

Определение оптимального соотношения материальных и трудовых затрат между заготовительной и механообрабатывающей стадиями производства обеспечивает снижение материалоемкости и технологической трудоемкости выпускаемых изделий, позволяет минимизировать общие производственные затраты и повысить экономическую эффективность функционирования многоменсклатурной машиностроительной корпорации в целом.

Разработанные экономико-математические модели и полученные зависимости определения материальных и трудовых затрат для основных технологических стадий машиностроительного производства позволяют оценить экономическую обоснованность внедрения в производство новой продукции и оценить экономическую эффективность освоения новых технологических процессов с учетом дополнительных затрат на реструктуризационно-инновационные процессы производственно-технологической структуры исходя из требований рынка и результатов логистико-ориентировочной оценки комплексного функционирования корпорации.

Полученные результаты были успешно опробированы и внедрены на Ереванском станкостроительном производственном объединении. На основе проведенных маркетинговых исследований и логистико-ориентировочной оценки в короткий срок был разработан и внедрен в производство новый универсальный токарно-винторезный станок модели 16ЕГ25П, который имел большой спрос на зарубежных рынках.

Для организации серийного производства таких станков в максимально короткий срок были проделаны соответствующие реструктуризационно-инновационные работы на всех производственно-технологических стадиях и процессах во всех производственных подразделениях СПО. Все мероприятия были осуществлены за счет собственных средств СПО. Ожидаемый годовой экономический эффект составил в 2001—2003 г. — 180 тысяч, а с 2004 г. — 285 тыс. долларов США.

532.03

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВЫБОРА СИСТЕМЫ СНАБЖЕНИЯ ЗАПЧАСТЯМИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Канд. экон. наук А.Е. БРОМ, асп. А. В. ВАНЮЖИН

Разработан новый метод классификации запчастей, по которому учитывается не только интенсивность отказов в процессе эксплуатации, стоимость и конструктивная сложность элемента, но и возможность производства запчастей на собственных мощностях, либо в кооперации со смежниками, что позволит выбрать вариант системы снабжения с минимальными затратами.

The new spare parts production method which takes into account not only service failure rate, cost and constructive complexity, but also the possibility of spare parts manufacture using domestic production capacities, or in cooperation with accessory manufacturers is developed. This method allows to establish supply system with a minimum cost.

В процессе эксплуатации производственных систем (ПС) технологическое оборудование часто выходит из строя или достигает такого состояния, что на нем не представляется возможным выпускать продукцию требуемого качества. В этом случае требуется замена или ремонт детали или узла, который не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к нему в процессе эксплуатации.

Таким образом, проблемы отсутствия запасных частей часто выходят на первый план при стремлении обеспечить бесперебойную работу технологического оборудования, в частности, машиностроительных предприятий.

Ремонт может осуществляться с применением как запасных частей, хранимых на складе предприятия, так и приобретаемых по мере необходимости. Возникает ситуация, при которой предприятие для обеспечения ремонта должно иметь требуемую деталь вовремя или в случае срочного приобретения получить её в минимальное время за минимальную для требуемых условий стоимость.

