

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**  
**И ПЕРЕПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА**  
**РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Кафедра «Экономика транспорта»**

**В. П. БУГАЕВ, Е. В. БУГАЕВА**

**ИНТЕГРИРОВАННАЯ**  
**ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА**  
**ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА**  
**НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ**

**НА ПРАВАХ**  
**РУКОПИСИ**

**Учебно-методическое пособие**

**Гомель 2009**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»  
ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ  
И ПЕРЕПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Кафедра «Экономика транспорта»

В. П. БУГАЕВ, Е. В. БУГАЕВА

ИНТЕГРИРОВАННАЯ  
ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА  
ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА  
НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ

*Одобрено учебно-методическим советом  
Института повышения квалификации и переподготовки  
руководителей и специалистов транспортного комплекса Республики Беларусь,  
методическими комиссиями гуманитарно-экономического факультета  
и факультета безотрывного обучения*

Гомель 2009

УДК 658.7 (075.8)  
ББК 65.9(2) - 80  
Б90

**Р е ц е н з е н т ы:** зав. кафедрой «Управление грузовой и коммерческой работой» УО «БелГУТ» д-р экон. наук, проф. *И. А. Еловой*, директор Института повышения квалификации и переподготовки руководителей и специалистов транспортного комплекса Республики Беларусь канд. техн. наук, доцент *С. И. Сухопаров*, первый проректор УО «БТЭУПК» канд. экон. наук, доцент *В. Ф. Бык*

**Бугаев, В. П.**

**Б90** Интегрированная логистическая поддержка жизненного цикла наукоемкой продукции : учеб.-метод. пособие / В. П. Бугаев, Е. В. Бугаева ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2009. – 255 с.  
ISBN 978-965-468-646-2

Изложены основы концепции логистической поддержки жизненного цикла наукоемкой продукции, обеспечивающей минимизацию затрат на единицу продукции или наработки с учетом затрат на разработку, изготовление и владение за весь жизненный цикл изделия, что является фундаментом обеспечения высокой конкурентоспособности выпускаемой продукции, или продукции, закупаемой по импорту.

Предназначено для студентов, магистрантов, преподавателей технических и экономических специальностей университета, а также слушателей ИПК, для последиplomного образования по направлению: «научное и кадровое обеспечение инновационного развития технических систем, объектов и технологий, отвечающих требованиям мирового уровня и качеству, надежности и безопасности».

**УДК 658.7 (075.8)**  
**ББК 65.9 (2) - 80**

**ISBN 978-985-468-642-2**

© Бугаев В. П., Бугаева Е. В., 2009  
© Оформление. УО «БелГУТ», 2009

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |     |
|--|-----|
| СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....  | 5   |
| ВВЕДЕНИЕ.....  | 7   |
| 1 ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА – СТРАТЕГИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ<br>РАЗВИТИЯ СТРАНЫ.....   | 8   |
| 1.1 Феномен XX века.....   | 8   |
| 1.2 Причины процветания.....   | 10  |
| 1.3 Основы трансформации хозяйства.....  | 13  |
| 1.4 Сущность бизнеса.....  | 16  |
| 1.5 Инновации, их классификация и значение для развития экономики<br>страны.....   | 20  |
| 1.6 Роль маркетинга в работе предприятия.....  | 26  |
| 1.7 Инновационная экономика.....   | 34  |
| 1.8 Роль и значение интегрированной логистической поддержки науко-<br>емкой продукции в инновационной экономике.....   | 50  |
| 2 ЛОГИСТИКА – НАУЧНАЯ ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ<br>ИННОВАЦИОННЫМ НАУКОЕМКИМ ПРОИЗВОДСТВОМ.....  | 55  |
| 2.1 Логистическая концепция управления потоковыми процессами пред-<br>приятия.....   | 55  |
| 2.2 Инерционность и проблемы синхронизации потоковых процессов.....  | 65  |
| 2.3 Современные концепции глобальной интегрированной логистики.....  | 75  |
| 2.4 Эффективность функционирования логистической системы управ-<br>ления.....  | 81  |
| 3 ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ И ЕГО ИНФОРМА-<br>ЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА.....   | 93  |
| 3.1 Жизненный цикл наукоемкой продукции.....   | 93  |
| 3.2 Стоимость жизненного цикла наукоемкой продукции.....   | 104 |
| 3.3 Концепция CALS.....  | 108 |
| 3.4 Информационные системы поддержки жизненного цикла наукоемкой<br>продукции.....   | 114 |
| 4 СИСТЕМА ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ<br>ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ.....  | 124 |
| 4.1 Интегрированная логистическая поддержка.....   | 124 |
| 4.2 Анализ логистической поддержки.....  | 131 |
| 4.3 Организация системы технического обслуживания, ремонта и страте-<br>гии эксплуатации.....  | 135 |
| 4.4 Материально-техническое обеспечение.....   | 138 |
| 4.5 Разработка метода расчёта потребности в запасных частях, учитываяаю-<br>щего выработку эксплуатационного ресурса и интенсивность эксплуа-<br>тации наукоёмкой продукции..... | 149 |

|  |     |
|--|-----|
| 5 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ .....             | 155 |
| 5.1 Кибернетическая модель системы ИЛП продукции .....   | 155 |
| 5.2 Экономико-математическая модель системы ИЛП изделия на этапе эксплуатации .....                | 161 |
| 5.3 Модель подсистемы производства запасных частей для наукоёмкой продукции .....                  | 168 |
| 5.4 Продление эксплуатационного ресурса и прогнозирование долговечности сложной техники .....      | 179 |
| 5.5 Метод определения производственной мощности предприятия при изготовлении запасных частей ..... | 183 |
| 5.6 Функциональная модель и организационная структура системы ИЛП наукоёмкой продукции .....       | 191 |
| 6 УПРАВЛЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ ИЛП .....             | 210 |
| 6.1 Концептуальная схема управления конкурентоспособностью продукции..                             | 210 |
| 6.2 Основные ИПИ-технологии и их взаимосвязи .....   | 214 |
| 6.3 Математическая модель конкурентоспособности .....  | 226 |
| 6.4 Прогнозирование конкурентоспособности .....  | 231 |
| 6.5 Динамика конкурентоспособности .....   | 233 |
| 6.6 Пример расчёта конкурентоспособности .....   | 236 |
| 7 ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ИЛП .....                                   | 241 |
| 7.1 Основные положения построения математической модели логической системы ИЛП .....               | 241 |
| 7.2 Общее аналитическое решение задачи обоснования оптимального уровня качества изделия .....      | 245 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....  | 258 |

## **СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ**

- АЛП – анализ логистической поддержки;
- АС – автоматизированная система;
- АСУ – автоматизированная система управления;
- БД – база данных;
- ВП – виртуальные предприятия;
- ВР – восстановительные работы;
- CALS / ИПИ – (Continuous Acquisition and Lite-Cicle Support) – концепция информационной поддержки жизненного цикла продукции;
- ГСМ – горюче-смазочные материалы;
- ГПС – гибкая производственная система;
- ЕИП<sub>жц</sub> – единое информационное пространство жизненного цикла;
- ИИС – интегрированная информационная среда;
- ИЛП – интегрированная логистическая поддержка;
- ИНП – изделие наукоемкой продукции;
- ИПИ – информационная поддержка изделия;
- ИС ИЛП – информационная система ИЛП;
- ИУС – информационно-управляющая система;
- КВР – контрольно-восстановительные работы;
- КИП – компьютеризированное интегрированное производство;
- ЛА – логистический анализ;
- ЛБД – логистическая база данных;
- ЛС – логистическая система;
- ЛЦ – логистическая цепь;
- ЛСУ – логистическая система управления;
- МБО – материально-техническое обеспечение;
- НИР – научно-исследовательские работы;
- НТП – научно-технический прогресс;
- ОКР – опытно-конструкторские работы;

ОТС-ОЭС – организационно-технические и организационно-экономические системы;

ОТТ – общие технические требования;

ППР – планово-профилактические работы;

РЗ – ремонтный завод;

РП – рыночный потенциал;

РЭ – руководство по эксплуатации;

СМК – система менеджмента качества;

СМО – система массового обслуживания;

СМР – система менеджмента ресурсов;

СППО – система послепродажного обслуживания;

СрТЭ – средства технической эксплуатации;

СУБД – система управления базами данных;

ТЗ – техническое задание;

ТО – техническое обслуживание;

ТО и Р – техническое обслуживание и ремонт;

ТЭ – техническая эксплуатация;

ТЭО – технико-экономическое обоснование;

ЭТХ – эксплуатационно-технические характеристики;

ЭТД – электронная техническая документация.

НА ПРАВАХ  
РУКОПИСИ

## **ВВЕДЕНИЕ**

Согласно стандарту ISO 9004-1, жизненный цикл изделия определяется как совокупность процессов, выполняемых от момента выявления потребностей общества в определенном продукте до момента удовлетворения этих потребностей и утилизации изделия.

Логистическая концепция, интегрирующая с помощью CALS-технологий в единое информационное пространство участников жизненного цикла изделия на этапах разработки, изготовления, продажи, эксплуатации и утилизации продукции, стала основой повышения эффективности управления жизненным циклом наукоемкой продукции и обеспечения высокой конкурентоспособности изделия в инновационной экономике.

Жизненный цикл сложных технических систем, например подвижного состава железных дорог, имеет свою специфику – длительный период использования (20–40 лет), многообразие условий эксплуатации, производственную кооперацию нескольких предприятий или корпораций, необходимость постоянного технического контроля состояния изделий, своевременное и качественное ремонтное обслуживание и др. Поэтому на современном этапе стал очень важным вопрос о виде логистической методологии, организующей и объединяющей управленческие мероприятия, направленные на повышение эффективности и конкурентоспособности такой продукции.

Определение понятия «интегрированная логистическая поддержка» (ИЛП) связано с важнейшим потребительским свойством любого объекта машиностроения – размером затрат на поддержку его жизненного цикла (ЖЦ). Создание и внедрение систем ИЛП в первую очередь нацелено на сокращение затрат на этапе эксплуатации.

В современных условиях ведения бизнеса, требующих поставок «точно в срок», способность реагировать и точно учитывать запросы потребителей в течение все более коротких промежутков времени, приобретает важнейшее значение. Поэтому ИЛП имеет очень большое значение как для производителей экспортной продукции, так и для потребителей импортируемой продукции с точки зрения более полного удовлетворения требований эксплуатации в течение всего срока службы закупаемой техники и подвижного состава.



# 1 ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА – СТРАТЕГИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ СТРАНЫ

## 1.1 Феномен XX века

Всего сто лет назад, в начале XX века, бедность воспринималась большинством человечества как данное. Никто не считал экономическое развитие за правило. Напротив, правилом были бедность и застой. В 1890 г. и даже в 1950 г. никто не удивлялся, что Индия оставалась бедной, удивлялись тому, как Япония ухитрилась стать на дороге развития. Героический порыв Советского Союза, решившего в тридцатые годы вырваться из бедности одним мощным напряжением сил, вызвал у западной гуманистической интеллигенции, у многих инженеров и рабочих, даже бизнесменов, глубокое сочувствие и готовность помочь.

Никто на рубеже XIX и XX веков и даже позже не думал, что бедность исчезнет хотя бы в богатых и развитых странах. Тому, кто читал «Положение рабочего класса в Англии» Энгельса, «Люди бездны» Джека Лондона, «Гроздья гнева» Джона Стейнбека, нищета, описанная в этих книгах, кажется невероятной. А ведь она была правилом, нормой.

Сегодня бедность, застой, отсутствие развития повсюду рассматриваются как патология.

То, что теперь качество жизни стало предметом общей озабоченности, является огромным достижением. Тот факт, что в странах развитого мира, составляющих почти пятую часть человечества, бедность практически перестала существовать, – сказочный успех. Поэтому их называют странами «золотого миллиарда».

80–85 лет назад промышленному рабочему в США требовалось три года труда, чтобы заработать 750 долларов на покупку нового, «дешевого чуда» – «форда модели Т». 250 долларов в год наличными зарабатывал тогда американский рабочий. И это лишь в маловероятном варианте, если он имел работу 50 недель в году, по шесть рабочих дней в неделю и по 10 часов в день. Никаких дополнительных выплат просто не было: ни пенсий, ни страхования здоровья и жизни, ни оплаты отпусков по болезни, ни вообще оплачиваемых отпусков, ни пособий по безработице, ни сверхурочных.

Прямой наследник этого рабочего – член профсоюза, рабочий в сфере массового промышленного производства, а также транспорта или строительства сегодня получает в целом 50 тысяч долларов в год,

причем дополнительные выплаты составляют примерно половину. На эти деньги можно купить пять дешевых новых автомобилей. Реальный выигрыш в доходах больше, так как сегодняшний рабочий, при восьмичасовом рабочем дне и пятидневной неделе, работает на треть меньше, чем его предшественник 100 лет назад. Почасовой заработок возрос в тридцать – сорок раз.

**Коренное, скачкообразное улучшение экономического положения рабочих в развитых странах следует считать важнейшим центральным социальным событием прошедшего столетия. Никогда ничего похожего в социальной истории человечества не было.**

Несомненно, это одна из убедительных, настоящих побед. Рабочий сегодня работает не больше и не тяжелее своего предшественника. Он работает намного меньше и не знает ужасающей усталости и травматизма недавнего прошлого. Более того, его работа, как правило, не требует больших знаний и мастерства. Называть эту работу «полуквалифицированной» можно только из вежливости: работа, которой можно выучиться в три недели, как большинство работ в массовом производстве, не может считаться хоть сколько-нибудь квалифицированной (хотя для ее выполнения, естественно, требуется пятнадцатилетняя социализация в среде, насыщенной компьютерами, часами, телевизорами, автомобилями, кинотеатрами; видимо, это даже важнее, чем школьное образование). Чтобы научиться, как следует копать канавы киркой и лопатой, нужно гораздо больше времени.

Рабочие выиграли больше всех. В других группах реальные доходы росли куда медленнее. Прежде реальный доход врачей и юристов был, по меньшей мере, впятеро выше, чем у рабочих, сегодня – менее чем вдвое. В 1910 г. выпускники колледжей начинали с 20 долларов в неделю – втрое больше, чем у рабочего. Сегодня они начинают с цифры ниже, чем у рабочего. Даже любимчикам современной промышленности, выпускникам престижных «школ делового администрирования» с магистерским дипломом, нередко приходится проработать пять лет, прежде чем их общий доход превысит доход «полуквалифицированного» промышленного рабочего, выдержавшего тридцатидневный испытательный срок. Сегодня минимальная заработная плата в развитых странах Западной Европы составляет 8 евро в час. Бедность в развитых странах мира практически перестала существовать.

Это громадный успех, которого человечество еще не знало.

## 1.2 Причины процветания

В СССР так долго старались не замечать этого почти невероятного роста, столько типографской краски тратили на описание очередей безработных за тарелкой супа, столько рассуждали об общем кризисе капитализма, что до серьезного анализа причин роста дело так и не дошло.

Сейчас все мы, наконец, увидели по телевизору ломящиеся от изобилия витрины. Все, однако, понимают, что витрины – только готовый результат, следствие. Некоторые из нас увидели, как все это изобилие производится – побывали на западных предприятиях, посмотрели, как там работают. Но ведь и это, конечно же, только следствие. Возникает естественный вопрос: следствие чего? Где находится причина?

В ответ многие из нас, включая большинство «либеральных экономистов», отвечают: причина в том, что там хозяин ..., что там рынок ..., что там конкуренция ..., короче, в том, что там капитализм.

Эти ответы страдают такой неполнотой, что содержание их (и тем самым основанные на них рекомендации) обесценивается почти полностью.

В самом деле, за сто лет капитализм не изменился в своих основах. И сто лет назад была частная собственность, конкуренция и рынок. Однако о таком богатстве подавляющего большинства населения не мечтали даже самые отважные мечтатели. Более того, даже сейчас в очень многих вполне капиталистических и совсем не бедных природными ресурсами странах (хотя бы в Латинской Америке) уровень жизни и прочие показатели гораздо ближе к нашим собственным, чем к показателям стран развитого мира.

Стало быть, причина не в капитализме, как таковом – по крайней мере, не только в нем. Где же она все-таки находится?

«Разруха не в клозетах, а в головах», – говорил Михаил Булгаков о причинах и следствиях. Логично предположить, что причина явления, противоположного разрухе, – процветания – тоже в головах, в головах миллионов ученых, политиков, инженеров, юристов, педагогов развитого мира, и, прежде всего, в головах его менеджеров. Именно менеджмент создает экономическое и социальное развитие. Оно есть его результат.

Япония сто двадцать лет назад была во всех материальных отношениях слаборазвитой страной. Но она очень быстро породила менеджмент чрезвычайно компетентный, превосходный. Через два-

дцать пять лет Япония эпохи Мэйдзи стала развитой страной, а в некоторых аспектах, таких, как грамотность, самой развитой из всех стран. Мы понимаем сегодня, что именно Япония Мэйдзи, скорее, чем традиционные модели экономиста: Англия XVIII столетия и Германия XIX, является моделью развития для отсталых стран.

Всюду, где мы усиливали только экономические факторы производства, особенно увеличивали вкладываемый капитал, мы не добились развития. В немногих случаях, когда мы смогли породить энергию менеджмента, мы порождали стремительное развитие. Развитие, иными словами, – дело скорее человеческой энергии, чем экономического богатства. Генерирование человеческой энергии и придание ей направления является задачей менеджмента. Менеджмент – двигатель, развитие – следствие.

Так характеризует социальную функцию и значение менеджмента Питер Друкер, человек, который первым еще в пятидесятых годах XX века сумел распознать, обобщить и описать появление в мире нового могущественного фактора развития, человек, которого, пожалуй, можно назвать родоначальником менеджмента как систематизированной дисциплины.

И наша собственная история подтверждает, что «развитие – дело, скорее, человеческой энергии, чем экономического богатства». Успех первых пятилеток был обеспечен энтузиазмом народа, верившего в светлое будущее. Развитие продолжалось до тех пор, пока руководство СССР окончательно не погрязло во лжи. И тогда на смену энтузиазму пришел ГУЛАГ, а на смену научным методам управления – тирания. Приходится только сожалеть, что сегодня это демократическое управление нам приходится изучать под иностранным наименованием «менеджмент». Не Питер Друкер, а наш Антон Семенович Макаренко за 25 лет до Питера Друкера показал всему миру, что с применением демократического управления можно значительно увеличить заинтересованность работников и существенно повысить эффективность производства. Его трудовые коммуны впитали все лучшее в управлении, показывали отличные результаты по эффективности работы, хотя были сформированы из беспризорных и малолетних преступников. Но демократизация управления оказалась не только не нужной, но даже вредной для большевиков. А. С. Макаренко невозможно «выбросить» из истории, и большевики «вытеснили» его в педагогику. Труды А.С. Макаренко – это не только большой вклад в

педагогику, но и крупные разработки в области повышения эффективности управления. **Сегодня наша задача – сделать правильные выводы, не топтаться грязными сапогами по своей истории, а использовать все лучшее, что накопило человечество, для скорейшего подъема нашего государства с учетом нашей экономической и национальной специфики, опираясь на национальную гордость**, не переводя ее в национализм, чем так грешат наши многие политики. «Нет бедных стран, – утверждает лауреат Нобелевской премии в области экономики В. Леонтьев, – есть страны, плохо управляемые».

В развитых странах достигнуты значительные успехи в деле создания таких условий на рабочем месте, такого психологического климата, внедрения таких побудительных мотивов, которые обеспечивают высочайшую отдачу каждого работника, чего не может сделать страх перед наказанием. В Японии чрезвычайно высокая, если не самая высокая в мире, интенсивность труда. Но вместе с этим, за счет применения разнообразнейших средств психологической разгрузки, снятия стрессов и много другого обеспечена самая высокая средняя продолжительность жизни человека. Безусловно, чтобы лучше жить, надо больше и лучше трудиться.

Чрезвычайно возрастает роль руководителя. Его главной задачей становится не командование, а обеспечение высокой производительности на каждом рабочем месте, обеспечение успеха каждого на основе глубокого знания производства, психологии человека и наук о его поведении. Поэтому правило: **руководить – это значит приводить к успехам других** – одно из основополагающих в менеджменте.

Наше общество за невероятно короткий период, всего в 50 лет, стало обществом знания.

Большинство людей в развитых странах работает по найму. Но это не пролетарии. Они имеют и долю в общественной собственности, и знания, и умения, необходимые, чтобы поддерживать высокий уровень жизни своей семьи и всего общества. Они участвуют в работе управляемых институтов, работают в менеджерской структуре организации.

Все больше и больше членов развитого общества зарабатывают на жизнь, прилагая к работе не мускулы, а мозги. Все больше и больше людей приобретают знания путем долгих лет образования.

Менеджмент – носитель и результат этих двух явлений. Это орган,

посредством которого институты современного общества можно заставить функционировать и выполнять свою миссию. Менеджеры, опираясь на высокий уровень знаний работников, делают человеческие, денежные, физические ресурсы общества максимально продуктивными. «Неважно кому принадлежит собственность. Важно кто и как ей управляет» – заявляет В. Леонтьев.

**Высокий уровень научного обоснования принимаемых решений и демократизация управления – вот причина процветания развитых стран мира.**

### **1.3 Основы трансформации хозяйства**

Переживаемая нами экономическая реформа оценивается как самая крупная реформация конца XX и начала XXI века. Очень важным является то, что изменения иницируются и реализуются цивилизованным способом, и им подлежат практически все фундаментальные элементы жизни нашего общества. Цель реформы – формирование такого общества, в котором высокая степень свобод человека будет дополняться заметной и сильной позицией государства, которое должно служить человеку и ни в коем случае не подавлять законопослушного гражданина. Степень совершенства рынка, механизмов реализации экономической свободы человека и методы государственного регулирования экономически способны так мотивировать поведение человека, что он за счет изобретательного целеустремленного поведения самостоятельно ставит трудные индивидуальные цели и достигает их. Именно факт достижения этих трудных, неординарных целей рассматривается им как успех.

Социально ориентированную рыночную экономику следует понимать как экономику, которая выполняет следующие функции:

- обеспечивает гражданам возможность свободного решения;
- приводит к соревновательному образу жизни;
- помогает большинству людей добиваться своих прав, не ущемляя при этом прав меньшинства.

В экономическом плане эта свобода выражается независимым поведением потребителя при решении им вопросов приобретения благ, а для предпринимателей – свободой решения о виде и объемах производства продукции. Нельзя построить эффективную экономику, игнорируя такие фундаментальные изобретения человечества, как частная собственность и индивидуальная свобода. Защищенные законом, они порождают экономический интерес, конкуренцию, рынок,

доступность ресурсов, ценовой механизм. Все вместе они составляют условия действия той самой "невидимой руки", которая безжалостно наказывает за ошибки и также решительно награждает успехом, но при значительной роли государства, которое направляет эти процессы в сторону формирования социально-справедливого общества.

**Одним из главных стимулов в рыночной экономике и продуктом рынка является выгода сторон, заключающих сделку. Именно она является движущей силой.** Под выгодой в широком смысле этого слова понимаются те хорошие последствия сделки сторон, заключенной именно потому, что она взаимовыгодна и для продавца, и для покупателя. Выгоду можно свести к различным показателям в зависимости от шкалы ценностей человека, заключающего сделку. Если для бизнесмена в его шкале ценностей заметное место занимает прибыль, то для человека как потребителя выгода предстает собой наилучший способ удовлетворения потребностей, а сильное государство регулирует и направляет движение в сторону формирования социально справедливого общества.

С точки зрения экономической свободы каждый гражданин настолько свободен в заключении взаимовыгодных сделок, насколько обмен представляет собой добровольный и полностью осознанный акт каждой из сторон. Такой акт купли-продажи может обеспечить координацию экономической деятельности большого количества людей без принуждения, которое является неизбежным для командной экономики, и снизить (погасить) стремление только к погоне за прибылью в традиционной рыночной экономике.

Разъясняя сущность государственного регулирования национальной экономики, лауреат Нобелевской премии в области экономики В. Леонтьев образно сравнил его с яхтой в море. «Чтобы дела шли хорошо, нужен ветер – это заинтересованность. Руль – государственное регулирование. У американской экономики слабый руль. Нельзя делать так, как говорил Рейган: поднимите паруса, пусть их наполнит ветер, и идите в кабину коктейли пить. Так нас и на скалы вынесет, разобьет яхту вдребезги. Я думаю, что более правильно делают японцы. У них, конечно, есть частная инициатива, но и государство играет большую роль, влияя на развитие экономики в лучшем направлении. Из всех капиталистических стран, у которых в настоящее время можно чему-то поучиться, я бы выбрал не США, а Японию».

Опыт Японии, Южной Кореи, Франции, Швеции и Китая свидетельствует о том, что в условиях рынка общегосударственное планирование является важнейшим фактором экономического роста и сбалансированного развития хозяйства страны. Именно по этому пути идёт Республика Беларусь.

Природе человека свойственно целеустремленное, изобретательное поведение. В этой связи закон и рынок действуют в одном направлении: они регулируют использование экономической власти посредством ее рассредоточения по многим экономическим единицам производителей и потребителей продукции.

Личностные экономические установки человека формируются под влиянием норм закона и свободного рынка, а возможность свободного выбора позволяет получить такие цели и стремления, которые делают изобретательное поведение человека разумным. Это подталкивает всех работников к активной деятельности, порождает соревновательные условия конкуренции, что обеспечивает значительное ускорение развития экономики.

Как показывает опыт развитых стран, шансы на существование имеют только те предпринимательские структуры (предприятия, физические лица), которые находят потребителя для предлагаемых ими товаров (изделий, услуг) по цене, компенсирующей затраты и обеспечивающей получение прибыли производителем.

Ни одно из предприятий, как бы успешно оно ни работало, на рынке не может быть абсолютно уверено в своем будущем. Даже очень хорошая ситуация на рынке для конкретного предприятия означает лишь то, что на сегодняшний день оно является привлекательным партнером для достаточно большой группы потребителей, и ожидания этой группы согласуются с предложением данного предприятия.

Однако положение на рынке никогда не бывает статичным. Это объясняется тем, что:

- на рынке появляются конкурирующие изделия и услуги, характеристика которых в большей степени отвечает запросам потенциальных потребителей;
- на рынке появляются конкурирующие изделия и услуги, которые имеют сходные характеристики, но предлагаются по более низким ценам;
- изменяются вкусы и запросы прежних потребителей, которые



начинают искать изделия и услуги, обладающие другими характеристиками, или же вообще полностью теряют интерес к продукции данного предприятия.

Поэтому ключевой задачей бизнеса любого предприятия и в целом предпринимательства является надлежащее реагирование на перемены, происходящие вокруг. Длительное время считалось, что контактировать с окружающей средой (покупателями, поставщиками, конкурентами, правительством) должны высшее руководство предприятия и призванные заниматься этим торговые и сбытовые службы. Между тем ключевую роль в формировании того, что предлагать на рынке, стали играть не торговые работники, а инженеры, конструкторы, технологи. Сегодня на судьбу предприятия оказывают влияние все его сотрудники.

**Бизнес, предпринимательство никогда не должны останавливать процесс собственного развития. Даже в течение того времени, когда формально в нем не происходят никакие изменения, они должны накапливать потенциал, необходимый для того, чтобы в подходящий момент произвести нужные изменения. Поэтому время, протекающее от одного изменения до другого, не является временем застоя. Это время, когда происходит процесс зарядки "аккумуляторов изменения". Чем глубже укрепится в умах осознание необходимости и неизбежности изменений, чем более обширный круг сотрудников предприятия охватывает такое понимание, тем выше будет вероятность эффективного осуществления изменений и дальнейшего развития предприятия.**

#### **1.4 Сущность бизнеса**

Десятилетиями по политэкономии мы учили, что при капитализме все, в том числе и функционирование предприятий, определяется стихийными экономическими силами, диктатом рынка. При этом, если раньше всегда говорилось, что это плохо, а плановая экономика – хорошо, то теперь рынок – это хорошо, а централизованное планирование – плохо. Рынок сам все приведет в равновесие и с помощью «невидимой руки» Адама Смита установит всеобщее благоденствие.

**Однако реальное функционирование развитой рыночной экономики показывает, что все происходит не совсем так, а точнее, совсем не так. Доказательством этого являются мировые экономические кризисы. Похоже, что неверна сама предпосылка о «диктате рынка».**

Если предприятие будет процветать, то обязательно благодаря активным воздействиям на среду, на общество, а не просто под незримым влиянием слепых и неведомых сил. И это относится к любому предприятию.

Прибыль и прибыльность имеют решающее значение, и для общества даже большее, чем для отдельного предприятия. Однако прибыльность – не цель, а ограничивающий фактор для делового предприятия и его деятельности. Если бы в директорских креслах восседали архангелы вместо бизнесменов, то и они заботились бы о прибыли, несмотря на полное отсутствие личной заинтересованности в ней.

Задача предприятия – не максимизация прибыли, а достижение прибыли, достаточной, чтобы покрыть риск экономической деятельности и тем самым избежать убытков. **Прибыль – это инвестиции в будущее, это рабочие места завтрашнего дня.**

Чтобы узнать, что такое предприятие, мы должны начать с его реальной цели. Эта цель должна лежать за пределами самого предприятия. В сущности, она должна находиться в обществе, потому что предприятие есть коллективный член общества. Есть только одно выдерживающее проверку определение цели предприятия: создать потребителя. Рынки создаются не Богом, не природой, не безликими, слепыми, лишенными индивидуальности, экономическими силами. Они создаются бизнесменами. Потребность, которую предприятие удовлетворяет, может ощущаться потребителем до того, как ему предлагают средства ее удовлетворения. Как пища в момент голода, которая может господствовать над жизнью потребителя и занимать все его мысли. Но она останется потенциальной потребностью до тех пор, пока действия бизнесмена не превратят ее в реальный спрос. Только тогда будут и покупатель, и рынок. **Нужда может не ощущаться потенциальным потребителем:** никто не знал, что ему нужен ксерокс или компьютер, пока их ему не предложили. Потребности может не быть вовсе, пока действия бизнеса не создадут ее посредством инновации, кредита, рекламы или методов продажи. Конечно, объективные законы в чем-то направляют деятельность каждого предприятия и всей их совокупности. Но они не детерминируют ни этой деятельности, ни ее результатов.

**В каждом случае именно деятельность предприятия создает потребителя. Именно потребитель определяет, в чем состоит бизнес. Именно готовность потребителя – и его одного – платить за товар или услугу превращает экономические ресурсы в богатства, вещи – в блага. То, что предприятие, как оно думает, производит, само по себе не очень важно, особенно для будущего предприятия или его успеха.**

«Выпуск качественной продукции – дело трудное, сложное и стоит кучу денег». В таких типично инженерных определениях качества отражается менеджерская некомпетентность. **Даже самая безукоризненная машина – только груда металлолома, пока на нее нет покупателя.**

**То, что, по мнению покупателя, он покупает, что он считает ценностью, имеет решающее значение для предприятия. Именно это определяет, в чем состоит его бизнес, что оно производит, будет ли оно процветать. А покупатель никогда не покупает и не считает ценностью продукт. Это всегда полезность, ценность – то, что продукт или услуга для него делают.**

Казалось бы, ничто не может быть проще и очевиднее, чем бизнес данной конкретной фирмы. Вагоностроительный завод выпускает вагоны, железная дорога перевозит пассажиров и грузы, банк ссужает деньги и т. п. Но на деле вопрос: «в чем состоит наш бизнес?» (what our business is?) – почти всегда трудный вопрос, и ответ на него обычно далеко не очевиден.

Ответ на этот вопрос есть первейшая обязанность высшего руководства фирмы. Только высшее руководство может обеспечить внимание, которого этот вопрос заслуживает, осмысленность ответа, позволяющего предприятию прокладывать свой курс и устанавливать свои цели.

Недостаточная продуманность целей и миссии предприятия – быть может, самая важная причина расстройств и краха предприятий. Напротив, в выдающихся предприятиях успех всегда в большой степени покоится на постановке вопроса «в чем состоит наш бизнес?» – ясной и отчетливой и в ответе на него – продуманном и тщательном.

В отношении определения целей и миссии бизнеса есть только один фокус, одна отправная точка. Это потребитель. Потребитель определяет бизнес.

Бизнес определяется не уставом, названием или договорами. Он

определяется удовлетворением, которое потребитель получает, когда покупает продукт или услугу. Удовлетворить потребителя – миссия и цель каждого предприятия. Поэтому вопрос «в чем состоит наш бизнес?» может получить ответ только при взгляде на бизнес извне, с точки зрения потребителя и рынка.

**То, что потребитель видит, думает, во что верит и чего хочет, должно быть принято менеджментом как объективный факт** и рассматриваться настолько же серьезно, как отчеты продавца, опыты инженера или цифры бухгалтера. И руководство должно сознательно стремиться получить ответ от самого потребителя, а не стараться прочесть его мысли.

Руководство всегда, по понятным причинам, считает свой продукт или услугу важными. Иначе оно не могло бы делать хорошо свою работу. Однако для потребителя ни товар, ни услуга, ни фирма не имеют большой важности. Руководители фирмы склонны верить, что потребитель часами обсуждает их продукцию или услугу. Но если потребителю не нравится это изделие, то он приобретает другое. Если потребителя не устраивают услуги железной дороги, то он переходит на авиа- или автотранспорт. Покупатель хочет знать только, что именно продукт или услуга сделает для него завтра.

**Покупателя интересуют только его собственные ценности, его собственные нужды, его собственная реальность. По одной этой причине любое определение того, в чем состоит наш бизнес, должно начинаться с потребителя, его реальностей, его ситуации, его поведения, его ожиданий и его ценностей.**

Нет одной-единственной категории покупателей, обычно их, по меньшей мере, две или более. И каждая из них определяет иной бизнес, имеет иные ожидания и ценности, покупает нечто иное. Однако в ответе на вопрос должны быть удовлетворены все потребители.

**Покупатель никогда не покупает продукт. По определению, он покупает удовлетворение потребности. Он покупает ценность. Однако производитель, также по определению, не может произвести ценность. Он может только сделать и продать продукт. То, что производитель считает качеством, может поэтому не иметь значения и обернуться бесполезными расходами.**

**Ценность у различных потребителей – понятие настолько сложное, что менеджмент не должен даже пытаться сам найти однозначные ответы. Нужно всегда обращаться к самим потребителям.**

Любые предприятия должны делать свой бизнес, находясь в постоянном поиске ответов на вопросы: кто наши покупатели? где они? что они считают ценностью? Значимость предприятия определяется его вкладом, тем, что оно вносит в общественное благо. Доход приходит от покупателя, все остальное – издержки.

Когда нужно задавать вопрос: в чем состоит наш бизнес? Разумеется, не тогда, когда начинаются неприятности. Ждать неприятностей – безответственность. Вопрос должен задаваться при рождении любого предприятия, особенно, когда оно намерено расти. Но главное, вопрос должен задаваться на вершине успеха.

Понимание этой необходимости составляет секрет силы таких великих фирм, как «Сирс, Робак» или «Марк и Спенсер». непонимание приводит к кризису самые могущественные корпорации.

Дело в том, **при успехе, особенно большом, всегда стареют те самые методы, которыми он достигнут. Ситуация на рынке, в отрасли резко меняется. Успех создает собственные, совершенно новые проблемы.**

Нелегко на вершине успеха спросить себя: в чем состоит наш бизнес? Все думают, что ответ настолько очевиден, что не заслуживает обсуждения. Но менеджмент, который не задает себе этого вопроса, состоит из людей недалёковидных, высокомерных и ленивых. Им не придется долго ждать превращения успеха в катастрофу.

Чтобы постоянно добиваться успеха, необходимо ориентироваться не на свой потенциал развития, а на предполагаемые изменения в среде, на прогнозы и выводы науки.

**Основа успеха бизнеса и установления целей – маркетинг и инновация.** Именно в этих двух областях предприятие получает результаты. Именно за выполнение работы и вклад в этих областях платит покупатель. Во всех других областях цель деятельности – сделать возможным достижение целей в сфере маркетинга и инновации.

### **1.5 Инновации, их классификация и значение для развития экономики страны**

В отечественных законодательных документах понятие «инновация» рассматривается достаточно узко: «Инновация (нововведение) – конечный результат инновационной деятельности, получивший реализацию в виде нового или усовершенствованного продукта, реали-

зуемого на рынке нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности и приносящего прибыль».

Наиболее известный международный документ, регламентирующий многие понятия из области инновационной деятельности, называется «Руководство Осло» (Proposed Guidelines for Collecting and Interpreter Technological Innovation Data: Oslo Manual. Paris: OECD, Eurostat, 1997–2005). Он был подготовлен Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) совместно с Евростатом и содержит рекомендации в области статистики инноваций, которые признаны в качестве международных статистических стандартов.

Примечательно, что в отечественных официальных документах инновацию рассматривают как результат инновационной деятельности, а в зарубежных – как деятельность, процесс изменений.

Инновация – это достижение качественно иной экономической удовлетворенности. Недостаточно только производить товары и услуги, они должны улучшаться, становиться более эффективными. Предприятию не обязательно становиться больше, но оно непременно должно становиться лучше. Инновация – совсем не обязательно изобретение в техническом смысле. Но даже если и включает изобретение, то практически никогда не сводится к нему. Это прежде всего экономический, а не технический или технологический термин. Социальные и экономические инновации часто оказываются важнее технологических. Инновация создает скорее новое богатство и новый потенциал действия, чем новое знание. Инновационная организация работает так, что изменения становятся повседневной нормой.

В повседневной практике, как правило, отождествляют понятия "изменения", "новшество", "инновация". Между тем любые изобретения, новые идеи, товары и услуги только тогда становятся инновациями, когда внедряются на рынок, то есть проходит процесс их коммерциализации.

Зачастую смешиваются понятия «инновация» и «творчество», в то время как между ними существует радикальное различие: творчество является важнейшей составляющей инновации. Другой, не менее важной инновационной составляющей является реализация идеи, которая включает в себя поиск, отбор, оценку и разработку идей, извлечение прибыли.

Инновация рассматривается современными исследователями в

качестве «разнообразной» деятельности, проявляющейся в различных сферах. Инновации считаются главным конкурентным преимуществом на рынке и основным источником стоимости предприятий, тем не менее, руководители уделяют им меньше времени, чем другим направлениям деятельности. В то же время представители инновационных компаний (Intel, Microsoft, Procter and Gamble, IDEO) заявляют, что высоко ценят инновации и поддерживают творческую деятельность сотрудников своих организаций.

Сотрудники международной компании Innovation Consulting Groupе предлагают общее определение инновации, инновационной деятельности, которое включает в себя **четыре ключевых компонента:**

- *креативность* – умение генерировать новые идеи;
- *стратегия* – выяснение того, является ли эта идея новой и полезной с точки зрения развития организации;
- *реализация* – переход от новой и полезной идеи к ее реализации в виде конкретных продуктов и
- *прибыльность* – повышение до максимума ценности конечного продукта и услуг, полученной от реализации новой полезной идеи. Концепция прибыльности может проявляться на практике по-разному, а именно: как финансовый выигрыш, как повышение морального состояния сотрудников и корпоративной солидарности или как вклад в жизнь общества.

Таким образом, **инновация представляет собой «прибыльную реализацию творческой стратегии».**

В СССР инновации в течение долгого времени изучались в рамках исследований экономической составляющей научно-технического прогресса. Своеобразным аналогом инноваций служили научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР). Позднее в отечественных исследованиях вошел в употребление термин «инновация».

**Все виды инноваций условно можно разделить на следующие три группы:**

- *продуктовые* (в товаре, услугах);
- *социальные* (в рынках, поведении покупателей и сотрудников, развитии личности сотрудников);
- *менеджерские* (в технологии управления; организации производства; организационных структурах управления; функциях, методах и технике управления).

**В зависимости от влияния на прибыль различают следующие типы инноваций:**

- инкрементальные;
- инновации роста;
- радикальные;
- эпохальные.

Рассмотрим их более подробно.

**Инкрементальные** (или приростные) инновации несущественно влияют на прибыль организации и представляют собой незначительные усовершенствования продуктов и услуг. Они позволяют сохранять имеющуюся долю рынка и, как правило, требуют небольших финансовых затрат. Такие нововведения увеличивают шансы того, что имеющиеся клиенты компании сохранятся.

Ряд экспертов полагает, что поскольку инкрементальные инновации не могут существенно воздействовать на прибыль организации, им не стоит уделять особого внимания. В действительности все происходит иначе. Инкрементальные инновации имеют большое значение для поддержания денежных потоков и удержания рыночной позиции. На расширяющихся рынках они могут стать эффективным фактором роста, позволяя организации оставаться сильным игроком на рынке. В некоторых случаях инкрементальные инновации косвенно становятся конкурентным преимуществом – когда лидеры сдают свои позиции.

Инкрементальные инновации обладают еще одним достоинством: они редко требуют существенных изменений в поведении потребителя или структуре компании.

Примеры приростных инноваций в секторе услуг: заказ билетов по Интернету; безналичный расчет за билет; банк по-новому оформляет интерьер приемной; в доме престарелых появляется разметка для слепых; международная авиакомпания размещает в салоне первого класса полностью откидывающиеся сиденья для сна и др.

**Инновации роста** (или существенные инновации) обеспечивают увеличение доли организации на рынке, рост бизнеса и снижение операционных затрат (существенная инновация процесса).

Существенные усовершенствования имеющихся продуктов и услуг или внедрение новых приносят заметные улучшения как для компании, так и для потребителя.

**Радикальные инновации** ощутимо воздействуют на при-



быль организации и открывают для нее совершенно новые направления деятельности. Другие названия этого типа инноваций – инновация-прорыв или революционная инновация.

