1}) \wedge \dots \wedge (C_{N^O}^d = C_{N^O}^d - const_{N^O})].$$

5. Если объемный план \overline{PLAN} не может быть выполнен, т.е. выполняется условие $\overline{PLAN} \neq PLAN$, то сформировать предложения по полному его пересмотру.

$$R_5 \equiv [(X_i < N_i^d) \rightarrow ((O_i \wedge \dots \wedge O_{N^O}) = FNP)].$$

Схематично работу системы-консультант можно представить в виде последовательности этапов.

1. Сформировать производственный план.
2. Перевести производственный план в состояние предварительный план.
3. Рассчитать объемный план.
4. Провести оценку объемного плана.
5. Применить производственные модели.
6. Перевести объемный план в состояние предварительный план и перейти к п. 3.

Подробнее опишем каждый этап работы системы.

Этап 1. Для поступающего на предприятие заказа формируется последовательность технологических операций. В работе [3, с. 14] описана методика получения данной последовательности. У каждой операции O_i , помимо параметров, приведенных выше, определяют плановые сроки начала и окончания ее выполнения. После определения горизонта планирования производится отбор по всем заказам операций, попадаю-

щих в данный временной интервал. Таким образом, производственный план сформирован.

Этап 2. В производственном плане для всех операций определяются ресурсы, которыми они могут быть исполнены и присваивается состояние предварительного плана **PLAN** для дальнейшей работы.

Этап 3. На этом этапе **PLAN** преобразуется в \overline{PLAN} . Т.е. для каждой операции O_i , во-первых, находятся производственные ресурсы $\{R_j\}$, которыми она будет исполнена, а во-вторых, рассчитывается фактическое количество изделий x_{ij} , которое будет обработано R_j на O_i . При этом значение x_{ij} может получиться меньше, чем было в **PLAN**.

Этап 4. Происходит проверка следующих условий:

1) Сравнение количество операций в предварительном и объемном плане:

$$count(PLAN.O) = count(\overline{PLAN}.O).$$

2) Сравнение полученного количества изделий в объемном плане с количеством изделий в предварительном плане по соответствующей технологической операции:

$$\sum_{i=1}^{N^R} \overline{PLAN}.x_{ij} = PLAN.N_j^d, \quad j = 1, \dots, N^O.$$

При невыполнении этих условий, либо если количество операций меньше некоторого заданного ε_1 , а количество изделий меньше ε_2 по сравнению с **PLAN**, то \overline{PLAN} считается неудовлетворительным.

Этап 5. Выбор производственной модели для изменения переменных плана. Поскольку количество моделей ограничено и мало, то в системе ЛПР предлагается проставить приоритеты использования правил, т.е. ранжировать. Чтобы в системе не возникали бесконечные циклы, для некоторых переменных предлагается вводить максимальные значения. Пример такой переменной это мощность ресурса P_j .

Этап 6. Изменив значения переменных \overline{PLAN} переходит в **PLAN** и переходит на этап 3.

Процедура расчета объемного плана на этапе 3 подробно изложена в работе [4, с. 11] и в данной статье не приводится.

Построение объемного плана заканчивается при выполнении одного из условий:

- объемный план признан удовлетворительным;
- ни одна из производственных моделей более не может быть выполнена;
- по принуждению со стороны ЛПР. Например, плановик планового подразделения принял решение, что сформированный объемный план предприятие сможет выполнить за счет передачи части работ подрядчикам.

Применять производственные модели можно в комбинации. К полученному объемному плану можно одновременно применить 2-ю и 3-ю производственные модели. При этом будут увеличены мощности ресурсов и определены операции, у которых нельзя уменьшить количество обрабатываемых деталей.

На основе представленной модели производственного планирования была разработана автоматизированная система. Система-консультант имеет сходство с экспертными системами, но таковой не является, поскольку в ней отсутствует важный для экспертных систем компонент – база знаний. Тем не менее, другие компоненты

присутствуют, а именно, представление знаний, поиск решения и разъяснение принятого решения.

Рассмотрим пример работы системы-консультант. В качестве параметра горизонта планирования было выбрано 1-е полугодие 2009 г. В табл. 1 приведена выборка из предварительного плана за апрель 2009 г. по ресурсу технологическое оборудование DNU 50 eVolution. В столбцах таблицы показаны операции, которые принадлежат разным заказам. В строках соответствующее плановое количество деталей («Плановое количество изделий») и трудоемкость обработки одного детали в минутах.