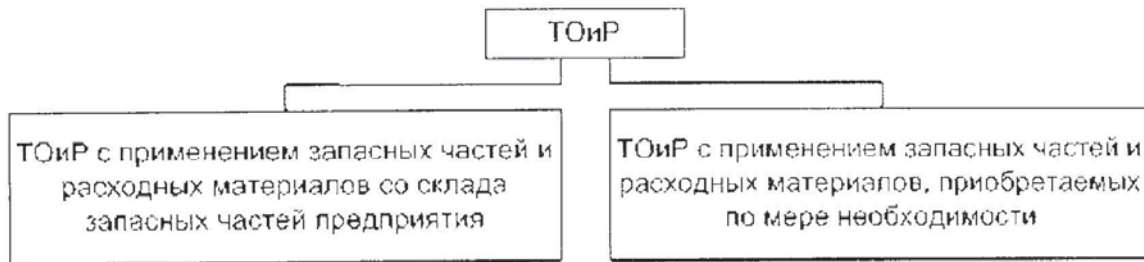


Рис. 1. Варианты осуществления ТОиР

Для решения этой проблемы существуют несколько видов систем обеспечения производства запасными частями [1]: создание собственного склада запасных частей; приобретение запасных частей у производителей запасных частей; объединение со смежниками: создание складов запасных частей на предприятии и у смежников для совместного хранения запасных частей; изготовление запасных частей смежниками; самостоятельное изготовление запасных частей; использование распределительного центра.

Для анализа выгодности и границ применения различных видов систем обеспечения производства запасными частями применительно к разным видам запасных частей последние разбиваются на группы, что позволяет облегчить выработку и «тонкую настройку» стратегии управления этой группой, так как учитываются специфические характеристики, но при этом не требуется выявления свойств каждого отдельного изделия. Идея заключается в том, что управлять тремя — десятью группами объектов намного проще, чем сотнями — тысячами разрозненных объектов.

Для такого разбиения на группы используются различные методы. Один из методов классификации, получивший широкое распространение, — это метод классификации по приоритетам или метод классификации ABC. Согласно источнику [2] подобная классификация основана на понимании того факта, что не все изделия, а в нашем случае запасные части, одинаково важны для эффективной производственной деятельности. Данный метод анализа получил большое развитие, благодаря своей универсальности и эффективности. Применяется еще один метод группировки — XYZ. Основная идея XYZ-анализа заключается в группировании объектов анализа по коэффициенту вариации. Также применяется комбинированный метод XYZ/ABC. Его идея заключается в том, что деление на группы происходит и по приоритетам, и по коэффициенту вариации одновременно.

Эти методики были разработаны уже давно. Они наиболее хорошо используются применительно к изделиям, имеющим большие объемы потребления и характеризующиеся стабильным спросом. Запасные части, как правило, стабильным спросом не пользуются и потребность в них возникает только по мере возникновения отказов или по мере выполнения ТОиР (в случае использования системы ППР), повлиять же на потребность в них не представляется возможным.

Поэтому с учетом опыта классификации по методам ABC, XYZ и XYZ/ABC предлагается разбить запасные части на четыре большие группы при возможности изготовления запчастей на собственных мощностях или кооперируясь со смежными заводами-

производителями. Такой подход позволит учесть затраты на производство и хранение запчастей в зависимости от степени их конструктивной сложности. Не всякий элемент оборудования, являющийся, по сути, сложной системой как по структуре, так и по выполняемым функциям, реально изготовить собственными силами (например, авиадвигатель, гидравлические системы, резинотехнические изделия и т.д.): так возникают затраты хранения. В то же время унифицированные комплектующие широкого назначения, относящиеся к классу простых систем (например, изделия штамповочного производства, доработка кабельно-проводниковой продукции), можно изготовить собственными силами: так появятся затраты производства и переналадки оборудования. Таким образом, разбиение запчастей на группы производится по следующим характерным признакам: конструктивным особенностям элементов оборудования, интенсивности отказов в процессе эксплуатации, стоимости, возможности и места производства.

В группу А войдут узлы, агрегаты и сменные модули. Они состоят из некоторого набора элементов. Характеризуются средним спросом, обусловленным низкой интенсивностью отказов. Неисправность, поломка или выход из строя узлов, агрегатов или сменных модулей возникает вследствие повреждения или разрушения элементов, входящих в их конструкцию. В связи с тем, что они состоят из набора деталей, соединенных между собой по некоторому принципу, они, обычно, имеют высокую стоимость. Сложность конструкции, как правило, не позволяет изготавливать их на предприятии или у смежников. С другой стороны, могут быть проведены восстановительные работы, которые выполняются либо на заводах-изготовителях, либо специализированными ремонтными службами.