Радикальные инновации часто видоизменяют экономику и преобразуют целые отрасли промышленности. Они характеризуются следующим:

- радикальные инновации достигаются направленной концентрацией усилий, а не пассивным ожиданием счастливого случая;

- чтобы радикальная инновация превратилась в коммерческий продукт, требуется не менее 10 лет плюс еще какое-то время для создания рынка;

- чтобы развивать радикальные идеи, требуются особые институты и финансирование;

- радикальная идея зачастую реализуется по многим направлениям разными компаниями с различными результатами.

Эпохальные инновации – отдельный тип инноваций. Такие инновации – гигантские шаги вперед на пути человечества. Они не принадлежат кому-то одному и не могут дать преимущества первопроходца какой-то одной компании, они порождают целые новые отрасли промышленности. Автомобиль, изобретение электричества, открытие пенициллина, распространение IT-технологий, Интернет – все это эпохальные инновации. Поскольку изобретение автомобиля было прорывом в области передвижения людей, ни одна компания не могла утверждать, что она имеет исключительное право на доходы от его изобретения или защищенное законом право на его продажу. Так же обстоит дело с IT-технологиями, Интернетом и многими другими продуктами.

**«Инновационный процесс – это творческий процесс создания и преобразования идей, знаний в новую продукцию, признаваемую потребителем. Он состоит из следующих этапов:**

- генерирование идей;

- определение возможностей и оценка идей;

- разработка;

- коммерциализация.

Схема инновационного процесса приведена на рисунке 1.1.

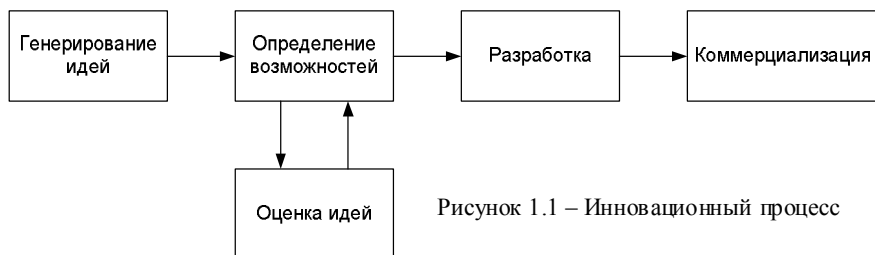


Рисунок 1.1 – Инновационный процесс

Генерирование идей. Инновационный процесс начинается с появления новой идеи. Иногда она возникает спонтанно, когда возможности ее будущего применения еще не исследованы. Бывает наоборот: поставленная проблема или перспективные возможности вдохновляют людей на новые идеи.

На этапе генерирования идей задача инновационного менеджера заключается в получении как можно большего числа потенциально прибыльных идей. Для этого менеджер может использовать такие управленческие инструменты, как:

- система сканирования (поиска) будущих возможностей;
- методы генерирования идей (мозговой штурм, «шесть шляп», синектика и другие);
- системы управления идеями.

Анализ работы наиболее успешных инновационных компаний позволил выявить пять правил повышения инновационной эффективности:

- постоянно повышать количество сотрудников, генерирующих идеи;
- сосредоточиться на радикальных идеях;
- искать источники для идей не только внутри организации, но и вне ее;
- учиться внедрять идеи, проводя малорискованные эксперименты;
- выделять инновационные приоритеты.

Определение возможностей. Целью стадии «Определение возможностей» является понимание того, что новая идея может быть полезна потребителям и компании, пример: «если мы решим какую-то проблему, мы сможем создать новую ценность для наших клиентов» либо «за счет этого мы сможем достичь существенного снижения издержек производства».

На данном этапе специалисту крайне важно заметить потенциал идеи.

Оценка идей. Когда возможности определены, идея должна пройти серьезную оценку у экспертов, которые должны получить ответ на следующие вопросы:

- Будет ли идея работать?
- Обладает ли организация необходимым потенциалом для разработки инноваций?
- Представляет ли идея интерес для покупателей?
- Коррелирует ли она со стратегией организации?
- Принесет ли идея денежную прибыль?

На этом этапе составляются бизнес-планы для наиболее перспективных идей.

Разработка и коммерциализация идей. Идеи, которые положительно отвечают требованиям руководства и получают организационную поддержку, переходят на стадию разработки и длительный путь коммерциализации.

Благодаря творчеству появляются новые идеи, творчество помогает их дальнейшей реализации. Хотя креативность играет критическую роль в инновационном процессе (поскольку без творческих идей не будет новых продуктов), этап разработки крайне важен. Какие-то идеи реализуются и становятся инновациями, а какие-то остаются теориями.

Коммерциализация выступает в качестве окончательного критерия оценки для этих идей, которую дают сами потребители.

Таким образом, **разработка и выведение на рынок инноваций позволит Республике Беларусь занять достойное место среди развитых стран мира.** Внедрение интегрированной логистической поддержки инновационной наукоемкой продукции – важнейший шаг в достижении этой цели.

## 1.6 Роль маркетинга в работе предприятия

**Маркетинг – это основа деятельности предприятия.** Он не может рассматриваться просто как одна из специализированных функций предприятия, наряду с другими, такими, как производство или кадры. Конечно, маркетинг требует особой, отдельной работы, отличающейся от других групп деятельности. Маркетинг является центральной системой измерений для всего предприятия. Это предприятие в целом, рассматриваемое с точки зрения его конечного результата, т. е. с точки зрения потребителя. **Ответственность и забота о маркетинге должны пронизывать все области работы предприятия.**

Среди американских промышленных компаний выдающимся практиком маркетингового подхода, а также лучшим примером силы маркетинга может служить IBM. Она обязана своим ослепительным подъемом не технологической инновации и не лидерству в производстве продукта. Она была среди опоздавших, вошла в производство компьютеров, не имея ни технологического превосходства, ни научного знания. Но в то время как технологические лидеры ранних дней компьютеризации Юнивак, Дженерал электрик или РСА сосредоточили силы на продукте или технологии, продавцы перфораторных машин, возглавлявшие IBM, спросили себя: «Кто наш потребитель? Что для него ценно? Как он покупает? И в чем он нуждается?» В результате, IBM стала тем, что она есть теперь.

Когда менеджеры говорят о маркетинге, они обычно подразумевают организованное выполнение всех функций, связанных с продажей. Но это еще всего лишь продажа. Она начинается с «нашего продукта». Она еще ищет «наш рынок».

Истинный маркетинг начинается с покупателя, с его демографии, его реальностей, его нужд, его ценностей. Он не спрашивает: «что мы хотим продать?». Он спрашивает: «что потребитель хочет купить?». Он не говорит: «наш продукт или услуга делает то-то». Он говорит: «вот удовлетворение, которое ищет, которое ценит и в котором нуждается потребитель».

Конечно, всегда будет нужно заниматься сбытом. Но **цель маркетинга – сделать сбыт излишним, знать и понимать потребителя настолько хорошо, что продукт или услуга заведомо устраивает его и продается сам.**

В идеале, **результат маркетинга – потребитель, готовый купить производимый товар, все, что нужно после этого – доставить ему продукт или услугу.** Это вопрос техники, а не мастерства сбыта, статистического распределения, а не проталкивания.

Маркетинг – самостоятельное научное направление, рассмотрению которого посвящены многие литературные источники. Как порождение рыночной экономики он является стратегией производства, полностью (от научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ до сбыта и сервиса) подчиненной условиям и требованиям рынка, находящимся в постоянном динамическом развитии под воздействием широкого спектра экономических политических, научно-технических и социальных факторов.

Предприятия-производители и экспортеры рассматривают марке-

тинг как средство достижения целей, фиксированных на данный период по каждому конкретному рынку и его сегментам, с наивысшей экономической эффективностью. Однако это становится реальным тогда, когда производитель располагает возможностью систематически корректировать свои научно-технические, производственные и сбытовые планы в соответствии с изменениями рыночной конъюнктуры, маневрировать собственными материальными и интеллектуальными ресурсами, чтобы обеспечить необходимую гибкость в решении стратегических и тактических задач, исходя из результатов маркетинговых исследований. При этих условиях маркетинг становится фундаментом для долгосрочного и оперативного планирования производственно-коммерческой деятельности предприятия, составления экспортных программ производства, организации научно-технической, технологической, инвестиционной и производственно-сбытовой работы коллектива предприятия, а управление маркетингом – элементом системы управления предприятием.

Но сегодня этого слишком мало, чтобы удержаться на рынке. Ушел в небытие «благотетельный маркетинг». На его место пришли маркетинговые войны, а не просто агрессивный маркетинг.

Суть маркетинга сегодня заключается не только в обслуживании покупателей. Необходимо перехитрить, обойти, победить наших конкурентов. Короче говоря, маркетинг – это стратегия, в которой конкурент является вашим противником, а покупатель – территорией, подлежащей завоеванию. Язык маркетинга заимствован у военных. (Мы *запускаем* маркетинговую *кампанию*.) Мы говорим и действуем, как генералы, но при этом не думаем и не планируем, как они. Наступило время применить принципы военной стратегии к нашей маркетинговой деятельности и, таким образом, увеличить шансы на успех.

Маркетинговые битвы происходят вовсе не в отделах сбыта и не в супермаркетах. А также не на улицах городов. Маркетинговые сражения разыгрываются в умах потенциальных покупателей. Ум – вот настоящее поле битвы. Очень трудная для понимания территория. **Маркетинговая война – это борьба умов производителей за умы потребителей.**

Нельзя вести маркетинговую войну каким-то одним способом. Есть четыре возможных стратегии:

- 1) «оборонительная»;

- 2) «наступательная»;
- 3) «фланговая»;
- 4) «партизанская».

Какой способ действий избрать – вот самое первое и важное решение, которое необходимо принять. Это решение зависит от позиции в стратегическом квадрате, который можно построить для любой товарной категории или отрасли.

**Принципы «оборонительной» стратегии.** Это стратегия только для маркетингового лидера.

Принцип № 1. *Лучшая стратегия обороны – это мужество атаковать самого себя.*

Поскольку обороняющаяся сторона является лидером, она прочно закрепилась в сознании потенциального покупателя. Чтобы еще более упрочить свою позицию, лучше всего постоянно ее атаковать. Иными словами, вы укрепляете свою позицию, выпуская товары и услуги, которые делают ваши предыдущие продукты устаревшими. Конкуренты предпринимают судорожные попытки, пытаясь за вами угнаться. Однако, как говорится, в движущуюся цель попасть труднее, чем в неподвижную.

Атака на самого себя может заставить пожертвовать сиюминутными прибылями, но имеет одно фундаментальное преимущество: она защищает рыночную долю – решающее оружие борьбы в любой маркетинговой битве.

Верно и обратное. Любая компания, которая не может решиться атаковать себя, обычно теряет часть рынка и, в конечном итоге, лидерство на нем.

Принцип № 2. *Сильные шаги конкурентов всегда нужно блокировать.*

Большинству компаний предоставляется всего один шанс победить, однако у лидеров таких шансов два. Если лидер упустит возможность и не атакует самого себя, компания, как правило, сможет поправить свое положение за счет копирования шагов конкурентов. Но двигаться ей нужно быстро, чтобы атакующая фирма не успела закрепиться.

Помните, что война происходит в умах потенциальных покупателей. Атакующей стороне требуется время, чтобы произвести на них впечатление, сформировать новое представление. Обычно этого времени достаточно, чтобы лидер прикрыл свои тылы.

Не нужно истолковывать оборонительную войну как пассивную работу. Напротив, хорошая оборона имеет наступательную природу, у нее есть четкая цель – защитить доминирующую рыночную позицию компании.

**Принципы «наступательной» стратегии.** Когда абсолютного превосходства достичь невозможно, вы должны добиться относительного превосходства, но в решающей точке, за счет умения использовать ресурсы, которыми располагаете. Если лидеры должны вести оборонительную стратегию, то компании-середнячки должны вести наступательную стратегию на отдельные уязвимые места лидера, отвоювая у него определенную долю рынка. Маркетинговые войны являются таким же искусством, как и искусство военное, и никак ни наукой. Решать нужно все самому.

**Принцип № 1. Лидер обладает позициями в сознании покупателей.** Чтобы выиграть битву за умы, нужно отобрать эти позиции, прежде чем вы сможете заменить товары лидера своими собственными. Вам недостаточно преуспеть – нужно разгромить остальных. В особенности лидера. Никогда не забывайте, что маркетинговая война – это состязание умов, и поле боя – тоже человеческий ум. На него должны быть нацелены все наступательные операции.

**Принцип № 2. Найдите слабое место в стиле лидера и атакуйте его.** Искать уязвимое место необходимо там, где лидер силен, а не там, где он слаб. Возможно, лидеры чему-то не придали значения, что-то посчитали неважным, о чем-то просто забыли.

**Принцип № 3. Проводите атаку на возможном более узком фронте.** Предпочтительно с одним единственным продуктом. «Полный ассортимент» – это роскошь, которую могут позволить себе только лидеры.

Наступательная война подходит только для самых целеустремленных и опытных специалистов по маркетингу. Однако в любом случае мы можем повысить свои шансы на успех, если будем тщательно анализировать силу лидера.

**Принципы «фланговой» стратегии.** Для большинства руководителей маркетинга оборона и наступление являются привычными понятиями. Лидер обороняется, а остальные на него нападают. Многие руководители считают фланговую стратегию понятием, которое невозможно применить в практике маркетинга. Это не так. Фланговая атака является самым инновационным способом ведения маркетинговой стратегии.

Принцип № 1. *Хороший фланговый маневр должен быть направлен на еще неоспариваемую территорию.* Фланговая операция не требует участия в ней какого-нибудь нового товара, которого еще не видел рынок. Однако в предлагаемом товаре должен присутствовать некий элемент новизны или эксклюзивности. Необходимо, чтобы потенциальный покупатель считал его новой товарной категорией.

Традиционная территория маркетинга называет этот подход сегментированием, поиском новых сегментов или ниш. Чтобы предпринять настоящую фланговую атаку, нужно первым занять этот сегмент. В противном случае операция превратится в наступательные действия на обороняемую позицию.

Принцип № 2. *Тактический сюрприз должен быть важным элементом плана.* По своей сути фланговая атака является для противника сюрпризом. В этом отношении она отличается от наступательных и оборонительных действий, суть и направление которых легко предсказуемы. Фланговые маневры абсолютно непредсказуемы. Чем неожиданнее атака, тем больше времени понадобится лидеру, чтобы прийти в себя и предпринять какие-то ответные действия.

К сожалению, крупные фланговые маневры часто срываются из-за проведения пробного маркетинга или слишком большого числа исследований, которые выдают стратегию компании ее конкурентам. Пробный маркетинг планируемой фланговой атаки недопустим.

Принцип № 3. *Преследование противника так же важно, как и сама атака.* Это самый "боевой" принцип. Без него ни одна победа не будет иметь серьезного результата. Тем не менее, очень многие компании, вырвавшись вперед, самоустраиваются от дальнейшей борьбы. Они достигают свои первоначальные маркетинговые цели, а затем направляют ресурсы на решение иных задач. Это является большой ошибкой, особенно во фланговых маневрах.

Допустим, у компании пять товаров: три успешных и два неудачных. Какие из них занимают умы высшего руководства этой компании? Правильно, неудачные. А должно быть наоборот. Надо избавляться от того, что приносит одни убытки, и заставлять работать то, что приносит прибыль.

Многие компании в силу некоторых причин скорее эмоционального, нежели экономического плана, не умеют обращаться с успехом. Они не думают о будущем и тратят все свои маркетинговые средства на исправление стратегических ошибок прошлого.



Если ваш новый товар, который вы применили для проведения фланговой атаки, стал популярным, вы должны использовать его как можно более полно. Вам следует нацелиться на победу и на этом направлении расходовать свои ресурсы. Успех порождает успех. Необходимо использовать свой маркетинговый вес, чтобы положить начало успеху нового товара еще до того, как лидер предпримет ответные действия.

В целом фланговая атака – занятие не для робких и осторожных. Это большая игра, в которой можно выиграть, но можно и крупно проиграть. Фланговая атака требует глубоких знаний, дара видения и предвидения.

**Принципы «партизанской» стратегии.** В бизнесе, как и в реальных военных действиях, у «партизана» есть запас тактического преимущества, который позволяет маленькой компании процветать на землях, где живут гиганты. Важны не столько размеры рассматриваемой компании, сколько масштабы конкурентов. Ключ к успеху заключается в умении подстроить свою тактику под тактику конкурентов.

Принцип №1. *Найдите достаточно маленький сегмент рынка, который вы смогли бы защищать.* Он может быть небольшим территориально, по объему сбыта или в любом другом отношении, лишь бы крупной компании было трудно его атаковать. «Партизан» старается уменьшить поле боя, чтобы достичь на нем превосходства в силе. Иными словами, старается стать большой рыбой в маленьком пруду. Обычно это достигается территориально.

Принцип №2. *Какого бы успеха вы не добились, никогда не ведите себя как лидер.* В тот день, когда компания-«партизан» закажет своему директору лимузин, начнется ее упадок. Как можно больший процент работников такой компании должен находиться "на линии огня". Они обязаны бороться с искушением создать формальную организацию, должностные инструкции, план продвижения по службе и прочие атрибуты штатной лидирующей компании. По возможности, у них вообще не должно быть штатных руководителей – одни линейные работники.

Вовлечение как можно большего процента работников в принятие решений на месте – не просто тактика. Это еще и способ резко повысить скорость реакции фирмы-«партизана» на рыночные изменения. Это очень ценные качества, когда фирма конкурирует с неповоротливым гигантом.

Принцип № 3. *Будьте готовы свернуть свои дела в любой момент.* Компания, которая вовремя «убегает», может снова возродиться в новом месте. Не раздумывайте и бросайте позицию или продукт, если чувствуете, что проигрываете битву. У «партизана» нет лишних ресурсов, чтобы тратить их на заведомо проигрышный план. «Партизан» должен быстро свернуть свои дела и уйти на новое место. Вот тут и сказывается преимущество в гибкости и отсутствии жесткой структуры.

Сегодня в условиях мирового экономического кризиса чрезвычайно возрастают требования к компетентности руководителей маркетинговых служб. Каким же он должен быть – «маркетинговый генерал», чтобы предприятие выжило в современных сложных условиях? «Маркетинговый генерал» должен:

1) быть гибким, чтобы подстраивать стратегию под ситуацию, а не наоборот. Большинство руководителей делают прямо противоположное. Они начинают со стратегии, которая хорошо сработала когда-то в прошлом, а затем анализируют ситуацию. И слишком часто получается так, что ситуация "подгоняется" под стратегию. Сделать это несложно, поскольку "факты" никогда неизвестны на сто процентов;

2) обладать смелостью мышления. В чем разница между хорошим руководителем и посредственным? В мужестве. У хорошего руководителя имеется неограниченный запас смелости мышления, чтобы противостоять и начальникам, и подчиненным, настаивающим на применении иного подхода. Хороший руководитель должен быть открыт для всех точек зрения, однако рано или поздно наступает время, когда приходится принимать решение. В этот момент открытость должна исчезнуть, а руководитель погружается глубоко в себя, чтобы найти там силу воли и мужество отстаивать свое мнение. Многие консультанты любят переоценивать фактор боевого духа коллектива, полагая, что только за счет этого можно добиться маркетинговой победы. Такое утверждение неверно, а вот обратное – справедливо. Ничто так не укрепляет боевой дух коллектива, как маркетинговая победа;

3) быть решительным. Но генерал – это не солдат. Взамен бесстрашия руководителю необходима решительность. Он должен быть способен нанести в нужный момент быстрый и решительный удар. Очень часто по мере продвижения вверх по лестнице успеха руководители утрачивают это качество. Многие руководители от маркетин-

га имеют один порок: они проявляют слишком много мужества и отваги, когда ситуация складывается не в их пользу; и слишком осторожны, когда ситуация требует быстрых и решительных действий;

4) знать факты. В борьбе все очень просто, но при анализе самая простая вещь оказывается самой сложной. Хороший руководитель строит свою стратегию с самых низов, начиная с деталей. Законченная стратегия будет простой, но далеко не обязательно – очевидной. Выбор стратегии и времени – вот главные высоты маркетинга.

## 1.7 Инновационная экономика

Деловое предприятие – специфический орган роста, экспансии, изменений. Поэтому **главная функция делового предприятия – инновация, т. е. производство качественно иной экономической удовлетворенности.**

Результатом инновации может быть снижение цены. Этим наиболее озабочены экономисты – по той простой причине, что это единственный результат, к которому достаточно подойти с количественными инструментами. Но результатом может быть новый продукт, новое удобство, новая потребность.

Самая продуктивная инновация – это новый продукт, создающий новый потенциал удовлетворенности. Как правило, такой продукт стоит дороже, но, в конечном счете, он делает экономику более продуктивной.

Антибиотики стоили намного дороже, чем холодные компрессы, которыми раньше лечили от пневмонии. Компьютер стоит куда дороже, чем счеты, пишущая машинка или карандаш. И если мы найдем лекарство от СПИДа, то оно, вполне возможно, будет стоить дороже, чем пышные похороны.

Цена продукта – лишь одно из измерений ценности инновации и даже экономического процесса в целом. Мы можем соотнести цену с единицей выпуска, скажем, цену лекарства с объемом экономии на выплатах пособий по болезни и добавленных рабочих днях. Но даже и этого недостаточно. Нужно как-то измерить ценность. Какую экономическую ценность инновация дала покупателю? Покупатель здесь – единственный судья, он один знает свои экономические приоритеты.

**Инновацию можно определить как задачу надления человеческих и материальных ресурсов новой способностью производить богатство.** Поэтому она особенно важна для развивающихся

стран. В этих странах есть ресурсы. Однако они бедны, потому что не способны эффективно преобразовывать ресурсы в готовую продукцию высокого качества. Для этого нужны знания и персонал, способный реализовать современные достижения. Можно импортировать технологию. Но нужны собственные социальные инновации, чтобы эта технология смогла работать. Развитие – это и есть, в сущности, предпринимательская задача.

Одним из показателей успешного *экономического* развития являются высокие темпы экономического роста. На практике под экономическим ростом понимается долговременное увеличение объема реального ВВП на душу населения. Факторы, определяющие темпы экономического роста, находятся в центре внимания экономистов-теоретиков и деятелей, осуществляющих экономическую политику.

**В долгосрочном периоде темп экономического роста объясняется исключительно темпом технического прогресса.** Ранние теории роста принимали эту величину как *экзогенно* заданную и ничего не говорили об источниках технического прогресса. Лишь в 1980-х годах стали появляться первые модели *эндогенного* роста, в которых в явном виде моделируются технологические прорывы в форме *новых* товаров, рынков, производственных процессов. Подобные инновации составляют суть технического прогресса и обуславливают экономический рост, увеличивая производительность труда, капитала и других факторов производства.

В новых моделях роста рассматриваются *горизонтальные* и *вертикальные* инновации. Горизонтальные инновации связаны с увеличением разнообразия товаров, в то время как вертикальные – с изобретением принципиально новых или более качественных товаров и технологий, вытесняющих старые. В контексте долгосрочного экономического развития более важными являются именно вертикальные инновации, т. е. совершенствование существующего или изобретение нового.

В рамках теории вертикальных инноваций испытала второе рождение идея Йозефа Шумпетера о «творческом разрушении» (*creative destruction*) как основе экономической динамики.

Творческое разрушение – процесс, в котором участвуют конкурирующие предприниматели-инноваторы. **В качестве стимула для осуществления исследований и разработок выступает монопольная рента, которую они получают в результате изобретения но-**

**вого товара, услуги или технологии** вплоть до осуществления очередной инновации или, например, окончания срока действия патента. Именно это является источником процветания (богатства) развитых стран мира. Таким образом, **естественное стремление предпринимателей к получению высокой прибыли ведет к непрерывному процессу замещения устаревших технологий новыми, творческому разрушению.**

Итак, согласно теории роста, основанного на инновациях, вопрос о стимулировании экономического роста напрямую связан с увеличением интенсивности *инновационной деятельности* на уровне предприятий, которая в свою очередь определяется ожидаемой прибылью от вложений в исследования и разработки.

Поддержка инновационной деятельности возможна при осуществлении разумной экономической политики в области патентного законодательства, защиты прав собственности, налогового, антимонопольного и торгового регулирования.

Важнейшая **роль инноваций** как основы экономического роста стран, а также стремление развитых государств конкурировать за счет высоких технологий являются характерными чертами современного (постиндустриального) этапа развития экономики.

**В развитых странах мира интеллектуальные технологии стали так же важны, как были важны машинные технологии в предыдущие полтора столетия.** И действительно, раньше содержанием журнальных списков и каталогов были в основном товары и услуги, но теперь, в связи с переходом к инновационной экономике, каталогизировать стали явления совсем другого рода – революционные идеи и знания.

Под категорией «**знание**» понимается упорядоченная информация, признаваемая в качестве знания определенными социальными субъектами и обществом в целом.

**Инновационная экономика** (или «экономика знаний») – это экономика общества, основанная на знаниях, инновациях, доброжелательном восприятии новых идей, готовности их практической реализации в различных сферах человеческой деятельности.

Как показывает практика, на становление современной экономики повлияло три основных фактора:

- миграция людей, которая все усиливается в мировом масштабе;
- прорыв в компьютеризации, благодаря которому стал возможен

быстрый обмен информацией на дальнем расстоянии (компьютерные мощности сейчас удваиваются каждые 18 месяцев, начиная с изобретения микрочипа);

- сближение наук, что подтверждается в том числе постулатами синергетики.

По мнению многочисленных ученых, «дисциплинарная наука умерла». **Самые крупные научные достижения находятся на стыке нескольких дисциплин.** Все реже рождаются научные труды, автором которых является один человек. Часто их создает группа людей, занимающихся разными дисциплинами.

Успешнее всего идея междисциплинарности реализована в Институте Санта-Фе в Нью-Мексико. Как утверждает устав Института, он «призван поощрять новый вид научных исследований, которые приводят к синтезу наук». Сегодня Институт Санта-Фе – это частная независимая исследовательская структура, дающая возможность плодотворно сотрудничать физикам, биологам, криминологам и социологам.

Как же различные страны формируют инновационную экономику? Считается, что в экономику знаний можно прийти двумя путями. Один, более характерный для США, – невмешательство государства, дающее компаниям необходимую свободу для инноваций, привлечения и развития талантов, применения высоких технологий. Другой путь, более свойственный Европе, – выработка межгосударственных стратегий, направляющих национальные экономики в нужное русло.

Опыт перехода к постиндустриальной экономике у каждой страны свой.

**Великобритания.** Сегодня это один из основных мировых центров экономики знаний. 26 % экспорта Великобритании составляют высокотехнологичные товары.

«Не Америка, не Германия, не Франция и не Китай, – говорит исполнительный директор SAP СНГ Борис Вольпе, – а именно Британия – это лучший образец новой экономики, страна, где природных ресурсов очень мало, а последняя шахта закрыта еще при Маргарет Тэтчер. Что продает Британия внутри и снаружи? Сервис, консалтинг, банковские услуги, образование, искусство, дизайн – прекрасные вещи. Ни одна из них не отравляет экологию. Большая часть из них не зависит от экономических циклов, потому что стратегии всегда хорошо покупают. К примеру, если компания развивается, ей

нужны стратегии развития, если страдает от кризиса, ей нужны стратегии по выходу из кризиса. Но такой тип экономики требует огромного объема знаний, и они оплачиваются лучше, чем физический труд. Свои интеллектуальные продукты, knowledge, они обменивают на энергоносители и продукты материального производства с большой выгодой для себя, не находясь при этом в зависимости от энергоносителей»

**Финляндия.** Опыт Финляндии 1990-х годов являет собой ярчайший пример того, как знание становится движущей силой экономических преобразований и роста. Если еще совсем недавно, в 1970-е годы, основным источником доходов страны были ресурсные отрасли, то сегодня ее экономика ориентирована на сектор информационно-коммуникационных технологий, как ни одна другая национальная экономика в мире. Сегодня по уровню инвестиций в исследовательскую деятельность Финляндия занимает третье место в мире (после Швеции и Израиля).

Одна из главных особенностей финской модели состоит в системном взгляде на инновационную политику. Государство поставило своей целью улучшение общих условий для компаний и целых отраслей, особенно в сфере развития и распространения знаний и инноваций. Этот системный подход был реализован через *публично-частные* партнерства, включающие организации экономических исследований, отраслевые федерации и частные компании. Такое сотрудничество позволило связать фундаментальные исследования и прикладные с развитием бизнеса и коммерциализацией инноваций.

**Индия.** Самая молодая «экономика знаний» принадлежит Индии. Не имея многовекового исторического научно-технического опыта, которым обладает Запад, эта страна за какие-то 20–30 лет построила прогрессивную и эффективную, пусть и не оформившуюся как следует, модель экономики, в немалой своей доле основанной на знаниях, где основным продуктом является не товар, а *услуга*. Уже сегодня на долю Индии приходится две трети мирового рынка оффшорных IT-услуг и половина рынка аутсорсинга бизнес-процессов. Как показывает исследование западного журналистского сообщества относительно перспектив азиатских гигантов, 80 % респондентов считают, что через пять лет более благоприятный бизнес-климат будет именно в Индии.

**Япония.** «Экономическое чудо» – так называли Японию свидетеле-

ли ее стремительного роста после двух мировых войн. Сегодня эта страна стала крупнейшим в мире экспортером капитала, второй промышленной державой и третьим экспортером продукции в мире. Из 500 крупнейших транснациональных компаний 141 – японские. В Японии затраты на исследовательскую деятельность составляют 3 % валового национального продукта – самый высокий показатель среди развитых стран. При этом доля государственных расходов на науку составляет всего 20 %, что ниже, чем в западных странах (30 % – в США, 40 % – во Франции).

Отсутствие серьезного запаса природных ресурсов фактически вынудило Японию стать частью экономики знаний. Японские высокотехнологичные компании создали многие форматы и технологии, впоследствии ставшие мировыми стандартами.

Еще один знаковый оплот экономики знаний в Японии – Honda. Начав с производства мотоциклов, эта компания стала первым разработчиком робота-гуманоида Asimo, способного передвигаться на двух ногах. Залогом своего успеха Honda считает сочетание элементов крупной организации (всемирный охват и технологические инновации) с гибкостью, скоростью и эффективностью маленькой компании.

Toyota знаменита за пределами Японии своими принципами организации бизнеса – Toyota Production System. Руководство Toyota было в полной уверенности, что научиться мыслить и действовать в рамках Toyota Production System может только японец, причем воспитание специалиста может занять до 20 лет. Формализация тойотовской идеологии помогла сделать из этой системы общедоступную модель управления.

**Россия.** Экономика России в настоящее время обладает четко выраженной ресурсно-сырьевой направленностью. Основную долю российского экспорта составляют минеральные продукты, топливно-энергетические товары, металлы и современные средства вооружения.

В соответствии с глобальным исследованием Boston Consulting Group, среди 100 наиболее успешных мировых компаний (Rapid Developing Economies countries), присутствуют 6 российских: «Газпром», РАО «ЕЭС», «Лукойл», «Норильский никель», «Русал», «Северсталь». Все эти организации представляют отрасли, связанные с природными ресурсами и энергетикой.



Ученые из российских академических институтов занимаются исследованием возможностей выхода России на траекторию устойчивого развития и перехода к инновационной экономике. Они полагают, что инновации в России в настоящее время в первую очередь должны обеспечивать производство качественных и доступных населению продуктов питания и лекарств, строительство жилья и дорог, коммуникаций, ресурсосберегающие технологии. **Многие из инноваций нужны не для гармонизации экономики, а для выживания страны.**

Достаточно напомнить американский опыт. Основу силиконовой долины – гордости американского высокотехнологического сектора – составляет Стэнфордский университет (Stanford University), который обеспечил не только научную и организационную поддержку тысячам фирм, выросшим возле него. Он выступил как эффективный собственник, сдав в аренду на длительные сроки площади университета и его земельные участки ряду фирм, развивавших высокотехнологичные проекты, была стратегически важным шагом и для формирования инновационной структуры штата.

Начиная с 1990-х годов, инновационная деятельность в России тесно связана с системой высшего образования и осуществляется по двум основным направлениям:

- реализация инновационных программ;
- развитие различных научно-технических и инновационных организационных структур (технопарки на базе ведущих вузов страны, инновационно-технологические центры, инновационно-промышленные комплексы, центры сертификации и коммерциализации, малые инновационные предприятия).

Не менее важным шагом к созданию инновационной экономики (помимо развития науки) являются инновации российских предприятий, которых на сегодняшний день очень мало. Большинство российских инноваций возникает в тех стратегически важных отраслях, которые целенаправленно финансирует государство (например, в области вооружения). Что касается коммерческих предприятий, то их руководители пока не стремятся рисковать и инвестировать в инновационные разработки. Тем не менее, в связи с глобальными тенденциями развития, умение управлять инновациями и получать от них прибыль в самом скором времени станет наиболее актуальной задачей менеджеров.

Руководители современных организаций должны понимать, что

для постоянного устойчивого развития требуется создание особой системы управления, нацеленной на непрерывные инновации. Такая система должна передавать образ мышления руководства всем сотрудникам компании и обеспечивать выполнение основных организационных целей. Формирование такого подхода к управлению является важнейшей задачей менеджмента в инновационной экономике.

**Республика Беларусь.** Наше государство с самого начала взяло курс на формирование инновационной социальной экономики. На этом пути уже достигнуты значительные успехи. Программой социально-экономического развития Республики Беларусь определено, что главными направлениями повышения уровня конкурентоспособности экономики является ее перевод на инновационный путь развития.

**«Путь у нас только один – ускоренный переход к экономике инновационной, наукоемкой, ресурсосберегающей, конкурентоспособной на мировом рынке»,** – подчеркнул Глава государства в Послании белорусскому народу и Национальному собранию Республики Беларусь в 2007 году.

Универсальное определение конкурентоспособности в экономической науке отсутствует. В общем смысле **конкурентоспособность – это обладание каким-либо субъектом хозяйствования свойствами, дающими преимущества в соревновании с конкурентом.**

Конкурентоспособность становится одним из ключевых понятий, в котором концентрированно выражаются экономические, научно-технические, производственные, организационно-управленческие, маркетинговые и иные возможности не только отдельного товара, отрасли, но и экономики страны в целом или даже групп стран. В связи с этим обычно рассматривают три вида (уровня) конкурентоспособности:

- продукции, предприятия (микрор уровень);
- отрасли или отдельных регионов (мезоуровень);
- народнохозяйственных комплексов, национальных экономик (макроуровень).

**Конкурентоспособность товара (продукции)** – это такой уровень его экономических, технических и эксплуатационных параметров, который позволяет выдержать соперничество (конкуренцию) с другими аналогичными товарами на рынке. Конкурентоспособность товара, как правило, определяется путем сравнения его различных параметров с аналогичными показателями товара-конкурента (рисунок 1.2).

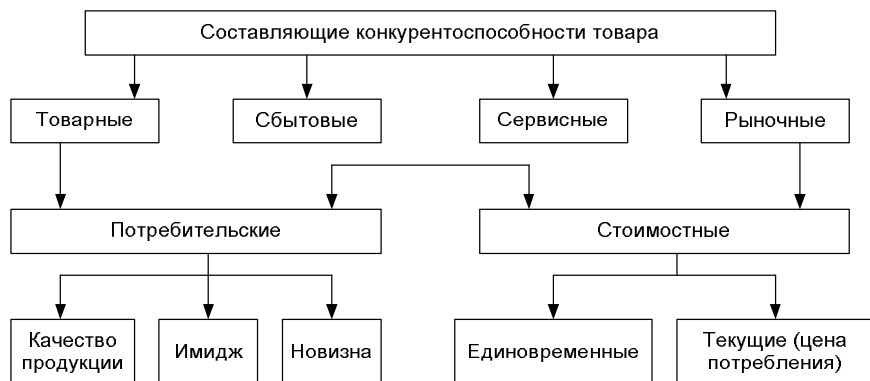


Рисунок 1.2 – Конкурентоспособность товаров (продукции)

В экономической теории выделяют различные показатели и методы оценки конкурентоспособности товаров: по объему их продаж, сравнению уровня издержек производства и реализации, анализу финансовых показателей, анализу рыночных долей и их динамики.

В качестве наглядного примера конкурентоспособности конкретной продукции можно использовать производство автомобилей. Еще 10–15 лет назад мы имели весьма слабое представление о корейских автомобилях. Но сейчас корейские компании теснят на мировом рынке ведущих автопроизводителей мира. Если с 1998 по 2005 годы последние увеличили объемы производства в среднем на 10–20 %, то за этот же период корейская компания «Hundai-Kia» нарастила объемы производства более чем в 3 раза – с 900 тыс. до 3 090 тыс. автомобилей, увеличив тем самым свою долю на мировом рынке производства автомобилей с 1,7 до 4,7 %. Этот факт наглядно свидетельствует о растущей конкурентоспособности южнокорейских авто.

**Конкурентоспособность продукции неразрывно связана с конкурентоспособностью предприятия (фирмы).** К важнейшим показателям конкурентоспособности предприятия (фирмы) относят рентабельность производства, производительность труда, уровень качества производимых товаров, характеристики инновационной деятельности, показатели экспорта. Решающей предпосылкой конкурентоспособности предприятия является производство конкурентоспособных товаров.

Среди основных конкурентных преимуществ предприятия (фирмы) традиционно выделяют:

- предложение лучшей продукции на рынке;
- предоставление лучшего обслуживания потребителю;
- обеспечение более низких, чем у конкурентов, цен;
- лучшее территориальное расположение;
- выпуск продукции с более привлекательными для потребителя свойствами или внешним видом;
- более короткое время выхода на рынок с новой продукцией;
- обладание популярной торговой маркой и высокой репутацией.

Конкурентные преимущества достигаются за счет природных, материальных, трудовых и финансовых факторов: более дешевых производственных ресурсов, выгодного географического положения страны, высокой производительности труда, более современных технологий, развитой инфраструктуры.

**Как показывает практика, успех в международной конкуренции на сегодняшний день определяет не столько наличие природных, человеческих, финансовых и других ресурсов, сколько эффективное их использование.**

Яркой иллюстрацией сказанному служит пример белорусского предприятия по производству холодильников ЗАО «Атлант». Завод демонстрирует свою конкурентоспособность последние 15–20 лет. Даже в начале 1990-х годов, когда большинство белорусских предприятий находилось на грани банкротства, «Атлант» не снизил объемов производства (728 тыс. холодильников в 1990 году и 746 тыс. – в 1995-м), а в 2006 году было произведено уже 1 050 тыс. холодильников и морозильников.

**Конкурентоспособность отрасли** характеризуется оценкой ее положения на международных рынках и определяется рядом факторов:

- оптимальным уровнем концентрации, специализации и кооперирования в отрасли;
- высоким удельным весом конкурентоспособного персонала в отрасли;
- качественной информационной и нормативно-методической базой управления в отрасли;
- наличием конкурентоспособных поставщиков;
- доступом к качественному дешевому сырью и другим ресурсам;
- эффективностью использования ресурсов;
- высоким уровнем радикальных новшеств (патентованные товары, технологии, информационные системы);

- проведением сертификации продукции и систем;
- эксклюзивностью товаров отрасли;
- высокой эффективностью организации отрасли;
- значительной долей экспорта наукоемких товаров;
- большим удельным весом в мировом экспорте товаров и мировом производстве.

Количественно отраслевую конкурентоспособность характеризуют показатели доли экспорта товара в общем объеме экспортных поставок страны или мировом экспорте товаров, доли данной отрасли в ВВП государства. Например, в Японии высокую конкурентоспособность демонстрируют такие отрасли, как автомобилестроение, радиоэлектроника; Дании – сельскохозяйственное производство; Италии, Испании, Болгарии – туризм.

В современных условиях конкурентоспособность (предприятия, отрасли или экономики в целом) обусловлена, прежде всего, стабильностью политических, социальных и экономических условий. Поэтому главным уровнем обеспечения конкурентоспособности заслуженно признается **государственный**, на котором определяются т. н. «правила экономической игры», т. е. основные условия функционирования всей хозяйственной системы.

**Конкурентоспособность национальной экономики – это способность страны как геополитического субъекта производить и реализовывать товары и услуги, отвечающие требованиям мировых рынков, и создавать условия наращивания государственных ресурсов со скоростью, позволяющей обеспечивать устойчивые темпы роста ВВП и качество жизни населения на уровне мировых значений.**

Конкурентоспособность страны характеризуют ряд факторов:

- стабильность политической и правовой систем;
- высокая эффективность использования ресурсов;
- наличие природных ресурсов и благоприятный климат, выгодное географическое положение;
- открытость экономики, высокий уровень международной интеграции и кооперирования;
- значительные вложения в развитие человека (на образование, здравоохранение, социальные нужды);
- высокий уровень ВВП на душу населения;
- значительная доля конкурентоспособных фирм;

- оптимальный экспорт-импорт;
- наличие конкурентной среды;
- значительные расходы из госбюджета на НИОКР.

Исследователи проблемы конкурентоспособности используют различные **методологические подходы** для измерения ее уровня в целях сравнения этого показателя в различных странах. Наиболее широко используются три основных подхода.

**Первый** базируется на анализе основного макроэкономического показателя – ВВП на душу населения. Производство ВВП на душу населения может служить важной обобщающей характеристикой конкурентоспособности страны на макроуровне, однако не позволяет определить степень влияния отдельных факторов на национальную конкурентоспособность.