После этапа 3 объемный план **PLAN** для DNU 50 eVolution представлен в табл. 2. Значения фактического количества изделий, которое может быть обработано показано в строке «Шт. факт». Операции O34, O3, O11, O7, O8, O1, O11 отличаются от операций в предварительном плане табл. 1.

На этапе 4 для объемного плана не выполнены условия 1) и 2). Причиной этого оказалась перегрузка

заказами ресурса. В табл. 3 показаны мощность и загрузка технологического оборудования DNU 50 eVolution в первом полугодии 2009 г. с разбивкой по месяцам. В строке «Загрузка» показан плановый объем по заказам.

Из табл. 3 следует, что технологическое оборудование перегружено в апреле, мае и июне. В апреле загрузка составила 789 ч при мощности 370. После этапа 5 система выдает рекомендации, расшифровка которых показана в табл. 4 в нижней строке «Рекомендации».

По аналогии с представленным примером происходит расчет для других ресурсов. Таким образом, рекомендации выдаются для объектов производственный ресурс, технологическая операция и соответствующих параметров. Повторяя этапы 1-6, в конечном итоге, ЛПР получает объемный план и производственные условия, в которых этот план может быть исполнен при максимальной загрузке ресурсов (табл. 5).

Таблица 1

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ПЛАН ДЛЯ DNU 50 EVOLUTION

Показатель	Технологические операции											
	O18	O2	O13	O34	O3	O11	O7	O8	O17	O1	O11	O5
Плановое количество изделий	170	45	400	17	30	83	267	186	7	48	100	139
Трудоемкость обработки 1 штуки (мин.)	20	75	3	240	10	30	14	37	150	115	75	56

Таблица 2

ОБЪЕМНЫЙ ПЛАН ДЛЯ DNU 50 EVOLUTION

Показатель	Технологические операции											
	O18	O2	O13	O34	O3	O11	O7	O8	O17	O1	O11	O5
Фактическое количество изделий	170	45	300	0	0	70	156	0	7	12	0	139
Трудоемкость обработки 1 штуки (мин.)	20	75	3	240	10	30	14	37	150	115	75	56

Таблица 3

ЗАГРУЗКА DNU 50 EVOLUTION В ПЕРВОМ ПОЛУГОДИИ 2009 г.

Показатель	Месяцы					
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Мощность	300	350	370	370	350	370
Загрузка	290	300	130	789	471	592

Таблица 4

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ.

Показатель	Месяцы		
	Апрель	Май	Июнь
Мощность	370	350	370
Загрузка	789	471	592
Рекомендации	Добавить один станок и увеличить время работы до 2-х смен	123 часа объема загрузки перенести на июнь	Увеличить время работы до 2-х смен

Таблица 5

СХЕМА ОБЪЕМНОГО ПЛАНА.

Производственный ресурс	Технологические операции				
	O_i		...	O_{N^o}	
	Количество изделий	Время обработки одной единицы изделия (минуты)	...	Количество изделий	Время обработки одной единицы изделия (минуты)
R_i	x_{i1}	T_i^d	...	$x_{N^o i}$	$T_{N^o}^d$
...
R_{N^R}	x_{1N^R}	T_1^d	...	$x_{N^o N^R}$	$T_{N^o}^d$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлена модель производственного планирования, приводящая к построению объемного плана на горизонт планирования. Предложенная модель была положена в основу разработанной системы-консультант, состав и принцип работы которой рассмотрены выше. Задача системы-консультант заключается в оказании помощи ЛПР при составлении производственного плана, который имел бы минимальное отклонение от фактических значений параметров, полученных в результате его реализации. Система содержит набор решающих правил в виде конечного числа производственных моделей. Преимуществом системы-консультант является то, что при поиске решения в виде объемного плана перебор производственных моделей обеспечивает достаточно быструю сходимость системы. Это объясняется ограниченным набором регулируемых параметров, для управления которыми не требуется поступление новых знаний. И в отличие от сложных и громоздких экспертных систем в системе-консультант отсутствует база знаний.

