

УНИФИЦИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Введение

Дискретное производство характеризуется физической дискретностью материальных потоков, наличием незавершенного производства и/или технологических заделов, соответствующих промежуточной продукции. Система управления таким производством в качестве одного из объектов управления использует некоторую материальную сущность, которая в ходе технологического процесса претерпевает изменения от материала до конечной продукции. Такая материальная сущность носит название объекта производства.

Объект производства – это продукт, который появляется в результате некоего производственного процесса. Например, деталь насоса, чугун, автомобиль и т.п. Объект производства – это физическая, материальная или финансовая сущность, которая возникает как результат переработки ресурсов и с помощью ресурсов. Помимо объекта производства в качестве объектов управления в дискретном производстве выступают производственные заказы, план производства, отдельные виды ресурсов.

От того, насколько правильно и удачно смоделирован сам объект управления, зависят не только объёмы работ по проектированию и реализации системы управления, но и успешные продажи, эксплуатация и развитие таких систем [5]. Традиционно моделирование объектов управления дискретного производства осуществлялось информационным моделированием отдельных объектов управления с установлением взаимосвязей и отношений между отдельными моделями [2]. Комплексная модель самого объекта дискретного производства состояла из отдельных структур, имитирующих информационный состав конструкторской и технологической документации. Такой, достаточно простой в проектировании и реализации подход к моделированию, и, как следствие этого, наличие в качестве базовой модели объекта управления множества различных по структуре информационных объектов вынуждал и вынуждает разработчиков проектировать индивидуальное программное обеспечение для реализации отдельных подсистем и задач управления. Вследствие этого значительно возрастают трудоемкость и затраты на разработку, эксплуатацию и развитие подобных автоматизированных информационных систем управления производством. Понятно, что унификация информационных структур, лежащих в основе модели объекта управления, унификация алгоритмов и операций по обработке таких унифицированных информационных структур позволит снизить трудоемкость и затраты на разработку и сопровождение систем управления производством. Актуальность проблемы обуславливается, помимо всего прочего, и тем, что на рынке практически отсутствуют отечественные промышленные программные продукты, реализующие функции системы управления производственными процессами.

Определения. Унифицированная модель объекта управления

Дадим определения некоторым важным понятиям и сущностям.

Учетные единицы (*UE, Items, Item, Item-изделие*) являются важнейшим базовым понятием автоматизированной системы управления производством [1] и являются объектами классов, участвующих в производственном или логистическом процессе как учетная материальная составляющая или как учетный объект управления, закупаемое или изготавливаемое материальное изделие или вид затрат, услуг, участвующих в производственно-логистических процессах на предприятии:

- сырье и материалы (в том числе и энергоресурсы) – *Item, Item-материал, Item-purchase*;
- изготавливаемые детали, узлы, изделия – *Item-изделие, Items-Production*;
- объекты основных фондов (ОС, в том числе и оборудование) – *Items-fixed assets, Item-ОС*;

- малоценные и быстроизнашивающиеся предметы (МБП, в том числе инструменты и приспособления);
- производственные заказы;
- план производства.

К учетным единицам относятся и нематериальные составляющие производственного процесса – затраты и услуги (Item-cost, Item-затрата), производственные заказы и план производства.

Ресурс – физическая, материальная, финансовая или технологическая сущности, применяя, обрабатывая и используя которые, пользователь может создавать новые сущности, в том числе и ресурсы. Каждый ресурс – это класс объектов со своим набором атрибутов и операций. Эти атрибуты включают в себя и единицу измерения ресурса. Каждый ресурс может иметь количественные параметры-атрибуты, временные параметры и стоимостные параметры (прямые и накладные). Операции ресурса должны включать в себя операцию, которая позволяла бы рассчитывать количественные, временные и стоимостные (прямые и накладные) параметры-атрибуты ресурса для входного количества ресурса. Ресурсы могут быть простые и сложные. Примерами ресурсов являются материалы (Item-материал), узлы (Item-изделие), оборудование (Item-ОС), персонал (Адрес), маршрутная технология, производственные площади, энергоресурсы и т.п. Понятие ресурса шире понятия учетных единиц. Ресурс является одним из объектов управления системы управления производством.