**Основой второго** служит исследование реализованных конкурентных преимуществ, которые выражаются данными о результатах внешнеторговой деятельности страны, об изменении доли отечественных товаров во внутреннем товарообороте. В качестве показателей конкурентоспособности страны рассматриваются доля страны в мировом экспорте определенного товара, удельный вес товара в совокупном экспорте страны, соотношения между экспортом и производством, импортом и потреблением отдельных товаров. В этом плане характерен пример Китая. Доля этой страны в мировом производстве и экспорте ряда товаров (одежды, обуви, радиоэлектроники, компьютеров, автомобилей) неуклонно растет. Удельный вес страны, к примеру, в мировом производстве легковых автомобилей вырос с 1 % в 1997 году до 7 % в 2005-м. Соответственно вырос и их экспорт.

**Третий** основан на сравнении конкурентоспособности стран по различным рейтингам. Известно около десятка рейтингов конкурентоспособности национальных экономик, которые стали регулярно публиковаться в конце прошлого века.

В октябре 2007 г. Всемирный экономический форум опубликовал очередной ежегодный доклад по глобальной конкурентоспособности 2007–2008 гг. Первые десять мест были отведены следующим странам: США, Швейцарии, Дании, Швеции, Германии, Финляндии, Сингапуру, Японии, Великобритании, Голландии.

К настоящему времени экспортный потенциал Беларуси существенно укрепился. Только с 1995 года объем национального экспорта увеличился более чем в 4 раза и на протяжении последних лет со-

ставляет более половины валового внутреннего продукта республики. Сегодня Беларусь торгует со 171 страной мира, поставляя свои товары на рынки 152 государств. При этом по отношению к 1995 году объем экспорта Беларуси в третьи страны (вне СНГ) увеличился более чем в 6 раз. Сейчас на их долю приходится 53,7 %, в том числе доля стран Евросоюза составляет 43,2 %. Среди стран СНГ основными потребителями белорусской продукции являются Россия, Украина и Казахстан.

Эти данные являются подтверждением открытости нашей экономики, а также демонстрируют высокий уровень конкурентоспособности белорусской продукции на европейском и мировом рынках.

В последнее десятилетие география белорусского экспорта значительно расширилась, а авторитет нашего государства на мировой арене как надежного и предсказуемого торгового партнера укрепился благодаря широким инициативам Президента Республики Беларусь А. Г. Лукашенко. Встречи Главы государства на высшем уровне, а также с представителями деловых кругов, как правило, сопровождаются подписанием пакета межгосударственных внешнеэкономических соглашений и экспортных контрактов. Именно в результате таких договоренностей для белорусской продукции была «открыта дорога» на Средний Восток (Катар, Ирак и Иран), в Азию (Япония, Индия, Корея и Китай) и Южную Америку (Бразилия, Аргентина и Венесуэла).

**Важнейшим потребителем продукции белорусских предприятий была и остается Россия.** Промышленные комплексы наших стран по-прежнему взаимосвязаны и дополняют друг друга. С 1995 года экспорт Беларуси в Россию увеличился более чем в 3 раза и занимает доминирующее положение в его общем объеме – почти 40 %.

Реализация стратегии продвижения белорусской продукции на основе прямых связей дала свои положительные результаты и в регионах России. Сегодня наша продукция конкурентоспособна и востребована в 80 субъектах Российской Федерации – от Калининграда до Владивостока.

Особым российским регионом, в котором белорусская продукция издавна пользуется повышенным спросом, является столица Российской Федерации. **Московский рынок поглощает треть от общего объема белорусского экспорта в Россию.** Для дальнейшего наращивания экспорта в г. Москву открываются новые перспективы на

базе создания крупных белорусских торговых центров (компаний) для регулярных оптовых поставок белорусской продукции (в первую очередь пищевых продуктов).

**Товарная структура белорусского экспорта** разнообразна и только по укрупнённым группам товаров насчитывает около 100 позиций. В прайс-листе белорусских предприятий содержится более 1000 наименований экспортируемой продукции – от карьерных самосвалов до интегральных микросхем и кондитерских изделий.

Наиболее конкурентоспособными отраслями нашей экономики являются химическая и нефтехимическая промышленность, черная металлургия, автомобильное, тракторное и сельскохозяйственное машиностроение. Предприятия этих отраслей располагают значительным экспортным потенциалом, их продукция составляет основные статьи национального экспорта и занимает достаточно емкие сегменты рынков стран ближнего и дальнего зарубежья.

**Конкурентоспособность продукции белорусских предприятий обеспечивается, в первую очередь, созданием наукоемкой продукции с применением новых материалов, современных ресурсосберегающих технологий и оборудования.** Многие белорусские предприятия в условиях жесточайшей конкурентной борьбы сохраняют завоеванные экспортные позиции и эффективно пробиваются в новые регионы (страны). Это происходит за счет постоянного обновления выпускаемой продукции, зачастую не имеющей аналогов в мире или в СНГ.

*Белорусский металлургический завод (БМЗ)*, продукция которого (литые заготовки, арматура и проволока) уже поставляется более чем в 50 стран мира, а экспорт превышает 85 % объема производства, в 2007 году освоил новое уникальное производство инновационной продукции – бесшовных горячекатаных труб. В настоящее время продолжается сертификация продукции завода, с тем чтобы в следующем году поставки бесшовных горячекатаных труб начались в страны Евросоюза, Азии и США. Параллельно с освоением трубопрокатных мощностей ведется наладка оборудования по изготовлению соединительных муфт и нанесению специальной резьбы на трубы, предназначенные для нефтяной промышленности. Это увеличит добавленную стоимость конечной продукции завода и позволит на 15–20 % повысить цену экспортируемой уникальной продукции.

Сегодня производственному объединению *«Белорусский авто-*



*мобильный завод» (БелАЗ)* принадлежит 30 % мирового рынка большегрузных автомобилей, которые поставляются более чем в 50 стран мира. Новой продукцией объединения являются карьерные самосвалы грузоподъемностью 220 т, предназначенные для перевозки горной массы и сыпучих грузов на открытых разработках полезных ископаемых в различных климатических условиях. В настоящее время уже проходит испытания карьерный самосвал грузоподъемностью 320 т. Соотношение «цена – качество» позволяет объединению успешно продвигать свою продукцию на мировом рынке, так как белорусские автомобили на треть дешевле, чем у других производителей.

*Минский автомобильный завод (МАЗ)* продолжает активно осваивать производство новых образцов грузовой и пассажирской автомобильной техники, не имеющей аналогов в СНГ. Примером выхода на новый рынок в сегменте тяжелых самосвалов является МАЗ-6516А8 грузоподъемностью до 32 т, на котором установлен двигатель экологического стандарта «Евро-3» мощностью 400 л. с. Новый магистральный автопоезд с комфортабельной кабиной для водителя в составе седельного тягача МАЗ-5440А9 и полуприцепа МАЗ-975830 предназначен для международных грузовых перевозок. В этом году освоено производство новых моделей туристических и экскурсионных автобусов. Автобусы Минского автомобильного завода экспортируются во многие страны мира, а автобусы МАЗ 2005 – автобус пятого поколения 2009 года выпуска предназначен для экспорта в государства ЕС и полностью отвечает требованиям стран Евросоюза.

В настоящее время в мире насчитывается более 100 производителей тракторов. Десять стран обеспечивают 96 % от общего объема мирового рынка сбыта этой техники. Беларусь входит в их число, сохраняя на протяжении ряда лет долю в 8–10 % от мирового рынка колесных тракторов, а на венгерском рынке, в частности, белорусские тракторы составляют 50 %.

При этом сегодня Беларусь производит почти 80 % от общего выпуска тракторов среди государств СНГ и является основным их экспортером в эти страны.

Выпуская широчайший технологический ряд тракторов, в том числе энергонасыщенных, мощностью 210 и 265 л. с., *Минский тракторный завод (МТЗ)* уже осуществляет опытное производство сверхмощного трактора «Беларус» мощностью 450 л. с, аналогов которому нет в странах СНГ. При этом завод умело рекламирует белорусские тракторы: только в этом году он представил свою продукцию на 27 международных выставках. В текущем году на МТЗ собран

опытный образец трактора мощностью 280 л. с. с двигателем, отвечающим требованиям экологических параметров «Tier 2». Активно ведутся работы по оснащению белорусских тракторов двигателями Минского моторного завода, соответствующими требованиям «Tier 3», серийный выпуск которых уже начал. В 2009 году МТЗ выпустил трактор 3023, который отмечен серебряной моделью за инновационные решения. Эта модель трактора отмечена также серебряной медалью выставки сельскохозяйственной техники в г. Ганновер (Германия), проходившей в ноябре 2009 г. До начала 2010 года на весь выпуск таких тракторов были получены заявки.

В середине 2007 года *Минский моторный завод (ММЗ)* изготовил первый образец автомобильного двигателя, в том числе для белорусских грузовиков и автобусов, стандарта «Евро-4» с минимальными выбросами загрязнений в атмосферу, который должен поступить в серийное производство в 2009 году. Наши российские конкуренты из г. Ярославля пока только разрабатывают подобную модель.

*Производственное объединение «Гомсельмаш»* является крупнейшим производителем зерновой и кормоуборочной техники марки «Полесье». Значительным спросом у россиян пользуется универсальный кормоуборочный комплекс, который позволяет убирать как травы, так зерно и кукурузу. Не имеют аналогов в СНГ зерноуборочный комбайн «Полесье-1218» для уборки полей с урожайностью зерна свыше 60 ц с га, а также сверхмощный кормоуборочный комплекс «Полесье-800» с двигателем в 350 л. с. для уборки высокоурожайных кукурузных полей. Основной объем продаж своей продукции (около 80 %) «Гомсельмаш» осуществляет через дилерскую сеть из 70 центров. Объединение создало в г. Брянске совместное предприятие с участием российских партнеров, куда по взаимной договоренности сторон было перебазировано производство хорошо зарекомендовавшего себя самоходного кормоуборочного комбайна КСК-100А. Этот опыт объединение использует, создавая аналогичное предприятие в Аргентине. В настоящее время «Гомсельмаш» выходит на более высокий уровень продвижения своей продукции в регионы России. По всей территории Российской Федерации объединение создает торговые дома (в Ставропольском крае, Новосибирской области, Приволжском и Центральном федеральных округах), которые будут координировать работу сразу нескольких дилерских центров, предоставляя покупателям весь комплекс сервисных и маркетинговых услуг.

Это – один из положительных примеров создания белорусскими производителями собственной товаропроводящей сети (ТПС) за рубежом. **Сегодня почти 70 % белорусского экспорта в Россию и другие страны СНГ осуществляется через товаропроводящую сеть.** Наряду с «Гомсельмашем» мощные товаропроводящие сети создали МАЗ и МТЗ. К настоящему времени предприятиями Министерства промышленности только в России создано около 600 дилерских структур (в том числе 130 – в автомобилестроении), 15 торговых домов, 4 сборочных производства.

В настоящее время **актуальным является внедрение на белорусских предприятиях интегрированных систем качества на основе комплекса международных стандартов.** Внедрение на предприятиях республики международных стандартов в определяющей степени способствует повышению конкурентоспособности белорусской продукции, устранению технических барьеров при ее поставках на мировые рынки, снижению количества рекламаций. Так, для получения права поставки в страны Евросоюза белорусской продукции уже 1130 ее видов (электротехническая и радиоэлектронная аппаратура, медицинское оборудование, игрушки, строительные материалы) прошли подтверждение соответствия требованиям директив ЕС, в результате чего производителям предоставлено право нанесения на свою продукцию **«СЕ-маркировки».**

Широкий выход на рынки развитых стран мира невозможен без выполнения жестких требований международных стандартов по интегрированной логистической поддержке наукоемкой продукции. Необходимо не просто совершенствовать автомобили, тракторы, большегрузные самосвалы и другую наукоемкую продукцию Республики Беларусь, но и обеспечить их полное соответствие требованиям международных норм. В этом направлении уже много сделано в нашей республике, но предстоит сделать еще больше.

## **1.8 Роль и значение**

### **интегрированной логистической поддержке наукоемкой продукции в инновационной экономике**

Слово «логистика» является греческим по происхождению. В древних Афинах была специальная должность «логист» или чиновник общественного самоуправления (в V веке до н. э. их было 30). Логисты ежегодно избирались путем жеребьевки. В их обязанности входила

многосторонняя (многокритериальная) проверка (оценка) отчетов других чиновников, срок полномочия которых истекал. Далее эти отчеты передавались на утверждение совета почетных граждан (телиастов), решение которого было окончательным. Как видим, еще в древности логистика зародилась как направление комплексной многокритериальной оценки какой-либо деятельности. В данном варианте – деятельности должностных лиц. Слово «логистика» имеется во всех основных европейских языках.

Позже этот термин чаще всего применялся для характеристики вооруженных сил. В Британской энциклопедии логистика определяется как «все виды деятельности, связанные с обеспечением боеспособности вооруженных сил. Наряду с тактикой, стратегией и разведкой логистика является одним из четырех важнейших элементов военной науки...».

Сегодня – это бурно развивающееся направление науки и практики, по которому издано много научной и учебной литературы. В логистике имеется ряд взаимосвязанных разделов: логистика снабжения, логистика производства, логистика сбыта, транспортная логистика и др.

Системный подход к различным логистическим функциям привел к появлению **интегрированной логистики**. Этот подход предполагает многокритериальную оптимизацию.

Увеличивается выпуск специалистов с высшим образованием по данному направлению. Специальность инженер-логистик (код. 019.167-010) включена Министерством труда США в группу специальностей, «требующих глубоких профессиональных знаний и фундаментальной подготовки». Характеристика этой специальности звучит следующим образом. Инженер-логистик – это работник фирмы, координирующий работу ее поставщиков, ее различных подразделений и специалистов по техническому обслуживанию на основе требований потребителей к выпускаемой продукции на протяжении всего ее жизненного цикла [45]. Из этого пояснения мы видим, что задачи логистики смыкаются с целями и задачами маркетинга как научной и практической дисциплины. Одна из формулировок маркетинга звучит так: «Маркетинг – это стратегия управления предприятием, направленная на получение прибыли за счет лучшего удовлетворения потребителя по сравнению с конкурентами». Маркетинг – относительно молодая наука, вызванная к жизни переходом в экономике от рынка продавца к рынку покупателя.

Маркетинговый подход к управлению предприятием позволяет сформулировать стратегическую задачу: «обеспечить более высокий уровень удовлетворенности потребителя по сравнению с конкурентами». Для решения этой задачи могут применяться различные методы. Одним из современных весьма эффективных методов является **логистика**.

Маркетинг нацелен на исследование рынка, психологическое воздействие на покупателя и т. д. Логистика же в первую очередь нацелена на создание технико-технологических сопряженных систем по жесткому критерию минимизации затрат и удовлетворения потребности точно в срок.

Маркетинг отслеживает, определяет возникший и прогнозирует будущий спрос и отвечает на вопрос: какой товар нужен, где, когда, в каком количестве и какого качества. Логистика обеспечивает практическое решение этих вопросов. Она конкретизирует и делает количественно измеримыми цели работы предприятия. Методы технико-технологической интеграции всех участников процесса производства и товародвижения являются предметом изучения не маркетинга, а логистики. В современный период глобализации экономики мало, очень мало работать просто над совершенствованием продукции. Необходимо, чтобы выпускаемая продукция была конкурентоспособной на мировом рынке, а это значит, что она должна наилучшим образом соответствовать запросам потребителей. Логистика – мощное средство в достижении таких целей. Как свидетельствует мировой опыт, лидерство в конкурентной борьбе приобретает сегодня тот, кто компетентен в области логистики, кто владеет ее методами.

На объект логистики можно смотреть с разных точек зрения: с позиции маркетолога, финансиста, менеджера по планированию и управлению производством, ученого. Этим объясняется многообразие определений понятий логистики. В некоторых определениях подчеркивается высокая значимость творческого начала в решении задач логистики.

*Логистика – это искусство и наука определения потребностей, а также приобретения, распределения и содержание в рабочем состоянии в течение всего жизненного цикла всего того, что обеспечивает эти потребности [45]. Логистика – уникальная сфера творчества для стратегической ориентации.*

Первыми оценили эти преимущества и взяли на вооружение такие методы военные. Получило развитие новое направление в логистике –

**логистическая поддержка.** В словаре терминов дается следующее ее определение [45]: «Логистическая поддержка – это разработка, закупка, хранение, транспортирование, распределение, эвакуация и утилизация средств ведения войны; проектирование, строительство и эксплуатация предназначенных для нужд вооруженных сил объектов инфраструктуры и капитального строительства; другие работы, связанные с материально-бытовым обеспечением вооруженных сил». Применяемые в настоящее время в странах НАТО принципы логистической поддержки были утверждены в 1992 г. Комитетом военного планирования и оформлены как документ МС 319. Эти методы постоянно развиваются. Вторая редакция этого документа (МС 319/1), доработанная с учетом опыта участия НАТО в локальных войнах в начале и середине 1990-х гг., была утверждена в 1997 г.

Глобализация экономики превратила производства любой продукции «в поле военных действий» и заставила применять все последние достижения науки для выживания в условиях международной конкуренции. Поэтому логистическая поддержка получила еще следующее толкование [45]: «Это совокупность операций, связанных с поддержанием работоспособности машиностроительной наукоемкой продукции на постпроизводственной стадии ее жизненного цикла». В данном значении этот термин используется в CALS-технологиях, что будет рассмотрено ниже.

Таким образом, сегодня в условиях инновационной экономики и глобального экономического кризиса требуется объединение (сочетание) агрессивного маркетинга и методов интегрированной логистической поддержки жизненного цикла инновационной наукоемкой продукции для обеспечения не только выживания, но и процветания нашего государства. В целом это современное научное направление можно обозначить как совокупность управленческих технологий, организационных и инженерно-технических решений, ориентированных на оптимизацию затрат на всех фазах жизненного цикла изделия от зарождения идеи до утилизации отслужившей свой срок продукции.

Концептуальная схема взаимодействия стратегических методов и подходов для достижения конкурентоспособности продукции представлены на рисунке 1.3.

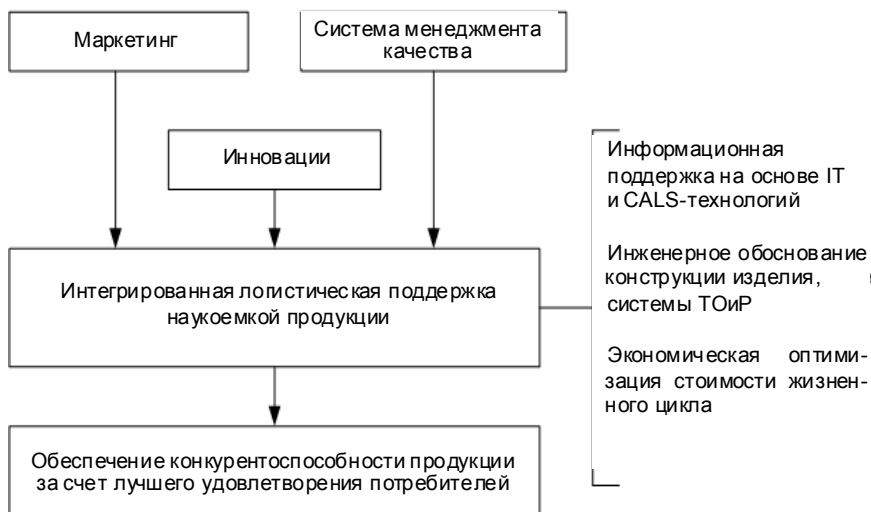


Рисунок 1.3 – Концептуальная схема обеспечения конкурентоспособности продукции

В настоящее время рассматриваемое научное направление наиболее полно проработано для продукции военного назначения. В этом виде продукции наиболее важными являются тактико-технические показатели изделия. Они в основном и главным определяют конкурентоспособность такой продукции, а экономические показатели являются сопутствующими. Для продукции мирного назначения экономические показатели являются главными. Поэтому применение этого подхода для обоснования решений на всех этапах жизненного цикла изделия мирного назначения предусматривает существенное углубление экономического обоснования. Обеспечение конкурентоспособности гражданской продукции обозначает, прежде всего, повышение экономической эффективности использования изделия по назначению.

Данному вопросу должно уделяться самое пристальное внимание. Именно эффективность использования инновационной наукоемкой продукции по назначению при комплексном учете затрат на изготовление и владение предопределяет ее высокую конкурентоспособность на внешнем рынке. Это очень важно для нашего государства.

*Республика Беларусь не только экспортирует свою продукцию, но также закупает для себя сложную наукоемкую технику. Владение методами интегрированной логистической поддержки позволит из всего многообразия предложений выбирать наилучший вариант по*

*критерию минимизации затрат на единицу продукции (наработки) с учетом первоначальных затрат и затрат на владение за весь срок службы техники.*

Именно такой подход является главным в инновационной экономике, символизирует переход к экономике знаний и обеспечит не только выживание, но и процветание нашей республики в условиях жесткой международной конкуренции.

## **2 ЛОГИСТИКА – НАУЧНАЯ ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМ НАУКОЕМКИМ ПРОИЗВОДСТВОМ**

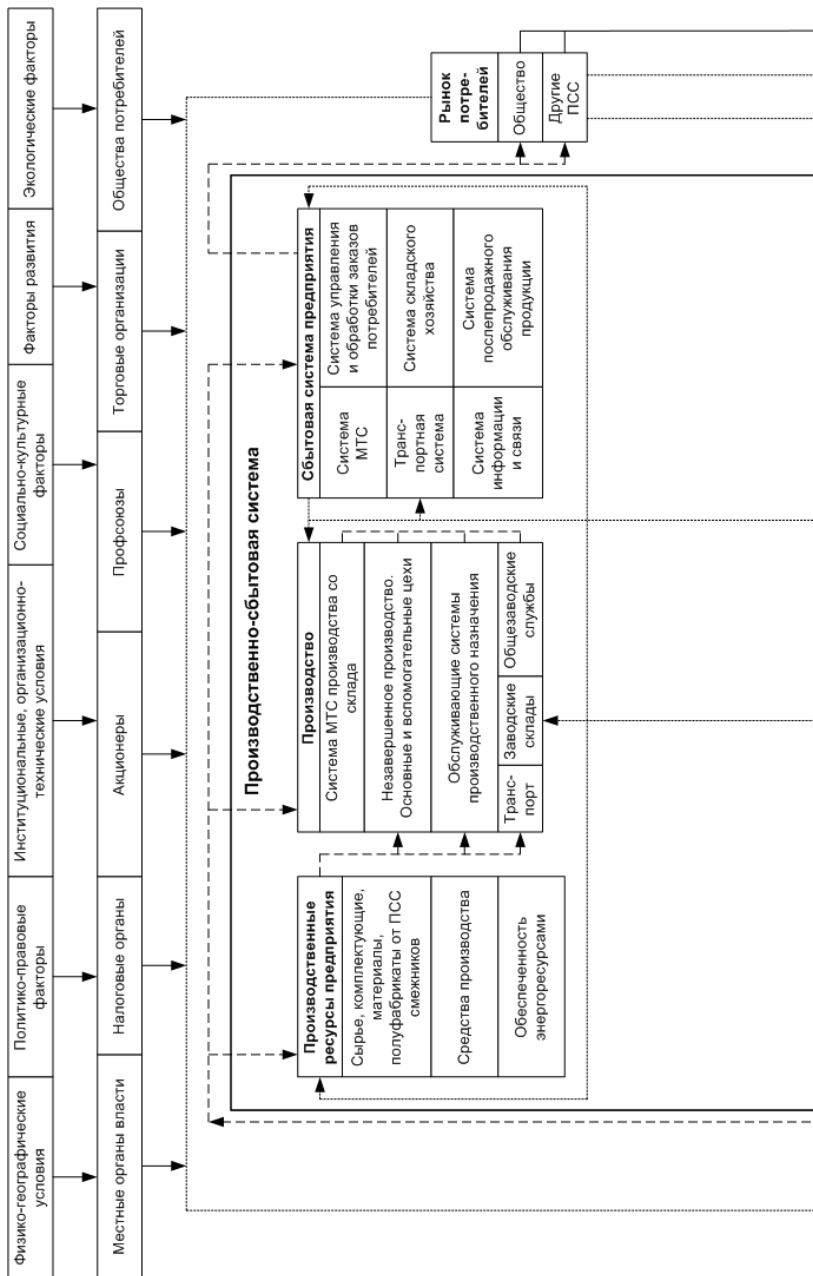
### **2.1 Логистическая концепция управления потокowymi процессами предприятия**

В предшествующие годы основное внимание в ходе радикальных социально-экономических реформ уделялось созданию базовых механизмов рыночной экономики на макроуровне. В ходе трансформации рыночных отношений акцент постепенно смещался на микроуровень, на передний план вышли задачи реформирования существующих производственных систем и создания новых рыночно-ориентированных элементов. Рациональная реорганизация предприятий, экономия инвестиционных ресурсов на местах, создание условий для освоения технологических новаций, построение адаптационных механизмов помогут машиностроительной отрасли, равно как и ремонтному производству, «встроиться» в современную мировую рыночную среду.

К концу XX в. ученые стали рассматривать промышленное предприятие как целостную хозяйственную систему, функционирующую в тесной взаимосвязи с внешним информационным полем, определяющим условия и возможности деятельности, т. е. как производственно-сбытовую систему (ПСС).

При рассмотрении деятельности промышленного предприятия укрупненно его ПСС можно выделить из окружающей среды и представить в виде единой организационно-хозяйственной структуры, ограниченной многослойным потоковым контуром и представляющей собой совокупность производственного процесса, процессов поставок ресурсов различного рода (материалов и комплектующих изделий), потребления готовой продукции, транспортировки и хранения (рисунок 2.1).





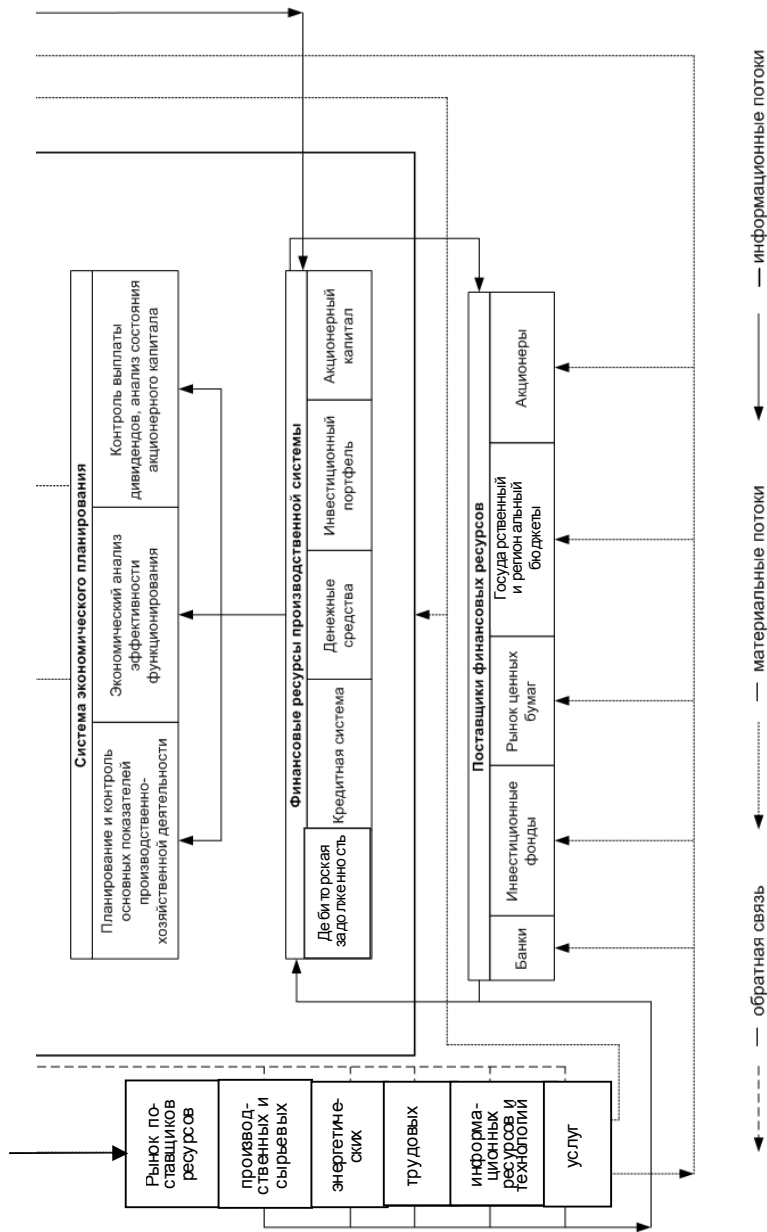


Рисунок 2.1 – Производственно-сбытовая система промышленного предприятия

ПСС обладают следующими свойствами:

1) единой структурой, объединяющей большое количество специфических элементов со своими связями; каждый элемент, в свою очередь, является сложной системой (рынки поставщиков ресурсов, труда, производственные цеха, склады сырья и готовой продукции, службы административного управления и информационного обеспечения, рынки сбыта товаров, транспорт с большим количеством связей и сложными программой и поведением в постоянно меняющейся внешней среде;

2) адаптивной устойчивостью поведения (не только по отношению к внешним помехам, но и к управляющим воздействиям и внутренним изменениям);

3) динамичностью и большой чувствительностью к колебаниям окружающей среды (изменению потребительского спроса, экономической и политической ситуации, структуры рынка поставщиков и конкурентов) – сильным дестабилизирующим фактором;

4) определенным временным запаздыванием вследствие своеобразной экономической инерционности любой организационно-хозяйственной системы;

5) неопределенностью поведения, вызванной воздействием человека на данную систему как активного элемента;

6) возрастающим уровнем и значимостью информационной насыщенности производственной деятельности – фактором обеспечения баланса «входа-выхода» предприятия;

7) эмерджентностью, т. е. наличием у системы свойств целостности (эмерджентных свойств), не присущих составляющим элементам (на микроэкономическом уровне – эффект крупного производства, эффект агломерации, социальные последствия ускоренной урбанизации и т. д.);

8) активным целенаправленным поведением с учетом его результатов.

Таким образом, ПСС промышленного предприятия относят к классу сложных организационных динамических систем, поведение которых в условиях конкурентной экономики трудно формализовать и спрогнозировать, поэтому проблеме создания эффективного механизма управления промышленным предприятием уделяется повышенное внимание – идет постоянный поиск новых идей.

Рыночная экономика сместила центр тяжести затрат с производства на сбыт готовой продукции. В 1990-е годы в научной и хозяйственной среде получила широкое хождение теория выхода из кризиса

промышленности посредством внедрения маркетинга. Хотя практика внедрения маркетингового подхода дала положительные результаты в области преодоления кризиса сбыта на основе рыночной ориентации предприятия, она не оправдала возложенных на нее глобальных ожиданий – так и не решены проблемы управления и реорганизации современного промышленного предприятия, от которых зависит результативность наукоемкого производства и конкурентоспособность отечественной продукции на внутреннем и внешнем рынках.

К настоящему моменту теория маркетинга достаточно широко и глубоко разработана, прошла акклиматизацию, и начался следующий этап – последовательное внедрение методологии маркетинга в практическую деятельность предприятий с учетом международных стандартов качества.

Но ключевые проблемы: интеграция процессов производства и реализации продукции в их неразрывной связи с обеспечением условий для инновационной деятельности и внедрения новых технологий, управление и оптимизация движения сквозного материального потока в условиях гибкого формирования номенклатуры, устойчивость функционирования ПСС с получением наибольшей прибыли от деятельности – остались неразрешенными.

Концептуальной базой обновления системы управления предприятием к началу XXI в. становится перспективное научное направление – логистическая концепция – основа новой экономической теории управления экономическими системами.

На настоящий момент термин «логистика» определяет теорию и практику процессов перемещения ресурсов и готовой продукции от их источников к конечному потребителю. Так как перемещение, движение совокупности объектов, «воспринимаемых как единое целое... и существующее как процесс, происходящий непрерывно на некотором временном интервале» [22], является главной характерной особенностью потока, то логистическую концепцию правомочно трактовать как методологию комплексного управления потоками различной природы – материальными и нематериальными (финансовыми, трудовыми и т. д.).

Большинство ученых выделяют в качестве объекта исследования логистики именно «...целенаправленный процесс (поток) движения материальных ресурсов и связанных с ним потоков: финансовых и информационных» [23].

Неправомерно отождествлять логистику с чисто физическим перемещением в пространстве. Целью логистизации предприятия является упорядочение во времени всего производственно-сбытового цикла для обеспечения потребителей продукцией нужного ассортимента, количества и качества в нужном месте в необходимое время. Иными словами, все действия по оптимальной временной и пространственной организации потоковых процессов хозяйственной деятельности, конечной целью которых является создание надежного антитратного механизма и максимальное увеличение эффективности предприятия в целом, опираются на принципы и методы логистики.

Таким образом, логистическое толкование потока позволяет выделить из окружающей среды и описать логистическую систему промышленного предприятия как упорядоченную во времени и интегрированную в пространстве совокупность потоковых процессов, ограниченную контуром его ПСС. Другими словами, логистическая система «вбирает» в себя все процессы и подсистемы ПСС предприятия для их последующей организации и оптимизации.

В качестве меры мощности потока используется понятие *мгновенного потока* (мгновенная интенсивность). Мгновенные темпы потоков (рисунок 2.2) можно представить как очень узкие и очень высокие импульсы, площадь которых в моменты времени  $t$  равна  $N_t$ .

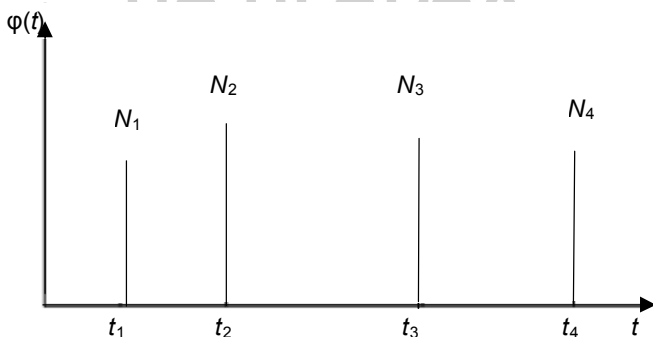


Рисунок 2.2 – Мгновенные темпы потоков

Если  $N(t)$  – неубывающая функция, характеризующая количество единиц потока, накопленное за время  $t$ , а  $\varphi(t)$  – импульсная функция,

получаемая дифференцированием функции  $N(t)$ , то

$$\varphi(t) = \frac{N(t)}{dt}.$$

Поскольку ПСС относится к классу сложных организационных систем (см. выше) и обладает всеми их свойствами, то ряд ученых дают определение логистической системы промышленного предприятия как целенаправленной адаптивной системы с обратной связью. Действительно, применяя системный подход к анализу логистической системы, можно рассмотреть ее структуру: выделить входы и выходы, структурные и функциональные звенья внутри системы, являющиеся механизмом преобразования входов в выходы, т. е. процессором.

Каждый элемент организационной структуры ПСС можно представить в виде накопителя (резервуара), характеристикой состояния которого является уровень (объем) находящегося в нем содержимого (материалов, денежных средств, трудовых ресурсов, заказов потребителей, готовой продукции и т. д.). Уровни ПСС связаны между собой потоками, в общем случае каждый уровень может иметь несколько каналов входящих и исходящих потоков.

Для ПСС целесообразно выделить такие типы непрерывных потоков, как потоки материалов, продукции, заказов потребителей, денежных средств, трудовых ресурсов, средств производства и т. д. Темпы потоков определяют существующие мгновенные потоки между уровнями в системе и характеризуют скорость передачи содержимого потоков от одного уровня к другому. В свою очередь, темпы характеризуют уровни, являющиеся определенными по времени интегралами потоков.

Таким образом, второй характеристикой потока будет уровень, которому соответствует экономическая категория запасов. Уровни характеризуют возникающие накопления внутри системы и представляют собой переменные, которые можно определить в том случае, когда система приведена в состояние покоя. Уровни ПСС показывают состояние материальных запасов, численность работающих, финансовую наличность, заказы, находящиеся в канале информационного потока и невыполненные, продукцию в процессе транспортировки, неудовлетворенную потребность в рабочей силе. Например, при прекращении всех процессов перемещения, характеризующих

складскую деятельность, в наличии сохраняется определенный уровень продукции.

Такой подход к интерпретации уровней системы позволяет рассматривать их как показатель динамики не только материального, но и информационного потока. Например, средний темп продаж за определенный временной промежуток представляет собой уровень информационного потока, измеряемый в единицах темпа.

В общекибернетическом смысле уровни ПСС можно определить как тезаурус – запас сведений, которым располагает система, подерживающий преемственность между прошлыми и будущими состояниями.

Таким образом, темпы потоков отражают активность системы и определяют существующие *мгновенные* потоки между уровнями системы, а значения уровней описывают состояние, которое является результатом активности.

Изменения во времени уровней содержимого накопителей под воздействием входящих и исходящих непрерывных потоков можно описать дифференциальными уравнениями, но для получения численных решений удобнее воспользоваться конечноразностными уравнениями, рассматривающими функционирование элементов системы в дискретном времени.

Пусть  $L_t^j$  – значение уровня содержимого  $j$ -го накопителя системы в момент времени  $t$ . Тогда значение уровня  $L_{t+1}^j$  в следующий момент времени  $t+1$ , накопленный благодаря различию в темпах входящего  $IN_t^j$  и исходящего  $OUT_t^j$  потоков, можно получить с помощью разностного уравнения

$$L_{t+1}^j = L_t^j + T(IN_t^j - OUT_t^j), \quad (2.1)$$

где  $T$  – период времени, в течение которого происходит накопление.

Разработка логистической системы управления производственно-сбытовой системой лежит в основе обеспечения конкурентного преимущества предприятия, так как ее главным стратегическим элементом является обслуживание потребителей. Именно конечный потребитель диктует требования к логистической системе, формируемые в виде набора ограничений, связанных с качеством, ценой, ассортиментом, сервисом, инновационностью продукции и т. д. Эти ограни-

чения преобразуются на предприятии в готовую продукцию соответственно собственным материальным, финансовым, технологическим возможностям и желаниям потребителя по срокам поставки.

Ограничения системы являются выходом органа, называемого *системный покупатель выхода системы*. Системным покупателем ПСС является заказчик продукции или услуг (потребитель). Системным покупателем непроизводственных систем (различных общественных, экологических, неправительственных организаций, государственных служб) является общество.

В ПСС промышленных предприятий (ПП) для подсистемы снабжения системным покупателем может быть подсистема производства, которая на базе своих технологических и производственных возможностей создает исходное требование к поставляемым ресурсам и ставит условия выполнения. Для подсистемы производства системным покупателем является подсистема сбыта, выдающая поток заказов на производство. Системный покупатель воздействует на выход и управление системы (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Схема кибернетической взаимосвязи ПСС ПП и покупателя

Устойчивое положение предприятия на рынке зависит от соответствия собственных возможностей и желаний потребительским запросам.

Механизм саморегулирования в сложных логистических системах обеспечивается использованием принципа обратной связи. Существует два вида обратной связи – положительная и отрицательная. По-



*ложительная* обратная связь усиливает входное воздействие, ухудшает устойчивость системы и корректирует функционирование управляющей подсистемы в сторону усиления факторов рассогласования, *отрицательная* – в сторону ослабления, т. е. она способствует восстановлению равновесия в системе при его нарушении возмущающими воздействиями.

Положительная обратная связь является стимулом прогрессивного развития экономической системы: в экономике на использовании положительной обратной связи основан ее рост за счет инвестиций, материального стимулирования производства. Следовательно, для дальнейшего развития в ППС должны превалировать положительные обратные связи – системы развития науки и техники, производства и т. д.

Отрицательная обратная связь регулирует процессы в системе, не дает им чрезмерно нарастать, но ослабляет свое воздействие при затухании. Системы с отрицательной обратной связью называют системами управления по отклонениям: управляющая система должна ликвидировать отклонения от заданного режима функционирования объекта независимо от вызвавших их причин. Стабильная система, не допускающая при развитии разрушительных процессов, должна содержать отрицательные обратные связи – наличие денежных средств в обороте, стабилизация покупательского спроса и т. д.

Следует учитывать, что не каждая отрицательная обратная связь стабилизирует систему. Если эта связь действует со значительным запаздыванием, то при определенных условиях (в случае высокого быстродействия прямой связи или при медленной обратной связи) отрицательная обратная связь может раскачать систему, сделать ее колебательной.

Таким образом, принцип обратной связи – это прежде всего принцип управления, необходимым условием которого является информационное взаимодействие управляющего и управляемого объектов. Система управления по принципу обратной связи всегда есть информационная кибернетическая система.

Природа обратной связи, ее направленность и степень совершенства оказывают решающее влияние на стабильность системы.

Если модель предприятия не замкнута обратной связью на результаты управления, то при любых хозяйственных механизмах результаты управления непредсказуемы.

Адаптивность логистической системы подразумевает способность

приспособления к факторам внешней среды, возможность изменять свою структуру и поведение. Такой подход к определению логистической системы ограничивал функции управления локальной оптимизацией хозяйственных процессов на уровне предприятия, обусловленной постановкой и стратегиями достижения индивидуальных целей, не связанных и не согласованных с другими предприятиями, участвующими в процессах производства продукции.

Таким образом, к концу XX в. сложился взгляд на логистическую систему (ЛС) предприятия как одну из множества подсистем микроэкономики, изолированную от других участников глобальной экономической среды и самостоятельно планирующую свою деятельность. И на этом уровне, соответствующем определенному этапу развития производства и переходу к формированию постиндустриального общества, внедрение ЛС управления полностью себя оправдало: формирование ЛС управления потоковыми процессами предприятия обеспечило перемены в технологии и организации производства, повышение производительности труда, снижение материалоемкости и энергоемкости, повышение уровня качества обслуживания потребителей.