В группу В войдут крупные корпусные детали. Они обычно стоят дешевле узлов и агрегатов. В связи с редкими их повреждениями потребность в таких деталях характеризуется низким и нестабильным спросом. Возможности их хранения порой сильно ограничены в связи с большими геометрическими размерами. Особенности конструкции обычно не позволяют изготавливать подобные детали на предприятии или у смежников, хотя это зависит от рассматриваемого вида производства, что связано, в первую очередь, со спецификой технологии изготовления, длительной по времени и требующей специального оборудования. Такое оборудование имеют специализированные производства.

В группу С войдут детали, имеющие среднюю стоимость. Участвуют не только в ремонте технологического оборудования, но и в ремонте узлов, агрегатов и сменных блоков, входящих в технологическое оборудование. Не требуют каких-то специальных условий хранения. Характеризуются частым и стабильным спросом. Как правило, могут быть изготовлены на предприятии или у смежников.

В группу D войдут мелкие детали. Имеют низкую и среднюю стоимость. Характеризуются очень частым спросом. Специальных условий хранения не требуют. Как правило, могут быть изготовлены на предприятии или у смежников, но затраты на их изготовление выше, чем приобретение на заводе-изготовителе.

Для каждой группы деталей предлагается использовать свою стратегию снабжения запасными частями. Совмещение существующих групп и стратегий снабжения представлено в табл. 1.

Взаимосвязь между группами запасных частей, системами обеспечения производства запасными частями и видами затрат представлена на рис. 2.

Метод выбора варианта системы снабжения запчастями технологического оборудования машиностроительного производства заключается в одновременной систематизации видов запчастей и вариантов систем снабжения и представлен в табл. 2.

Такая систематизация позволяет, отнеся конкретную деталь к определенной группе запчастей, определить, какие варианты снабжения для нее будут приемлемыми и рассчитать общие затраты, которые возникнут при использовании разных вариантов

систем снабжения. В графе «активный объект» таблицы приведены параметры, которые при изменении влияют на величину затрат. Затраты систем снабжения (центрального элемента системы МТО) соответствуют определенному классу запчастей. Варьируя значения параметров и определяя общие затраты, можно прогнозировать, какие виды систем снабжения будут для данного вида запасных частей более выгодными. Также таблица позволяет анализировать, какую долю в общие затраты системы МТО вносят затраты различного рода, соответствующие различным элементам оборудования: приобретение, хранение, изготовление, транспортировка, штрафы.

Таблица 1

Совмещение групп деталей и стратегий снабжения

Группа	Номенклатура	Возможность изготовления	Системы снабжения
А	Узлы, агрегаты	нет приобретения у изготовителей.	собственный склад (1 вариант)
			приобретение у производителей по мере необходимости (2 вариант)
			распределительный центр (5 вариант)
В	Крупные корпусные детали	нет приобретения у изготовителей.	приобретение у производителей по мере необходимости (2 вариант)
С	Средние детали	есть возможность изготовления собственными мощностями	собственный склад (1 вариант)
			приобретение у производителей по мере необходимости (2 вариант)
			приобретение и хранение запасных частей смежниками (3а вариант)
		возможность изготовления мощностями смежного производства	изготовление запасных частей смежниками (3б вариант)
			самостоятельное изготовление запасных частей (4 вариант)
распределительный центр (5 вариант)			
D	Мелкие детали	есть возможность изготовления собственными мощностями	собственный склад (1 вариант)
			приобретение у производителей по мере необходимости (2 вариант)
			приобретение и хранение запасных частей смежниками (3а вариант)
		возможность изготовления мощностями смежного производства	изготовление запасных частей смежниками (3б вариант)
			самостоятельное изготовление запасных частей (4 вариант)
Распределительный центр (5 вариант)			