Простой ресурс не включает в себя никаких других ресурсов.

Сложный ресурс может включать в себя как простые ресурсы, так и другие сложные ресурсы.

Сущность взаимосвязей объектов управления дискретного производства характеризуют следующие структурные особенности.

Взаимосвязь плана производства и производственных заказов реализуется простым двухуровневым деревом, т.е. отношением типа 1:n.

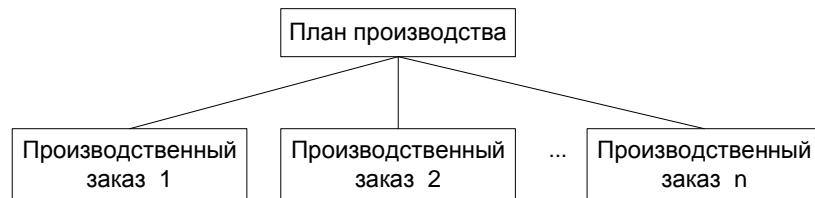


Рис. 1. Взаимосвязь плана производства и производственных заказов

Точно таким же отношением 1:n связаны объекты производственных заказов и объекты производства.

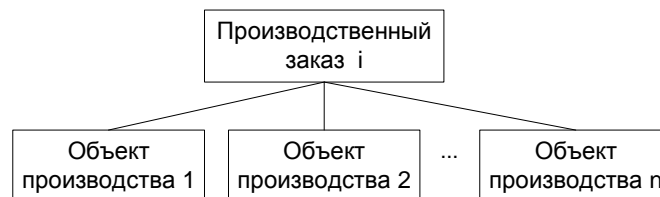


Рис. 2. Взаимосвязь производственного заказа и объектов управления

Если внимательно проанализировать классическую модель объекта дискретного производства, то можно увидеть, что в её основе лежит дерево конструкции изделия (узла). В листьях этого дерева находятся изготавливаемые или покупные детали и прочие учетные единицы. Каждая изготавливаемая деталь (узел, изделие) соответственно связывается с некоторым количеством маршрутно-технологических карт для изготовления этой детали (узла, изделия) по основной и альтернативным технологиям. Каждая МТК также представляет собой дерево технологических операций и переходов. В листьях этого дерева находятся простые ресурсы, используемые в технологических операциях. Если продолжить логическую цепочку построения модели объекта производства, то непременно можно прийти к выводу, что объект производства,

по сути, представляет собой сложный ресурс. В общем, интуитивно это понятно. Трактор может быть объектом производства для тракторного предприятия, и тот же трактор будет всего лишь ресурсом для производства бульдозеров. Объект производства в математической модели может быть изображен деревом ресурсов с бесконечным уровнем входимости ресурсов друг в друга, в листьях которого расположены простые ресурсы. Важно же то, что взаимоотношения между объектами двух уровней иерархии описываются простой взаимосвязью 1:n, причем легко видеть, что это утверждение справедливо от взаимосвязи "план производства – производственные заказы" до взаимосвязи "технологическая операция – простые ресурсы". Можно предположить, что любой объект управления в системе управления производством можно представить в виде простого двухуровневого дерева. А полностью модель объекта управления может быть описана посредством схемы зависимости вхождения одних видов объектов управления в другие и схемы отношения объектов управления.

Схема зависимости объектов управления такой модели должна отображать входимость одних видов объектов управления в другие. По сути, такая схема зависимости отражает, какие виды объектов управления допустимы к использованию на ниженаходящемся уровне иерархии модели. Схема зависимости видов объектов управления может быть задана двухмерной таблицей.