## **2.2 Инерционность и проблемы синхронизации потоковых процессов**

Изменение условий конкуренции, сложившихся в глобальной экономике, связанное с перенасыщением мировых и национальных рынков современными товарами, технологиями и услугами, ростом информатизации, сокращением жизненных циклов и высокими темпами создания и освоения новой продукции, привело к ужесточению конкурентной борьбы. Развиваются новые формы хозяйственных взаимоотношений, основанные на кооперации и интеграции предприятий, распределенных не только географически, но и соответственно функциональному разделению операций и стадиям технологического процесса, взаимодействующих в виртуальном режиме всеобщей информационной интернетсреды.

На микроуровне, где основным объектом управления являлась ППС предприятия, внедрение логистических систем управления себя оправдало. Формирование свойств адаптации ЛС предприятия обеспечило перемены в технологии и организации производства, повышение производительности труда, снижение материалоемкости и энергоемкости, повышение качества обслуживания потребителей. Однако при переходе на макроэкономический уровень, где действуют

международные корпорации и оперируют виртуальные предприятия, обнаружилось, что внутренней интеграции и оптимального управления на местах недостаточно для эффективного ведения бизнеса.

В современных условиях ключевое значение приобретает быстрота реакции: поставщик должен удовлетворять потребителя в более короткие сроки, что подразумевает высокую скорость материальных и информационных потоков и их соответствие друг другу. Быстрота реакции в динамично меняющейся среде «...приобретает в смысле традиционного планирования бизнеса большее значение, чем долгосрочная стратегия» [10]. Для защиты от постоянных колебаний потребительского спроса и для соответствия новым условиям большинство предприятий выбрало политику увеличения страховых запасов продукции, которые хранятся на случай расхождения фактического спроса с прогнозированным. Это привело к образованию непродуктивных запасов, являющихся причиной роста потребности в оборотном капитале.

Проблема быстроты реакции и снижения запасозависимости осложнилась ситуацией Bullwhip-эффекта, когда незначительные колебания спроса конечного потребителя вызывают лавинообразный эффект нарастающих колебаний переменных материальных потоков других участников процесса (рисунок 2.4). Появление такого эффекта заметил в 1970-х годах американский ученый Дж. Форрестер. Он акцентировал внимание на несоответствии изменений темпов спроса темпам производства продукции. На примере логистической системы предприятия (см. рисунок 2.4) можно показать, что лежит в основе появления этого эффекта, иногда называемого «эффект кнута».

Для осуществления поставок продукции потребителям в стабильном режиме на складах подсистемы сбыта ПСС аккумулируются товарные запасы, по мере необходимости пополняемые со склада подсистемы производства. Изменение спроса выражается в поступлении заказов покупателей и влечет за собой изменение размера запасов на складах. Для восстановления складских запасов и в расчете на поступление новых заказов на готовую продукцию в подсистеме сбыта принимается решение о пополнении запасов, на основе которого оформляется заказ-заявка на поставку продукции на заводской склад. После принятия решения возникает определенное временное запаздывание – для оформления и передачи заказа на склад производства.

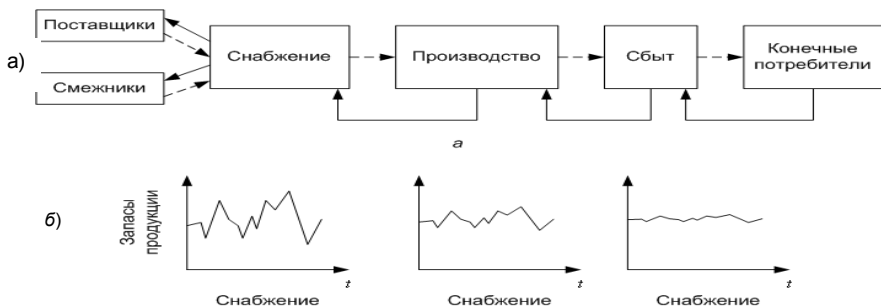


Рисунок 2.4 – Традиционная логистическая система Bullwhip-эффект:  
*а* – схема; *б* – графики

На складе подсистемы производства при получении заявки от подсистемы сбыта принимаются два решения: об отгрузке продукции и о пополнении собственных запасов. На основе принятых решений оформляется заказ на поставку продукции непосредственно с производства, определяемый размером запаса и заказа подсистемы сбыта. На заводе не происходит мгновенного выпуска продукции по требованию; здесь также существуют определенные временные запаздывания для оформления заказов, принятия решения о запуске в производство и для их выполнения, обусловленные технологическим процессом.

Готовая продукция, отгруженная заводским складом, транспортируется в подсистему сбыта в течение заданного времени.

При изменении спроса на продукцию для соответствия предложения спросу необходимо определенное время, в течение которого изменяются темпы потоков и уровни подсистем производства и реализации продукции, они не могут измениться мгновенно. Это временное запаздывание (демпфирование) характеризует инерционные свойства предприятия и определяет скорость протекания переходного процесса в каждом звене ПСС.

Аналогичным образом инерционные свойства ПСС оказывают воздействие и в обратном направлении: изменение цены на готовую продукцию приводит к изменению покупательского спроса, проявляющемуся спустя какое-то время. В итоге динамика спроса и невыполнение поставок в срок порождает увеличение размаха амплитуды колебаний во всех каналах логистической цепи (ЛЦ), что хорошо видно на рисунке 2.5, и порождает Bullwhip-эффект, приводящий к

нарушению ритмичности и непрерывности движения потоков, дестабилизации производственных функций, увеличению совокупных затрат на обслуживание сквозного материального потока. В основе Bullwhip-эффекта лежат инерционные свойства потоковых процессов любого вида деятельности, последствиями которых являются:

- ошибки в прогнозировании спроса, ведущие к отклонению от плановых объемов производства и поставок продукции и порождающие создание дополнительных страховых запасов;
- увеличение размеров партий поставок;
- проблема непрерывности информационного потока, связанная со спецификой приема и прохождения информации.

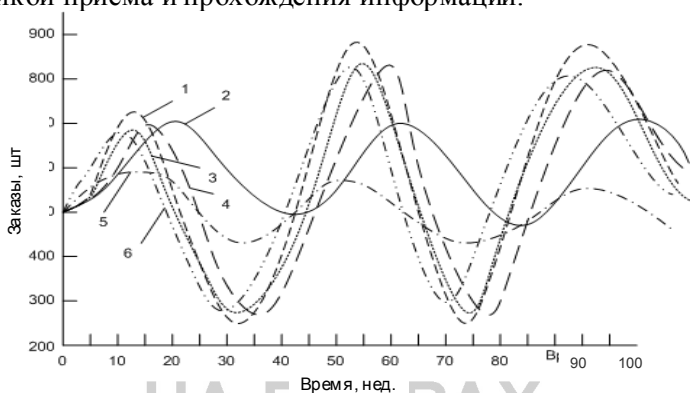


Рисунок 2.5 – Bullwhip-эффект в логистической цепи:

- 1 – невыполненные заказы потребителей на поставку готовой продукции; 2 – запасы продукции в сбытовом звене; 3 – информационный поток заказов на поставку продукции с производства; 4 – производственное звено; 5 – снабженческое звено; 6 – потребительский спрос

Чем меньше длительности переходных процессов, тем быстрее ПСС адаптируется к изменениям рыночной ситуации, что в конечном итоге определяет ее конкурентоспособность и возможности по достижению устойчивого положения на рынке. Скорость протекания переходного процесса зависит от вида и продолжительности временных запаздываний, образующихся в контурах потоковых процессов ПСС. Запаздывания в информационных потоках порождаются любыми действиями, производимыми над информацией: агрегированием, выравниванием, усреднением и т. д. Наличие шумов и помех, т. е. случайных явлений в каналах информационного потока, требует сглаживания, выравнивания информации для дальнейшей ее обработки, что

порождает определенное временное запаздывание, которое, в свою очередь, может привести либо к усилению, либо к ослаблению влияния помех.

Необходимо отметить, что запаздывания не всегда отрицательным образом сказываются на деятельности системы. Результат запаздывания зависит от положения в системе: при регулировании запасов, например, иногда необходимо увеличить время запаздывания, чтобы уменьшить колебания системы при изменении структуры потребительского спроса. Запаздывание (рисунок 2.6) представляет собой упрощенное понимание уровня и характеризует процесс преобразования, в результате которого на основе заданного темпа входящего потока устанавливается темп потока на выходе.

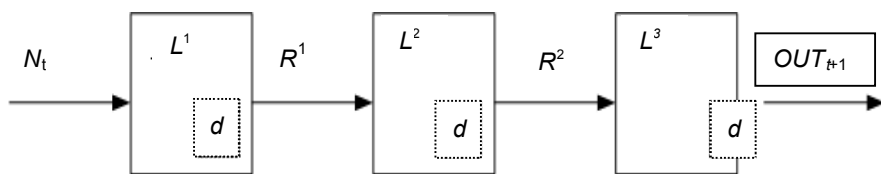


Рисунок 2.6 – Запаздывание последовательных процессов

Значения запаздывания являются переменными: они увеличиваются, когда входящий поток превышает исходящий, и наоборот. Запаздывания изображают в модели набором разностных уравнений темпов и уровней, характеризующих рассматриваемый поток.

Запаздывания, возникающие в процессах, следующих последовательно друг за другом, группируют в едином представлении общего запаздывания. Запаздывания в параллельных процессах могут быть сгруппированы путем переноса в общий канал потока. В модели запаздывания определяют с помощью уравнений, простых по форме и в то же время достаточно полно отражающих обычный уровень понимания реальных ПСС. Уровень  $L_{t+1}$ , находящийся в запаздывании, накапливается благодаря различию в темпах входящего  $IN_t$  и исходящего  $OUT_t$  потоков:

$$L_{t+1} = L_t + T(IN_t - OUT_t), \quad (2.2)$$

где  $T$  – интервал между последовательными решениями, а темпы потоков измеряют в ед./время.

Темп исходящего потока

$$OUT_t = L_t / D, \quad (2.3)$$

где  $D$  – среднее время, необходимое для преодоления запаздывания (среднее время запаздывания).

Запаздывания высшего порядка получаются путем проведения потока через два или более последовательно расположенных запаздывания первого порядка. Запаздывания третьего порядка определяются тремя парами уравнений, аналогичных (2,2)–(2.3), связывающих между собой темпы потоков на входе и выходе из урвней  $L_1, L_2, L_3$ :

$$R_{t+1}^1 = L_t^1 / (D/3); \quad (2.4)$$

$$L_{t+1}^1 = L_t^1 + T \left( IN_t - \frac{L_{t+1}^1}{D/3} \right); \quad (2.5)$$

$$R_{t+1}^2 = L_t^2 / (D/3); \quad (2.6)$$

$$L_{t+1}^2 = L_t^2 + T(R_t^1 - R_t^2); \quad (2.7)$$

$$OUT_{t+1} = L_k^3 / (D/3); \quad (2.8)$$

$$L_{t+1}^3 = L_t^3 + T \left( \frac{L_t^2}{D/3} - OUT_t \right). \quad (2.9)$$

Воспользуемся следующим обозначением для представления в сжатой форме уравнений (2.4)–(2.9):

$$OUT_{k+1} = D3(IN_t, d), \quad (2.10)$$

где  $D$  – указание, что в расчет исходящего потока должно быть включено запаздывание третьего порядка;

$d$  – среднее значение запаздывания.

Выражение (2.10) не является уравнением: оно указывает на то, что задан необходимый набор уравнений для вычисления запаздывания третьего порядка.

Ввиду значительного влияния временных запаздываний на нестабильность функционирования систем с обратной связью, при разработке динамической модели предприятия необходимо проанализировать основные запаздывания, возникающие в контурах потоковых процессов.

Базовую структуру ПСС (рисунок 2.7) можно представить в ви-

де уровней – подсистем производства и сбыта, складов готовой продукции, поставщиков материалов, потребителей готовой продукции, связанных циркулирующими между ними материальными и информационными потоками, и своеобразных уровней запаздываний. Переменные уровни, темпы потоков и запаздывания отражают внутреннюю сущность ПСС предприятия.

При попытке регулировать уровни системы, желательные значения которых меняются при изменении темпов потоков, связанных с этими уровнями, может возникнуть усиление. Усиление могут вызывать запаздывания, требующие, чтобы темпы входящего потока были выше темпов исходящего потока на значение, достаточное для накопления в запаздывании содержимого, которое равно произведению темпа потока на интервал запаздывания. Потенциальным источником усиления в системе являются прогнозы будущих состояний путем экстраполяции отмеченных тенденций и циклических колебаний.

Причины усилений могут обнаружиться в факторах, обуславливающих возникновение заказов на пополнение запасов. Исходящий поток заказов из подсистемы сбыта, направленный на восстановление запасов, не обязательно равен входящему потоку заказов покупателей, определяющему собой предстоящие продажи. Разные факторы могут усиливать колебания темпа потоков заказов: необходимость заполнения каналов системы заказами и продукцией в соответствии с уровнем деловой активности, обычная политика регулирования запасов, заключающаяся в увеличении уровня запаса в ответ на увеличение темпа продаж. Усиливающие факторы действуют и в обратном направлении: уменьшение темпа продаж вызывает быстрое сокращение заказов на восстановление запасов в системе.

Поэтому анализ контуров обратной связи, запаздываний и усилений, возникающих на каждой стадии деятельности системы, их влияния на параметры входа-выхода является главной задачей при построении ЛС управления предприятием.

Рассмотрим наиболее характерные взаимодействия, возникающие в отношениях между производителем и потребителем из-за запаздывания поставок продукции. Некоторые причины возникновения этого запаздывания представлены на рисунке 2.8.



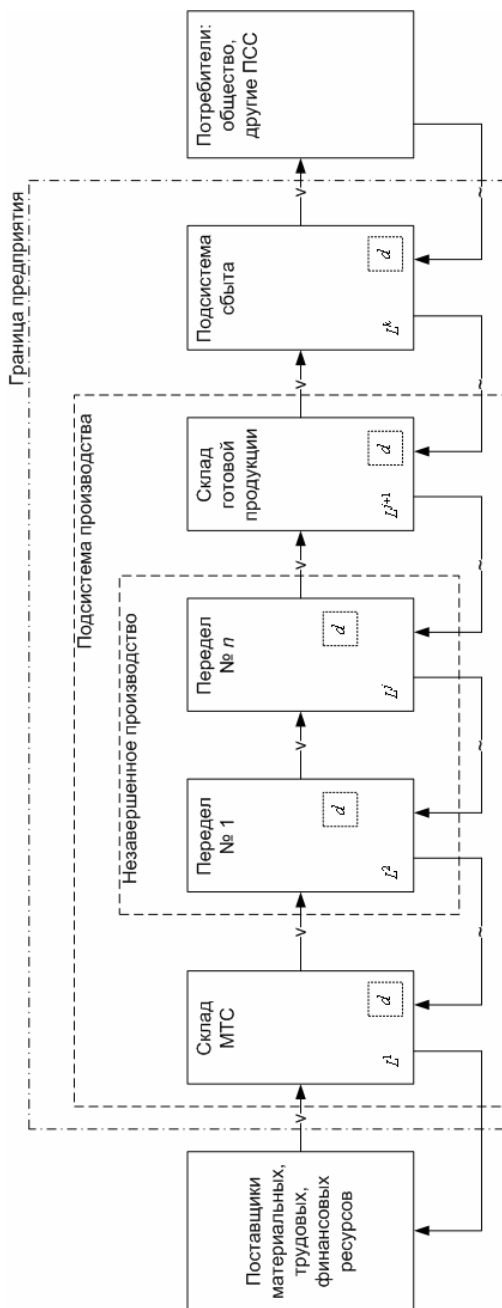


Рисунок 2.7 – Базовая структура PSS предприятия:

— запаздывания в каналах материального потока; - · - - — запаздывания в каналах информационного потока

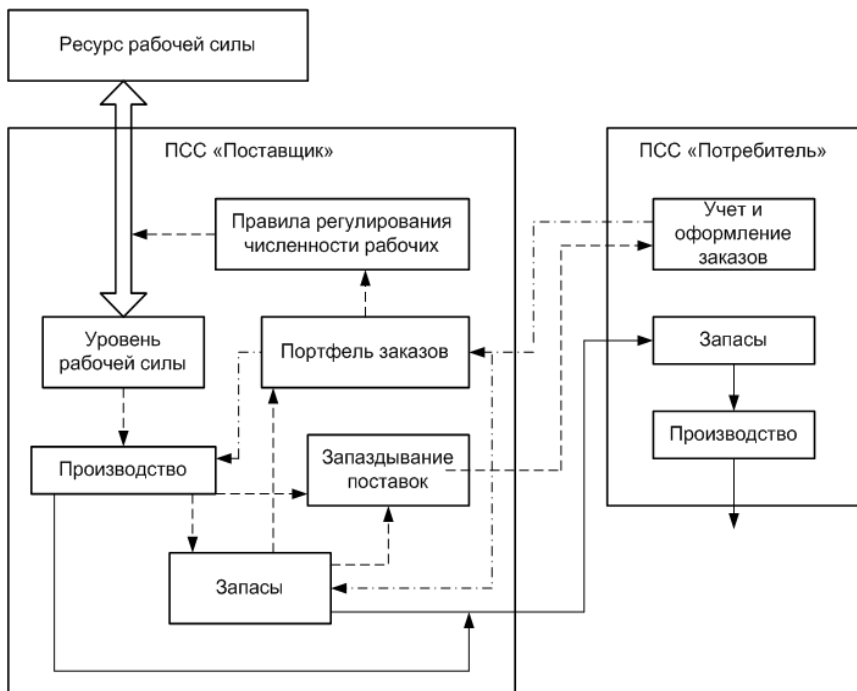


Рисунок 2.8 – Основные элементы взаимодействия потоковых процессов ПСС:

→ – материальный поток; - -> – информационный поток;  
 - -> – поток заказов покупателей

Допустим, поток заказов в ПСС от потребителей остается постоянным, но в определенный момент покупатели начинают заказывать продукцию с некоторым опережением по сравнению с обычными потребностями. Это приводит к кратковременному росту темпа поступления заказов от потребителей. В результате складывается ситуация, когда запасы на складах заканчиваются и увеличивается уровень невыполненных производством заказов. Часто бывает трудно найти причину увеличения темпа заказов в связи с тем, что их поток испытывает сильные естественные колебания.

Результатом роста задолженности перед потребителями и сокращения запасов является дальнейшее увеличение запаздывания поста-

вок. Это заставляет потребителя делать больше заказов с еще большим опережением для обеспечения ритмичности и бесперебойности работы собственных подразделений. На предприятии это вызовет прогрессирующее увеличение запаздывания поставок, сопровождающееся все большим ростом времени опережения потребительского спроса. Такая ситуация будет иметь циклический характер до тех пор, пока темп производства не достигнет уровня, соответствующего возросшему темпу поступления заказов. Выделим один из главных факторов для обеспечения такого роста производства – трудовые ресурсы – и рассмотрим, как взаимосвязаны вопросы изменения численности рабочих и регулирования темпов производства.

Численность рабочих будет складываться из двух составляющих:

1 Численность рабочих необходимо увеличить для уравнивания возросшего темпа поступления заказов, снижения уровня невыполненных заказов и сокращения запасов. В силу инерционных свойств ПСС (это связано с производственными особенностями – обучением персонала, стажировками и т. п.) наступает момент, когда численность рабочих увеличена, но ПСС еще не в состоянии кардинально изменить ситуацию с запасами и уровнем невыполненных заказов, поэтому руководство предприятия вынуждено сделать следующий шаг.

2 Повторно увеличить численность рабочих для восстановления запасов и сокращения до приемлемого уровня задолженности по заказам.

Постепенно процесс поставки продукции налаживается и связанное с ним запаздывание стремится к установившемуся до этого значению. Потребитель больше не испытывает необходимости выдавать заказы со значительным опережением. Как следствие, число заказов в ПСС начинает сокращаться, даже ниже уровня текущего потребления. Новый низкий уровень заказов сохраняется до тех пор, пока не будут исчерпаны избытки продукции, находящиеся в каналах снабжения.

Руководство предприятия, обеспокоенное существенно возросшими складскими запасами и снизившимся уровнем невыполненных заказов, решает сократить темп производства и расходы на заработную плату и уменьшает численность персонала; через некоторое время такое решение вновь приводит к увеличению запаздывания поставок.

Таким образом, существуют постоянные неустойчивые взаимо-

действия между двумя потоками: заказов покупателей и трудовых ресурсов на производстве. Необходимо отметить, что аналогичным образом могут быть выделены и исследованы взаимодействия других потоковых процессов хозяйственной деятельности.

### **2.3 Современные концепции глобальной интегрированной логистики**

Общеэкономический фон 1990-х годов вынудил искать новые идеи и резервы в логистической концепции, и в работах М. Кристофера, Дж. Коула, Дж. К. Джонсона, Д. Бауэрсокса был обоснован общий подход к управлению логистической системой предприятия, базирующийся на концепции SCM – Supply Chain Management – управление логистическими цепями (в русском переводе часто употребляется дефиниция «управление цепочками поставок»), в качестве основных принципов которой выделены следующие:

- обслуживание потребителей как стратегический элемент системы обеспечения конкурентного преимущества предприятия;
- необходимость достижения высокого уровня интеграции между логистическими партнерами в цепи поставок, создание новых организационных (структурных) отношений;
- синхронизация потоковых процессов на основе единого информационного пространства;
- использование современных технологических возможностей для управления цепями поставок.

Большинство трактовок концепции SCM сводится к определению ее как системного подхода к интегрированному планированию и управлению потоками различного происхождения от поставщиков сырья через предприятия и склады до конечного потребителя. Таким образом, упрощенно термин *цепочка поставок* обозначает сеть или систему поставок, объединяющую проектировщиков, заводы-изготовители, поставщиков, вспомогательные предприятия (снабжения, транспортировки, сервиса), которые участвуют в разработке, снабжении, производстве, хранении, продаже и обслуживании продукции, и основные потоки в такой сети.

Очевидно, что такое определение SCM, по сути, повторяет трактовку логистической концепции, но главный акцент теперь делается на синхронизацию потоковых процессов всех участников производ-

ственно-сбытового цикла. Разработка логистической системы предприятия теперь в обязательном порядке, согласно концепции SCM, включает принципы стратегического взаимодействия с поставщиками, смежниками, клиентами и другими участниками процессов производства и обслуживания продукции. Это означает расширение понятия ЛС, переход к глобальной логистике, включающей задачи обеспечения оптимальной временной и пространственной организации потоковых процессов всех предприятий – участников логистической цепи на основе единого информационного пространства (таблица 2.1).

**Таблица 2.1 – Функции глобального и локального управления логистикой**

| Локальная логистическая система   | Глобальная логистическая система  |
|---|---|
| Маркетинг, прогноз и сбор информации о рынке, анализ выгодности потребителей                                      | Управление обслуживанием потребителей. Повышение надежности планов и поставок   |
| Управление локальным сбытом и местными поставками   | Непрерывный мониторинг всех логистических цепей   |
| Управление собственными запасами на основе прогнозирования спроса   | Совместное планирование спроса и запасов. Снижение страховых запасов и уход от запасозависимости  |
| Управление собственными ресурсами (финансовыми, кадровыми и т. д.)  | Решения о выборе источников снабжения ресурсами   |
| Локальная адаптация. Приспособление и гибкость собственной организационно-экономической структуры к внешней среде | Разработка организационно-функциональных схем взаимодействия предприятий  |
| Минимизация собственных издержек. Локальная оптимизация   | Контроль издержек по всей логистической цепи. Анализ и выбор альтернативных вариантов построения цепи поставок в глобальной логистической системе |

Локальные логистические системы были в значительной степени зависимыми от точности прогнозирования спроса, в то время как глобальная логистика уделяет основное внимание скорости реакции и сокращению времени выполнения заказа. С переходом к глобальной логистике связано появление концепции *Just in Time* (JIT) – принципа организации работ «точно в срок». В его основе лежит идея, что ни один потоковый процесс в системе не должен осуществляться, пока в нем не возникнет реальная необходимость. Одним из ярких примеров принципа *Just in Time* служит система «Канбан», часто назы-

ваемая методом вытягивания: спрос в конце логистической цепи «вытягивает» продукт на рынок, а потоки сырья и деталей, необходимых для создания этого продукта, также приводятся в движение, вытягиваются этим же спросом. Такой подход отличается от метода проталкивания, характерного для локальной логистики ПСС в прошлом, когда продукция изготавливалась в расчете на будущий прогнозируемый спрос и создавала страховые (буферные) запасы во всех звеньях логистической цепи (ЛЦ). Применение в логистической цепи методов вытягивания и проталкивания представлено на рисунке 2.9.

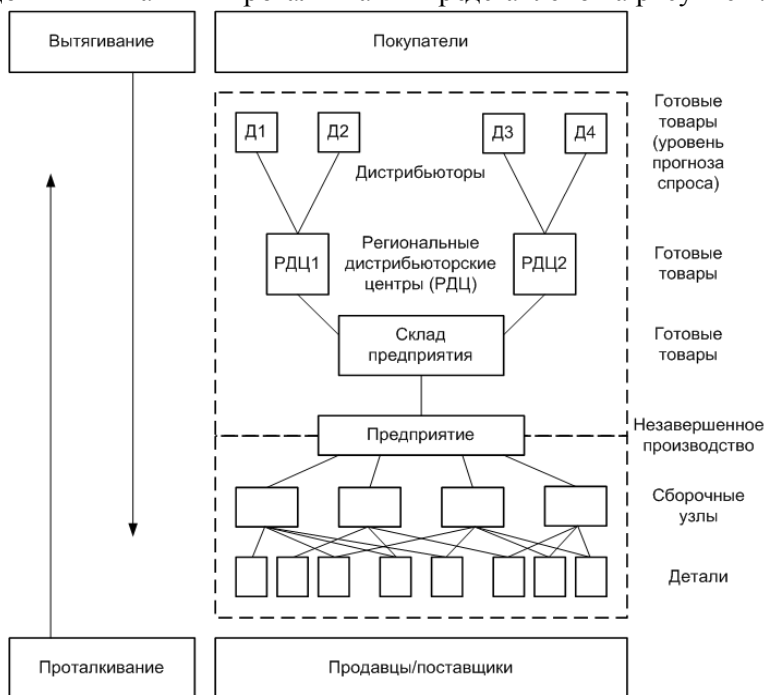


Рисунок 2.9 – Применение в логистической цепи методов вытягивания и проталкивания

Один из основных принципов управления цепочками поставок – контроль объемов запасов в каждом звене. До 1980-х годов большинство крупных производителей, уделяя должное внимание локальной оптимизации своей деятельности, не придавали значения стратегии снижения затрат за счет сокращения запасов – главным было научиться логистическому планированию и управлению запасами. С помощью принципа Just in Time компания Toyota координировала работу

цепочки поставок таким образом, чтобы уменьшить амплитуду колебаний при непредвиденном изменении спроса. Это не только обусловило резкое сокращение запасов, но в результате привело к повышению качества продукции. Таким образом, запасы не только ведут к скрытым расходам хранения, но и маскируют проблемы с качеством. В зарубежной литературе часто используют термин «бережливое производство» применительно к управлению цепочками поставок на основе принципа JustinTime.

Удлинение протяженности логистической цепи при переходе на уровень глобальной логистики, наличие страховых запасов практически в каждом звене все в большей степени осложняют получение данных о реальном спросе конечного потребителя. В начале XXI в. с ростом информационных технологий, разработкой методов штрихового кодирования, лазерных сканеров и устройств электронного обмена данными (Electronic Data Interchange – EDI) возникло одно из направлений метода JustinTime – логистика быстрого реагирования, стратегическим элементом которой является фактор времени, а целью – быстрота оценки возникшего спроса.

**Концепция логистики быстрого реагирования** создает общую основу для объединения различных потоков в глобальную информационную логистическую систему, обеспечивающую высокую скорость реакции. Ускорение процессов в такой системе сокращает кумулятивные сроки выполнения заказа потребителя, что ведет к сокращению запасов продукции, а это, в свою очередь, вызывает дальнейшие поиски средств и методов сокращения сроков выполнения заказа. Таким образом, система быстрого реагирования образует замкнутый контур взаимосвязи двух ключевых понятий логистики – «время – запасы». Эта система изображена на рисунке 2.10.

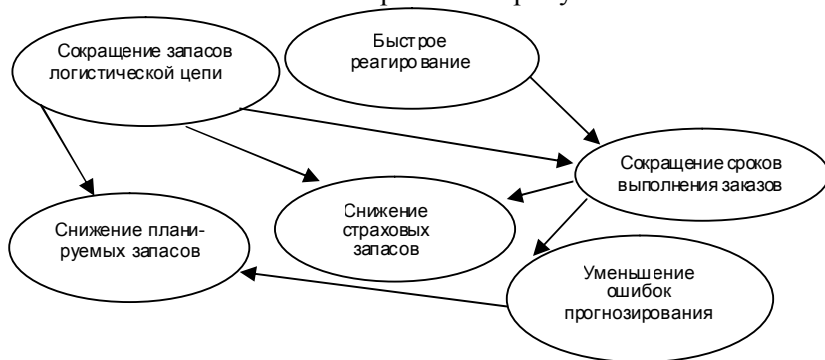


Рисунок 2.10 – Концепция логистики быстрого реагирования

Логистика быстрого реагирования представляет собой конкретный ответ на растражированный призыв к замене запасов информацией. Это ведет к пересмотру роли информационного потока в логистической системе, который ранее, в локальной логистике, рассматривался как отражающий состояние материальных и иных потоков. Теперь он играет основополагающую роль, и все преимущества глобальных логистических систем определяются качеством организации и управления информационными потоками, идущими от точки возникновения потребности в продукте через все звенья логистической цепи к системам управления запасами производителей и поставщиков.

Безусловно, первым шагом в процессе внедрения принципа логистики быстрого реагирования «время – запасы» должна быть разработка соответствующих математических моделей, отражающих эту взаимосвязь в рамках замкнутого контура. Второй шаг для контроля и управления логистическими цепями – разработка и внедрение информационной системы, способной определять фактический спрос в каждом звене цепи и являющейся ядром централизованно управляемой глобальной логистической системы, объединяющей потоковые процессы производителей и поставщиков продукции.

Дальнейшее развитие концепции SCM привело к новой форме управления предприятием – виртуальному предприятию (ВП), представляющему своего рода предприятие над предприятиями. ВП основывается на формировании единой информационной и организационно-технологической среды юридически независимыми предприятиями за счет временного объединения их ресурсов для реализации работ по выполнению проекта (заказа) клиента. Логистические цепи в ВП формируют под каждый новый проект путем перебора множества альтернативных вариантов, что обуславливает наличие в рамках ВП многослойного контура различных логистических сетей.

Необходимо отметить, что глобальная логистическая система не является неким статичным объектом, определенным в жестких рамках функционирования. Именно рост глобализации и создание высокотехнологичных ВП порождает проблему придания таким системам свойств гибкости, понижающих риск уязвимости логистических цепей. Снижение уязвимости и создание гибкой логистической цепи предполагает наличие целого ряда факторов и решение следующих проблем:



- 1) придание гибкости контрактным отношениям;
- 2) снабжение из многих источников;
- 3) финансовое планирование;
- 4) объединение рисков;
- 5) сокращение номенклатуры деталей;
- 6) снижение варибельности продукции;
- 7) уменьшение горизонта прогнозирования;
- 8) параллельный инжиниринг этапов жизненного цикла (ЖЦ) изделия;
- 9) совместное планирование, прогнозирование и пополнение запасов участниками ЛЦ;
- 10) распределение риска между участниками ЛЦ;
- 11) снижение зависимости от статистического прогнозирования;
- 12) снижение вероятности сбоев в цепи (умышленного характера и при форсмажорных обстоятельствах) за счет обеспечения безопасности.

Виртуальное предприятие относится к классу сложных динамических открытых систем и обладает всеми свойствами ПСС, перечисленными выше. На уровне глобальной логистики наиболее ярко видно проявление свойств эмерджентности у предприятия, связанных с такими явлениями, как социальный престиж, имидж и репутация, возможность реализации крупномасштабных фундаментальных научных исследований и внедрение технологий двойного назначения, а также укрепление обороноспособности государства.

На данный момент исследования в области ЛЦ и ВП сконцентрированы на разработке интегрированного информационного пространства и систем оперативного управления и координации потоковыми процессами предприятий-участников, позволяющими осуществлять в оперативном режиме:

- прием заказа потребителя и проверку возможности его выполнения в минимальное время;
- распределение работ по выполнению заказа между предприятиями-участниками ВП и определение темпов производства и транспортировки ресурсов и готовой продукции.

Планирование, организация, регулирование, учет, контроль и анализ материальных потоков с помощью современных информационных технологий и компьютерных средств в снабжении, производстве и поставках продукции обеспечивает реализацию современной концепции глобальной интегрированной логистики.

## 2.4 Эффективность функционирования логистической системы управления

Логистика оперирует категориями времени и потока. Традиционные методы оценки рентабельности и эффективности производственной деятельности становятся малоприменимыми, так как изначально создавались для калькуляции себестоимости продукции и услуг и ориентированы на финансовые показатели. Но оценка функционирования логистической системы управления (ЛСУ) не просто должна отражать движение материальных потоков. По существу, это показатель эффективности потоковых процессов, протекающих в цепях поставок.

В рамках локальной логистики концепция упрощалась до формулы: «В нужное место – в нужное время – с минимальными затратами». Сведение целеполагания логистического управления предприятия к оптимизации и эффективному управлению его материальными потоками ориентировало ЛСУ в первую очередь на минимизацию затрат и разработку стратегий снижения собственных издержек. Несомненно, это позволило создать действенные антизатратные механизмы на уровне отдельных предприятий, но ориентация только на финансовые показатели оказалась малоэффективной в XXI в. для производителей наукоемкой продукции, где главным фактором в конкурентной борьбе становится качество обслуживания потребителей.

В глобальной ЛСУ образуется множество вариантов построения логистических цепей, обусловленных набором стратегий и технологий пространственного перемещения потоков. Это порождает двойственную проблему выбора наилучшего варианта цепи поставок: с одной стороны, необходимо найти компромисс «время – деньги» в отношениях «поставщик – потребитель», с другой стороны, вступает в силу классическое противоречие между качеством обслуживания и ростом затрат.

Именно в сфере производства и внедрения наукоемкой продукции часто встречаются ситуации, когда производитель сложной техники идет на увеличение общих издержек за счет повышения затрат на качество послепродажного обслуживания – репутация надежного и качественного поставщика продукции обходится дорого. Но если возрастут доходы от последующих продаж и разница между полученными доходами (результатами) и понесенными затратами будет больше, чем в предшествующий период, то такой вариант цепи поставок, не являясь компромиссным с точки зрения минимизации сиюминутных затрат, предпочтительнее в

стратегической перспективе. Это связано с тем, что изменился сам подход к пониманию стоимости сложного технического объекта.

Направление вектора поиска новых путей снижения общей стоимости объекта изменилось: не отрицая стратегий снижения собственных издержек, теперь он обращен на изменение структуры затрат. Структура затрат для наукоемкой продукции представляет собой айсберг (рисунок 2.11), где граница определяется общесистемным критерием эффективности: конечным результатом производственно-хозяйственной деятельности должна быть прибыль, т. е. разность между полученными результатами и понесенными затратами максимальна. Такой подход к анализу структуры затрат на сложную технику повлек за собой проблему выбора варианта цепи поставок и повышения эффективности функционирования всех участников цепи.

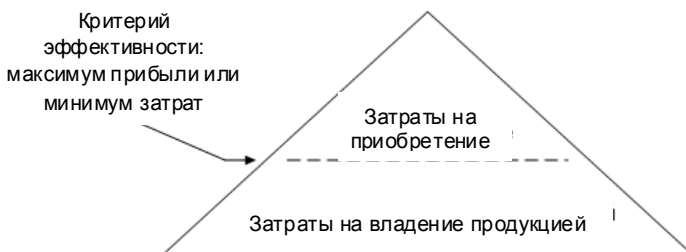


Рисунок 2.11 – Структура затрат наукоемкой продукции

Таким образом, ключевые показатели управления логистической системой имеют различную природу, не только финансовую, как при традиционных методах (время, качество обслуживания), и связаны с выполнением логистической триады взаимосвязанных целей «лучше быстрее – дешевле» (рисунок 2.12).

| Выполнение заказа  | Длительность цепи поставок | Стоимость обслуживания          |
|--|----------------------------|---------------------------------|
| Лучше  | Быстрее                    | Дешевле                         |
| <p>                     ⇨ Организация материальных потоков точно вовремя<br/>                     ⇨ Снижение запасов<br/>                     ⇨ Оптимизация информационных потоков<br/>                     ⇨ Сокращение числа инстанций, принимающих решения<br/>                     ⇨ Жесткая координация<br/>                     ⇨ Жесткая координация                 </p> |                            |                                 |
| Фактор времени   | Снижение затрат            | Повышение качества обслуживания |

Рисунок 2.22 – Ключевые показатели эффективности логистической системы

Поскольку важнейшим показателем оценки эффективности функционирования логистических систем является прибыль, то такая оценка должна отражать результаты всей производственно-хозяйственной деятельности с учетом параметров логистики (производительность системы, объем сбыта продукции и услуг, уровень затрат различного рода, непроизводительные расходы и потери). Результаты конкретизации ключевых показателей эффективности логистической системы предприятия в разрезе его основных подсистем представлены в таблице 2.2.

**Таблица 2.2 – Основные показатели оценки эффективности функционирования логистической системы**

| Основные процессы                               | Показатели  | Подсистема   |
|---|---|--------------|
| Планирование материально-технического снабжения | План реализации продукции и услуг. Удельный расход материалов и сырья   | Снабжение    |
| Закупка материалов и сырья                      | Объем закупаемой продукции<br>Условия поставщиков<br>Сроки поставки<br>Количество поставщиков<br>Сумма связанного капитала<br>Затраты на закупку материалов<br>Затраты на складирование и хранение материалов<br>Коэффициент оборачиваемости сырья  |              |
| Планирование производственной деятельности      | План реализации продукции и услуг<br>План производства продукции<br>Загрузка и пропускная способность оборудования и сборочных площадей<br>Производственная мощность<br>Сроки технологической подготовки производства и унификация технологической оснастки<br>Длительность производственного цикла | Производство |
| Производство                                    | Объем произведенной продукции (услуг)<br>Себестоимость производства продукции<br>Производительность труда<br>Затраты, связанные с незавершенным производством и заделами<br>Затраты на складирование и хранение готовой продукции   | Производство |
| Оформление заказа                               | Длительность оформления<br>Затраты на принятие<br>Количество отказов на этапе обработки<br>Количество заказов<br>Качество обслуживания потребителей при поступлении заказа  |              |

Окончание таблицы 2.2

| Основные процессы            | Показатели  | Подсистема |
|------------------------------|---|------------|
| Склад подсистемы сбыта       | Количество поступлений<br>Время хранения<br>Запасы в пути<br>Уровень механизации<br>Коэффициент оборота продукции<br>Затраты складирования и хранения. Расходы и потери хранения  | Сбыт       |
| Доставка заказа потребителям | Количество потребителей<br>Количество недопоставок в срок<br>Объем перевозок<br>Время доставки<br>Потери и хищения груза<br>Объем доставленной продукции<br>Скорость товарооборота<br>Простои погрузочно-разгрузочного оборудования и транспортных средств<br>Количество рекламаций | Сбыт       |

Поскольку показатели результативности отдельных подсистем предприятия измеряют эффективность и производительность отдельных операций, они не дают возможности оценить степень удовлетворения запросов потребителей в целом. Кроме того, согласно закону убывающей отдачи, начиная с определенного момента дополнительное вложение какого-либо ресурса (т. е. увеличение затрат на этот ресурс) будет давать уменьшающийся добавочный прирост эффекта на каждую дополнительную единицу ресурса. Этот закон описывается уравнением Ферхюльста, предложенным еще в 1838 г. для описания динамики биологических популяций, и соответствующей ему кривой, которую часто называют *логистической*. Тенденции количественного изменения эффекта, результата и затрат приведены на рисунке 2.13.

Прибыль наукоемкого производства зависит, как было показано выше, от стоимости объекта на всех стадиях жизненного цикла, где главную роль играют затраты эксплуатационного этапа, обусловленные постоянным повышением качества обслуживания продукции.

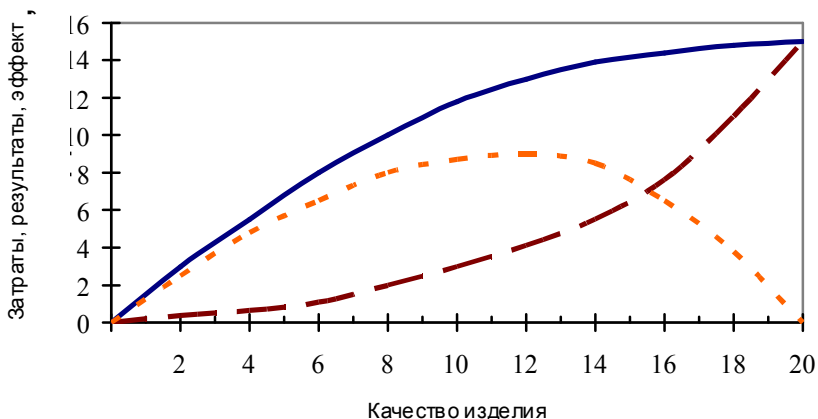


Рисунок 2.3 – Логистическая кривая динамики эффекта:  
 ————— – результаты; - - - - - – затраты; ········ – эффект

Согласно логистической модели, вначале вложение ресурсов в систему повышения качества изделия послепродажного обслуживания продукции вызовет экспоненциальный рост объема сбыта продукции; но по мере увеличения затрат с некоторого момента времени уже не будет такого роста прибыли производителя – значение уровня качества послепродажного обслуживания не бесконечно, ограничено некоторым пределом (в модели Ферхюльста этот предел называется емкостью). Объемы продаж и прибыль начнут снижаться с этого момента времени. С помощью логистической кривой описывается динамика поведения систем разной природы: ускоренный рост, равномерный рост, замедление и остановка роста. График изменения эффекта продукции также отражает действие закона убывающей отдачи.