В связи с тем, что для разных видов запасных частей будут использоваться разные системы снабжения при определении различных параметров системы материально-технического обеспечения (МТО) необходимо рассматривать затраты всей системы в общем. В этом случае общие затраты Z_m в течение m ТОиР будут определяться через общие затраты на приобретение, хранение, изготовление, транспортировку запасных частей и штрафов для всех систем снабжения, которые используются в системе МТО,

$$Z_m = \sum_{k=1}^6 G_{k,m} + \sum_{k=1}^6 H_{k,m} + \sum_{k=1}^6 E_{k,m} + \sum_{k=1}^6 Q_{k,m} + D_m, \quad (1)$$

Затраты для разных стратегий и

	Системы снабжения	Затраты	
		приобретение	хранение
А	Собственный склад (1в.)	$G_{1,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{1,i,j}^{\text{приоб.}} q_{1,j}$	$H_{1,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{1,i,j}^{\text{соб.скл.}} c_{1,j} t_i$
	Приобретение у производителей по мере необходимости (2в.)	$G_{2,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{2,i,j}^{\text{приоб.}} q_{2,j}$	-
	Распределительный центр (5в.)	$G_{6,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{6,i,j}^{\text{приоб.}} q_{6,j}$	-
В	Приобретение у производителей по мере необходимости (2в.)	$G_{2,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{2,i,j}^{\text{приоб.}} q_{2,j}$	-
С	Собственный склад (1в.)	$G_{1,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{1,i,j}^{\text{приоб.}} q_{1,j}$	$H_{1,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{1,i,j}^{\text{соб.скл.}} c_{1,j} t_i$
	Приобретение у производителей по мере необходимости (2в.)	$G_{2,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{2,i,j}^{\text{приоб.}} q_{2,j}$	-
	Приобретение и хранение запасных частей смежниками (3а в.)	$G_{3,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{3,i,j}^{\text{приоб.}} q_{3,j}$	$H_{3,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{3,i,j}^{\text{соб.скл.}} c_{3,j} t_i$
	Изготовление запасных частей смежниками (3б в.)	-	-
	Самостоятельное изготовление запасных частей (4в.)	-	-
	Распределительный центр (5в.)	$G_{6,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{6,i,j}^{\text{приоб.}} q_{6,j}$	-
D	Собственный склад (1в.)	$G_{1,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{1,i,j}^{\text{приоб.}} q_{1,j}$	$H_{1,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{1,i,j}^{\text{соб.скл.}} c_{1,j} t_i$
	Приобретение у производителей по мере необходимости (2в.)	$G_{2,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{2,i,j}^{\text{приоб.}} q_{2,j}$	-