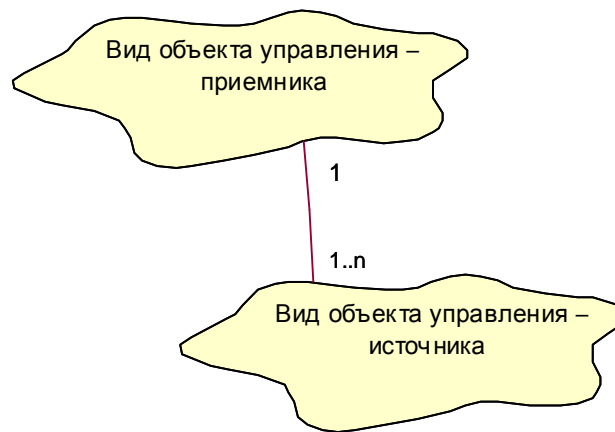


Рис. 3. Схема зависимости видов объектов управления

Конкретная входимость объектов управления в родительский объект управления может быть описана двухмерной таблицей, в которой будут заданы отношения между объектами управления. Причем, такие таблицы формально могут описать объект производства целиком: и конструкцию, и технологию. Такая схема отношений в ресурсной модели между объектами управления должна строиться с помощью схемы зависимости между видами объектов управления.

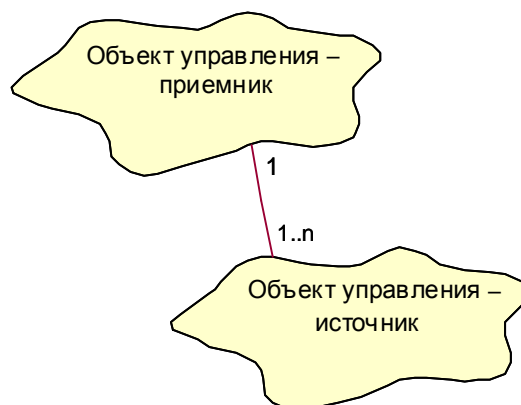


Рис. 4. Схема отношений объектов управления

Схема отношений может быть формально описана таблицей.

Таблица 1. Шапка таблицы схемы отношений

Ссылка на объект управления – приемник	К-во по объекту – приемнику	№ п/п в списке	Ссылка на объект управления – источник	К-во по объекту – источнику
--	-----------------------------	----------------	--	-----------------------------

Приведем пример построения предлагаемой модели объекта производства.

Например, перечень возможных видов классов – объектов управления:

- Item-production, Item-производство;
- Item-purchase, Item-закупка;
- Item-cost, Item-затрата;
- технологический процесс (Technological Process, TP, МТК);
- внутренняя технологическая операция в МТК;
- внешняя технологическая операция в МТК;
- оборудование;
- инструмент;
- трудовые ресурсы;
- описание технологического процесса;
- описание работ по операции;
- рабочее место;
- центр затрат;
- конструкторская документация (чертежи, спецификации);
- программа для ЧПУ.

С учетом применения вариантов изготовления изделия и альтернативных технологий схему зависимости видов объектов управления можно описать следующим образом.

Таблица 2. Схема зависимости видов объектов управления

Вид объекта управления – приёмника	Вид объекта управления – источника	Признак варианта / альтернат.	Признак простого ресурса
Объект производства	Item-production	В	
Item-production	Item-production, Item-производство	В	
	Item-purchase, Item-закупка	В	+
	Item-cost, Item-затрата	В	+
	технологический процесс	А	
Технологический процесс	внутренняя технологическая операция в МТК	А	
	внешняя технологическая операция в МТК	А	
	описание технологического процесса	А	+
	конструкторская документация (чертёж)	А	+
Внутренняя технологическая операция в МТК	материал (Item-purchase, Item-закупка)	А	+
	оборудование	А	+
	инструмент	А	+
	трудовые ресурсы	А	+
	описание работ по операции	А	+

	рабочее место	A	+
	центр затрат	A	+
	программа для ЧПУ	A	+
Внешняя технологическая операция в МТК	Item-cost	A	+

Схема отношений объектов при такой схеме зависимости может быть описана следующим образом.