Очень важна та система координат, в которой рассчитывают и отслеживают показатели. Это связано с наличием альтернативных целей в логистике (снижение затрат на хранение, послепродажный сервис и получение высоких прибылей от деятельности) и с эффектом конфликтующих затрат (минимизация затрат отдельно по подсистемам не приведет к минимизации затрат в целом по системе).

У производителя и потребителя продукции различные точки отсчета: менеджеры по приему и оформлению заказов могут показывать высокую производительность (например, количество принятых

и оформляемых заказов в единицу времени), но в то же время это может говорить о нехватке времени для детального и вежливого обслуживания, приводящей к низкой степени удовлетворенности потребителей. Поэтому крайне важно найти некий компромисс между потребителем и поставщиком, для чего необходимо, чтобы показатели охватывали весь процесс, а не отдельные операции. Показатели, ориентированные на процесс, дают оценку степени удовлетворения потребителей цепью поставок. Они отражают общее качество логистических услуг. Такие показатели характеризуют совокупную эффективность. (Еще раз акцентируем внимание не на оптимизации отдельных операций или подсистем, а на функционировании в целом).

Цель функционирования систем может быть разной – от цели выживания (победы) для вооруженных сил, цели социальной стабильности и мира в обществе, определяемой правительством конкретного государства (на примере Республики Беларусь) до цели получения максимальной прибыли в бизнесе. Именно учитывая высокоэффективность такого подхода, первыми его взяли на вооружение военные. Например, министерство обороны США обладает самым внушительным годовым бюджетом, превышающим 400 млрд дол. Для поддержания в исправном состоянии 300 военных кораблей, 15 000 боевых самолетов, 350 000 единиц наземной техники, обеспечения жизнедеятельности 1,4 млн военнослужащих эту организацию снабжают 43 000 компаний-поставщиков (запчастями, расходными материалами и др.). Обеспечить эффективность такой разнопрофильной сети – сложнейшая задача: стремление снизить затраты не должно сказываться на качестве обслуживания, а в конечном итоге – на эксплуатационной надежности и боеготовности техники.

Так как логистическая система представляет собой сеть взаимосвязанных цепей, ее эффективность зависит от эффективности каждой логистической цепи и составляющих ее звеньев. Но было бы неправомерно отождествлять эффективность ЛС с простой суммой показателей эффективности ее составляющих; скорее, здесь имеет место *кумулятивный эффект*, когда незначительная причина может вызвать цепь следствий, каждое из которых нелинейно влияет на результат. Небольшие и малозатратные, на первый взгляд, положительные изменения в организации и управлении производственно-бытовыми процессами на местах предприятиями – участниками ло-

гистической цепи, направленные на синхронизацию, ведут к повышению эффективности функционирования логистической системы в целом. *Кумулятивный эффект запускает в системе усиливающийся процесс по повышению эффективности, что способствует достижению управляемого резонанса в интегрированной логистической системе. Другими словами, это путь от эффективности локальной логистики к эффективности глобальных ЛС.*

Необходимо отметить, что способность накапливать определенные свойства действует и в обратном направлении: любые нарушения принципиальных основ построения логистической цепи в единичных звеньях могут привести к лавинообразно нарастающей дестабилизации функционирования всей логистической системы.

Таким образом, **обобщающий показатель эффективности логистической системы** должен:

- соединять главные показатели;
- оценивать реальный потенциал варианта цепи поставок;
- показывать степень достижения целей логистики;
- определять уровень синхронизации потоковых процессов.

Формирование обобщающего показателя эффективности функционирования логистической системы включает в себя следующие этапы:

- определение основных целей ЛС (для некоммерческих структур прибыльность не так важна, как выполнение некоторых социально значимых экономических критериев – снижение безработицы, урбанизация и т. д.; для производителей военной и спасательной техники наиболее существенно поддержание ее в полной готовности к эксплуатации и т. д.);

- установление границ ЛС, обусловленных целью ее создания и временем функционирования;

- определение временного горизонта при разработке обобщающего показателя (может рассчитываться исходя из стратегических целей одного предприятия или интересов и целей всех участников, интегрированных в логистическую цепь; исходя из длительности жизненного цикла определенных видов продукции и инновационных проектов и т. д.);

- нахождение звеньев логистических цепей – поставщиков, работников, производителей, посредников;



- расчет всех видов ресурсов, потребляемых ЛС на данном временном горизонте (например, на стадии разработки и проектирования продукции в логистическую цепь могут быть включены научно-производственные фирмы или будет принято решение организовать собственный инновационный центр, что потребует квалифицированного научного персонала);

- установление всех видов преобразований ресурсов в готовую продукцию и услуги с дальнейшей их детализацией по видам бизнес-процессов;

- определение видов готовой продукции и услуг;

- планирование и определение ожидаемых результатов от деятельности логистической системы;

- прогнозирование и классификация рисков и форсмажорных обстоятельств;

- планирование, классификация, оценка и расчет затрат разного рода.

Конечным итогом, стратегической целью выполнения логистической триады «быстрее – лучше – дешевле» является увеличение сбыта продукции и получение прибыли, на что направлена любая предпринимательская деятельность. Поэтому в качестве обобщающего показателя эффективности функционирования ЛСУ предлагается взять **общесистемный критерий эффективности производственно-хозяйственной деятельности**, получаемый с помощью стоимостных оценок результатов и затрат на ведение бизнеса:

$$\mathcal{E} = P - Z \rightarrow \max. \quad (2.11)$$

Стоимостная оценка результатов  $P$  за период времени  $T = t_2 - t_1$  складывается из показателей объемов реализации продукции и цены за единицу  $i$ -го вида продукции  $C_i$  ( $i = \overline{1, n}$ , где  $n$  – количество видов выпускаемой продукции). В условиях рыночной экономики показатель объемов реализации имеет первостепенное значение: от того, как продается продукция, какой на нее спрос на рынке, зависит и объем производства.

Показатель эффективности в таком виде приемлем и для глобальной логистической системы, и для оценки эффективности деятельности участников цепи; разница будет лишь в интерпретации результатов и затрат (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Интерпретация результатов и затрат в логистике

| Вид интеграции        | $P$  | $\varepsilon$  |
|-----------------------|--|--|
| Логистическая система | Темп поставки готовой продукции конечному потребителю  | Общие затраты на весь жизненный цикл наукоемкого изделия |
| Предприятие-участник  | Темпы реализации выполненных работ соответственно этапу жизненного цикла (темпы проектирования, производства, транспортировки и т. д.) | Затраты конкретного предприятия                          |

Объем реализации продукции определяется по отгрузке продукции потребителям и является переменной во времени, т. е. функцией времени. В связи с этим целесообразно взять в качестве показателя объемов реализации темп поставки готовой продукции  $i$ -го вида ( $i = \overline{1, n}$ ) потребителям  $N_i(t)$ .

Цена реализуемой продукции является функцией времени и объемов поставки потребителям:  $C_i = C_i(N_i, t)$ . **Стоимостная оценка результатов  $P$  производственно-хозяйственной деятельности за период  $T$**  выглядит следующим образом:

$$P = \sum_{i=1}^n \int_{t_1}^{t_2} N_i(t) C_i(N_i, t) dt, \quad i = \overline{1, n}. \quad (2.12)$$

Темп поставки потребителям может не совпадать с темпом выпуска готовой продукции по заказам потребителей:

$$N_i(t) = N_{\text{вып}}(t) \pm \Delta N_i(t), \quad i = \overline{1, n}. \quad (2.13)$$

где  $N_i(t)$  – отклонение от планируемых объемов выпуска (поставки) продукции.

Поток **затрат производственно-хозяйственной деятельности** за период времени  $T$  складывается из двух частей: постоянной части затрат  $Z_{\text{const}}$ , связанной с административными расходами, арендными платежами и т. д., и переменной части  $Z_{\text{var}}$ , зависящей от темпа выпуска продукции  $N_i(t)$  и времени  $t$ :

$$Z = \sum_{i=1}^s \int_{t_1}^{t_2} Z_{\text{const}} dt + \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^s \int_{t_1}^{t_2} Z_{\text{varil}}(t, N_i(t)) N_i(t) dt, \quad (2.14)$$

$$i = \overline{1, n} \quad l = \overline{1, s}.$$

Обобщенный показатель эффективности определяется как

$$\begin{aligned} \Theta = & \sum_{i=1}^s \int_{t_1}^{t_2} N_i(t) \Pi_i(N_i, t) dt - \sum_{j=1}^m \int_{t_1}^{t_2} Z_{\text{constj}} dt - \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^s \int_{t_1}^{t_2} Z_{\text{varil}}(t, N_i(t)) N_i(t) dt \pm \\ & \pm \sum_{l=1}^n \int_{t_1}^{t_2} \Delta N_l(t) Z_{\text{varilj}}(t, N_l(t)) dt. \end{aligned} \quad (2.15)$$

Первое слагаемое выражения (2.15) характеризует функционирование предприятия, так как цена продукции и темп поставки формируются на потребительском рынке. Это слагаемое связывает временные и финансовые показатели, по нему можно судить о выполнении целей «быстрее и лучше», поскольку качество обслуживания потребителей влияет на расширение круга стабильных потребителей, следовательно, значение выражения (2.15) должно постоянно увеличиваться.

Второе слагаемое – постоянные затраты производственно-хозяйственной деятельности – приобретает главенствующую роль при реконструкции предприятия или капитальном техническом перевооружении. Принимается, что на период времени  $T$  постоянная часть затрат не зависит от времени (по ней нельзя судить о синхронизации потоковых процессов) и определяется по количеству составляющих  $s$  постоянной части расходов.

Третье слагаемое характеризует внутрисистемную среду функционирования предприятия, и его значение должно уменьшаться.

По значению переменных затрат можно оценивать реальный потенциал варианта цепи поставок, так как она увязывает два ключевых логистических показателя – время и деньги.

Четвертое слагаемое является показателем логистизации предприятия, и для логистико-ориентированных предприятий должно выполняться равенство  $N_i(t) = N_{i\text{вып}}(t)$ , в противном случае возникает риск производства невостребованной продукции, определяемой величиной  $\Delta N_i(t)$  и направляемой на склады готовой продукции. Чтобы оце-

нить риск производства невостребованной продукции  $N_i(t)$ , необходимо проанализировать обеспеченность продукции заказами на поставку, динамику остатков готовой продукции по каждому виду, их долю в общем объеме продаж. Изучение факторов возникновения величины  $N_i(t)$  необходимо для поиска путей минимизации затрат производственно-хозяйственной деятельности, исключения факторов появления Bullwhip-эффекта и достижения высокой скорости реакции.

Таким образом, *эффективность хозяйственной деятельности современного предприятия зависит от управляемого резонанса логистической цепи – результата синхронизации его внутренних потоковых процессов и потоковых процессов логистических цепей, участником которых оно является* (рисунок 2.14).

По величине производства и хранения невостребованной продукции  $\Delta N_i(t)$  можно судить об уровне синхронизации потоковых процессов и на отдельном предприятии, т. е. на уровне локальной логистики, и на уровне глобальной интегрированной логистической системы в целом. Ликвидация этой величины ведет к достижению эффекта управляемого логистического резонанса в производственной системе, повышению ее эффективности и конкурентоспособности.

Итак, мы проследили развитие взглядов на логистику от производственно-сбытовой системы отдельного предприятия до глобальных логистических сетей и виртуальных предприятий, объединяющих множество различных локальных логистических систем. В настоящее время назрела необходимость дать более полное определение концепции логистики как методологии анализа, синтеза и оптимизации интегрированных в единое информационное поле потоково-процессных производственно-коммерческих структур, обеспечивающей повышение эффективности хозяйственной деятельности предприятий.

Независимо от размеров логистической системы, уровня ее глобализации процесс создания и внедрения ЛС управления подразумевает решение следующих взаимосвязанных задач – задач управления потоками и затратами:

- 1) регулирование пространственного движения потоков, оптимизацию времени их движения, обеспечение соответствия потоковых процессов в пространстве и времени;

2) оптимизацию общих затрат функционирования предприятия, построение антизатратного механизма на основе оптимальной логистической организации движения потоков.

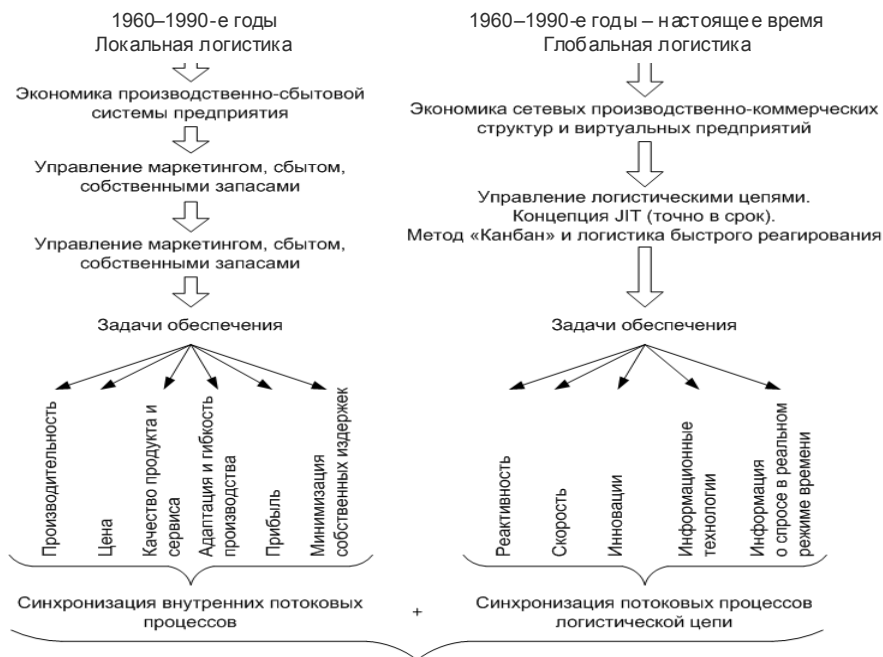


Рисунок 2.14 – Схема синхронизации потоковых процессов в логистике

Подытожив сказанное, можно сделать вывод, что **управление глобальной логистической системой представляет собой управление информационными потоками**, так как дает возможность видеть всю цепь поставок и фактический спрос на местах в режиме реального времени. Глобализация бизнеса в международных масштабах приводит к удлинению цепей поставок, их экономическое преимущество зависит от возможностей каждого звена эффективно управлять своими запасами и быстро реагировать на изменение спроса при условии сохранения собственного специализированного производства.

Перспективы организации любых форм и размеров – от единичного производства до глобальных производственно-коммерческих сетей и виртуальных предприятий – будут в дальнейшем определяться не только качеством маркетинговых исследований и программ и даже не

совершенством производственных технологий, а методологии управления и контроля глобальными цепями поставок.

### **3 ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ НАУКОЕМОЙ ПРОДУКЦИИ И ЕГО ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА**

#### **3.1 Жизненный цикл наукоемкой продукции**

Формирование свойств качества и надежности наукоемкой продукции происходит на разных этапах ее ЖЦ. Для того чтобы выделить ключевые для достижения этих свойств этапы ЖЦ, где закладываются и обеспечиваются требования к качественным показателям наукоемкой продукции, необходимо подробно рассмотреть понятие жизненного цикла продукции и его структуру.

Существует несколько основных подходов к определению понятия ЖЦ продукции, его границ и структуры.

Первый подход существовал в отечественной литературе до 1990-х годов. Жизненный цикл продукции трактовался как последовательное сложение различных периодов жизни продукции – от возникновения идеи создания до утилизации после завершения процесса эксплуатации. Формализация понятия «жизненный цикл» модели техники состояла из четырех основных этапов: разработка (I), освоение производства (II), серийное производство (III), использование потребителями (IV). Некоторые этапы (например, III и IV) могут частично совпадать во времени.

Для уяснения самой сущности понятия ЖЦ необходимо рассмотреть эти этапы применительно к любому виду наукоемкой продукции, предназначенной для производственного использования любого назначения (гражданского, оборонного, двойного, коммерческого).

Рассмотрим суть **первого этапа ЖЦ – разработки модели техники**. Этот этап включает следующие процессы:

- проведение научных исследований;
- конструирование и создание опытных образцов техники;
- проведение испытаний;
- корректировку чертежей новой модели техники.

Началом отсчета этого этапа следует считать проведение НИР (научных исследований), относящихся к данной модели техники (или технологии). В большинстве случаев речь идет о прикладных и частично о поисковых научных исследованиях. Заканчивается этап про-

ведением государственных (в случае военных образцов) или ведомственных испытаний и принятием решения о серийном производстве новой техники.

Первый этап цикла объективно необходим, что связано с постоянным усложнением создаваемой техники и повышением наукоемкости промышленной продукции. При определении эффективности первого этапа цикла в конкретной отрасли необходимо учитывать различия в уровне наукоемкости соответствующего производства. Таким образом, первый этап напрямую связан с понятием наукоемкости продукции, определяемой как отношение затрат на НИОКР и фонда освоения новой техники к реализованной (товарной) продукции. Показатель наукоемкости имеет индексную форму, т. е. не зависит от курса валют, что допускает сравнение его величин при проведении технико-экономического анализа конкурентоспособности изделий отечественного и зарубежного производства. Для каждой отрасли имеется определенный уровень (индекс) наукоемкости. Существуют группы отраслей промышленности с высокими (например, химическая, электротехническая, специальное машиностроение, производство транспортного оборудования), средними (цветная металлургия, нефтехимическая, бумажная) и низкими (черная металлургия, пищевая, текстильная, деревообрабатывающая) показателями наукоемкости.

В XXI в. стала меняться структура мирового промышленного производства, что повлекло за собой значимость и ценность научного труда и инновационного вклада в продукцию. Во много раз увеличилась доля отраслей производства, в которых в большом объеме применяется научный труд, а создание нового изделия требует все больших затрат на научные исследования и разработки.

Первый этап ЖЦ оказывает значительное влияние на технико-экономические параметры моделей техники. На *этапе разработки* создается опытный образец – прообраз будущей продукции, по этому образцу будет серийно выпускаться новая продукция. На данном этапе всегда играли большую роль подготовка и создание будущей оснастки производства, так как именно в этот период зарождаются и формируются инновационные технологические новшества, лежащие в основе роста производительности труда и повышения эффективности машиностроительного производства в целом.

В то же время существуют определенные проблемы, решение которых способствует рациональному управлению этапом разработки.

С одной стороны, новые модели техники должны воплощать последние достижения науки и техники и быть высокотехнологичными и эффективными, с другой стороны, это может привести к удлинению сроков разработки и наладки, удорожанию исследований и процессов проектирования, что в свою очередь вызовет запаздывание в выполнении последующих этапов и приведет к снижению эффективности и большим потерям из-за морального износа наукоемкой продукции.

Решение проблемы связано с улучшением организации планирования работ, выполняемых на данном этапе цикла. Ранее считалось, что критерием рациональной длительности и затрат на этапе разработок является обеспечение максимальной эффективности, получаемой народным хозяйством от модели техники за весь период ее ЖЦ. В современных условиях производители скорее склонны уменьшать длительность этого этапа, особенно в части проведения опытных стендовых и эксплуатационных испытаний агрегатов и готовых моделей техники, что не может не сказываться на качестве и надежности продукции.

**Вторым этапом ЖЦ наукоемкой продукции является освоение и подготовка серийного производства.** Этот этап объединяет следующие процессы:

- материально-техническую подготовку производства новой продукции;
- отработку технологических процессов;
- приобретение необходимого оборудования и инструмента;
- изготовление нестандартной оснастки;
- подбор квалифицированных специалистов и обучение рабочих.

Все эти процессы требуют больших затрат времени, ресурсов и осуществляются силами заводов-изготовителей с привлечением разработчиков. Началом этапа при плановой государственной экономике считалось получение разрешения на серийный выпуск, а окончанием – выпуск первой промышленной серии (партии) продукции данного вида.

Именно в силу затратности и трудоемкости освоение и подготовка производства новой продукции является самостоятельным этапом ЖЦ. Этот этап обладает специфическими особенностями, отличающими его от этапа разработки и серийного производства. В то же время он занимает промежуточное положение между разработкой продукции и ее серийным производством и имеет ряд общих черт с обоими смежными этапами.



Несомненны отличия этапа подготовки производства от этапа разработки: место осуществления, характер выполняемых функций и кадровый состав работников, осуществляющих эти функции. В отличие от серийного производства этап освоения и подготовки характеризуется серьезными трудностями различного характера. Причем эти трудности зависят от новизны продукции, качества выполнения предпроизводственной подготовки, квалификации работников, организации процесса освоения, организационной структуры предприятия и др.

Выполнение перечисленных процессов на втором этапе дает ответ о возможности организации выпуска новой продукции высокого качества при существующей производственной и технической базах, о дефиците производственных мощностей, сроках перехода на серийное производство, качестве технической и эксплуатационной документации, кроме того, дает возможность более точно оценить экономическую эффективность разработанного образца техники.

Сокращения затрат времени и ресурсов на освоение производства являются важными источниками повышения эффективности жизненного цикла. Хотя работы по освоению производства объективно необходимы, они обходятся производителю очень дорого из-за всевозможных недостатков в организации. В последнее время сокращению сроков освоения технических новинок уделяется достаточно много внимания, с этим связаны и проблема снижения времени переналадки оборудования, и стратегия стандартизации и унификации деталей, процессов и производственных систем. Например, для обеспечения адаптивности производства к меняющимся требованиям, снижения времени и ресурсозатратности этапа подготовки производства ни одно из пяти гибких производств General Motors (практически идентичные заводы в Аргентине, Польше, Китае, Таиланде и Бразилии) не использует конвейерные линии со сборкой в жестко заданном режиме. Переналадку производства на каждом из перечисленных заводов можно осуществить всего за двое суток.

Необходимо отметить, что рациональная организация этапа подготовки и освоения производства невозможна без соответствующего персонала, обладающего таким же свойством гибкости, как и технологическое оборудование и управленческие стратегии.

Безусловно, более всего в сокращении сроков освоения производства заинтересованы сами производители наукоемкой продукции, и понимание этой зависимости приводит отечественных производителей к

дальнейшему развитию опытных и экспериментальных баз и цехов, увеличению производства оснастки и инструмента.

Если необходим анализ процессов, входящих во второй этап ЖЦ, то можно исследовать этап подготовки и освоения производства новой техники более подробно и детализировать его на техническое (выпуск первой промышленной серии) и экономическое (достижение планируемых финансовых показателей) освоение продукции. В рамках поднятой темы (системного подхода к понятию жизненного цикла) такая детализация представляется нецелесообразной.

Таким образом, длительность этапа подготовки и освоения производства складывается из затрат времени на подготовку производства и выпуск первой промышленной партии (серии) изделий, в том числе на выбор и расстановку оборудования, проектирование технологических процессов, приобретение и изготовление инструмента и оснастки, выбор методов технического контроля, разработку необходимой документации (технологические карты, нормативы труда, материалов, энергии и пр.), подготовку кадров, реорганизацию производства, изготовление первой партии изделий. В ряде отраслей промышленности для завершения этого этапа требуется проведение строительно-монтажных работ и сооружение новых агрегатов и устройств.

**Третьим этапом является серийное (массовое) производство промышленной продукции.** Этот этап начинается с выпуска первой промышленной серии и продолжается от начала серийного производства новой продукции до снятия образца техники с производства. Протекая в сфере материального производства, этап производства является одним из важнейших во всем ЖЦ продукции. От того, как организовано серийное производство новой техники, зависят темпы роста технического уровня, эффективность общественного производства, прибыльность хозяйственной деятельности.

В зависимости от типа производства ЖЦ продукции третий этап имеет соответственно свои особенности. Например, производство индивидуального и мелкосерийного типов, где изделия выпускают отдельными экземплярами, жизненный цикл продукции складывается из стадии разработки изделия (эта стадия самая существенная и затратная по времени и ресурсам), производственного цикла и срока службы. Для продукции, выпускаемой массово или серийно, ключевыми стадиями жизненного цикла будут производственная и срок послепродажной службы у потребителей, т. е. стадия эксплуатации, так как первые две стадии – проектирование и подготовка производ-

ства – носят разовый характер, т. е. присущи всем моделям и модификациям выпускаемых образцов техники (это единовременные инвестиции в НИОКР, распределенные на весь выпуск продукции).

**Четвертый этап жизненного цикла – это этап использования продукции по назначению у потребителя.** На этом этапе на практике проверяется жизнеспособность идей, заложенных в изделие, уточняются как эксплуатационные затраты, так и надежность (качество) деталей и элементов конструкции. Информация о результатах эксплуатации изделия поступает в виде обратной связи на первый, второй и третий этапы жизненного цикла.

Одной из главных проблем производства массового и серийного типа является недостаточность данных о ЖЦ отдельного изделия или опытного образца. При большом выпуске однородной продукции эти данные не имеют существенного значения ни для производителя, ни для потребителей техники. Эксплуатанты наукоемкой продукции часто имеют несколько технических вариантов одной модели, а опытные образцы в принципе крайне редко попадают в сферу эксплуатации из-за выявившихся в результате испытаний дефектов. Поэтому на предприятиях массового и серийного типов необходимо иметь информационную базу данных о всей совокупности продукции данного вида у всех потребителей, условиях ее эксплуатации и выработке эксплуатационного ресурса. Это позволит определять рациональные сроки продления ресурса, оценивать и прогнозировать долговечность объектов, своевременно прекращать выпуск устаревающей продукции, чтобы подготовиться к переходу на выпуск новой. Именно этим и объясняется необходимость изучения ЖЦ продукции с учетом ее идентификации для производителей сложной техники. Взаимосвязь этапов и ключевых эффектов ЖЦ продукции представлена на рисунке 3.1.

Таковы были представления о ЖЦ наукоемкой продукции до 1980-х годов – до начала постиндустриального периода в мировой экономике. С 1980-х годов и до конца XX в. с появлением новых методов и способов организации производства и повсеместным внедрением концепции маркетинга изменилось представление о ЖЦ технических систем. Это обусловлено появлением второго подхода в исследовании понятия ЖЦ продукции, базирующегося на концепции маркетинга. Стоит отметить, что бурное развитие маркетинга в эти годы, появление различных методов формирования рыночного спроса и управления, рекламных стратегий вызвало некоторую эйфорию у

многих производителей. На маркетинг возлагались слишком большие надежды, впоследствии себя не оправдавшие, что и привело к развитию концепции промышленной логистики как методологии эффективной организации производства.

Маркетинговый подход к ЖЦ продукции связывает его с периодом внедрения продукции на рынок и разными периодами сбыта, т. е., как уже отмечалось выше, мы акцентируем внимание именно на моментах управления рыночным спросом. Для анализа рынка при таком подходе рассматривают следующие периоды сбыта продукции: внедрение, ранний рост, поздний рост, полную силу и спад. Возможен еще период восстановления роста сбыта.

Появление третьего подхода к ЖЦ продукции связано с широким развитием и внедрением информационных технологий и кардинальными изменениями в сфере потребления наукоемкой продукции. Требования потребителей сложной техники к ее качеству и надежности постоянно растут, ЖЦ продукции становится все короче, конкурентная борьба на мировых рынках наукоемкой продукции военного и гражданского назначения – все жестче. Это вызывает кардинальные и необратимые изменения в организации сложных наукоемких производств, реализации компьютерно-интегрированных производств (КИП) на основе CALS-технологий. Поэтому третий подход к ЖЦ продукции сфокусирован на управлении качеством продукции. *Жизненный цикл продукции в соответствии со стандартом ИСО 9004-1 состоит из 11 стадий:*

- 1) маркетинговых исследований;
- 2) ОКР;
- 3) материально-технического снабжения;
- 4) подготовки производства;
- 5) производства;
- 6) контроля, испытаний;
- 7) упаковки и хранения;
- 8) реализации и распределения;
- 9) монтажа и эксплуатации;
- 10) техпомощи и обслуживания;
- 11) утилизации.

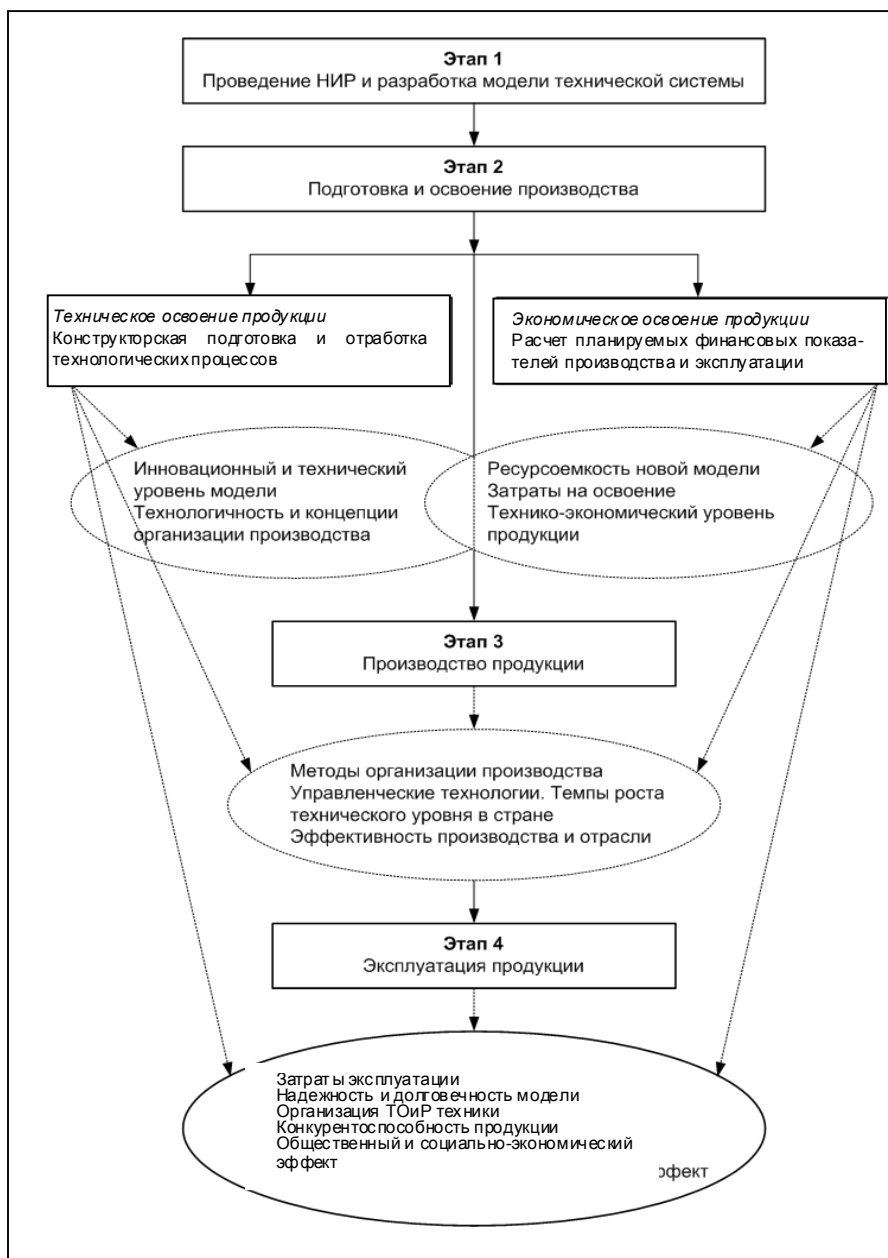


Рисунок 3.1 – Взаимосвязь основных этапов и ключевых эффектов ЖЦ продукции

Таким образом, наиболее полным на данный момент является третий подход к ЖЦ, но в отношении наукоемкой продукции его следует дополнить стадией научно-исследовательских работ.

С учетом изложенного можно дать следующий *перечень этапов ЖЦ наукоемкой продукции* (рисунок 3.2):

- 1) маркетинговые исследования;
- 2) НИОКР, включающий фундаментальные и научно-исследовательские разработки, разработку технического задания, проектно-конструкторские работы, разработку опытного образца изделия;
- 3) технологическая подготовка, МТО и экономическое освоение производства (эффективные методы организации производства); планирование производственных процессов;
- 4) производство продукции – выпуск первой промышленной серии, серийное (массовое) производство новой продукции, контроль и испытания, хранение и упаковка;
- 5) постпроизводственный, включающий реализацию, распределение и транспортировку продукции, монтаж и отладку, эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт (ТОиР);
- 6) утилизация снятой с эксплуатации и производства продукции.

Главными показателями ЖЦ продукции являются его длительность, характеризующая продолжительность отдельных этапов и их соотношение по времени протекания, и экономическая эффективность модели техники, определяемая сопоставлением затрат и результатов на протяжении всего цикла.

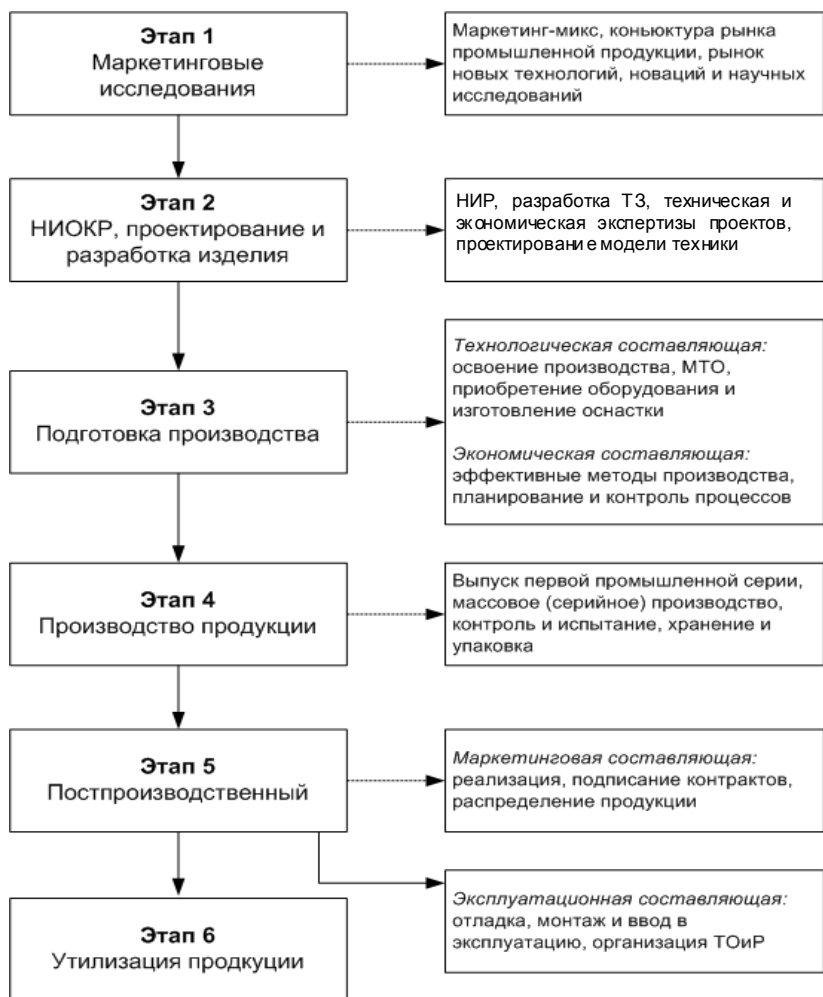


Рисунок 3.2 – Этапы ЖЦ наукоемкой продукции и ключевые процессы

Остановимся на группе показателей, характеризующих структуру ЖЦ во времени. Для определения общего времени жизненного цикла необходимо иметь информацию о длительности каждого этапа. Для этого требуются данные о границах каждого этапа ЖЦ. Хотя многие этапы могут накладываться друг на друга, можно выделить сроки их начала и окончания (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Сроки начала и окончания этапов ЖЦ

| Этап ЖЦ   | Срок начала этапа   | Срок окончания этапа и контрольный срок исполнения (КС)  |
|---|---|--|
| 1 Маркетинговые исследования                    | Поручение собственной службе или подписание договора на проведение исследований со сторонними организациями с определением длительности этапа | Сдача отчета по истечении оговоренного срока   |
| 2 НИОКР (проектирование и разработка продукции) | Дата утверждения ТЗ соответственно на НИР, ОКР, технического проекта (ТП), экономического проекта (ЭП)  | Дата окончания технической и экономической экспертиз проектов, утверждения акта о НИР, подготовка комплектов конструкторской и рабочей документации на изделие |
| 3 Подготовка производства                       | Принятие решения о планировании производственных процессов и МГО производства   | Наличие необходимого оборудования, оснастки, электронной документации, опытных стендов и цехов, подписание договоров с поставщиками ресурсов                   |
| 4 Производство продукции                        | Дата выпуска первой промышленной серии  | Снятие образца техники с производства  |
| 5 Постпроизводственный этап                     | Подписание контракта на поставку, продажа, поставка и ввод в эксплуатацию первого серийного образца продукции                                 | Снятие с эксплуатации последнего образца продукции   |
| 6 Утилизация                                    | Дата списания первого образца продукции с эксплуатации  | Дата окончания работ по утилизации   |

Плановая продолжительность ЖЦ представляет собой суммарное время на выполнение основных этапов, и по каждому этапу нужно брать сроки начала и окончания работ. Фактическую длительность ЖЦ модели техники можно рассчитать следующим образом:

$$T_{\text{ЖЦфакт}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4,$$

где  $t_1$  – время от начала разработки модели техники до начала ее освоения;

$t_2$  – время от начала освоения модели до начала серийного производства;

$t_3$  – время от начала серийного производства модели до его прекращения;

$t_4$  – срок службы изделия, выпущенного в последний год производства модели техники.



Интервалы времени между окончанием предыдущего и началом следующего этапа ЖЦ свидетельствуют о потерях времени и недостатках в организации процессов.

Для того чтобы отслеживать и контролировать прохождение этапов ЖЦ и составляющих их процессов, необходимы контрольные сроки (КС) и контрольные точки (КТ). Контрольный срок исполнения помогает отслеживать потери времени и отклонение от календарного графика выполнения работ; контрольные точки рекомендуется делать для анализа отклонения качественных и количественных показателей изделия от проектных значений не только по техническим, но и по экономическим критериям. Главным, безусловно, является общесистемный критерий эффективности производственно-хозяйственной деятельности, получаемый с помощью стоимостных оценок результатов и затрат на ведение бизнеса (результаты – затраты), рассмотренный в п. 3.2. Анализ КТ ЖЦ изделия позволяет анализировать экономическую эффективность продукции, сопоставляя затраты и результаты на протяжении соответствующего этапа.

Таково содержание основных этапов ЖЦ наукоемкой продукции. Эта категория относится не только к отдельным изделиям, но и к технологическим процессам, комплексным программам, способам организации производства, хотя во всех случаях ЖЦ имеет свою специфику.

### **3.2 Стоимость жизненного цикла наукоемкой продукции**

Одним из важнейших потребительских свойств сложной наукоемкой продукции является стоимость жизненного цикла изделия, определяемая затратами на поддержку данного ЖЦ.

Они складываются из затрат на разработку модели и ее массовое (серийное) производство, а также затрат на монтаж и ввод технических систем в действие, на эксплуатацию и поддержание в работоспособном состоянии, т. е. по всем ключевым этапам и процессам ЖЦ. Необходимо отметить, что при подсчете затрат на создание и использование новой модели техники необходимо учитывать затраты на освоение новой техники у потребителей продукции, в том числе затраты на повышение квалификации и переобучение рабочих, занятых на технологических операциях с новым оборудованием; потери, связанные с недостижением запланированных объемов прибыли в период освоения новой техники и пр.

Примерная структура затрат (учитывая затраты приобретения потребителем изделия) в стоимости ЖЦ изделий машиностроения развитых стран приведена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Структура затрат в стоимости ЖЦ

| Наименование затрат  | % затрат от ЖЦ | Наименование затрат                                 | % затрат от ЖЦ |
|--|----------------|---|----------------|
| <b>Приобретение</b>  | <b>26,0</b>    | <b>Поддержка</b>                                    | <b>58,0</b>    |
| В том числе:<br>проектирование/разработка                    | 3,1            | В том числе:<br><i>Первичные затраты</i><br>Из них: | 4,6            |
| производство   | 18,7           | начальное обучение                                  | 0,3            |
| установка и передача в эксплуатацию                          | 3,7            | первичный запас запасных частей (34)                | 3,0            |
| документация   | 0,5            | другое  | 1,3            |
| <b>Эксплуатация</b>  | <b>12,0</b>    | <i>Текущие затраты</i><br>Из них:                   | 53,4           |
| В том числе:<br>создание условий эксплуатационного окружения | 3,8            | пополнение ЗЧ                                       | 10,7           |
| подготовка персонала   | 8,0            | трудоzатраты на ремонт                              | 37,4           |
| другое   | 0,2            | расходные материалы                                 | 5,3            |
|  |                | <b>Утилизация</b>                                   | <b>4,0</b>     |

Для сложной наукоемкой продукции, нуждающейся в ремонтном обслуживании и имеющей длительный срок использования (10–20 лет), затраты, возникающие при эксплуатации, как правило, в несколько раз превышают затраты на приобретение. Традиционно считалось, что повышение удобства техники в эксплуатации непременно должно повышать стоимость объекта (затраты – *приобретения*), поэтому требования к функциональности были первоочередными, что вело к скрытому росту затрат на *владение* объектом (например, колоссальная стоимость запчастей на складах).