Таблица 2

систем снабжения

изготовление	Загрaгaы на		Активный объект
	транспортировка	штрафы	
-	$Q_{1,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{1,i,j}^{\text{приоб.}} e_{1,j}$	$D_m \rightarrow \min$	$F_{1,i,j}^{\text{приоб.}}$
-	$Q_{2,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{2,i,j}^{\text{приоб.}} e_{2,j}$	$D_m = \sum_{i=1}^m \int_0^{x_{0,j}} h_i(t) dt$	$F_{2,i,j}^{\text{приоб.}}$
-	$Q_{6,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{6,i,j}^{\text{приоб.}} e_{6,j}$	$D_m \rightarrow \min$	$F_{6,i,j}^{\text{приоб.}}$
-	$Q_{2,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{2,i,j}^{\text{приоб.}} e_{2,j}$	$D_m = \sum_{i=1}^m \int_0^{x_{0,j}} h_i(t) dt$	$F_{2,i,j}^{\text{приоб.}}$
-	$Q_{1,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{1,i,j}^{\text{приоб.}} e_{1,j}$	$D_m \rightarrow \min$	$F_{1,i,j}^{\text{приоб.}}$
-	$Q_{2,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{2,i,j}^{\text{приоб.}} e_{2,j}$	$D_m = \sum_{i=1}^m \int_0^{x_{0,j}} h_i(t) dt$	$F_{2,i,j}^{\text{приоб.}}$
-	$Q_{3,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{3,i,j}^{\text{приоб.}} e_{3,j}$	$D_m \rightarrow \min$	$F_{3,i,j}^{\text{приоб.}}$ $F_{3,i,j}^{\text{соб.екл.}}$
$E_{4,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{4,i,j}^{\text{изг.}} S_{4,j}$	$Q_{4,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{4,i,j}^{\text{изг.}} e_{4,j}$	$D_m = \sum_{i=1}^m \int_0^{x_{0,j}} h_i(t) dt$	$F_{4,i,j}^{\text{изг.}}$
$E_{5,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{5,i,j}^{\text{изг.}} S_{5,j}$	-	$D_m = \sum_{i=1}^m \int_0^{x_{0,j}} h_i(t) dt$	$F_{5,i,j}^{\text{изг.}}$
-	$Q_{6,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{6,i,j}^{\text{приоб.}} e_{6,j}$	$D_m \rightarrow \min$	$F_{6,i,j}^{\text{приоб.}}$
-	$Q_{1,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{1,i,j}^{\text{приоб.}} e_{1,j}$	$D_m \rightarrow \min$	$F_{1,i,j}^{\text{приоб.}}$
-	$Q_{2,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{2,i,j}^{\text{приоб.}} e_{2,j}$	$D_m = \sum_{i=1}^m \int_0^{x_{0,j}} h_i(t) dt$	$F_{2,i,j}^{\text{приоб.}}$

	Системы снабжения	Затраты	
		приобретение	хранение
D	Приобретение и хранение запасных частей смежниками (3а в.)	$G_{3,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{3,i,j}^{\text{приобр.}} q_{3,j}$	$H_{3,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{3,i,j}^{\text{соб.скл.}} c_{3,j} t_i$
	Изготовление запасных частей смежниками (3б в.)	-	-
	Самостоятельное изготовление запасных частей (4в.)	-	-
	Распределительный центр (5в.)	$G_{6,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{6,i,j}^{\text{приобр.}} q_{6,j}$	-

Пр и м е ч а н и е. Применены следующие обозначения:

i — номер работы по ТОиР; j — номер вида запасной части; m — количество ТОиР; n — количество ТОиР; частей и штрафы в течение m ТОиР соответственно; $F_{1,i,j}^{\text{приобр.}}$, $F_{1,i,j}^{\text{соб.скл.}}$, $F_{4,i,j}^{\text{изг.}}$ — количество приобретаемых, $q_{1,j}$, $s_{4,j}$, $e_{1,j}$ — затраты на приобретение, изготовление, транспортировку единицы запасных частей j -го вида; выполнения i -го ТОиР; $x_{0,j}$ — продолжительность простоя объекта в течение i -го ТОиР; $h_i(t)$ — функция штрафа

где k — номер вида системы снабжения.

Раскрывая общие затраты через объемы приобретения, хранения, изготовления и транспортировки, получаем

$$Z_m = \sum_{k=1}^6 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{k,i,j}^{\text{приобр.}} q_{k,j} + \sum_{k=1}^6 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{k,i,j}^{\text{соб.скл.}} c_{k,j} t_i + \sum_{k=1}^6 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{k,i,j}^{\text{изг.}} s_{k,j} + \sum_{k=1}^6 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{k,i,j}^{\text{приобр.}} e_{k,j} + \sum_{i=1}^m \int_0^{x_{0,j}} h_i(t) dt. \quad (2)$$

Оптимальные объемы приобретения, хранения, изготовления и транспортировки будут достигаться при минимизации общих затрат системы МТО (табл. 2)

$$\sum_{k=1}^6 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{k,i,j}^{\text{приобр.}} q_{k,j} + \sum_{k=1}^6 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{k,i,j}^{\text{соб.скл.}} c_{k,j} t_i + \sum_{k=1}^6 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{k,i,j}^{\text{изг.}} s_{k,j} + \sum_{k=1}^6 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{k,i,j}^{\text{приобр.}} e_{k,j} + \sum_{i=1}^m \int_0^{x_{0,j}} h_i(t) dt \rightarrow \min. \quad (3)$$