Таблица 3. Схема отношений объектов управления

Вид объекта-приёмника	Ссылка на объект – приёмник	К-во объекта-приёмника	№ п/п в списке	Ссылка на вариант изготовления	Ссылка на альтерн. технологию	Вид объекта-источника	Ссылка на объект-источник	К-во объекта-источника	Пр-к сложного ресурса
Item-prod	Item1	1	1	Типовой	Типовая	Item-prod	Item2	2	+
			2	Типовой					
			3	Типовой					
			4						
Item-prod	Item2	1	1	Типовой	Типовая	Item-prod	Item5	1	+
			2	Типовой					
			3						
Item-prod	Item3	1	1		Типовая	Тех. пр.	TrItem3	1	+
Item-prod	Item5	1	1		Типовая	Тех. пр.	TrItem5	1	+
Item-purch	Item4	1	1		Типовая	Тех. пр.	TrItem4	1	+
Item-purch	Item6	1	1		Типовая	Тех. пр.	TrItem6	1	+
Тех. пр.	TrItem1	1	1		Типовая	Int. op	Op1	1	+
			2		Типовая	Int. op	Op2	1	+
			3		Типовая	Item-purch	Item6	1	+
Тех. пр.	TrItem2	1	1		Типовая	Int. op	Op1	1	+
			2		Типовая	Int. op	Op2	1	+
			3		Типовая	Item-purch	Item6	1	+
Тех. пр.	TrItem3	1	1		Типовая	Int. op	Op1	1	+
			2		Типовая	Int. op	Op2	1	+
			3		Типовая	Item-purch	Item6	1	+
Тех. пр.	TrItem5	1	1		Типовая	Int. op	Op1	1	+
			2		Типовая	Int. op	Op2	1	+
			3		Типовая	Item-purch	Item6	1	+
Тех. пр.	TrItem4	1	1		Типовая	Ext. op	Ext1	1	-
Тех. пр.	TrItem6	1	1		Типовая	Ext. op	Ext2	1	-
Ext. op	Ext1	1	1	Типовой	Типовая	Item-cost	Пост1	1	+
Ext. op	Ext2	1	1	Типовой	Типовая	Item-cost	Пост2	1	+
Int. op	Op1	1	1	Типовой	Типовая	Труд. рес.	T1	1	-
			2	Типовой	Типовая	Оборуд.	Об1	1	-
			3	Типовой	Типовая	Инстр.	Ин1	1	-

			4	Типовой	Типовая	Центр зат.	ЦЗ1	1	-
			5	Типовой	Типовая	Раб. м.	PM1	1	-
Int. op	Op2	1	1	Типовой	Типовая	Труд.рес.	Ф1	1	-
			2	Типовой	Типовая	Оборуд.	Об2	1	-
			3	Типовой	Типовая	Инстр.	Ин2	1	-
			4	Типовой	Типовая	Центр зат.	ЦЗ2	1	-
			5	Типовой	Типовая	Раб .м.	PM2	1	-

Наглядно видно, что в уже сформированную модель объекта производства можно легко добавить новый ресурс. Для этого описывается класс нового ресурса, затем он вводится в схему зависимости объектов, и добавляются записи в схему отношений между объектами.

Очень важным достоинством такой модели объекта управления, помимо простоты описания и составления, является возможность использования единственного унифицированного алгоритма обработки используемой информации – разузловки. "Разузловка" – это фактически метод класса "Схема отношений объектов". Метод "Разузловка" позволяет представить объект управления в виде дерева до самого нижнего уровня иерархии, когда в листьях дерева будут находиться простые ресурсы. Формально понятно, что класс "Схема отношений объектов" – это, по сути, двумерная таблица для каждого объекта-источника. Признак сложного ресурса в строке такой таблицы означает, что должны существовать ещё записи таблицы, описывающие состав объекта с таким номером учетной единицы, как в этой строке. Это требование обязательно для корректной отработки метода "Разузловка".