С одной стороны, дополнительные затраты на стадии проектирования, конструирования и производства изделия обеспечат хорошие эксплуатационные характеристики, повысят надежность объекта, но увеличат продажную цену, т. е. *затраты приобретения* потребителя. Но с другой стороны, заранее обеспечив в конструкции изделия хорошие эксплуатационные характеристики, можно существенно сэкономить на эксплуатации, т. е. снизить *затраты владения*. Тогда общая стоимость объекта на всех стадиях ЖЦ снижается, так как экономия на этапе эксплуатации превышает рост затрат на приобретение.

Поэтому именно этапу эксплуатации в последнее время уделяется

самое пристальное внимание. Он обособляется от послепродажного этапа ЖЦ и представляет собой совокупность процессов, осуществляемых производителями моделей техники и запасных частей (ЗЧ) к ней, поставщиками, субпоставщиками и потребителями продукции, состоит из системы технического обслуживания и ремонта и материально-технического обеспечения.

Расчет стоимости ЖЦ позволяет определить затраты:

- на предварительное и концептуальное проектирование;
- разработку и проектирование системы;
- изготовление (себестоимость изделия);
- обслуживание и утилизацию.

При таких расчетах часто используют параметры, полученные при анализе надежности технической системы и составляющих узлов и агрегатов: интенсивность отказов, стоимость запасных частей, продолжительность ремонта, стоимость комплектующих и т. д. Естественно, что на изготовление наукоемкой продукции высокого качества с высокими показателями надежности требуются большие затраты, которые не готов возместить потребитель. Поэтому необходимо обеспечить оптимальное соотношение между качеством и надежностью техники, с одной стороны, и стоимостью ее приобретения и владения – с другой. Производители добиваются этого за счет сокращения сроков и материальных затрат на создание изделия, расходов эксплуатационного этапа и эффективной организации системы ТОиР.

Стоимость ЖЦ включает в себя полные затраты на владение. При выборе нового оборудования расчет стоимости ЖЦ помогает принять решение, которое принесет наибольшую экономическую выгоду.

Любое изменение или усовершенствование существующего процесса или оборудования также должно быть оценено с точки зрения стоимости ЖЦ для определения экономической целесообразности и обоснования необходимости этого изменения. Сравнение стоимости жизненного цикла при существующих и измененных условиях позволяет оценить срок окупаемости затрат за счет общего снижения стоимости и отклонить те изменения, которые не дают существенных преимуществ. Результат анализа зависит от принятых допущений или используемого критерия оценки стоимости ЖЦ. Таким критерием может быть норма прибыли, долговечность оборудования, коэффициент инфляции, эффективность функционирования, стоимость обслуживания и т. д.

Для решения проблемы оптимизации затрат ЖЦ изделия была

разработана и впервые применена в рамках государственных проектов в оборонной отрасли методика Life-Cycle Costing (LCC) – концепция учета затрат ЖЦ. Стоимость полного ЖЦ изделия – от проектирования до снятия с производства – была наиболее важным показателем для государственных структур, так как проект финансировался исходя из полной стоимости контракта или программы, а не из себестоимости конкретного изделия. Новые технологии производства спровоцировали перемещение методов LCC в сектор частной экономики. Основными причинами этого перехода явились резкое сокращение ЖЦ изделий, увеличение стоимости подготовки и запуска в производство, практически полное определение финансовых показателей (затрат и доходов) на стадии проектирования.

Как отмечалось выше, технический прогресс существенно сократил ЖЦ наукоемкой продукции. Например, в компьютерной технике время производства изделия стало сопоставимым со временем разработки. Высокая технологическая сложность изделия приводит к тому, что до 90 % производственных затрат определяют именно на стадии НИОКР. Таким образом, важнейший принцип концепции LCC можно определить как *прогноз и управление расходами на производство изделия на стадии его проектирования*.

С учетом изложенного можно дать обобщенную схему развития ЖЦ наукоемкой продукции и распределения денежных средств на его поддержку по всем этапам (рисунок 3.3).

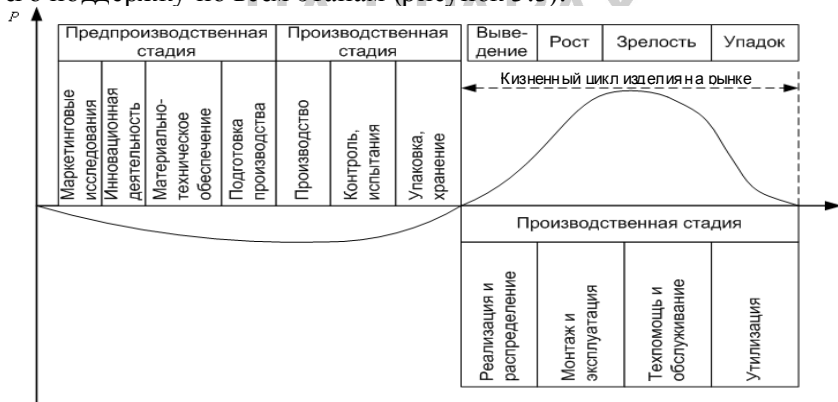


Рисунок 3.3 – Схема развития ЖЦ продукции и распределения денежных средств Р

При расчете стоимости ЖЦ сложных технических систем длительного пользования на несколько лет вперед можно наблюдать за

расходом средств и, как следствие, за изменением общих затрат на владение имуществом. Этот расчет следует выполнять в сопоставимом денежном масштабе, т. е. использовать коэффициент дисконтирования, позволяющий привести будущие затраты к текущему моменту времени, используя конкретные денежные единицы (доллар, евро). Полученные значения стоимости ЖЦ для альтернативных стратегий использования оборудования сравниваются между собой, и выбирается наиболее выгодная стратегия.

Одно из важных преимуществ некоторых (не большинства) моделей стоимости ЖЦ – возможность их применения на ранних стадиях проектирования, в том числе при параллельном проектировании и разработке систем интегрированной логистической поддержки изделия. Учет стоимости ЖЦ на ранних стадиях проектирования гарантирует ее минимизацию при одновременной разработке конструкции конечного изделия, процессов производства, испытаний/оценки и поддержки.

### **3.3 Концепция CALS**

Многообразие процессов в ходе ЖЦ наукоемкого изделия и необходимость их интенсификации требуют активного информационного взаимодействия субъектов (организаций), участвующих в поддержке ЖЦ продукции. С ростом числа участников растет и объем используемой и передаваемой информации. Управление такой многокомпонентной системой представляет собой сложную задачу, решение которой невозможно без интеграции в единое информационное поле всех участников и процессов ЖЦ техники.

Для информационной интеграции процессов, протекающих в ходе ЖЦ продукции, была разработана новая концепция – CALS, реализованная позднее в виде CALS-технологий.

Термин CALS (Continuous Acquisition and Life-Cycle Support – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукции) – появился в 1985 г. в оборонном комплексе США для обозначения интегрированной системы информационной поддержки процессов заказа, поставки, обслуживания, эксплуатации и ремонта средств вооружений и военной техники. Речь шла о стандартизации электронного представления и обмена технической и коммерческой информацией, позволяющей упорядочить и ускорить соответствующую

щие процессы в федеральных структурах и вооруженных силах и сократить затраты, связанные с этим сложным информационным взаимодействием. За прошедшие годы понятие CALS существенно расширилось и перестало быть прерогативой военного комплекса. Оказалось, что задачи совместного использования электронной информации и обмена ею, в части данных о составе и структуре изделий, геометрических моделях, чертежах, технических руководствах, описаниях процессов, данных, касающихся материально-технического обеспечения, технологии информационной поддержки процессов эксплуатации сложной техники – не менее актуальны в других отраслях, связанных с наукоемкой машинно-технической продукцией.

Во-первых, CALS – это идеология создания единой информационной среды для процессов проектирования, производства, испытаний, поставки и эксплуатации продукции. Системность информационного подхода заключается в охвате всех стадий ЖЦ продукции – от замысла до утилизации.

Во-вторых, интеграция достигается путем стандартизации представления информации (или, скажем, результатов) в процессах проектирования, материально-технического снабжения, производства, ремонта, послепродажного сервиса и т. д. Такой подход создает новый базис для информационной интеграции и преемственности в использовании информации.

Наконец, в-третьих, эффективный бизнес сегодняшнего дня имеет явную тенденцию к географической распределенности. Компании кооперируются для того, чтобы вместе выполнить сложный проект или вывести на рынок новый продукт. Этот сложный организм должен жить по единым правилам в едином информационном пространстве, позволяющем получать данные в электронной форме непосредственно от партнеров и передавать им результаты своей работы. В случае изменения состава участников – смены поставщиков или исполнителей – обеспечивается сохранность уже полученных результатов (моделей, расчетов, документации, баз данных).

Концепция CALS – совокупность принципов и технологий информационной поддержки ЖЦ продукции на всех его этапах. Она основана на использовании единого информационного пространства и обеспечивает взаимодействие всех участников этого цикла: разработчиков, потребителей, производителей, поставщиков, эксплуати-

рующих организаций и ремонтных предприятий.

В России в последнее время появилась русскоязычная интерпретация термина CALS – информационная поддержка жизненного цикла изделий (ИПИ).

Областями применения CALS принято считать: совершенствование деятельности в области разнородных процессов, участвующих на всех этапах ЖЦ продукции; управление цепями поставок в течение всего ЖЦ продукции (от создания концепции изделия до его утилизации); электронную интеграцию организаций (предприятий), участвующих на различных этапах ЖЦ продукции; управление поддержкой ЖЦ продукции (рисунок 3.4).

Цель применения CALS-технологий как инструмента организации и информационной поддержки всех участников разработки, производства и эксплуатации продукта – повышение эффективности их деятельности за счет ускорения процессов исследования и разработки продукции, придания изделию новых свойств, сокращения издержек в процессах производства и эксплуатации, повышения уровня сервиса в процессах эксплуатации и технического обслуживания.

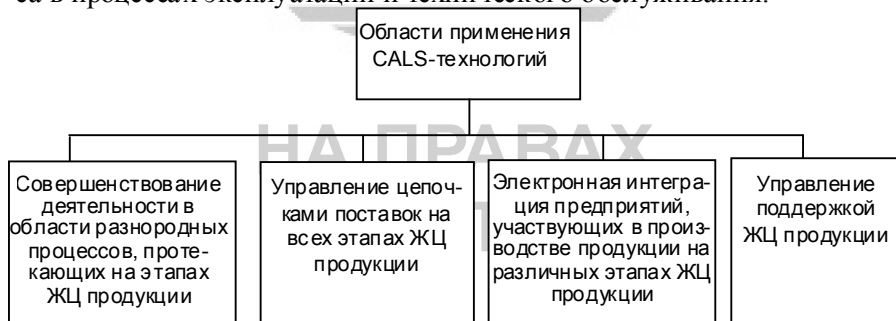


Рисунок 3.4 – Области применения CALS-технологий

CALS-технологии активно применяют, прежде всего, при разработке и производстве сложной наукоемкой продукции, создаваемой интегрированными промышленными структурами, которые включают НИИ, КБ, основных подрядчиков, субподрядчиков, поставщиков готовой продукции, потребителей, предприятия технического обслуживания, ремонта и утилизации.

Растущая конкуренция на мировом рынке товаров и услуг заставляет производителей заботиться о конкурентоспособности своей

продукции. Помимо традиционных способов ее повышения, таких как снижение стоимости, повышение качества, надежности и эффективности, расширение функциональных возможностей, все большую актуальность стали приобретать следующие:

- снижение затрат на эксплуатацию, ремонт и утилизацию;
- обеспечение простоты и удобства эксплуатации и обслуживания;
- быстрота реакции на потребности рынка;
- доступность актуальной документации и простота ее обработки;
- снижение временных и материальных затрат на обучение персонала.

В то же время нельзя свести CALS просто к набору международных стандартов, правил организации деятельности предприятий и инструментов для интеграции предприятий, автоматизации управления существующих предприятий, к системе создания технической документации, электронному обмену данными для организации поставок по принципу точно в срок. CALS – это, прежде всего, информационная стратегия, пересмотр путей ведения бизнеса, набор инструментов и международных стандартов (многие из которых уже применяются), более эффективное использование информации, новые методы сотрудничества между предприятиями и, самое главное, изменение взгляда государственных органов на проблему создания законодательной базы для установления цивилизованных отношений в области производства и бизнеса.

Предприятия, использующие CALS-технологии, могут быстрее реагировать на ситуацию рынка (улучшенная реакция на запросы потребителей, сокращение времени на разработку изделия, пополнение материальных запасов), уменьшить затраты, повысить качество и надежность продукции (уменьшение брака на этапах разработки и производства изделий, повышение согласованности данных).

**Технические преимущества CALS-технологий.** Технологии, стандарты и программно-технические средства CALS обеспечивают эффективный и экономичный обмен электронными данными и бумажными электронными документами, что дает следующие преимущества:

- возможность параллельного выполнения сложных проектов (в первую очередь это касается систем вооружения и военной техники) несколькими рабочими группами (параллельный инжиниринг), существенно сокращающего время разработок;
- планирование и управление многими предприятиями, участвующими в ЖЦ продукции, расширение и совершенствование кооперационных связей (электронный бизнес);



- резкое снижение количества ошибок и переделок, приводящее к сокращению сроков реализации проектов и существенному повышению качества продукции;

– распространение средств и технологий информационной поддержки на послепродажные стадии ЖЦ – интегрированная логистическая поддержка изделий.

**Экономические преимущества CALS-технологий.** На экономические показатели предприятий, применяющих CALS-технологии, непосредственно влияют следующие факторы:

- сокращение затрат и трудоемкости процессов технической подготовки и освоения производства новых изделий;

- ускорение сроков вывода на рынок новых конкурентоспособных изделий;

- уменьшение брака и затрат, связанных с внесением изменений в конструкцию;

- увеличение объемов продаж изделий, снабженных электронной технической документацией (в частности, эксплуатационной) в соответствии с требованиями международных стандартов;

- сокращение затрат на эксплуатацию, обслуживание и ремонт изделий (затрат на владение), которые для сложной наукоемкой продукции подчас равны или превышают затраты на закупку.

Вот некоторые количественные оценки эффективности внедрения CALS в промышленности США:

- прямое снижение затрат на проектирование – от 10 до 30 %;

- сокращение времени на разработку изделий – от 40 до 60 %;

- уменьшение времени вывода новых изделий на рынок – от 25 до 75 %;

- сокращение доли брака и объема конструктивных изменений – от 20 до 70 %.

- уменьшение затрат на подготовку технической документации до 40 %;

- снижение затрат на разработку эксплуатационной документации – до 30 %.

По зарубежным данным, потери, связанные с несовершенством информационного взаимодействия с поставщиками, только в автомобильной промышленности США оцениваются суммой порядка 1 млрд дол. в год. Аналогичные потери характерны и для других отраслей промышленности.

Фундаментом CALS-технологий является система единых международных стандартов ISO 10303 и ISO 13584.

В настоящее время целый ряд отечественных предприятий в рамках международного сотрудничества, в частности при продаже сложных наукоемких изделий, а также лицензий на их производство, уже столкнулись с требованиями соблюдения стандартов CALS применительно к поставляемой с изделием технической документации в электронной форме, а также к средствам компьютерной информационной поддержки процессов технического обслуживания, материально-технического обеспечения, заказа запасных частей и ремонта. Аналогичные проблемы, связанные с совместным использованием конструкторской, производственной и коммерческой информации в электронной форме, возникают в рамках проектов по разработке и производству наукоемкой продукции, выполняемых совместно с зарубежными партнерами.

Таким образом, практическое применение CALS-технологий является чрезвычайно актуальной задачей.

### **3.4 Информационные системы поддержки жизненного цикла наукоемкой продукции**

Начиная с 1980-х годов, одним из направлений повышения эффективности производства стало широкое применение информационных технологий. Важным этапом развития на этом пути послужило появление понятия *гибкой производственной системы (ГПС)*. В соответствии с ГОСТ 26228-90 ГПС – «...управляемая средствами вычислительной техники совокупность технологического оборудования, состоящего из разных сочетаний гибких производственных модулей и (или) гибких производственных ячеек, автоматизированной системы технологической подготовки производства и системы обеспечения функционирования, обладающая свойством автоматизированной переналадки при изменении программы производства изделий». Принципиальная особенность ГПС заключается в наличии новой компоненты – компьютерной системы управления, обеспечивающей возможность увязки отдельных процессов, функций и задач в единую систему.

От внедрения ГПС ожидалось уменьшение размеров предприятий, увеличение коэффициента использования оборудования и снижение накладных расходов, значительное уменьшение объема незавершен-

ного производства, сокращение затрат на рабочую силу в результате организации «безлюдного» производства, ускорение сменяемости моделей выпускаемой продукции в соответствии с требованиями рынка, сокращение сроков поставок продукции и повышение ее качества.

Дальнейшее развитие работ в данном направлении в конце 1980-х – начале 1990-х годов привело к появлению понятия *компьютеризированного интегрированного производства (КИП)*. Концепция КИП подразумевала иной подход к организации и управлению производством, новизна его заключалась не только в применении компьютерных технологий для автоматизации технологических процессов и операций, но и в создании интегрированной информационной системы предприятия. Информационная интеграция процессов достигалась путем использования общих баз данных, позволяющих более эффективно решать вопросы разработки и проектирования изделий, подготовки, планирования и управления производством, материально-технического обеспечения, т. е. охватывающих все процессы предприятия.

В концепции КИП роль *интегрированной автоматизированной системы управления (ИАСУ)* стала еще более значительной. На ИАСУ были возложены не только функции автоматизации процессов проектирования и производства изделий, но и совершенно новые задачи, связанные с обеспечением информационной интеграции процессов. Эта интеграция должна была осуществляться за счет совместного использования одной и той же информации (в электронном виде) для решения разных задач.

В составе ИАСУ было принято выделять автоматизированную систему управления предприятием (АСУП), АСУ конструкторско-технологической подготовкой производства (КТПП), гибкими производственными участками (ГПУ), транспортно-складской системой (ТСС), инструментальным обеспечением (ИО), а также научными исследованиями (НИ).

Практика показала, что из всех задач ИАСУ наиболее типизируемыми оказались задачи автоматизации проектирования и подготовки производства, а также задачи уровня управления предприятием (АСУП). В конце 1980-х – начале 1990-х годов на рынке появились самостоятельные программно-технические решения, пригодные для использования на предприятиях с различным уровнем автоматиза-

ции, в том числе и вне КИП в его классическом понимании. Возникли новые устойчивые понятия: CAD/CAM/CAE и MRP (MRP II).

Первое понятие CAD (Computer Aided Design) / CAM (Computer Aided Manufacturing) / CAE (Computer Aided Engineering) обозначало комплекс программных средств компьютерного проектирования, подготовки производства и инженерных расчетов.

Одновременно с системой компьютерного проектирования появились системы планирования/учета. Самый ранний стандарт – MPS (Master Planning Scheduling) представляет собой объемно-календарное планирование и состоит из следующих шагов:

- 1) формирования планируемого объема реализации продукции в определенные промежутки времени;
- 2) формирования по нему плана пополнения запасов (за счет закупки у сторонних организаций или производства);
- 3) оценки финансовых результатов деятельности по финансовым периодам или периодам планирования.

Эта модель не учитывает, что пополнение запасов может быть сложным и длительным процессом, она рассчитана на маленькие предприятия с небольшой номенклатурой и постоянным спросом на выпускаемую продукцию.

Более сложная модель SIC (Statistical Inventory Control) – уровень складских запасов, ниже которого необходимо передать заказ на пополнение запасов поставщикам. Так же определяется уровень пополнения – количество запасов конкретного товара, которое не рекомендуется превышать. Модели эти динамические и могут учитывать сезонные колебания спроса на запасы, изменения сроков поставки и т. д.

Проблемы управления запасами усложнились с появлением технически сложных изделий, технология производства которых включает этапы не только сборки, но и подборки отдельных деталей и узлов. Возникает вопрос целесообразности выполнения собственными и сторонними силами отдельных операций. Повысились требования к соблюдению сроков поставки отдельных комплектующих.

В результате была разработана микрологистическая концепция MRP (Material Requirements Planning – планирование материальных ресурсов), которая решала задачу формирования заказа на комплектующие и узлы, опираясь на данные объемно-календарного планирования. В MRP-системе основной акцент делается на использовании информации о поставщиках, заказчиках и производственных процессах для управления потоками материалов и комплектующих. Партии

исходных материалов и комплектующих планируются к поступлению на предприятия в соответствии со временем (с учетом страхового опережения), когда они потребуются для изготовления сборных частей и узлов. В свою очередь, части и узлы производят и доставляют к окончательной сборке в требуемое время. Готовая продукция производится и доставляется заказчиком в соответствии с согласованными обязательствами.

MRP, а позднее MRP II (Manufacturing Resource Planning – управление производственными ресурсами) – общепринятые обозначения комплекса задач управления финансово-хозяйственной деятельностью предприятия (планирования производства, материально-технического снабжения, управления финансовыми ресурсами и др.).

Появились первые стандарты и спецификации, определяющие функциональные требования к этим системам.

Аналогичная методология (CRP) была разработана для планирования производственных мощностей.

Объединенная система, состоящая из MRP и CRP, получила название MRP II. Вместе с используемыми на предприятиях системами управления технологическими процессами (АСУТП), автоматизированного проектирования и другими смежными программами реализация MRP II дает существенные результаты. MRP II – стандарт, включающий 16 основных функциональных требований, предъявляемых к системе управления промышленным предприятием.

В начале 1990-х годов консалтинговой фирмой Gartner Group (США) была предложена концепция ERP (Enterprise Resource Planning – управление ресурсами предприятия). Сегодня термины MRP II и ERP практически полностью вытеснили термин АСУТП и стали привычным для специалистов обозначением класса интегрированных информационных систем, предназначенных для управления производственно-хозяйственной деятельностью предприятия. ERP является более совершенной системой планирования ресурсов предприятия. Принципиально система ERP отличается от MRP II открытостью, мобильностью, использованием реляционной базы данных и архитектуры клиент-сервер. Характерными примерами современных ERP являются системы R/3 (SAP), BAAN (iBAAN), Oracle Applications (Oracle Corp.), MFC/PRO (QAD), People Soft (People Soft Inc.), OneWorld (J.D. Edwards), BPCS (System Software Associates), Syteline (Symix Systems) и др. Следует упомянуть целый ряд интегрированных информационных систем, приближающихся по функциональности к ERP и представленных на рынке российскими производителями: БОСС (компания АйТи), «Парус»

(корпорация «Парус»), «Галактика» (корпорация «Галактика»), «Касатка» и др.

Концепцией управления ресурсами предприятия является появившаяся в конце 1990-х годов система CSRP (Customer Synchronized Resource Planning – планирование ресурсов предприятия, ориентированное на потребителя), охватывающая почти весь ЖЦ товара. Она учитывает затраты не только на производство, но и на продвижение и обслуживание товара (логистика, сервис, маркетинг). Основа идеологии CSRP – это предоставление покупателю возможности влиять на процесс производства. Производители, побуждаемые взаимодействием с покупателем, а не внутренними проблемами производства, могут получить существенные преимущества от того, что систематически будут уточнять ассортимент товаров и сопутствующих услуг, а также получать информацию о новых перспективных рынках. В классических системах планирования и управления ресурсами информация о рынках и покупателях недоступна системе планирования бизнеса, ее части изолированы в различных локальных подсистемах, разбросанных по организации.

Каждая из этих подсистем уделяет значительное внимание работе с покупателем, но в большинстве традиционных структур они тратят слишком мало времени на взаимодействие с плановым и производственными отделами. Методология CSRP перемещает внимание с планирования производства на планирование заказов покупателя.

Самый новый из стандартов систем управления предприятиями – CSRP, помимо всего прочего, охватывает и взаимодействие с клиентами, оформление нарядов/заказов и технических заданий, поддержку заказчика на местах и т. д. Таким образом, если стандарты MRP, MRP II и ERP ориентированы на внутреннюю организацию предприятия, то CSRP включает в себя полный цикл – от проектирования будущего изделия, с учетом требований заказчика, до гарантийного и сервисного обслуживания после продажи. Суть концепции CSRP главным образом состоит в том, чтобы интегрировать заказчика (клиента, покупателя) в систему управления предприятием. Согласно данной концепции не отдел сбыта, а непосредственно сам покупатель размещает заказ на изготовление продукции, отвечает за правильность его исполнения и при необходимости отслеживает соблюдение сроков производства и поставки. При этом предприятие может очень четко отслеживать тенденции спроса на его продукцию.

Таким образом, информационные системы поддержки ЖЦ посто-

янно эволюционируют и совершенствуются. В каждый момент времени в концепциях MRP II/ERP можно выделить условно три слоя. В первом находятся те методы и средства, которые проверены практикой и закреплены в виде стандартов. Второй слой составляют достаточно устойчивые, часто применяемые методы и приемы, которые, однако, не носят обязательного характера. Эти методы и приемы можно обнаружить при более глубоком анализе функциональных структур. В качестве примеров можно привести методологию скользящего планирования в MPS/MRP, алгоритмы образования партий в MRP, правила приоритетов в SFC и многое другое. Этот слой, жестко не регламентируемый, тем не менее, представляет собой довольно стройную систему взаимосвязанных идей и методов.

К третьему слою идей и методов MRP II/ERP следует отнести то новое, что вносят в свои базовые системы фирмы – производители программных продуктов. Реализованные на их основе новые информационные технологии представляют собой ноу-хау фирм-разработчиков. Как правило, именно в этом слое можно обнаружить значительные отличия в продуктах различных фирм. Некоторые из новых технологий в состоянии оказывать серьезное влияние на эффективность построения крупных информационных систем.

Проблемы управления поставками и снабжением хорошо изучены на Западе, существуют эффективные методы их решения, известные под названием SCM (Supply Chain Management – управление цепочками снабжения). SCM решает задачи координирования, планирования и управления процессами снабжения, производства, складирования и доставки товаров/услуг конечным потребителям.

Управление поставками неразрывно связано с внутрифирменным ресурсным планированием (ERP), поэтому SCM-системы часто путают с ERP-системами. Очевидно, что грамотный механизм поставок и снабжения – не самоцель, а лишь один из элементов оптимизации бизнес-процессов. Поэтому учет других ресурсов компании (финансы, персонал и т. д.) играет существенную роль в построении эффективных логистических цепочек.

Задачи выработки эффективных способов взаимодействия с клиентом, позволяющих ему самому стать звеном снабженческой цепочки и вовлекающих его во внутренние бизнес-процессы, решают с помощью внедрения единой стратегии, которая объединяет управление

взаимоотношениями с клиентами (Customer Relationships Management, CRM) и управление цепочками снабжения (SCM).

В последние годы появилась новая концепция управления ЖЦ продукции – PLM (Product Life-Cycle Management) – система управления ЖЦ изделия. Под PLM понимается интегрированная информационная модель всех этапов ЖЦ изделия: от проектирования и изготовления до установки, технического обслуживания и демонтажа. Наличие такой модели (в случае ее успешной реализации) позволит получить доступ к информации об изделии всем заинтересованным службам предприятия, а также поставщикам и заказчикам. В основе PLM лежит модель PDM (Product Data Management) – система управления данными об изделии, разрабатываемая и используемая, как правило, инженерными службами.

Любые информационные системы, в том числе и такие системы управления, как ERP, SCM, CRM или PLM, применяют для повышения эффективности конкретной области деятельности. При этом даже весьма обобщенное перечисление контуров управления, где задействованы эти системы, может показать, что системы ERP, CRM и SCM повышают эффективность в определенных областях своей целевой направленности и при этом не оказывают прямого влияния на разрабатываемую и выпускаемую продукцию. Целевой же направленностью систем PLM являются непосредственно выпускаемые изделия.

Системы CRM управляют бизнес-процессами, связанными с начальными и конечными этапами ЖЦ изделия – этапами исследований и производства продукции; системы SCM – бизнес-процессами, расположенными в середине ЖЦ изделия, – этапами подготовки и производства продукции; системы ERP – бизнес-процессами, связанными с этапами разработки, подготовки производства и изготовления продукции. И только системы PLM управляют бизнес-процессами, связанными со всеми этапами ЖЦ изделия.

Таким образом, основные отличия PLM от ERP, CRM и SCM заключаются в целевой направленности – предназначении этих систем, а также в совокупности бизнес-процессов, реализуемых в них.

Первые системы PDM появились в конце 1980-х – начале 1990-х годов. Появление систем PDM было вызвано все возрастающими сложностями в области согласованной работы в среде САПР на уровне рабочей группы. Развитие этих систем происходило очень стремительно.



В начале 1990-х годов даже самые развитые, так называемые тяжелые промышленные САПР, уже не рисковали предлагать встроенные модули управления совместно используемой проектной информацией. Эти системы сосредоточились только на трехмерном твердотельном групповом проектировании сборок. Информационное обеспечение работы с такого рода сборками было выделено в самостоятельную задачу, реализация которой и вызвала к жизни появление на рынке систем PDM первого поколения. Как правило, такие PDM имели прямой интерфейс в САПР сборок, встроенную СУБД и генератор отчетов для вывода спецификаций на изделие целиком. Разработкой PDM первого поколения наиболее плодотворно занимались именно производители тяжелых САПР.

При таком подходе исходными (базовыми) данными для работы PDM становились:

- во-первых, структура изделия, получаемая напрямую из среды параллельного проектирования САПР;
- во-вторых, структура отношений между участниками проекта, которая задавалась в ходе выполнения административных задач по адаптации PDM на конкретном подразделении предприятия.

Кроме того, система PDM должна была управлять дополнительной производственной информацией, относящейся к проекту в целом.

Однако уже к середине 1990-х годов стало ясно, что системы PDM первого поколения успешно решают только задачи информационного обеспечения группы проектировщиков. Для интеграции этих систем в общий производственный процесс необходимо было уйти от концепции PDM первого поколения, а сами PDM требовалось дополнить и расширить.

Дополнить состав модулей надо было новой функцией – учетом не только конструкторских, но в первую очередь технологических аспектов деятельности производства. Расширять применимость систем следовало, выходя за рамки проектных групп и включая в информационный контур PDM руководящее звено, технологические и плановые подразделения.

Характерной задачей PDM второго поколения стало обеспечение управления всеми проектными данными в соответствии с правилами, устанавливаемыми для участников на каждом этапе работ над изделием. Таким образом, на повестку дня вышла задача управления ЖЦ изделия, которая актуальна и поныне. Применение систем PDM вто-

рого поколения позволило рационализировать информационный обмен актуальными данными между подразделениями предприятия в целом, автоматизировать некоторые функции принятия решений при продвижении информации об изделии по этапам ЖЦ, сократить потери на организацию доступа нужного уровня к общему банку данных предприятия для каждого из клиентов системы PDM. Как результат – применение такого рода систем PDM должно было существенно сократить непроизводительные потери, особенно при выполнении работ над образцами новой техники. Именно представители второй генерации систем PDM первыми появились на отечественном рынке и были освоены им. Этими системами были Optegra компании Computervision и iMAN компании EDS Unigraphics.

Стремление к охвату всех информационных потоков потребовало более тесной интеграции PDM-систем с системами ресурсного планирования предприятия (SAP – Systems Applications and Products in Date Processing): Application, SAP R/3, BAAN, CA Unicenter NG, J.D. Edwards и т. д. Так как стандарта структуры данных для таких систем еще не существовало, то в качестве рабочего варианта выбирался формат структур данных о составе изделия SAP R/3 или структура данных о составе изделия STEP (для подвижного состава железных дорог, автомобиле- или авиастроения). Такой формат использовался для интеграции систем PDM и ERP по совместно используемым данным. Это послужило прототипом создаваемых PLM-систем.

Для систем PDM третьего поколения характерны следующие особенности: полная реализация идеологии «клиент-сервер», реализация СУБД на основе самих производительных ядер, как правило, Oracle 7.x.x, реализация выхода на системы ERP, вызов клиентских модулей через унифицированный пользовательский графический интерфейс. Базовыми функциональными возможностями систем третьего поколения считают:

- контроль структуры и ЖЦ изделия;
- контроль версий и релизов информационных объектов;
- генерацию спецификаций.

Следует отметить, что в настоящее время многие аналитические компании рассматривают рынок PDM-систем в качестве сегмента PLM-рынка. Аналитики AMR Research предлагают классифицировать разработчиков PDM-систем, разделив их на три группы. Классификация представлена на рисунке 3.5.

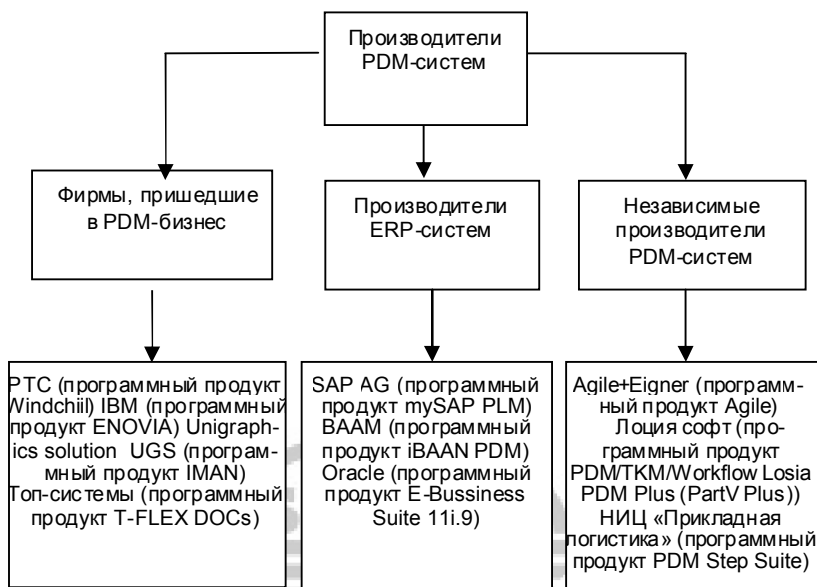


Рисунок 3.5 – Классификация производителей PDM-систем

Рост инвестиций в PLM, причем не только в совершенствование имеющихся систем, но и в новые продукты, указывает на то, что предприятия оценили значение данной технологии для повышения прибыли и сокращения издержек. Предполагается, что в ближайшие годы объем продаж будет расти в среднем на 8 % в год и к 2015 г. достигнет 30 млрд дол.

В качестве примера на рисунке 3.6 показана взаимосвязь информационных систем на различных этапах ЖЦ наукоемкой продукции.

Потребность в создании интегрированной системы поддержки ЖЦ изделия и систематизации информационного взаимодействия компонентов такой системы привели к необходимости создания *интегрированной информационной среды* (ИИС), объединяющей всех участников и все процессы ЖЦ продукции. В основе такой ИИС лежит использование открытых архитектур, международных стандартов, обобщенных данных, современного математического и программного обеспечения.

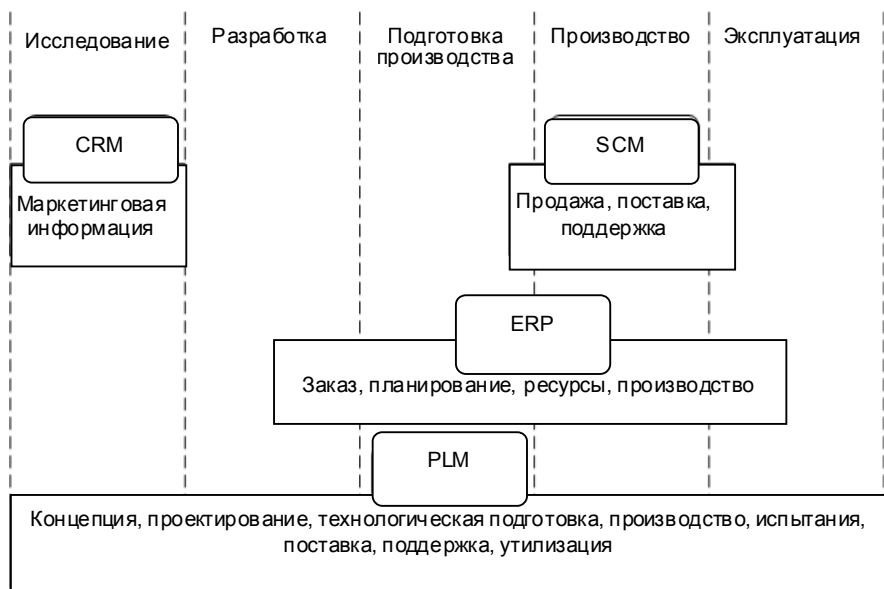


Рисунок 3.6 – Взаимосвязь информационных систем на различных этапах ЖЦ наукоемкой продукции

## 4 СИСТЕМА ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ

### 4.1 Интегрированная логистическая поддержка

Многообразие процессов в ходе ЖЦ продукции и необходимость их интенсификации требуют активного информационного взаимодействия субъектов (организаций), участвующих в его поддержке. С ростом числа участников увеличивается объем используемой и передаваемой информации.

Процессы ЖЦ продукции можно представить как совокупность процессов, происходящих у разработчиков, в органах государственного и отраслевого регулирования, у производителей, поставщиков МТО, перевозчиков, потребителей, ремонтных организаций, имеющих прямые и обратные связи. Таким образом, ЖЦ конечной продукции необходимо рассматривать с учетом ЖЦ входящих в нее компонентов. Базовая схема информационных потоков в среде участников ЖЦ продукции представлена на рисунке 4.1.

Потребность в интегрированной системе поддержки ЖЦ изделия и систематизации информационного взаимодействия компонентов такой системы привели к необходимости создания **интегрированной информационной среды (ИИС)**. В основе ИИС лежит использование открытых архитектур, международных стандартов, совместное использование данных и апробированных программно-технических средств.

Круг конкретных задач, решаемых в результате создания современной ИИС, включает:

- объединение в единое информационное пространство большого числа территориально удаленных друг от друга объектов и подразделений компании;

- высокоскоростную передачу по каналам связи любых видов информационных потоков;

- поддержку деятельности всех подразделений и объектов предприятия;

- автоматизацию всех технологических и бизнес-процессов компании, оперативный контроль и управление процессами производства, транспортировки и сбыта, взаиморасчетов с потребителями и поставщиками, управление персоналом; мощные средства обработки и анализа получаемой информации, расчет плановой и фактической себестоимости продукции;

- обеспечение необходимого уровня безопасности и защиты информационных ресурсов предприятия.

Новые информационные технологии уже позволили добиться существенных достижений в области автоматизации и информационной интеграции при проектировании и производстве техники. Больше внимания уделяется и вопросам, связанным с информационной и организационной поддержкой постпроизводственных стадий ЖЦ изделий. В частности, таких как их закупка и поставка, ввод в эксплуатацию, эксплуатация, гарантийное и сервисное обслуживание, техническое обслуживание и ремонт, поставка запасных частей и др. В западной терминологии перечисленные стадии объединяются понятием **интегрированной логистической поддержки (ИЛП)**, являющейся важной составной частью концепции CALS.

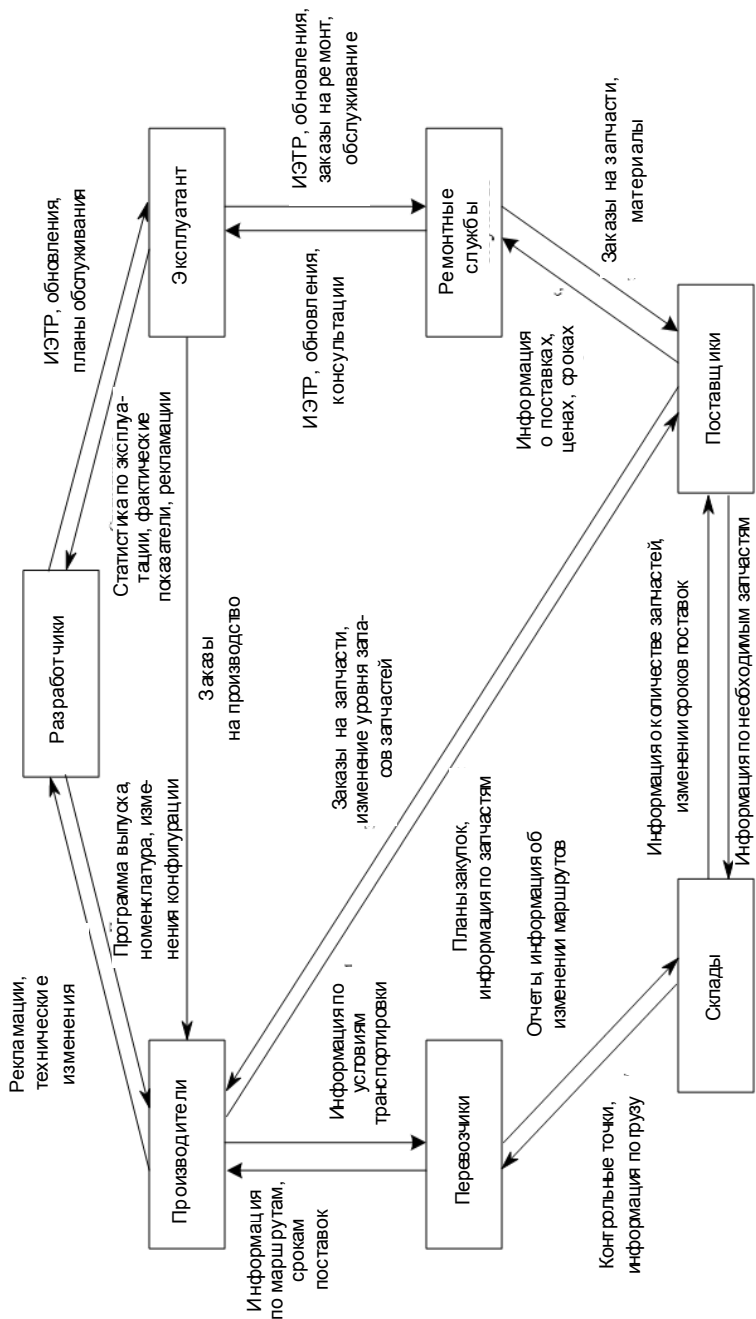


Рисунок 4.1 — Базовая схема информационных потоков в среде участников ЖЦ продукции

Электронная обработка информации о материальных потоках, автоматизация документооборота при организации товародвижения, планирование, организация, регулирование, учет, контроль и анализ материальных потоков с помощью компьютерных средств в снабжении, производстве и поставках обеспечивает реализацию современной концепции интегрированной логистики.