Решение задачи минимизации потребует при рассмотрении даже небольшого количества запасных частей больших объемов вычислений. Объемы вычислений можно снизить, приняв некоторые допущения. Одно из них заключается в том, что общие затраты системы МТО складываются из тех, которые вносит каждый вид запасных частей по отдельности. Таким образом, можно рассмотреть задачи о минимизации затрат на каждый вид запасной части.

Окончание таблицы 2

Затраты			Активный объект
изготовление	транспортировка	штрафы	
-	$Q_{3,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{3,i,j}^{\text{приобр.}} e_{3,j}$	$D_m \rightarrow \min$	$F_{3,i,j}^{\text{приобр.}}$ $F_{3,i,j}^{\text{соб.скл.}}$
$E_{4,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{4,i,j}^{\text{изг.}} S_{4,j}$	$Q_{4,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{4,i,j}^{\text{изг.}} e_{4,j}$	$D_m = \sum_{i=1}^m \int_0^{x_{0,j}} h_i(t) dt$	$F_{4,i,j}^{\text{изг.}}$
$E_{5,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{5,i,j}^{\text{изг.}} S_{5,j}$	-	$D_m = \sum_{i=1}^m \int_0^{x_{0,j}} h_i(t) dt$	$F_{5,i,j}^{\text{изг.}}$
-	$Q_{6,m} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{6,i,j}^{\text{приобр.}} e_{6,j}$	$D_m \rightarrow \min$	$F_{6,i,j}^{\text{приобр.}}$

$G_{1,m}, H_{1,m}, E_{4,m}, Q_{1,m}, D_m$ — затраты на приобретение, хранение, изготовление, транспортировку запасных хранимых на собственном складе и изготавливаемых запасных частей j -го вида в течение выполнения i -го ТОиР; $c_{1,j}$ — затраты на хранение единицы запасных частей j -го в течение единицы времени; t_i — продолжительность в единицу времени простоя в течение i -го ТОиР.

В этом случае (3) примет следующий вид:

$$\sum_{k=1}^6 \sum_{i=1}^m F_{k,i,j}^{\text{приобр.}} q_{k,j} + \sum_{k=1}^6 \sum_{i=1}^m F_{k,i,j}^{\text{соб.скл.}} c_{k,j} t_i + \sum_{k=1}^6 \sum_{i=1}^m F_{k,i,j}^{\text{изг.}} S_{k,j} + \sum_{k=1}^6 \sum_{i=1}^m F_{k,i,j}^{\text{приобр.}} e_{k,j} + \sum_{i=1}^m \int_0^{x_{0,j}} h_i(t) dt \rightarrow \min \tag{4}$$

С помощью формулы (4) находим оптимальные объемы приобретения, хранения, изготовления и транспортировки запасных частей по их видам.

Эти формулы могут использоваться как аналитический инструмент, с помощью которого планируют расписание поставок, объемов приобретения, хранения, изготовления и транспортировки запасных частей соответственно разработанной классификации, при которых общие затраты на систему материально-технического обеспечения будут минимальны. Представленный подход к решению проблемы МТО технологического оборудования производственных систем позволяет выбирать наиболее выгодный вариант системы снабжения запчастями в зависимости от их вида, что в конечном итоге поможет обеспечить бесперебойность и эффективность производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В а н ю ж и н А. В. Системы обеспечения производства запасными частями. // Известия вузов. Машиностроение. — 2006. — №12. — С.75 — 82.
2. Б а у э р с о к с Д., К л о с с Д. Логистика: интегрированная цепь поставок. 2-е изд. — М.: Олимп-бизнес, 2005. — 640 с.