Метод "Разузловка" является ключевым и важнейшим для всей автоматизированной системы управления дискретным производством. Практически все задачи управления производством базируются на этом методе и используют результаты его работы. Во внешнем представлении результат "разузловки" отображается связанным списком, каждый элемент которого содержит набор данных:

- номер элемента списка;
- номер уровня иерархии;
- номер элемента списка, предшествующего данному уровню иерархии элемента списка;
- ссылка на объект управления;
- рассчитанное количество в "разузловке";
- признак сложного объекта-ресурса;
- ссылка на предыдущий элемент в списке;
- ссылка на последующий элемент в списке.

Предлагаемый алгоритм "разузловки" строится на рекурсивной процедуре извлечения из базы данных (БД) информации по объектам класса "Схема отношений объектов". Предлагаемый алгоритм метода "Разузловка" и структура внешнего представления результатов работы метода, в отличие от большинства используемых аналогичных алгоритмов, позволяет, помимо решения традиционной задачи "Состав объекта управления", решить ещё одну чрезвычайно важную для производства задачу – сохранить в связанном списке топологию иерархической структуры изделия. Именно этот фактор и позволяет говорить о возможности автоматического построения сетевого графика исполнения изделия [4], а через него и об автоматическом построении сетевых графиков исполнения производственных заказов и плана производства в целом. Алгоритм метода "разузловки" представлен на рис. 5.

Метод "Разузловка" является универсальным. "Разузловку" можно произвести, начиная с любого уровня иерархии, т.е. иерархию входимости объектов можно получить и для узла, и для изделия, и для производственного заказа, и для плана производства. Метод "Разузловка" может быть применен, и результаты его работы могут быть использованы в:

- расчетах потребности в объектах управления (ресурсах) в любых разрезах;
- расчетах плановой себестоимости;
- расчетах сроков планирования запуска изделий в производство;
- прочих задачах управления.

Покажем, как работает метод “Разузловки” для примера, представленного в табл. 3. Предположим, что мы задаем следующие входные параметры:

Таблица 4. Входные данные для метода “Разузловка”

Вид объекта– приёмника	Номер объекта – приёмника	Количество объекта – приёмника	Номер варианта изготовления	Номер альтернативной технологии
Item-prod	Item1	4	Типовой	Типовая