Послепродажное обслуживание продукта, с одной стороны, должно учитывать интересы потребителя, с другой – быть рентабельным для производителя. При этом производитель (поставщик) продукта сталкивается с целым рядом проблем:

- планирование производственной программы должно учитывать соответствие динамики производства динамике эксплуатации продукта, обеспечивая своевременное поступление запасных частей в службы технического обслуживания и ремонта (ТОиР);

- соотношение уровня сервиса послепродажного обслуживания продукции и уровня затрат на производство, поставку, складирование запасных частей должно быть оптимальным;

- обеспечение загрузки оборудования и ритмичности предполагает непрерывность производственного цикла;

- время реакции производства на изменение структуры входящего потока потребностей в запасных частях должно быть минимальным.

Решение этого комплекса проблем в конечном итоге определяет конкурентные преимущества продукта для потребителя. Комплекс управленческих мероприятий, направленных на решение этих проблем, объединяется в системе интегрированной логистической поддержки (ИЛП) ЖЦ наукоемкой продукции. Интегрированный процесс управления обеспечивает выбор комплектующих, кодирование изделий и запчастей, планирование поставок, администрирование заказов и др. Системы ИЛП обеспечивают предприятия оперативной и аналитической информацией в электронной среде, что делает взаимодействие высокоэффективным.

В мировой практике на основе использования систем ИЛП продлеваются назначенные до списания межремонтные ресурсы и сроки службы техники, приносящее эксплуатирующим организациям колоссальный экономический эффект.

Методическую основу концепции ИЛП составляют положения стандарта министерства обороны Великобритании DEF STAN 00-60 (Integrated Logistic Support)», который практически стал международным

и на нормы которого иностранные заказчики ссылаются, формулируя требования к системе ИЛП для отечественных изделий. Используются некоторые положения нормативного документа НАТО «NATO CALS Handbook», военного стандарта США MILSTD-1388 (к настоящему времени отменен), а также требования спецификаций АЕСМА 1000D, АЕСМА 2000D. В концепции применяют термины и определения, установленные в Рекомендациях по стандартизации Р 50.1.031-2001 «Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Терминологический словарь. Часть 1. Стадии жизненного цикла продукции», принятых и введенных в действие постановлением Госстандарта РФ от 02.07.2001 г. № 256-ст.

Анализ перечисленных выше нормативных документов позволил выявить основное содержание проблемы ИЛП и сформулировать связанные с ней задачи. На рисунке 4.2 схематически показана структура процессов и задач ИЛП. Согласно этой схеме, *ИЛП сложного наукоемкого изделия состоит в реализации четырех основных процессов:*

1) логистического анализа изделия (Logistic Support Analysis), проводимого на всех стадиях ЖЦ;

2) планирования процессов технического обслуживания и ремонта изделия (Maintenance and Repair Planning), проводимого на стадии проектирования и уточняемого в процессе производства и эксплуатации изделия;

3) интегрированного планирования процедур поддержки материально-технического обеспечения процессов эксплуатации, обслуживания и ремонта изделия (Integrated Supply Support Procedures Planning), проводимого на стадии проектирования и уточняемого в процессе производства и эксплуатации изделия;

4) обеспечения персонала электронной эксплуатационной и электронной ремонтной документацией на изделие (Electronic Maintenance Documentation, Electronic Repair Documentation), проводимого на стадии проектирования и реализуемого в процессе производства конкретных экземпляров (партий) изделия.

Необходимо отметить, что в отечественной практике под другими названиями понимаются процессы и процедуры, в известной степени аналогичные перечисленным выше. Главное отличие процессов и процедур, описываемых в отечественных нормативных документах, от аналогичных, регламентированных зарубежными стандартами, состоит в том, что отечественные документы не предусматривают систематического приме-



нения информационных технологий для поддержки процессов логистического анализа, таких как безопасность, надежность, контролепригодность, эксплуатационная и ремонтная технологичность, техническое обслуживание и ремонт, материально-техническое обеспечение и другие, в рамках интегрированной информационной среды. Это предопределяет необходимость перевода данных процессов на современную методическую и программно-техническую базу, приемлемую, в первую очередь, для иностранных заказчиков отечественной продукции.

В настоящее время законченных решений в области ИЛП не существует. Стандарт министерства обороны Великобритании DEF STAN 00-60, хотя и является основой для создания систем ИЛП, но дает лишь общий подход к проектированию. Все работы по выработке таких решений находятся на стадии разработки концепции, технических заданий и пилотных проектов.

В нашей стране до 2000-х годов не происходило сколько-нибудь значимых изменений в области логистической поддержки техники. Основная особенность проблемы в том, что ИЛП зародилась еще в советские времена, когда она существовала в виде системы послепродажного обеспечения эксплуатации техники. А главная причина появления этой проблемы – сугубо ведомственная структура советской экономики, фактически лишенная каких-либо экономических или коммерческих отношений между предприятиями различных ведомств. Одни ведомства производили, другие эксплуатировали. Поэтому все вопросы, касающиеся обеспечения эксплуатации (будь то инженерная поддержка или снабжение запасными частями) решались на уровне ведомств в рамках планового хозяйства. Отсюда сегодняшний конфликт интересов и существующие недостатки.

В остальном мире системы ИЛП бурно развивались. Импортёры техники уже привыкли к использованию подобных систем настолько, что по-другому эксплуатировать уже не хотят и не могут. Иначе говоря, техника без системы послепродажного обеспечения эксплуатации сегодня уже не рассматривается в качестве законченного продукта или товара.

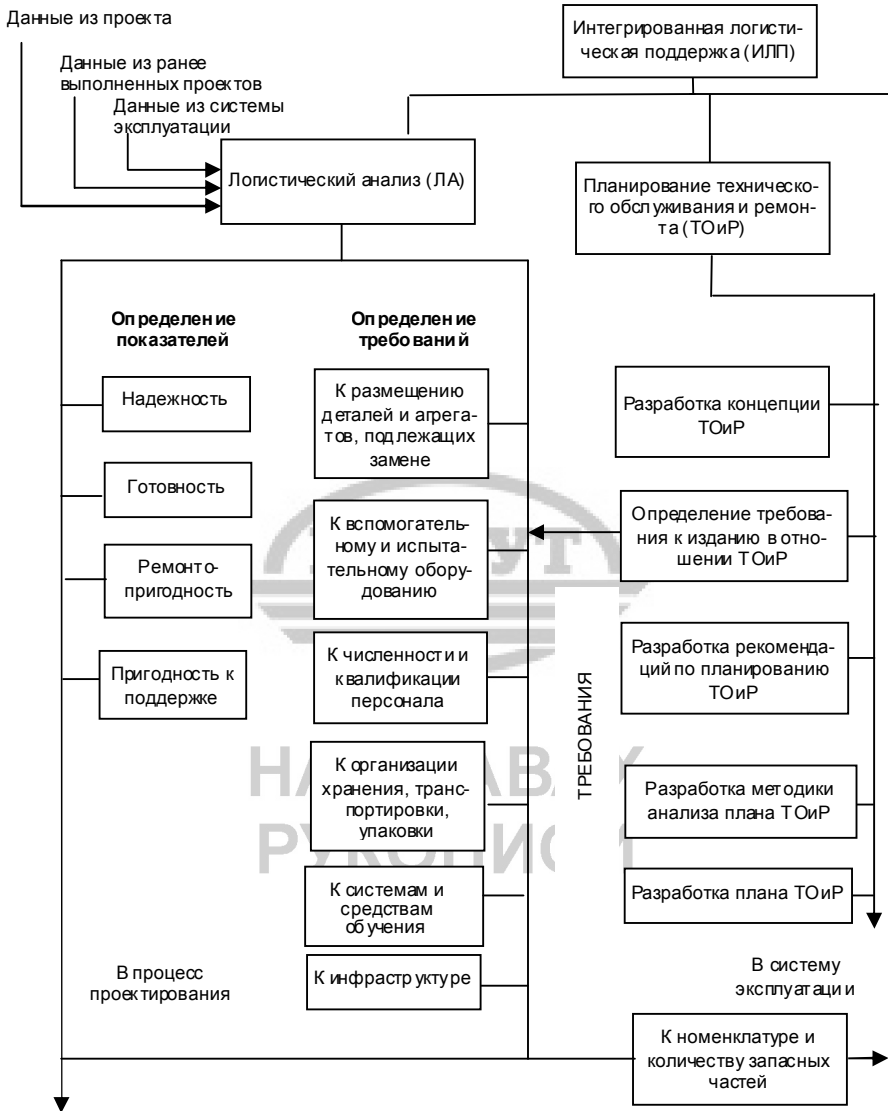


Рисунок 4.2 (начало) – Структура процессов и задач ИЛП (все элементы информационных потоков, обозначенные на схеме, реализуются через ИИС)

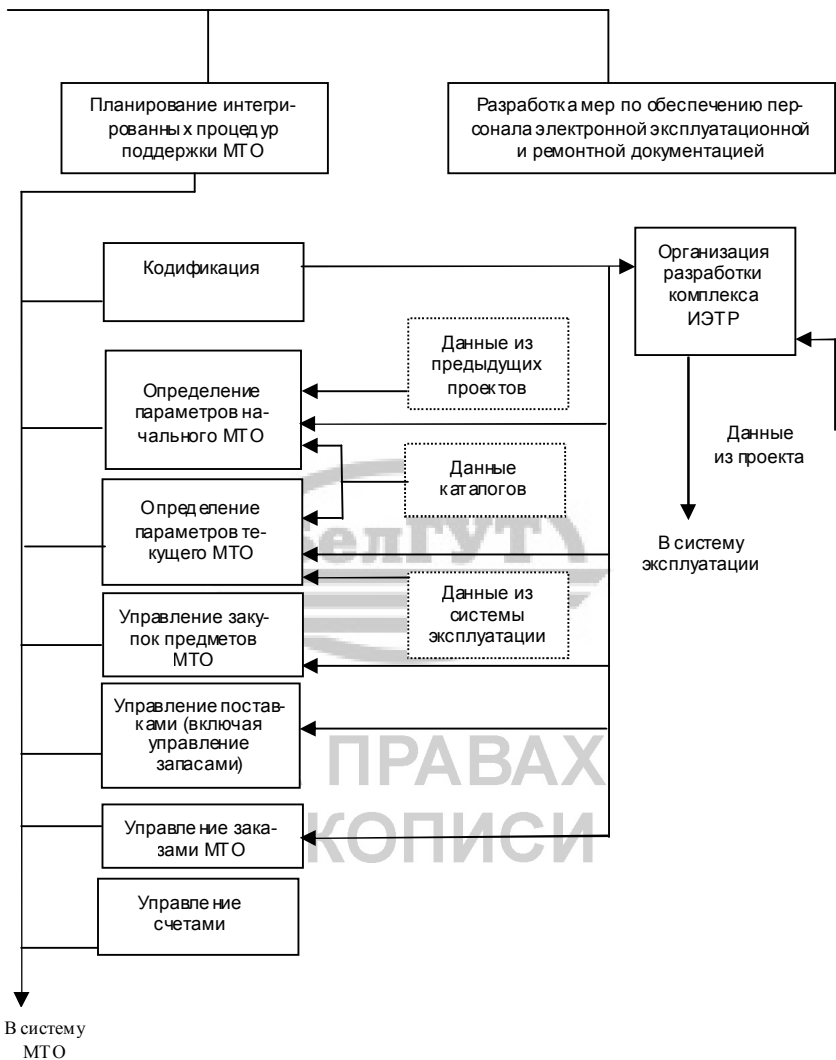


Рисунок 4.2 (окончание) – Структура процессов и задач ИЛП (все элементы информационных потоков, обозначенные на схеме, реализуются через ИИС)

Заинтересованность в освоении и развитии указанных информационных технологий во многом объясняется следующим: создание системы логистической поддержки становится необходимым услови-

ем заключения крупных контрактов на поставку изделий техники и др. При этом наукоемкое производство возвращает свои утраченные позиции на международных рынках. Укрепление позиций производителей наукоемкой продукции на мировых рынках будет зависеть от наличия систем поддержки эксплуатации, поставляемых одновременно с объектами, и их качества.

Белорусская железная дорога является крупным потребителем наукоемких технических средств и современных технологий. На этапе проведения тендеров по закупке технических средств транспорта необходимо требовать от поставщиков выполнения указанных выше международных норм.

#### **4.2 Анализ логистической поддержки**

Логистический анализ – важнейший элемент интегрированной логистической поддержки. Он представляет собой формализованную технологию всестороннего исследования, как самого изделия, так и вариантов системы его эксплуатации и поддержки. Как интегрированная логистическая поддержка, логистический анализ в целом направлен на минимизацию затрат ЖЦ изделия при обеспечении требуемых параметров надежности, готовности, ремонтпригодности и общей эффективности.

Согласно требованиям упомянутых выше стандартов логистический анализ должен начинаться еще до начала проектирования, т. е. на стадии определения требований к изделию, и продолжаться до завершения его эксплуатации. Это необходимо для оценки правильности результатов предыдущих этапов логистического анализа и накопления статистического материала, служащего основой для разработки новых проектов. Процесс логистического анализа носит циклический, итеративный характер: на каждом последующем этапе уточняют и развивают результаты предыдущего. Результаты анализа должны храниться в специализированной базе данных – **базе данных логистического анализа** (Logistic Support Analysis Records, LSAR).

В ходе логистического анализа решают следующие задачи:

- разработку стратегии, планирование и управление процессом;
- формирование требований к системе интегрированной логистической поддержки и связанных с ней требований к проекту (конструкции изделия) на основе сравнения с существующими аналогами;
- корректировку проектных решений, направленной на обеспечение эффективной эксплуатации;

- разработку проекта системы интегрированной логистической поддержки, обеспечивающей оптимальное соотношение затрат, сроков реализации и характеристик поддерживаемости (Supportability);
- определение потребности в ресурсах для интегрированной логистической поддержки, разработка планов постпроизводственной поддержки;
- оценку и проверку достигнутых показателей эффективности системы интегрированной логистической поддержки.

Согласно стандарту DEF STAN 00-60, **анализ логистической поддержки (АЛП)** состоит из решения задач, разбитых на определенные серии (группы). Перечень задач приведен в таблице 4.1.

Процесс АЛП можно условно разделить на три стадии: подготовительную, основную и заключительную.

В ходе подготовительной стадии решают следующие основные задачи:

- разработку стратегии и плана АЛП (задачи 101 и 102);
- формирование требований к системе ИЛП и связанных с ней требований к проекту (конструкции изделия) на основе сравнения с существующими аналогами (задачи группы 200);
- разработку и документирование процедур экспертизы (корректировки) проекта (задача 103).

Основная стадия включает:

- корректировку проектных решений, направленную на обеспечение эффективной эксплуатации;
- разработку проекта системы ИЛП, обеспечивающей оптимальное соотношение затрат, сроков реализации и характеристик поддерживаемости (задачи группы 300);
- определение потребности в ресурсах для ИЛП, разработку планов постпроизводственной поддержки (задачи группы 400).

Таблица 4.1 – Задачи анализа логистической поддержки

| Группа задач  | Назначение группы задач  | Задачи подзадачи   |
|---|--|--|
| 100 – Планирование и контроль за проведением АЛП  | Обеспечение формализованных действий по планированию АЛП, экспертизе программы и проекта изделия                                 | 101 – Разработка стратегии АЛП<br>102 – Планирование АЛП<br>103 – Контроль за ходом АЛП и соблюдением требований к подерживаемости   |
| 200 – Изучение условий эксплуатации и формирование требований к изделию и системные требования к поддержке эксплуатации (СТЭ) | Формирование требований к системе поддержки и связанных с ней требований к проекту на основе сравнения с существующими аналогами | 201 – Изучение условий эксплуатации изделия<br>202 – Анализ возможностей применения типовых решений в конструкции и в СТЭ изделия<br>203 – Анализ аналогов<br>204 – Анализ технических решений, направленных на улучшение изделия и СТЭ<br>205 – Поддерживаемость, определяющие ее параметры изделия и СТЭ |
| 300 – Анализ вариантов конструкции изделия, СТЭ и их взаимодействия   | Разработка системы, обеспечивающей оптимальный баланс затрат, сроков и характеристик поддерживаемости                            | 301 – Определение функциональных требований к конструкции изделия (функциональный анализ)<br>302 – Разработка вариантов концепции и плана ИЛП изделия<br>303 – Анализ альтернатив и компромиссов   |
| 400 – Определение потребностей в логистических ресурсах   | Определение требований к ресурсам логистической поддержки, разработка планов производственной поддержки                          | 401 – Анализ задач обслуживания<br>402 – Предварительный анализ последствий ввода изделия в эксплуатацию   |
| 500 – Контроль подерживаемости  | Проверка выполнения заданных требований и устранение недочетов   | 501 – Контроль подерживаемости на этапах разработки и эксплуатации   |

Заключительная стадия содержит оценку и проверку достигнутых показателей эффективности системы ИЛП (задачи группы 500), подготовку данных для других программ ИЛП.

Такое деление условно, так как процесс АЛП является итеративным, и на любом этапе можно уточнять результаты предыдущего и вносить необходимые изменения.

На стадии эксплуатации в базе данных логистического анализа поддерживаются сведения о фактической конфигурации изделия с учетом возможных изменений, вносимых в ходе практического применения. Информация о ходе эксплуатации изделия и фактических характеристиках поддерживаемости должна передаваться проектанту, обеспечивая обратную связь и возможность дополнения и корректировки результатов первоначального анализа. На основе этой информации выявляют расхождения между запланированными (проектными) и фактическими характеристиками поддерживаемости и разрабатывают планы мероприятий по их преодолению. Для реализации этих процедур необходимо на стадии разработки проекта предусмотреть возможности и средства обмена цифровыми данными между проектантом и эксплуатантом.

В этой связи весьма актуальна задача формирования и ведения эксплуатантами электронных документов, фиксирующих данные:

- об отказах изделия и его компонентов;
- о выполненных операциях ремонта и замены компонентов;
- выполненных операциях планового и внепланового технического обслуживания;
- фактических значениях трудоемкости и календарного времени, затрачиваемых на выполнение операций по обслуживанию и ремонту;
- фактической численности и квалификации персонала, выполнявшего работы, и т. д.

При расчетах часто используют параметры, полученные при анализе надежности: интенсивность отказов, стоимость запасных частей, продолжительность ремонта, стоимость комплектующих. Поэтому знание фундаментальных основ теории надежности является важнейшим элементом при проектировании логистических систем поддержки ЖЦ продукции.

Поскольку АЛП требует взаимодействия большого количества участников ЖЦ и использования средств автоматической обработки

данных, необходимо обязательное представление всей информации в стандартизованном виде. В стандарте DEF STAN 00-60 для этих целей используют понятия «элемент данных» (Data Element) и «описание элемента данных» (Data Element Definition). БД АЛП должна строиться с использованием этих понятий на основе интегрированной информационной модели (модели данных). В качестве базового средства реализации БД АЛП может использоваться PDM-система.

#### **4.3 Организация системы технического обслуживания, ремонта и стратегии эксплуатации**

Под интегрированной логистической поддержкой понимается методология обеспечения конкурентных преимуществ наукоемкой продукции, важнейшим из которых является поддержание техники в работоспособном состоянии в целях сокращения простоев, ведущих к недополучению прибыли и штрафным санкциям. Таким образом, встает вопрос о выборе стратегий эксплуатации сложной техники и новых методах и подходах к управлению системой эксплуатации в целом, обеспечивающих эффективность интегрированной логистической поддержки ЖЦ наукоемкой продукции.

Система эксплуатации обладает особенностями, присущими сложным техническим системам: наличием единой цели, управляемостью, взаимосвязью элементов, иерархической структурой. Она должна удовлетворять возлагаемым требованиям: обеспечивать полную безопасность, высокую эффективность использования и экономичность процессов эксплуатации. На рисунке 4.3 приведена типовая функциональная структура системы технической эксплуатации. Взаимосвязи между отдельными функциями представляют в виде потоков информации. В тех местах, где потоки соединяются, должны приниматься решения и осуществляться необходимые действия.

Концепция интеграции информации подразумевает, что предпринимаемые действия в одной из областей деятельности службы технической эксплуатации могут быстро и серьезно повлиять на работу производства, поставщиков, эксплуатантов продукции. На рисунке 4.3 видно, что центральное место в структуре занимает функция планирования процессов ТОиР и инженерно-технического обеспечения.



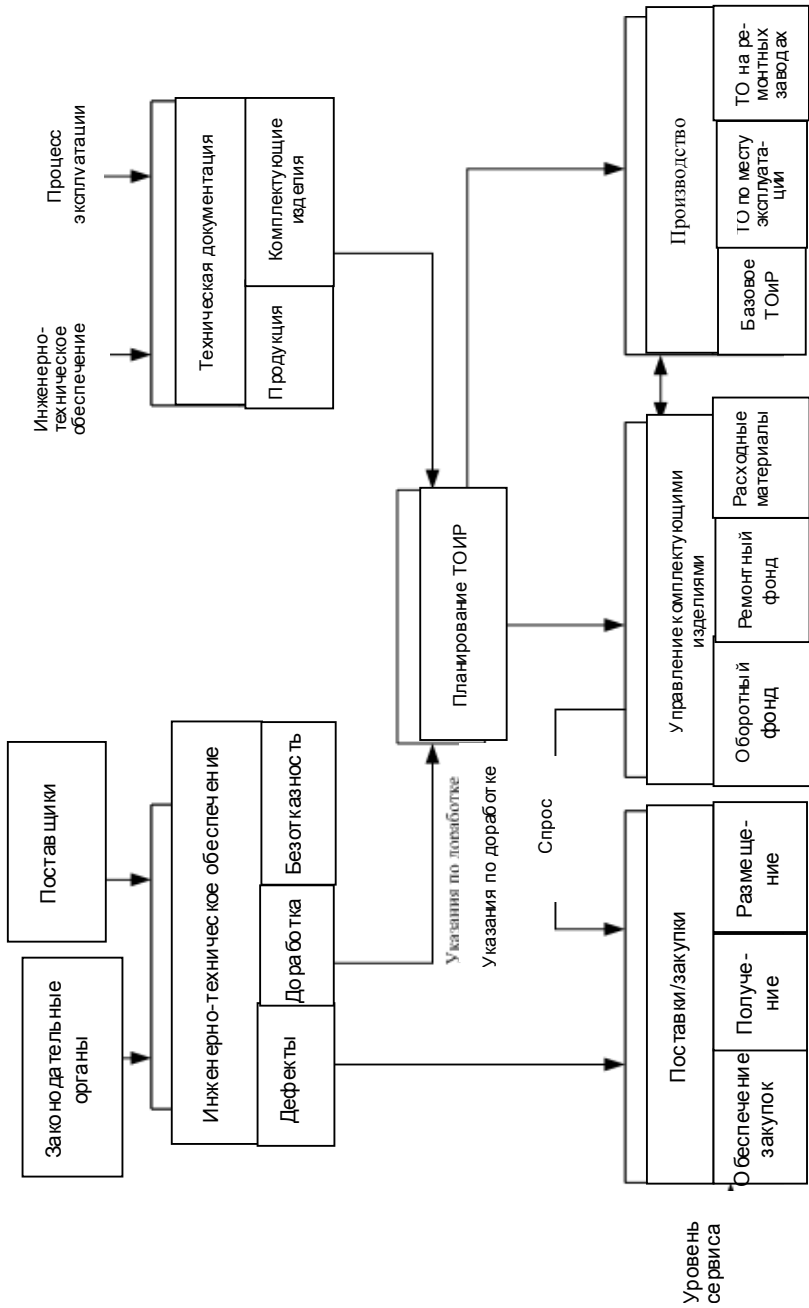


Рисунок 4.3 – Типовая функциональная структура системы технической эксплуатации

Не меньшее значение придается вопросам управления оборотным фондом запасных частей, целью которого является обеспечение потребного обменного и ремонтного фондов. Процесс ТОиР предполагает создание необходимого механизма для диспетчеризации и контроля за выполнением работ с фиксированием данных в информационно-логистической системе. Элементы системы ТОиР взаимодействуют между собой на основе действующих положений и норм в соответствии с принятыми методами организации и планирования.

Концепция ТОиР, как правило, разрабатывается поставщиком изделия и согласуется с заказчиком. Требования к изделию в отношении ТОиР определяют на основе базы данных АЛП и уточняют по результатам реальной эксплуатации.

План ТОиР разрабатывают в нескольких альтернативных вариантах с учетом наличия обслуживающего и ремонтного персонала, обладающего соответствующей квалификацией, необходимых запчастей и расходных материалов. Планируют календарные даты, трудоемкость работ и их стоимость. Заказчик выбирает наиболее подходящий ему вариант.

Стратегии ТОиР подразделяют на эксплуатацию по наработке ресурса (по времени эксплуатации или календарным срокам) и состоянию (определяется отказом или предотказным состоянием). С одной стороны, экономически выгоднее отремонтировать изделие, когда оно достигает предельного износа, определяемого не по наработке или времени эксплуатации, а по фактическому состоянию (отказу). В этом случае межремонтный ресурс изделию не назначается, что позволяет полностью использовать запасы работоспособности или индивидуальные ресурсы каждого экземпляра изделия и отремонтировать только тогда, когда оно достигнет установленного в эксплуатационной документации предельного состояния, определяемого отказом или предотказным состоянием. С другой стороны, возникает необходимость определения фактического состояния изделия, стоимость ошибки прогнозирования момента отказа могут привести к полной потере экономической выгоды этой стратегии. И в нашей стране, и за рубежом сейчас ведется активный поиск и разработка различных средств, позволяющих отслеживать фактическое состояние изделий в режиме реального времени.

#### 4.4 Материально-техническое обеспечение

Комплексная система материально-технического обеспечения (МТО) формируется как часть системы ИЛП изделия и является физической реализацией интегрированной логистической системы, связанной с его производством и функционированием. **Главная цель** системы МТО – обеспечение участников ЖЦ продукции расходными материалами, комплектующими и запасными частями с минимальными затратами, когда в них возникает необходимость. Для этого перед системой МТО ставят следующие **задачи**:

- 1) обеспечить организацию снабжения всеми материальными средствами, потребляемыми в процессах ЖЦ, вовремя и в необходимых объемах;
- 2) осуществлять контроль за выполнением норм и нормативов по расходованию материальных средств и их рациональному использованию;
- 3) создать условия складского хранения материальных средств, при которых затраты на систему материально-технического снабжения минимальны.

На основе главной цели и задач системы МТО формируются ее **функции**:

1. *Кодификация материальных средств МТО* – присвоение каждому виду материальных средств (запасных частей, расходных материалов и комплектующих) уникальных кодовых обозначений для однозначного определения этих средств. Для этого могут применяться стандартные системы классификации и разработанные на предприятии.

2. *Поиск параметров начального МТО* – определение комплекта запасных частей и расходных материалов, которые поставляют вместе с изделиями для поддержания процесса их эксплуатации на должном уровне в течение начального периода, когда система текущего МТО еще не налажена. Состав этого перечня в отношении номенклатуры необходимых предметов и их количества определяется расчетами, выполняемыми в процессе АЛП.

3. *Параметры текущего МТО* – номенклатура и объем поставок запасных частей и расходных материалов с их корректировкой для поддержания процесса эксплуатации на должном уровне при различ-

ных изменениях производственной структуры предприятия и номенклатуры выпускаемых изделий. Служит для обеспечения необходимой гибкости производства. Состав перечня рассчитывается в процессе АЛП и затем корректируется в зависимости от фактических условий эксплуатации изделия.

4. *Планирование запасов и закупок* – оценка уровня запасов по всем материальным ресурсам системы МТО и принятие решения о необходимости их пополнения, а также организация учета, хранения и выдачи. Для этих целей широко используют теории очередей и управления запасами.

5. *Управление поставками* – подготовка заявок на материальные ресурсы и контроль за их выполнением. Управление поставками предусматривает выполнение таких процедур, как оценка уровня текущих запасов по всем предметам МТО, принятие своевременных решений о необходимости пополнения запасов, подготовка соответствующих заявок, контроль качества поступающих предметов МТО, организация их хранения и выдачи.

6. *Управление заказами* – все действия от момента выдачи до поступления выполненного, т. е. контроль за его выполнением и корректировка с учетом различных изменений во времени.

7. *Управление счетами* – обеспечение информационного обмена между поставщиками и заказчиками при передаче счетов за материальные средства и оказанные услуги и данных о закрытии счетов на оплату.

Одним из наиболее существенных показателей, определяющих эффективность системы МТО, является размер производственных запасов. Наличие избыточных запасов замедляет оборачиваемость оборотных средств, отвлекает из оборота материально-технические ресурсы и снижает темпы воспроизводства. Дополнительные вложения оборотных средств приводят к дефициту свободных ресурсов, снижению платежеспособности предприятия, невозможности своевременного приобретения необходимых для производства материальных ресурсов, оборудования, расчета с бюджетом и внебюджетными фондами по налогам, выплаты заработной платы персоналу. К числу других показателей МТО относят количественные и качественные параметры плана завоза материальных ресурсов (номенклатуру, количество и стоимость материальных ресурсов), транспортно-

заготовительные расходы (стоимость перевозки материалов до станции примыкания) – расходы на доставку материалов до склада предприятия; наценки снабженческих и сбытовых организаций; расходы на тару, хранение, выдачу в производство и отгрузку потребителю материальных ресурсов, административно-хозяйственные расходы (на содержание аппарата).

Несмотря на множество подходов к планированию возможных вариантов цепей поставок, все они основываются на трех основных **организационных структурах системы снабжения:**

*децентрализованной* (любой склад может обслуживать потребителей, и на любом складе системы могут размещаться материальные ресурсы);

*линейной* (склады размещают по пути производственной цепочки изготовления запасных частей и изделий, которые приобретаются на этих складах в разной степени готовности; потребители могут покупать как заготовки, так и полуфабрикаты или комплектующие и самостоятельно доводить наборы запасных частей до состояния законченных изделий);

*эшелонированной* (запасные части и другие изделия поступают со стоящих выше в распределительной цепочке складов на склады, обслуживающие потребителей).

По числу номенклатур, хранимых в системе, системы снабжения делят на однородные и многономенклатурные.

Совершенствование систем МТС позволяет снижать издержки, связанные с производственной деятельностью, а именно с доплатой рабочим за отступление от нормальных условий труда и сверхурочные работы, со сверхнормативными расходами сырья, материалов, топлива, энергии. Совершенствование системы МТС позволяет также уменьшить нормы расхода сырья и материалов за счет своевременного использования, снижения потерь, связанных с транспортно-складской системой.

В настоящее время в системах материально-технического снабжения применяют два отличных друг от друга **принципа** – толкающий и тянущий.

Идея толкающих систем основывается на принципе, который заключается в подаче материалов, деталей, узлов и комплектующих изделий с предыдущей технологической операции производственного процесса на следующую по мере их изготовления и не-

зависимо от того, нужны ли они в данное время и в данном количестве или нет. Таким же образом передача материалов, деталей, узлов и комплектующих изделий происходит и между предприятиями, связанными технологической цепочкой. В этом случае центральная система управления формирует управляющие сигналы, и управление материальным потоком осуществляется под ее руководством.

Толкающие системы управления характерны для традиционных методов организации производства. Первые разработки таких систем относят к 60-м годам прошлого столетия. Они были связаны с началом распространения вычислительной техники, которая дала возможность обрабатывать большое количество информации в сжатые сроки. Быстрая обработка информации позволила согласовывать и оперативно корректировать планы и действия всех подразделений предприятия – производственных, снабженческих и сбытовых с учетом постоянных изменений в реальном времени.

Однако толкающие системы, способные управлять сложным производственным процессом, имеют некоторые ограничения. В частности, качество работы системы определяется точностью и своевременностью информации, получаемой системой управления. От качества этой информации зависит работа всей производственной системы. Другими словами, насколько управляющая система в состоянии учесть и оценить все факторы, влияющие на производственную ситуацию на некотором участке, настолько параметры выталкиваемого на участок материального потока оптимальны. Затраты на программное, информационное и техническое обеспечение находятся в прямой зависимости от количества факторов, которые данная система учитывает. Чем больше факторов учитывает система, тем дороже обходится ее создание и обслуживание.

В настоящее время используется несколько вариантов толкающих систем: MRP I и MRP II, а также MAP. MRP I происходит от английского Material Requirement Planning.

*Система MRP I* является программной реализацией системы толкающего типа. Идея ее функционирования основана на создании производственного расписания по данным потока заказов и реальным возможностям производства. Система MRP I создает производственное расписание последовательности требований (транзактов, как принято их называть в имитационном моделировании), выстраивающихся в очередь, каждое из которых подразумевает определен-

ные материальные и технические ресурсы. Таким образом, поступающие заказы согласуются по времени. По мере выполнения заказов из очереди и поступления новых в производственное расписание вносят коррективы (заказы могут иметь разные приоритеты на выполнение) и меняется структура запасов.

Входными данными для системы MRP I служит информация о количестве, качестве и сроках изготовления конечной продукции. На основании этих данных с учетом возможных колебаний спроса составляется производственное расписание и заполняется база данных о требуемых материальных ресурсах, которая содержит всю информацию о номенклатуре и основных параметрах сырья, материалов, комплектующих, полуфабрикатов, необходимых для производства и сборки готовой продукции и отдельных ее частей. В ней содержатся нормы расхода материальных ресурсов на единицу выпускаемой продукции.

База данных о запасах содержит сведения о наличии и размерах производственных, страховых и других запасов материальных ресурсов на складах, а также о необходимости их пополнения. В этой базе также содержатся сведения о поставщиках и параметрах поставки материальных ресурсов.

Программный комплекс MRP I вначале формирует спрос на конечную продукцию. Затем на основании составленного на предыдущем этапе производственного расписания, сведений о требуемых и имеющихся в наличии материальных ресурсах программный комплекс MRP рассчитывает общий объем требуемых материальных ресурсов и цепь требований на материальные ресурсы, полуфабрикаты, незавершенное производство с учетом уровней запасов.

Выходные результаты содержат:

- заказы на материальные ресурсы с указанием поставщиков;
- графики поставки;
- отчет о наличии материальных запасов, с помощью которого определяется фактическая потребность в каждом материальном ресурсе путем вычитания имеющегося количества из общей потребности;
- коррективы производственного расписания;
- отчет о текущем состоянии заказов и материалов в системе MRP I.

Как недостаток системы MRP I нужно отметить, что она неустойчива к непредвиденным изменениям спроса и не учитывает полного набора данных о производственном и транспортном процессах.

*Система MRP II* отличается от MRP I степенью гибкости управления и номенклатурой функций. Она включает функции MRP I (планирование потребности в материальных ресурсах) и новые функции: автоматизированное проектирование, управление технологическими процессами и др. Задача расчета потребности в материальных ресурсах решается совместно с прогнозированием, контролем за состоянием запасов для выбора оптимальной стратегии по каждой позиции номенклатуры деталей. При решении задач управления запасами производится обработка и корректировка всей информации о приходе, движении и расходе материальных ресурсов, учет запасов, выбор индивидуальной стратегии контроля и пополнения запасов по всей номенклатуре, в том числе по методу ABC. В системе широко применяется имитационное моделирование.

В настоящее время в связи с широким распространением и доступностью для установки на любом участке в потребном количестве вычислительной техники системы MRP на основе получаемой непрерывной информации позволяют выполнять различные прогнозы, которые дают возможность корректировать дальнейшие планы. Для этих целей широко применяют программные продукты, в основу которых положено имитационное моделирование.

Однако практические результаты показывают, что при использовании системы MRP не всегда достигается высокая эффективность. Сама система порой приводит к нарушениям планирования производственной и снабженческо-сбытовой деятельности. Причина заключается в несовершенстве логики, используемой в системе MRP. В общем виде система обладает малой гибкостью. Она не обеспечивает учета большого количества требований, поступающих извне, что приводит к невозможности объективно определять оптимальные параметры функционирования системы. Оценка эффективности принимаемых решений и размеров экономии при выборе вариантов поставок весьма ограничена. Чтобы преодолеть эти недостатки, была разработана система на основе динамического планирования потребности в материальных ресурсах MAP.

*Система MAP* происходит от английского Material Availability Planning. Основная идея, заложенная в эту систему оперативного планирования, заключается в использовании портфеля заказа на продукцию, который поступает в систему и корректируется непрерывно по мере возникновения заказов. Таким образом, исходными при



функционировании системы являются данные о фактических объемах заказов на продукцию, параметрами – данные об объемах затрат на материальные ресурсы. Кроме того, при принятии решений учитывают размеры партий, структуру выпуска продукции и сроки поставок материальных ресурсов. Таким образом, система позволяет учитывать перекрестное воздействие различных факторов.

В основу тянущих систем положен совершенно другой принцип организации материального потока. В таких системах материалы, детали, узлы и комплектующие изделия с одной технологической операции на другую передаются по мере необходимости. При этом система управления не принимает участия в процессе передачи объектов материального потока между производственными звеньями и не устанавливает производственные задания. Производственные задания для каждого звена формируют по программе следующего звена. Центральная система управления устанавливает производственную задачу лишь перед конечным звеном технологической цепочки. Тянущая система была разработана для того, чтобы снизить объемы запасов на разных этапах производственного процесса.

*Преимущества тянущих систем* по сравнению с толкающими заключаются в следующем:

- минимизация запасов позволяет значительно экономить на транспортно-складской системе;

- предприятие вместо продажи ранее выпущенных товаров занимается производством тех, на которые в настоящее время имеется спрос, это позволяет значительно снизить риск непродаж произведенной продукции;

- использование концепции гибкого быстроперенастраиваемого производства позволяет увеличить номенклатуру выпускаемой продукции и загрузку оборудования, снизить номенклатуру станков;

- гибкое быстроперенастраиваемое производство позволяет снизить партию запуска и транспортные партии;

- растет качество выпускаемой продукции;

- уменьшается время, влияющее на стоимость изделия вследствие изменения размеров транспортных партий.

Сравнительные характеристики толкающей и тянущей систем приведены в таблице 4.3.

Среди тянущих систем наиболее широко известна система «Канбан». Она была разработана в Японии и впервые применена на заво-

дах фирмы Toyota. При использовании толкающих систем MRP и MAP субъектом, организующим процесс производства, является производственный отдел. Он прогнозирует спрос на продукцию. На основе этого прогноза осуществляется календарное планирование для каждого производственного звена. Если при толкающих системах MRP и MAP планирование запасов сырья и расходных материалов осуществляется от начального этапа до конечного, то при использовании тянущей системы планирование начинается с конечного этапа технологической обработки. При этом информация о ходе производства идет от последующего технологического звена к предыдущему. Каждый шаг производства контролируется, и поставки сырья и расходных материалов, комплектующих узлов, деталей и полуфабрикатов осуществляют в необходимые моменты времени. Устранение промежуточных складов и буферных запасов позволяет экономить на незавершенном производстве и значительно повышает гибкость машиностроительного производства.

Техническое обслуживание при системе «Канбан» носит больше предсказательный характер, а не профилактический. Работы по техобслуживанию выполняют не в соответствии с заранее составленным графиком, а в зависимости от фактического состояния оборудования. В последние десятилетия в связи с широким распространением цифровых технологий и систем контроля появилась возможность непрерывно контролировать процесс работы оборудования, что позволяет повысить качество работы.