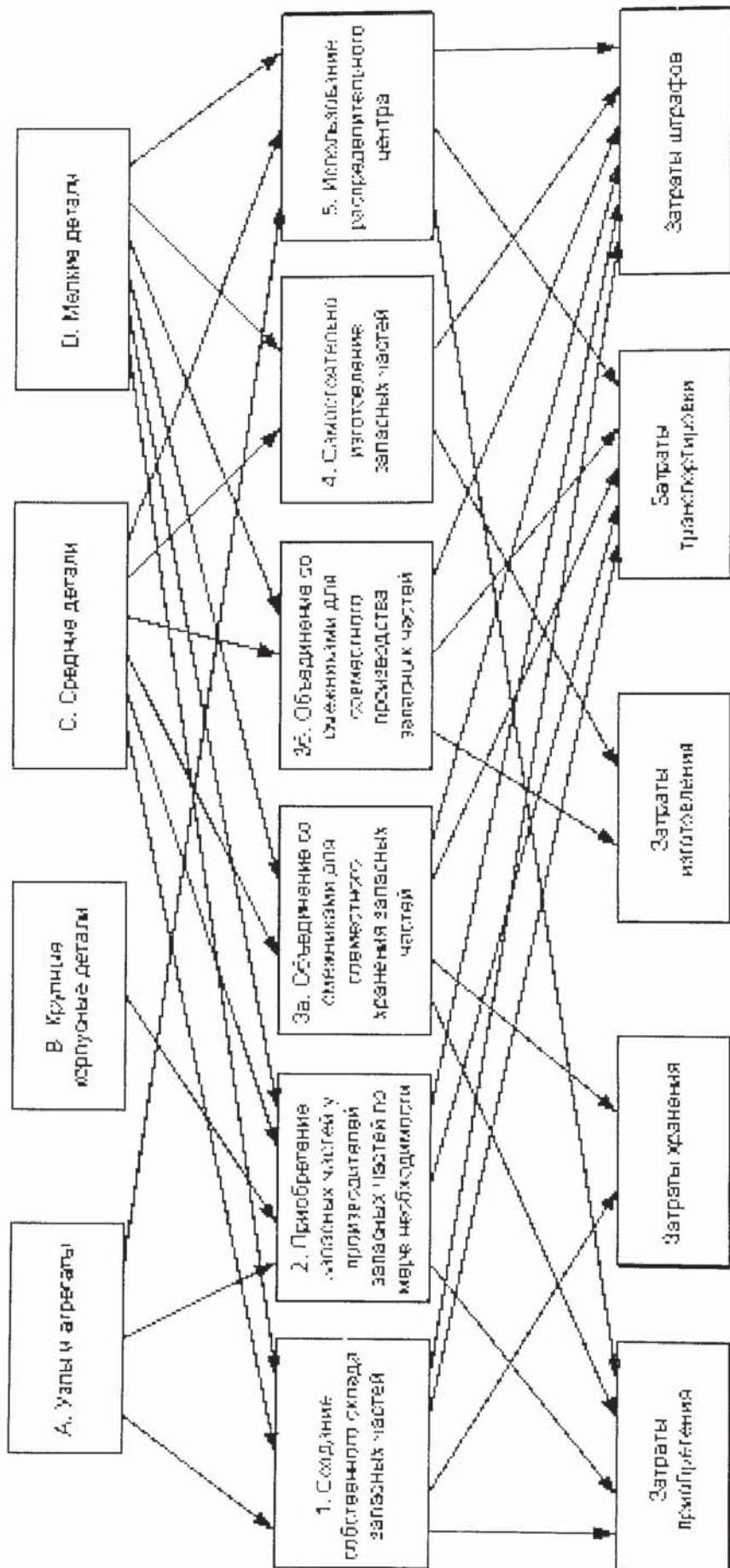


Рис. 2.