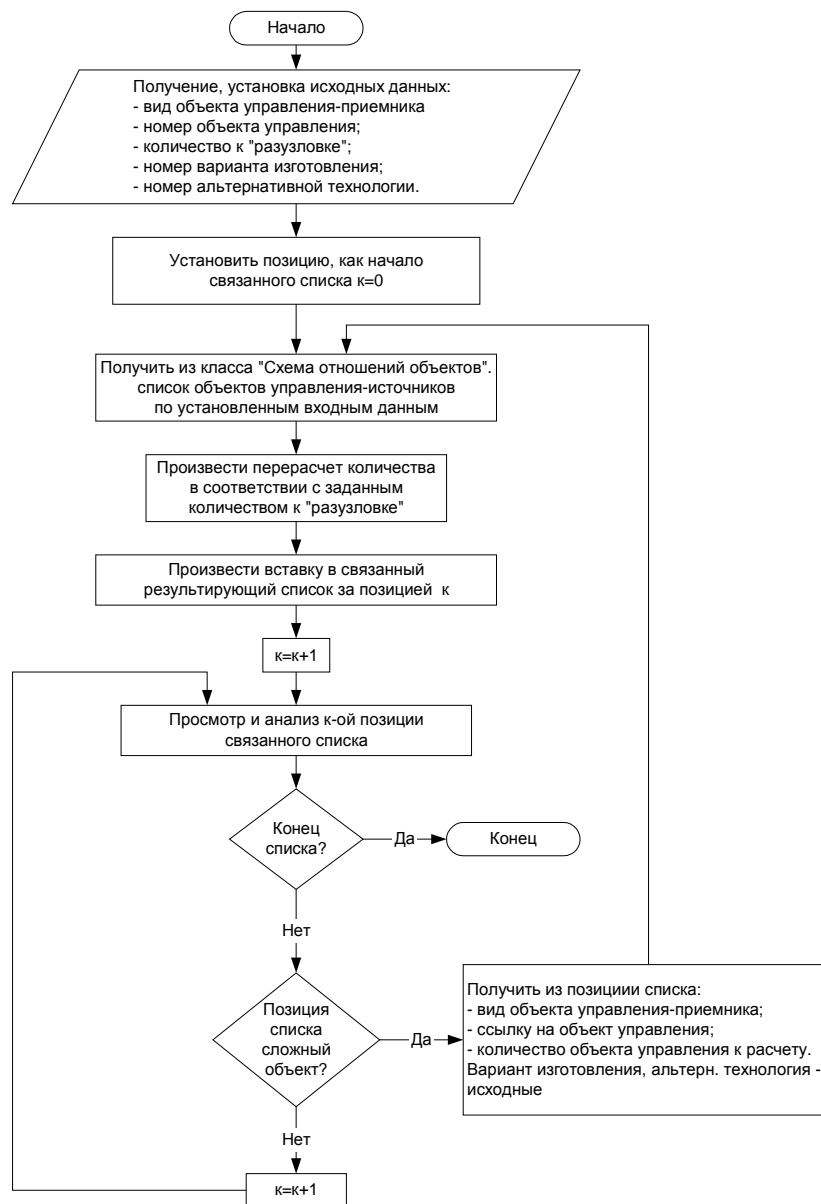


Рис. 5. Алгоритм разузловки в унифицированной модели объекта управления

Результат разузлования для входных параметров, заданных в таблице 4 – объекта Item1 в количестве 4 и данных в табл. 3 должен быть следующим:

Таблица 5. Результат разузловки для данных примера

Номер уровня входим.	Сквозной номер	Тип объекта	Пр-к сложн. объекта	Номер вар. изготовл.	Номер альт. технол.	Номер объекта	Кол-во объектов	Ссылка на объект
1	1	Item-pr	+	Тип	Тип	Item2	8	Ref
2	1.1	Item-pr	+	Тип	Тип	Item5	8	Ref
3	1.1.1	Тех. пр.	+	Тип	Тип	TrlItem5	8	Ref
4	1.1.1.1	Int. op	+	Тип	Тип	Op1	8	Ref
5	1.1.1.1.1	Тр. рес.	-	Тип	Тип	T1	8	Ref
5	1.1.1.1.2	Оборуд.	-	Тип	Тип	Об1	8	Ref
5	1.1.1.1.3	Инстр.	-	Тип	Тип	Ин1	8	Ref
5	1.1.1.1.4	Центр з.	-	Тип	Тип	ЦЗ1	8	Ref
5	1.1.1.1.5	Раб. м.	-	Тип	Тип	PM1	8	Ref
4	1.1.1.2	Int. op	+	Тип	Тип	Op2	8	Ref
5	1.1.1.2.1	Тр. рес.	-	Тип	Тип	T2	8	Ref
5	1.1.1.2.2	Оборуд.	-	Тип	Тип	Об2	8	Ref
5	1.1.1.2.3	Инстр.	-	Тип	Тип	Ин2	8	Ref
5	1.1.1.2.4	Центр з.	-	Тип	Тип	ЦЗ2	8	Ref
5	1.1.1.2.5	Раб. м.	-	Тип	Тип	PM2	8	Ref
4	1.1.1.3	Item-purch	+	Тип	Тип	Item6	8	Ref
5	1.1.1.3.1	Тех. пр.	+	Тип	Тип	TrlItem6	8	Ref
6	1.1.1.3.1.1	Ext. op	+	Тип	Тип	Ext2	8	Ref
7	1.1.1.3.1.1.1	Item-cost	+	Тип	Тип	Пост2	8	Ref
2	1.2	Item-purch	+	Тип	Тип	Item6	24	Ref
3	1.2.1	Тех. пр.	+	Тип	Тип	TrlItem6	24	Ref
4	1.2.1.1	Ext. op	+	Тип	Тип	Ext2	24	Ref
5	1.2.1.1.1	Item-cost	+	Тип	Тип	Пост2	24	Ref
2	1.3	Тех. пр.	+	Тип	Тип	TrlItem2	8	Ref
3	1.3.1	Int. op	+	Тип	Тип	Op1	8	Ref
4	1.3.1.1	Тр. рес.	-	Тип	Тип	T1	8	Ref
4	1.3.1.2	Оборуд.	-	Тип	Тип	Об1	8	Ref
4	1.3.1.3	Инстр.	-	Тип	Тип	Ин1	8	Ref
4	1.3.1.4	Центр з.	-	Тип	Тип	ЦЗ1	8	Ref
4	1.3.1.5	Раб. м.	-	Тип	Тип	PM1	8	Ref
3	1.3.2	Int. op	+	Тип	Тип	Op2	8	Ref
4	1.3.2.1	Тр. рес.	-	Тип	Тип	T2	8	Ref
4	1.3.2.2	Оборуд.	-	Тип	Тип	Об2	8	Ref
4	1.3.2.3	Инстр.	-	Тип	Тип	Ин2	8	Ref
4	1.3.2.4	Центр з.	-	Тип	Тип	ЦЗ2	8	Ref
4	1.3.2.5	Раб. м.	-	Тип	Тип	PM2	8	Ref
3	1.3.3	Item-purch	+	Тип	Тип	Item6	8	Ref
4	1.3.3.1	Тех. пр.	+	Тип	Тип	TrlItem6	8	Ref
5	1.3.3.1.1	Ext. op	+	Тип	Тип	Ext2	8	Ref
6	1.3.3.1.1.1	Item-cost	+	Тип	Тип	Пост2	8	Ref
1	2	Item-prod	+	Тип	Тип	Item3	16	Ref
2	2.1	Тех. пр.	+	Тип	Тип	TrlItem3	16	Ref
3	2.1.1	Int. op	+	Тип	Тип	Op1	16	Ref
4	2.1.1.1	Тр. рес.	-	Тип	Тип	T1	16	Ref
4	2.1.1.2	Оборуд.	-	Тип	Тип	Об1	16	Ref
4	2.1.1.3	Инстр.	-	Тип	Тип	Ин1	16	Ref
4	2.1.1.4	Центр з.	-	Тип	Тип	ЦЗ1	16	Ref
4	2.1.1.5	Раб. м.	-	Тип	Тип	PM1	16	Ref
3	2.1.2	Int. op	+	Тип	Тип	Op2	16	Ref
4	2.1.2.1	Тр. рес.	-	Тип	Тип	T2	16	Ref
4	2.1.2.2	Оборуд.	-	Тип	Тип	Об2	16	Ref
4	2.1.2.3	Инстр.	-	Тип	Тип	Ин2	16	Ref
4	2.1.2.4	Центр з.	-	Тип	Тип	ЦЗ2	16	Ref
4	2.1.2.5	Раб. м.	-	Тип	Тип	PM2	16	Ref
3	2.1.3	Item-purch	+	Тип	Тип	Item6	16	Ref
4	2.1.3.1	Тех. пр.	+	Тип	Тип	TrlItem6	16	Ref
5	2.1.3.1.1	Ext. op	+	Тип	Тип	Ext2	16	Ref
6	2.1.3.1.1.1	Item-cost	+	Тип	Тип	Пост2	16	Ref
1	3	Item-purch	+	Тип	Тип	Item4	8	Ref
2	3.1	Тех. пр.	+	Тип	Тип	TrlItem4	8	Ref
3	3.1.1	Ext. op	+	Тип	Тип	Ext11	8	Ref
4	3.1.1.1	Item-cost	+	Тип	Тип	Пост1	8	Ref
1	4	Тех. пр.	+	Тип	Тип	TrlItem1	4	Ref
2	4.1	Int. op	+	Тип	Тип	Op1	4	Ref
3	4.1.1	Тр. рес.	-	Тип	Тип	T1	4	Ref
3	4.1.2	Оборуд.	-	Тип	Тип	Об1	4	Ref
3	4.1.3	Инстр.	-	Тип	Тип	Ин1	4	Ref