Система-консультант была использована в виде блока принятия решений при разработке системы оперативно-календарного планирования опытно-серийного производства.

Литература

1. Джарратано Д. Экспертные системы: принципы разработки и программирование [Текст] / Д. Джарратано, Г. Райли. – М.: Вильямс, 2007. – 1152 с.
2. Джексон П. Введение в экспертные системы [Текст] / П. Джексон. – М.: Вильямс, 2001. – 624 с.
3. Козырева Н.А. Алгоритм построения расписания загрузки производственных ресурсов [Текст] / Н.А. Козырева, В.Г. Елисеев // Новые промышленные технологии. – 2009. – №1.
4. Козырева Н.А. Методика составления производственных планов в едином информационном пространстве АСУ предприятия [Текст] / Н.А. Козырева, В.Г. Елисеев // Новые промышленные технологии. – 2009. – №1.
5. Козырева Н.А. Инструментальные средства поддержки формирования плана и оперативно-диспетчерского управления сборочного производства [Текст] / Н.А. Козырева // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM – 2007) : мат-лы 7-й междунар. конф. – М.: ИПУ РАН, 2007. – 234 с.
6. Ручкин В.Н. Универсальный искусственный интеллект и экспертные системы [Текст] / В.Н. Ручкин, В.А. Фулин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 240 с: ил.

Ключевые слова

Граф; заказ; изделие; объемное планирование; предприятие; производственная модель; производственный план; ресурс; технологическая операция; управление.

Наталья Александровна Козырева

РЕЦЕНЗИЯ

Актуальность темы. Сложившиеся в стране экономические условия требуют от предприятий постоянного и оперативного реагирования на внешние изменения. Умение предвидеть цели, результаты и средства для их достижения относится к области планирования. Поэтому управление процессом планирования становится одной из важных задач. Исследования в этом направлении имеют существенное значение для развития предприятий.

Научная новизна и практическая значимость. В статье рассматривается производственное планирование, результатом которого представляется объемный план. Интерес представляет предложенная автором модель системы, выступающей в роли помощника, для поддержки принятия решений в процессе формирования объемного плана. Кратко описана методика, в основу которой положены решающие правила в виде разработанного набора производственных моделей для получения плана.

Заключение: рецензируемая статья отвечает требованиям, предъявляемым к научным публикациям, и может быть рекомендована к изданию.

Тюпикова Т.В., к.э.н., доцент, кафедра «Системного анализа и управления» ГОУ ВПО Московской области «Международный университет природы, общества и человека «Дубна»

11.2. CONSULTANT SYSTEM TO SUPPORT MAKING DECISION TO FORM PRODUCTION PLAN

N.A. Kozyreva, competitor of postgraduate study

Dubna International University of Nature, Society and Man, Institute of system analysis and management

In article process of industrial planning is considered. The description of the offered model of management is resulted by planning process. The set of productions is developed for support of making decision at formation of the volume plan. Also the scheme of work of model on an example of an industrial resource – the tool is shown.

Literature

1. J.C. Giarratano, G. Riley. Expert Systems, Principles and Programming. – M.: Publishing house: Williams, 2007. – P. 1152.
2. P. Jackson. Introduction to Expert Systems. – M.: The publishing house «Williams», 2001. – P. 624.
3. V.G. Eliseyev, N.A. Kozyreva. Algorithm of construction of the schedule of loading of industrial resources. [Text] – New industrial technologies, 2009, №1. – P. 13.
4. V.G. Eliseyev, N.A. Kozyreva. Technique of drawing up of production plans in uniform information area of the automated management system of the enterprise. [Text] – New industrial technologies, 2009, №1. – P. 9.
5. N.A. Kozyreva. Tools of support to form the plan and operative-dispatching management of assembly manufacture. [Text] – Systems of designing, technological preparation of manufacture and management of stages of life cycle of an industrial product (CAD/CAM/PDM – 2007). Materials of 7th international conference. – M.: IPU RAN, 2007. – P. 99.
6. V.N. Ruchkin, V.A. Fulin. Universal artificial intelligence and expert systems. – SPT.: BHV-Petersburg, 2009. – P. 240.

Keywords

Graph; order; product; volume planning; enterprise; productions; production plan; resource; technological operation; management.