3	4.1.4	Центр з.	-	Тип	Тип	Ц31	4	Ref
3	4.1.5	Раб. м.	-	Тип	Тип	PM1	4	Ref
2	4.2	Int. Op	+	Тип	Тип	Op2	4	Ref
3	4.2.1	Тр. Рес.	-	Тип	Тип	T2	4	Ref
3	4.2.2	Оборуд.	-	Тип	Тип	Об2	4	Ref
3	4.2.3	Инстр.	-	Тип	Тип	Ин2	4	Ref
3	4.2.4	Центр з.	-	Тип	Тип	Ц32	4	Ref
3	4..2.5	Раб. м.	-	Тип	Тип	PM2	4	Ref
2	4.3	Item-purch	+	Тип	Тип	Item6	4	Ref
3	4.3.1	Тех. пр.	+	Тип	Тип	TplItem6	4	Ref
4	4.3.1.1	Ext. op	+	Тип	Тип	Ext2	4	Ref
5	4.3.1.1.1	Item-cost	+	Тип	Тип	Пост2	4	Ref

В результате работы алгоритма "разузловки" получен связанный список, содержащий не только состав объектов-ресурсов, необходимых для изготовления изделия, но и топологию дерева объектов, что в конечном итоге позволит автоматически построить сетевой график изготовления изделия.

Выводы

Основная идея предложения заключается в предположении относительно иерархичности ресурсов и объектов управления дискретным производством и использовании универсального алгоритма "разузловки", позволяющего получить это дерево объектов. На основе данной идеи предложена унифицированная модель объекта управления.

Привлекательность такой унифицированной модели объекта управления очевидна, а именно:

- универсальность предлагаемой модели, которая может быть использована для любого типа производств – от машиностроения до производства мороженого;
- объект управления, в широком понимании, может быть произвольным: как изделием (объект класса Item-production), производственным заказом (объект класса Item-order), так и договором (объект класса Item-contract), либо отдельно выполняемой работой, описываемой отдельным классом;
- простота моделирования;
- один-единственный алгоритм "разузловки" для обработки данных модели;
- легкость включения в модель новых типов ресурсов.

Для того, чтобы смоделировать и описать объект любого производства, необходимо:

- описать классы объектов управления;
- составить и задать схему зависимости видов объектов управления;
- задать схему отношений между объектами.

Результаты "разузловки" можно использовать самым разнообразным способом. Необходимо отметить, что из результатов "разузловки" достаточно просто можно извлечь, в частности, разузлованную конструкторскую спецификацию.

Очень перспективным является использование предлагаемой модели объекта управления в производствах и задачах, сводящихся к анализу наличия и использования различных видов ресурсов. Эта перспектива обуславливается простотой и универсальностью модели, а именно: вся информация об объекте производства укладывается в одной таблице, и обработка информации производится одним методом – методом "разузловки".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесников С.Н. Стратегия бизнеса. – Москва: Статус-Кво 97, 1999. – 169 с.
2. Колянов Г.Н. Консалтинг при автоматизации предприятий. – Москва: Синтег, 1997. – 316 с.
3. Кристофидес Н. Теория графов: Пер. с англ. – Москва: Мир, 1978. – 432 с.
4. Зуховицкий С.И., Радчик И.А. Математические методы сетевого планирования. – Москва: Наука, 1965. – 296 с.
5. Гуриев В. Системы класса ERP; Internet | <http://www.computerra.ru/>.