Таблица 4.3 – Сравнительные характеристики тянущей и толкающей систем

| Характеристика              | Толкающая система  | Тянущая система   |
|-----------------------------|--|---|
| 1 Снабжение                 | Использование значительного числа поставщиков. Поставки выполняются нерегулярно и большими партиями                              | Использование небольшого количества поставщиков. Поставки выполняются регулярно и небольшими партиями. Часто поставки осуществляются по графику |
| 2 Стратегия производства    | Предметно-ориентированная специализация. Производственная программа нацелена на максимальную нагрузку производственных мощностей | Специализация производства по технологическому принципу. Применение быстропереключаемого оборудования для выпуска широкой номенклатуры изделий  |
| 3 Планирование производства | Планирование для максимальной загрузки производственных мощностей  | Производственные задания для каждого звена формируют по производственной программе следующего звена   |

Окончание таблицы 4.3

| Характеристика               | Толкающая система  | Тянущая система   |
|------------------------------|--|---|
| 4 Управление производством   | Централизованное   | Децентрализованное  |
| 5 Запасы                     | Запасы в виде сырья и расходных материалов   | Запасы в виде свободных мощностей, способных к быстрой переналадке на выпуск требуемой номенклатуры                                 |
| 5.1 Страховые запасы         | Предусмотрены. Порой значительны   | Не предусмотрены  |
| 5.2 Межоперационные заделы   | Порой весьма велики  | Межоперационные заделы минимальны или вовсе отсутствуют   |
| 5.3 Запасы готовой продукции | Обычно запасы велики ввиду непрерывного изготовления продукции и неопределенности спроса на нее  | Запасы обычно отсутствуют из-за быстрой отправки готовой продукции  |
| 5.4 Отгрузка продукции       | Редко, большими партиями, обычно в объеме грузоподъемности транспортных средств  | Часто, малыми партиями  |
| 6 Используемое оборудование  | Преимущественно специализированное, предназначенное для выпуска большого количества изделий, расположено по ходу технологического процесса | Многоцелевое оборудование, предназначенное для выпуска широкой номенклатуры изделий при минимальных затратах времени на переналадку |
| 7 Кадры                      | Рабочие, как правило, имеют узкую специализацию  | Рабочие-универсалы способны выполнять работы на разных видах технологического оборудования  |
| 8 Контроль качества          | Сплошной или выборочный на разных стадиях технологического процесса  | Сплошной контроль конечного изделия   |
| 9 Стратегия распределения    | Формируют предварительно утвержденный план, на основе которого определяют размер партии готовой продукции                                  | Размер партии готовой продукции определяется по размеру каждого заказа  |

Основные виды систем МТО представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Основные системы МТО и их краткие характеристики

| Система | Характеристика  |
|---------|---|
| MRP I   | Является программной реализацией системы толкающего типа. Создает производственное расписание последовательности требований, которые выстраиваются в очередь, и каждое предполагает наличие определенных материальных и технических ресурсов. Таким образом, поступающие заказы согласуются по времени  |
| MRP II  | Отличается от MRP I степенью гибкости управления и номенклатурой функций. Она включает функции MRP I (планирование потребности в материальных ресурсах) и новые: автоматизированное проектирование, управление технологическими процессами и др. Задачи расчета по потребности в материальных ресурсах решают совместно с прогнозированием, контролем за состоянием запасов для выбора оптимальной стратегии по каждой позиции номенклатуры деталей |

Окончание таблицы 4.4

| Система   | Характеристика  |
|-----------|---|
| МАР       | Основная идея, заложенная в эту систему оперативного планирования, заключается в использовании портфеля заказов на продукцию, который поступает в систему и корректируется непрерывно по мере возникновения заказов. Исходными при функционировании системы являются данные о фактических объемах заказов на продукцию, параметрами – данные об объемах затрат на материальные ресурсы. Кроме того, при принятии решений учитывают размеры партий, структуру выпуска продукции и сроки поставок материальных ресурсов. Таким образом, система позволяет учитывать перекрестное воздействие различных факторов   |
| «Канабан» | Функционирует следующим образом: продукция производится и поставляется в звенья технологической цепочки именно тогда, когда она должна быть поставлена. Принцип работы основан на планировании материальных потоков и объемов производственных запасов между операциями технологической обработки. Для этого сырье поставляется в тот момент, когда в нем возникает потребность при изготовлении деталей, которые, в свою очередь, подготавливают для поставки на сборку, минуя промежуточные операции по складированию. Для правильного функционирования системы необходимо соблюдение главного правила, заключающегося в своевременной поставке в звенья технологической цепочки комплектующих деталей и полуфабрикатов, качество которых во всей партии удовлетворяет заданным требованиям, иначе убытки очень значительны |

Планирование МТО в системе ИЛП представляет собой многоэтапный процесс.

#### **4.5 Разработка метода расчёта потребности в запасных частях, учитывающего выработку эксплуатационного ресурса и интенсивность эксплуатации наукоемкой продукции**

Главным фактором в конкурентной борьбе между производителями сложной техники на современном этапе становится не стоимость продукции (затраты приобретения), а её эксплуатационная надёжность на этапе послепродажного обслуживания (затраты владения). Простой объекта, связанный с отсутствием запасных частей на складах служб ТОиР, снижает эксплуатационную надёжность продукции, ведет к недополучению прибыли потребителем продукции и применению штрафных санкций к производителям (поставщикам) техники.

В основе системы ИЛП, обеспечивающей эксплуатационную надёжность современной техники, лежит разработка и внедрение логи-

стических автоматизированных систем управления (ЛАСУ) поставками запасных частей в режиме реального времени. Такие системы должны иметь возможность сканировать информацию с радиометок на запасных частях и передавать её по беспроводным каналам связи на порталы управления системой ИЛП для принятия и реализации оптимальных решений по поставкам.

Создание современных технологий автоматической идентификации комплектующих, запчастей и сопровождающих документов на продукцию позволяет путём внедрения систем радиочастотного кодирования и автоматизированного считывания информации отслеживать их продвижение к потребителям по цепям поставок.

Ядром системы ИЛП должны быть методы и модели управления в режиме реального времени, увязывающие задачи обеспечения эксплуатационной надёжности сложной техники с задачами производства и поставок запасных частей к ней.

Остановимся на планировании производственной программы по выпуску запчастей и комплектующих для эксплуатируемой продукции и введем следующие обозначения:

- $k$  – номер вида продукта эксплуатации;
- $j$  – номер работы ремонтного цикла;
- $i$  – номер вида запчастей, необходимых для проведения  $j$ -й работы ремонтного цикла;
- $l_k$  – интенсивность эксплуатации  $k$ -го вида продукта;
- $s$  – номер склада, входящего в подсистему эксплуатации;
- $P_k$  – назначенный эксплуатационный ресурс  $k$ -го вида продукта;
- $p_k^H$  – наработанный эксплуатационный ресурс  $k$ -го вида продукта;
- $b_{ij}$  – расход запчастей  $i$ -го вида для проведения ремонтных работ  $j$ -го вида по нормативу (регламентируемый структурой ТООР);
- $a_{kl}^{pk}$  – количество продуктов  $k$ -го вида с наработанным эксплуатационным ресурсом  $p_k^H$  и интенсивностью эксплуатации  $l_k$ .

Итак, главной задачей любого  $s$ -го склада – элемента структуры подсистемы эксплуатации – является обеспечение службы ТООР в момент времени  $t$  комплектующими и запасными частями  $i$ -го вида, необходимыми для проведения различных ремонтных работ  $j$ -го вида. (Индекс  $j$  нумерует именно работы – элементы ремонтного цикла,

а не формы ТОиР, так как для проведения разных по сложности работ могут понадобиться одинаковые детали.) Задача производителя (поставщика) изделия состоит в снабжении подсистемы эксплуатации, включающей  $r$  складов,  $s = \bar{1}, r$  требуемыми запчастями  $i$ -го вида для проведения различных ремонтных работ  $j$ -го вида в момент времени  $t$ .

Для реакции производства на изменения структуры спроса требуется какое-то время, существует определённое запаздывание – следствие инерционных свойств любой экономической системы. Это запаздывание является важнейшей динамической характеристикой системы ИЛП: чем меньше инерционность системы, тем она эффективнее.

Спрос на запчасти генерирует случайные возмущения на входе в систему ИЛП и является источником рассогласования темпов производства и потребления запчастей, порождая описанный выше Bullwhip-эффект. Поэтому планирование производственной программы сопряжено с необходимостью точного прогнозирования потребности в запчастях для наукоёмкой продукции.

Как правило, к моменту реализации запасных частей прогнозные данные, положенные в основу производственного цикла, уже не соответствуют фактической потребности. Возникновение колебаний спроса неизбежно приводит к постоянной корректировке календарных планов производства. Мы не будем перечислять виды и методы прогнозирования спроса; хотя эта область достаточно проработана в теории управления запасами и теории массового обслуживания, остаются проблемы точности прогноза. Однако все они имеют общий недостаток, поскольку нередко приводят к формированию такого уровня запасов, который оказывается выше или ниже необходимого в данный момент времени. Для расчёта адекватной программы производства запчастей и управления запасами необходимо иметь данные об эксплуатации продукции в режиме реального времени. В качестве такой информации предлагается ввести величину  $Q_i$  – потребность  $i$ -го вида запасных частей в процессе эксплуатации. Для наукоёмкого производства представляется особенно важным выделение ключевых факторов, влияющих на величину  $Q_i$ . Структура потребности на запчасти определяется стратегией эксплуатации наукоёмкого продукта – по ресурсу или состоянию. При эксплуатации по ресурсу деталь подлежит замене после наработки определённого количества часов налёта или километров пробега, а при эксплуатации

по состоянию – в случае обнаружения критического состояния детали в момент диагностики при проведении очередного ремонтного цикла, который требует сложного дорогостоящего оборудования.

В соответствии с техническим заданием для каждого  $k$ -го вида продукта производитель разрабатывает комплект документов, содержащий структуру ремонтного цикла в пределах назначенного эксплуатационного ресурса  $P_k$  (виды и периодичность ТОиР), номенклатуру и количество запасных частей для ТОиР. В момент времени  $t$  попадают изделия, которым необходимо провести различные ремонтные работы  $j$ -го вида в зависимости от интенсивности эксплуатации продукта  $l_k$  наработки назначенного ресурса  $p_k^H$ . Часто встречается ситуация, когда продукт, поставленный потребителю недавно, может иметь небольшую наработку эксплуатационного ресурса, но при этом с высокой интенсивностью в связи с климатическими, географическими и другими условиями эксплуатации. Возникает острая необходимость в разработке методов управления производством запасных частей на основе фактического спроса, так как планирование (прогнозирование) интенсивности эксплуатации на длительные сроки сопряжено с появлением ошибок. Поэтому темп потребления запчастей  $Q_i$  должен учитывать не только использование назначенного ресурса, но и интенсивность эксплуатации. Агрегированная величина  $Q_i$  – общая потребность в запчастях, зависящая от наработки и интенсивности эксплуатации, – рассчитывается следующим образом:

$$Q_i = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K b_{ijk} \sum_{l_k=1}^{L_k} \sum_{p_k^H=1}^{P_k} a_{kl_k p_k^H}, \quad j = 1, n; \quad i = 1, m; \quad k = 1, K \quad (4.1)$$

Первый множитель выражения (4.1)  $\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K b_{ijk}$  определяет потребность в запчастях, порождаемую регламентом, т. е. общий нормативный расход запчастей  $i$ -го вида для проведения  $n$  ремонтных работ  $j$ -го вида по всему парку эксплуатируемых продуктов вида  $k$ . Практическое значение для управления производством имеет потребность в режиме реального времени, для чего в правой части произведения выражения (4.1) введён множи-

тель  $\sum_{k=1}^K \sum_{l_k=1}^{L_k} \sum_{p_k^H=1}^{P_k} a_{kl_k} p_k^H$ , представляющий общий парк изделий всех  $K$  видов,  $k_i = 1, K$ , эксплуатируемых с наработкой  $p_k^H$  и интенсивностью использования продукта  $l_k$ .

Перестроить управление производством запасных частей для наукоёмкой продукции на работу в режиме реального времени – задача ближайшего будущего. Покажем, как с помощью формулы (4.1) можно планировать производство запчастей на основе прогноза будущего состояния эксплуатационного ресурса всего парка продуктов, зависящего от интенсивности эксплуатации.

Итак, неиспользованный эксплуатационный ресурс  $k$ -го вида продукта определяется разностью  $(P_k - p_k^H)$ , а с помощью отношения  $(P_k - p_k^H)/l_k$  мы можем рассчитать будущую наработку изделия  $p_{k_t}^*$  на следующий момент времени  $t$  при прогнозируемой интенсивности его эксплуатации  $l_{k_t}$ :

$$p_{k_t}^* = \frac{P_k - p_k^H}{l_{k_t}}. \quad (4.2)$$

Интенсивность эксплуатации является случайной величиной, зависящей от многих факторов – климатических, сезонности использования, квалификации персонала, а для военных систем – и от геополитической обстановки. При недостатке статистической и аналитической информации интенсивность эксплуатации можно прогнозировать с помощью экспертных методов, полагаясь на опыт и интуицию специалистов. Это позволит установить закон распределения, характеризующий данный показатель. Однако чаще используют числовые характеристики случайной величины, дающие её некоторое осреднённое описание. Особую роль играет математическое ожидание, вероятностный смысл которого состоит в среднем арифметическом значении случайной величины. Поэтому выражение (4.2) можно переписать так:

$$p_{k_t}^* = \frac{P_k - p_k^H}{M(l_k)}. \quad (4.3)$$

Установив, под какой закон распределения попадает значение ин-



тенсивности, без особых трудностей вычислим  $M(I_{kj})$ . (Мы не приводим подробное описание методов прогнозирования интенсивности отказов и эксплуатации, так как это не входит в круг вопросов данного пособия.) Таким образом, согласно выражению (4.3), будущая наработка продукта зависит от интенсивности его использования.

Подставив в уравнение (4.1) вместо  $p_k^H$  величину  $p_{k_t}^*$ , определим общую наработку технического парка и агрегированную потребность в запчастях на следующие временные периоды. Известно, что в общем случае спрос на запчасти рассчитывается как сумма потребности по плановым заменам и стохастическим – по отказам.

С учётом вышеизложенного выражение (4.1) преобразуется в формулу следующего вида:

$$Q_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} \sum_{k=1}^K \sum_{l_k=1}^K \sum_{p_{k_t}=1}^{L_k} \sum_{p_{k_t}=1}^{P_k} a_{klk_t} p_{k_t}^* + \delta_i, \quad (4.4)$$

где  $\delta_i$  – слагаемое, описывающее потребность в запчастях, вызванную отказами, случайными или аварийными поломками (т. е. непредвиденное кратковременное изменение спроса). Величина  $\delta_i$  может применяться для определения ошибки прогноза сбыта в том случае, если метод используется для планирования производственной программы.

На следующем шаге необходимо рассчитать  $Q_{i_0}$  – величину, служащую основанием для планирования производственной программы на начало выпуска продукции. Программа выпуска  $i$ -й детали  $Q_{i_0}$  шт. в начальный момент времени  $t_0$  рассчитывается на основе производственной программы завода  $a_k$  по  $k$ -му виду продукции следующим образом:

$$Q_{i_0} = p_{ir} + \sum_{k=1}^K a_k \epsilon_{ki}, \quad (4.5)$$

где  $a_k$  – количество продукции  $k$ -го вида;

$\epsilon_{ki}$  – применяемость  $i$ -й детали в  $k$ -м продукте;

$p_{ir}$  – программа  $i$ -й детали россыпью.

Объем выпуска  $p_{ir}$  в момент  $t_0$  рассчитывается исходя из потребности в этих деталях без учёта наработанного продуктом эксплуатационного ресурса и интенсивности эксплуатации, т. е. исходя из норматив-

ного расхода деталей для проведения первой ремонтной работы  $b_{i1}$ :

$$p_{ir} = \sum_{k=1}^K b_{ik} a_k. \quad (4.6)$$

По формуле (4.6) определяем фактический запас  $i$ -го вида деталей на складе завода в момент  $t_0$ .

Таким образом, расчёт по формуле (4.4) позволяет планировать общую наработку технического парка и определять агрегированную потребность в запчастях на следующие временные периоды, что служит основанием для планирования производственной программы по выпуску запчастей. Производственная программа планируется по видам деталей; для деталей с высокой интенсивностью плановых замен в качестве горизонта планирования должен выбираться небольшой временной промежуток – две-три недели.

Для управления производством запчастей в режиме реального времени с учётом фактической наработки и интенсивности эксплуатации объекта используется расчёт потребности по формуле (4.1). Информация об интенсивности эксплуатации в реальном времени поступает в ИСУ (информационно-управляющую систему) производителя, и программа выпуска запчастей постоянно корректируется.

Немаловажным достоинством систем автоматизированного управления, имеющих возможность сканировать информацию с радиометок, которыми обозначены запасные части, является то, что нет принципиальной разницы при выборе стратегии эксплуатации объекта – по ресурсу, состоянию или их комбинации. Данный метод определения потребности в запасных частях объединяет, с одной стороны, структуру ремонтного цикла (регламенты и периодичность ремонтных работ), нормативы расхода запасных частей, а с другой – мониторинг выработки ресурса и интенсивности эксплуатации в режиме реального времени для каждого объекта.

Рассмотренный метод определения потребности в запасных частях в зависимости от интенсивности эксплуатации наукоёмкой продукции может использоваться при создании интегрированных логистических систем управления цепочками поставок, объединяющих производителей, поставщиков и потребителей сложной техники.

## **5 СИСТЕМА ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

## 5.1 Кибернетическая модель системы ИЛП продукции

В рамках ИЛП процессы производства и эксплуатации рассматривают как целостную систему, связанную материальными и информационными потоками. Таким образом, в основе системы ИЛП должна лежать интегрированная структурно-функциональная схема управления потоковой информационной системой с обратной связью.

Структуру системы ИЛП можно представить в виде информационной сети взаимосвязанных элементов, в которой происходит передача информации. Сказанное полностью соответствует определению кибернетической системы как совокупности связанных друг с другом объектов (элементов системы), способных воспринимать, хранить и перерабатывать информацию, а также обмениваться информацией.

Кибернетический подход предусматривает как декомпозицию систем на составные элементы (подсистемы), так и синтез систем из отдельных элементов. При этом каждый из полученных в результате декомпозиции элементов (подсистем) допускает аналогичную декомпозицию до необходимой степени детализации исходной системы. Состав элементов и их связи образуют структуру системы, формально изображаемую в виде графа, вершины которого соответствуют элементам, а ребра (дуги) – их связям.

Таким образом, согласно кибернетическому подходу система ИЛП эксплуатации продукции представляет собой **динамическую кибернетическую модель**, допускающую декомпозицию до необходимой степени детализации. На первом уровне декомпозиции система ИЛП может быть представлена в виде кибернетической модели соединённых каскадно и охваченных обратной связью двух основных подсистем: подсистемы производителей (ПП) запасных частей и подсистемы эксплуатации (ПЭ) (склады, сервисные центры ТОиР), связанных между собой информационными и материальными потоками ( $x_1, x_2$  – входной/выходной материальные потоки;  $y_1, y_2$  – выходные материальные потоки;  $z_1, z_2$  – входной/выходной информационные потоки).

Описанная граф-модель системы ИЛП представлена на рисунке 5.1.

Каждый элемент организационной структуры системы ИЛП продукта можно представить в виде накопителя (резервуара), характеристикой состояния которого является уровень (объем) находящегося в нем содержимого: заказы подсистемы эксплуатации производителям

запасных частей, рабочие кадры, детали на складах, финансовые средства.

Для осуществления поставок запасных частей эксплуатантам в стабильном режиме на складах ПЭ аккумулируются запасы, по мере необходимости пополняемые со склада ПП. Объем этих запасов, определяемый именно необходимостью их пополнения в данный момент времени, рассчитывают, основываясь на значении  $q$  (потребность в запчастях, зависящая от наработки и интенсивности эксплуатации изделия в реальном времени), что позволяет предотвратить затоваривание складов, и замораживание финансовых средств, порождаемые ошибками прогнозирования на длительные периоды времени.

Итак, базовую структуру системы ИЛП можно представить в виде уровней – ПП и ПЭ, поставщиков комплектующих и складов готовой продукции, предприятий-смежников, потребителей готовой продукции, связанных циркулирующими между ними материальными и информационными потоками, – и своеобразных уровней-запаздываний, показанных на рисунке 5.2. Переменные уровни, потоки и запаздывания образуют внутреннюю структуру и отражают суть функционирования системы ИЛП.

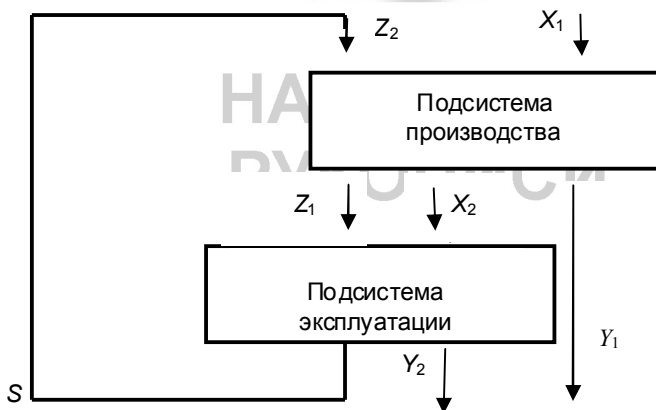


Рисунок 5.1 – Концептуальная граф-модель системы ИЛП

Основные показатели, описывающие функционирование системы ИЛП, приведены в таблице 5.1. Отдельно в таблице 5.2 выделены временные показатели, характеризующие длительность потоковых

процессов в системе ИЛП. Такое выделение временных показателей позволяет исследовать инерционность системы для принятия мер по её уменьшению, что прямым образом сказывается на повышении эффективности функционирования в целом.



НА ПРАВАХ  
РУКОПИСИ

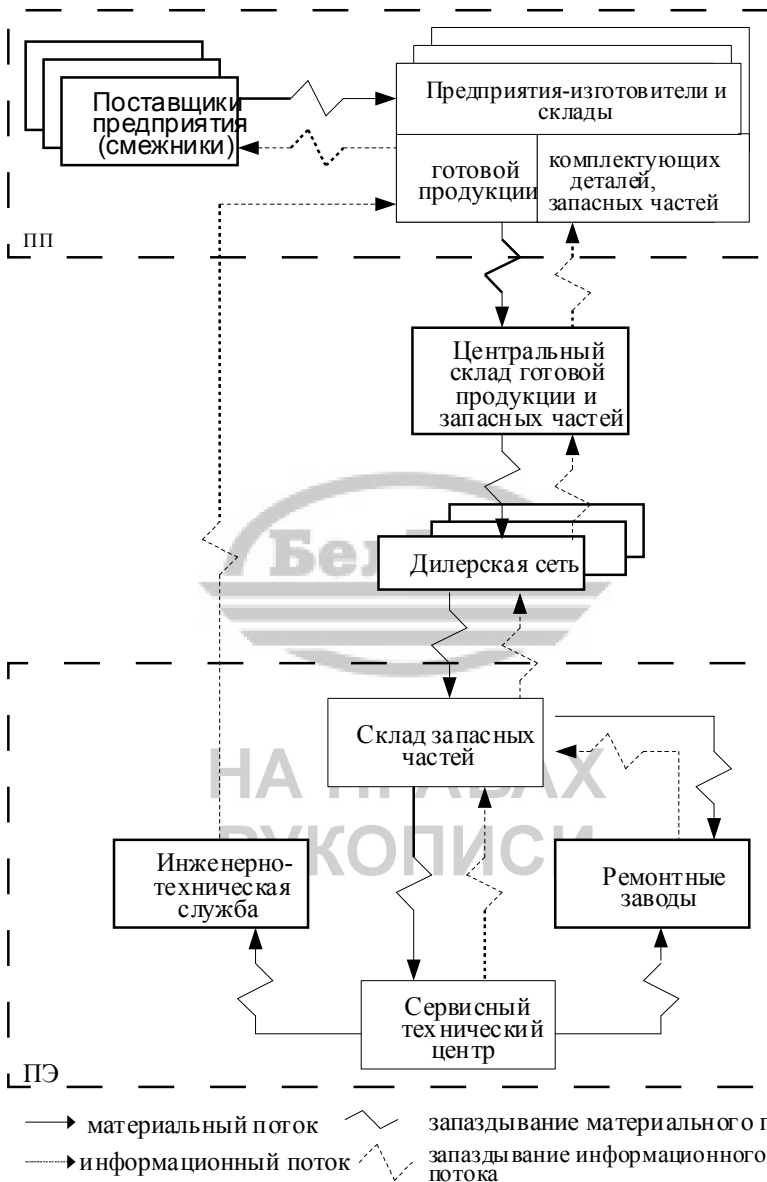


Рисунок 5.2 - Базовая схема потоковой модели системы ИЛП наукоемкой продукции

Таблица 5.1 — Показатели системы

| Обозначение | Экономическое содержание  | Единицы измерения     |
|-------------|---|-----------------------|
| $q_i$       | Планируемый темп потребления деталей $i$ -го вида для проведения $j$ -й работы                | Ед. прод. / время     |
| $v_i$       | Спрос (требование потребителя) на детали  | Ед. прод. / время     |
| $\alpha$    | Число активных производственных рабочих в ПП  | Чел.                  |
| $\beta_i^1$ | Нормальная часть общего числа заказов ПЭ, которая может быть удовлетворена за счёт запасов ПП | Безразмерная величина |
| $\beta_i^2$ | Максимальная часть заказов ПЭ, которая может быть удовлетворена за счёт запасов ПП            | Безразмерная величина |
| $x_i^1$     | Фактические запасы деталей $i$ -го вида для $j$ -й работы на $s$ -м складе в ПЭ               | Ед. прод.             |
| $x_i^2$     | Планируемый запас деталей $i$ -го вида для $j$ -й работы на $s$ -м складе в ПЭ                | Ед. прод.             |
| $x_i^3$     | Темп пополнения запасов $s$ -го склада в ПЭ   | Ед. прод. / время     |
| $x_i^4$     | Количество заказов на детали $i$ -го вида в оформлении на складе ПЭ                           | Ед. прод.             |
| $x_i^5$     | Темп выдачи складом ПЭ заказов на завод в ПП  | Ед. прод. / время     |
| $x_i^6$     | Количество неотпущенных деталей $i$ -го вида на $s$ -м складе в ПЭ                            | Ед. прод.             |
| $x_i^7$     | Количество деталей $i$ -го вида в процессе транспортировки с ПП на $s$ -й склад в ПЭ          | Ед. прод.             |
| $x_i^8$     | Темп поставки деталей $i$ -го вида с завода на склад  | Ед. прод. / время     |
| $x_i^9$     | Количество невыполненных ПП заказов на детали   | Ед. прод.             |
| $x_i^{10}$  | Действительный темп отгрузки деталей на $s$ -м складе ПЭ                                      | Ед. прод. / время     |
| $x_i^{11}$  | Темп отгрузки в ПП скомплектованного заказа для $s$ -го склада                                | Ед. прод. / время     |
| $x_i^{12}$  | Количество заказов на $i$ -й вид запчастей в ПП в процессе оформления                         | Ед. прод. /           |
| $x_i^{13}$  | Темп потока заказов, удовлетворяемых за счёт складских запасов ПП                             | Ед. прод. / время     |
| $x_i^{14}$  | Темп потока заказов, удовлетворяемых за счёт непосредственно производства                     | Ед. прод. / время     |

Окончание таблицы 5.1

| Обозначение | Экономическое содержание   | Единицы измерения |
|-------------|--|-------------------|
| $x_i^{15}$  | Предстоящие поставки за счёт запасов ПП                            | Ед. прод.         |
| $x_i^{16}$  | Фактический запас деталей в ПП                                     | Ед. прод.         |
| $x_i^{17}$  | Темп выпуска продукции для возмещения запаса ПП                    | Ед. прод. / время |
| $x_i^{18}$  | Средний темп поставок со склада ПП                                 | Ед. прод. / время |
| $x_i^{19}$  | Средний темп заказов со склада ПЭ к ПП                             | Ед. прод. / время |
| $x_i^{20}$  | Переменное запаздывание выполнения заказов в ПП                    | Время             |
| $x_i^{21}$  | Запаздывание информационного потока сообщений о поставках в ПЭ     | Время             |
| $x_i^{22}$  | Планируемый запас в ПП   | Ед. прод.         |
| $x_i^{23}$  | Темп выдачи заказов производству на возмещение собственных запасов | Ед. прод. / время |
| $x_i^{24}$  | Портфель заказов на пополнение запасов ПП                          | Ед. прод.         |
| $x_i^{25}$  | Портфель заказов потребителей                                      | Ед. прод.         |
| $x_i^{26}$  | Темп производства деталей по заказам потребителей                  | Ед. прод. / время |
| $x_i^{27}$  | Темп отгрузки деталей, изготовленных по заказам потребителей       | Ед. прод. / время |
| $x_i^{28}$  | Темп входящего материального потока готовой продукции              | Ед. прод. / время |

Таблица 5.2 — Временные показатели

| Обозначение | Экономическое содержание   |
|-------------|--|
| $\tau_i^1$  | Коэффициент планируемого запаса (время, в течение которого темп расхода деталей за период $T$ обеспечивается объемом планируемого запаса деталей на складе) в ПЭ |
| $\tau_i^2$  | Запаздывание отпуска деталей по требованию потребителя в ПЭ, связанное с отсутствием деталей $i$ -го вида на складе  |
| $\tau_i^3$  | Среднее время, необходимое для обнаружения дефицита деталей $i$ -го вида на складе ПЭ  |



Окончание таблицы 5.2

| Обозначение   | Экономическое содержание   |
|---------------|--|
| $\tau_i^4$    | Время оформления заказа в ПЭ на поставку деталей с завода  |
| $\tau_i^5$    | Время транспортировки деталей с ПП в ПЭ  |
| $\tau_i^6$    | Запаздывание информации о поставках с ПП   |
| $\tau_i^7$    | Минимальное время выполнения заказа на поставку деталей  |
| $\tau_i^8$    | Запаздывание отгрузки в ПП   |
| $\tau_i^9$    | Продолжительность производственного цикла  |
| $\tau_i^{10}$ | Время усреднения отгрузок в ПП   |
| $\tau_i^{11}$ | Время усреднения заказов ПЭ в ПП   |
| $\tau_i^{12}$ | Запаздывание оформления заказов в ПП   |
| $\tau_i^{13}$ | Время регулирования разницы между действительными и планируемыми величинами запаса в ПП                                |
| $\tau_i^{14}$ | Время, в течение которого средний темп заказов склада ПЭ производителю обеспечивается объемом планируемого запаса в ПП |
| $\tau_i^{15}$ | Время регулирования соответствия информационного потока сообщений о поставках материальному потоку поставок            |
| $\tau_i^{16}$ | Минимальное время подготовки заказов к запуску в производство  |
| $\tau_i^{17}$ | Время комплектации и формирования заказа на запасные части для $s$ -го склада ПЭ                                       |

## 5.2 Экономико-математическая модель системы ИЛП изделия на этапе эксплуатации

Модель соотносится с концепциями «точно в срок» и «логистика быстрого реагирования», которые заключаются в нахождении средств сокращения и ликвидации разрыва между реальным спросом и фактическим запасом и нацелены на точное удовлетворение потребностей в кратчайшие сроки при минимальных запасах.

Перейдем к построению экономико-математической модели системы ИЛП эксплуатации наукоёмкого продукта. Разработанная мо-

дель строится аналогично модели ЛС, относится к классу динамических моделей и представляет систему конечно-разностных уравнений темпов и уровней, решаемых периодически в моменты времени  $t$ , разделённые между собой периодом  $T$ .

Согласно введённым обозначениям, подсистема сервисного обслуживания включает в себя  $r$  складов ( $s$  – порядковый номер склада). Модель рассчитывается для каждого 5-го склада. Планируемый темп расхода запасных частей  $i$ -го вида для проведения всех  $j$ -х работ на момент времени  $t$  определяется параметром  $q_{i_t}$  и рассчитывается на основании значения  $Q$  – потребности в запасных частях, учитывающей выработку эксплуатационного ресурса и интенсивность эксплуатации наукоёмкой продукции:

$$q_{i_t} = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{T} \cdot \sum_{k=1}^K \sum_{l_{k_t}=1}^{L_k} \sum_{p_{k_t}=1}^{P_k^*} a_{kl_{k_t}p_{k_t}}^{*} + \delta. \quad (5.1)$$

В подсистему эксплуатации, на  $s$ -й склад, поступает поток заказов  $v_{i_t}$  (спрос в реальном времени) от эксплуатанта на поставку запасных частей. На складе этот поток обрабатывается и с определённым запаздыванием передается на завод-производитель, при этом часть потока требований склад удовлетворяет за счёт собственных (фактических) запасов  $x_{i_t}^1$ .

Фактический запас  $i$ -го вида запчастей определяется разницей между темпом  $x_{i_t}^8$  входящего потока поставок этого вида деталей с завода и темпом отпуска  $x_{i_t}^{10}$  деталей со склада:

$$x_{i_{t+1}}^1 = x_{i_t}^1 T \left( x_{i_t}^8 - x_{i_t}^{10} \right). \quad (5.2)$$

Следующим шагом будет расчёт темпа пополнения складских запасов  $x_{i_t}^3$ . При расчёте принимают во внимание показатели не только фактических запасов деталей по видам, но и планируемого (желательного) запаса деталей  $x_{i_t}^2$  на основе данных предыдущих отгрузок склада. Существует пропорциональная связь между потребностью в

деталей  $q_i$  и уровнем запаса: изменение размера  $q_i$  ведет к сокращению или наращиванию складских запасов. Для определения величины  $x_i^2$  вводится параметр  $\tau_i^1$  – коэффициент планируемого запаса на складе. Этот параметр представляет собой время, в течение которого потребность (темп расхода деталей)  $q_i$  обеспечивается объемом планируемого запаса этого вида деталей на складе. Для учёта силы взаимовлияния потребности и запасов в основу уравнения положена прямо пропорциональная связь между этими величинами:

$$x_i^2 = \tau_i^1 q_i. \quad (5.3)$$

Если фактический запас деталей меньше желательного ( $x_i^1 < x_i^2$ ), то складывающаяся ситуация ведет к увеличению затрат, связанных с простоем объекта из-за нехватки запасных частей, и за темп отгрузки деталей со склада принимается предельный темп, рассчитываемый как  $x_i^1 / T$ . Если же  $x_i^1 > x_i^2$ , то происходит затоваривание склада и увеличение затрат, связанных с хранением избыточной продукции. Это уравнение не относится к классу разностных; подобные уравнения являются «вспомогательными» для их расчёта.

Целью регулирования складских запасов запчастей является поддержание их на уровне, обеспечивающем удовлетворение планируемой интенсивности потребления  $q_i$ . Перейдем к определению переменной  $x_i^3$  – темпу пополнения складских запасов деталями. Для установления времени реакции склада на возникновение дефицита деталей  $i$ -го вида, т. е. на любую теоретически возможную разницу между фактическим и планируемым запасами, вводится параметр  $\tau_i^3$ . Этот параметр является одним из важнейших показателей, характеризующих деятельность центра ТОиР. Значение  $x_i^3$  рассчитывают исходя из спроса  $v_i$  на детали  $i$ -го вида к моменту времени  $t$ :

$$x_{i,t+1}^3 = v_{i,t} + \frac{1}{\tau_i^3} \left[ (x_{i,t}^2 - x_{i,t}^1) + q_{i,t} (\tau_i^4 + \tau_i^5 + \tau_i^6) + x_{i,t}^6 - x_{i,t}^4 - x_{i,t}^7 \right]. \quad (5.4)$$

Если уровень планируемого запаса отличается от фактического, то

темпер пополнения запасов  $x_{i_t}^3$  корректируется на значение  $(x_{i_t}^2 - x_{i_t}^1)$ . В расчёт включено количество невыполненных заказов на отпуск детали  $i$ -го вида со склада  $x_{i_t}^6$ . Общее время кругооборота заказа (в обратном направлении – детали) по каналам материальных и информационных потоков описывается суммой параметров  $\tau_i^4 \tau + \tau_i^5 + \tau_i^6$ , где  $\tau_i^4$  – время оформления на складе заказа на поставку детали  $i$ -го вида;  $\tau_i^5$  – время транспортировки деталей с завода-изготовителя;  $\tau_i^6$  – запаздывание информации о поставках с завода. Таким образом, выражение  $q_{i_t}(\tau_i^4 + \tau_i^5 + \tau_i^6)$  показывает среднее суммарное число заказов и деталей, которое должно находиться в движении в материальных и информационных потоках. Уравнение корректируется следующими переменными:  $x_{i_t}^4$  – количеством заказов на детали  $i$ -го вида в процессе оформления на складе;  $x_{i_t}^7$  – количеством деталей  $i$ -го вида в процессе транспортировки с завода на склад;  $x_{i_t}^9$  – количеством невыполненных заводом заказов на поставку деталей  $i$ -го вида.

Следующее уравнение описывает оформление на складе заказов заводу на поставку деталей и показывает зависимость  $x_{i_t}^4$  от разности между темпом пополнения запасов  $x_{i_t}^3$  и темпом выдачи складом заказов на поставку  $x_{i_t}^5$ :

$$x_{i_{t+1}}^4 = x_{i_t}^4 + T(x_{i_t}^3 - x_{i_t}^5). \quad (5.5)$$

Темпер выдачи складом заказов на детали  $x_{i_t}^5$  учитывает запаздывание оформления заказов  $\tau_i^4$  и рассчитывается вспомогательным уравнением

$$x_{i_t}^5 = \frac{x_{i_t}^4}{\tau_i^4}. \quad (5.6)$$

В общем случае примем, что при передаче заказов на поставку де-

талей от склада на завод запаздывание информационного потока не играет существенной роли (им можно пренебречь), и переменная  $x_{i_t}^5$  определяет темп получения заводом заказов на детали от склада. Когда время прохождения информации сопоставимо по значению с остальными параметрами, нужно ввести и соответственно отразить в уравнениях запаздывание прохождения информационного потока.

Количество не выполненных складом заказов на отгрузку деталей  $i$ -го вида  $x_{i_t}^6$  на момент времени  $t + 1$  определяется разницей между спросом – потоком заказов от эксплуатанта  $v_{i_t}$  – и потоком отгрузки деталей  $x_{i_t}^{10}$  в момент времени  $t$ :

$$x_{i_{t+1}}^6 = x_{i_t}^6 + T(v_{i_t} - x_{i_t}^{10}). \quad (5.7)$$

Количество деталей в процессе транспортировки  $x_{i_t}^7$ , характеризующее заполнение каналов материального потока, определяется разницей двух темпов – отгрузки деталей с завода  $x_{i_t}^{11}$  и поставки деталей на склад  $x_{i_t}^8$ :

$$x_{i_{t+1}}^7 = x_{i_t}^7 + T(x_{i_t}^{11} - x_{i_t}^8). \quad (5.8)$$

При определении темпа поставки деталей на склад  $x_{i_t}^8$  учитывают параметр  $\tau_i^5$  – время (запаздывание) транспортировки деталей с завода:

$$x_{i_t}^8 = \frac{x_{i_t}^7}{\tau_i^5}. \quad (5.9)$$

Количество невыполненных заказов зависит от переменного времени поставки детали  $i$ -го вида для проведения  $j$ -й работы ремонтного цикла  $\tau_{ij}^{\text{var}}$ : при  $\tau_{ij}^{\text{var}} \rightarrow \max$ ; возрастает количество невыполненных заказов, т. е.  $x_{i_t}^6 \rightarrow \max$ ; при  $\tau_{ij}^{\text{var}} \rightarrow \min$  соответственно  $x_{i_t}^6 \rightarrow \min$ . При установившихся (устойчивых) условиях работы, когда спрос на детали и темп отгрузки стабильны, уровень заказов в стадии исполнения должен быть пропорционален темпу отгрузки  $x_{i_t}^{10}$  и средней величине  $\tau_i^{\text{var}}$  (под средней величиной времени выпол-

нения заказа понимается среднее арифметическое  $\sum_{i=1}^m \tau_i^{\text{var}} / m$  :

$$x_i^{10} = x_i^6 / \tau_i^{\text{var}} .$$

Приведённое выражение определяет темп отгрузки в условиях отсутствия складских запасов, однако у переменной  $x_i^{10}$  обязательно существует верхний предел, обусловленный фактическим запасом. В процессе отгрузки деталей со склада уменьшаются запасы, что ведет к увеличению времени выполнения заказов  $\tau_i^{\text{var}}$ , в результате снижается темп  $x_i^{10}$ . Если увеличивать агрегированный (общий) запас деталей  $i$ -го вида для проведения всех  $j$ -х работ ремонтного цикла  $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}^1$ , уменьшится среднее время выполнения заказа, т. е.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}^1 \rightarrow \max \Rightarrow \frac{\sum_{i=1}^m \tau_i^{\text{var}}}{m} \rightarrow \min.$$

Этот минимум будет определяться затратами времени на оформление заказа и отгрузку. С уменьшением агрегированного запаса деталей всех видов увеличивается вероятность невыполнения заказа на отгрузку детали конкретного вида, число невыполненных заказов растет, объект простаивает в ожидании поставки детали с завода. Таким образом, через значение переменного времени выполнения заказа  $\tau_i^{\text{var}}$  должна отражаться ситуация, когда при нормальном уровне агрегированного запаса отгрузка невозможна из-за отсутствия на складе данного  $i$ -го вида детали. Показатель агрегированного запаса редко применяется в практической деятельности, в основном нужен для расчёта некоторых валовых показателей (например, объёма склада, вложенных в товарные запасы финансов). Поэтому время выполнения заказа  $\tau_i^{\text{var}}$  должно быть конкретизировано. Для этого в модель введем следующие два параметра:  $\tau_i^2$  – запаздывание отпуска деталей, связанное с отсутствием деталей  $i$ -го вида на складе, и  $\tau_i^7$  – минимальное время выполнения заказа на поставку детали  $i$ -го вида.

Особенно важен для анализа системы логистической поддержки эксплуатации параметр  $\tau_i^7$ , который определяет запаздывание материального потока и может быть далее конкретизирован путём суммирования продолжительности производственного цикла, времени комплектации заказа и времени транспортировки. Управление данным параметром позволит оптимизировать работу системы ИЛП продукции на этапе эксплуатации, минимизировав время выполнения заказа.

Для определения возможности выполнения заказа в модель вводят отношение фактического запаса деталей  $i$ -го вида к планируемому  $x_i^1 / x_i^2$ . После тождественных преобразований уравнение расчёта переменного времени выполнения заказа  $\tau_i^{\text{var}}$  будет иметь вид

$$\tau_i^{\text{var}} = \tau_i^7 + \tau_i^2 \frac{x_i^2}{x_i^1}. \quad (5.10)$$

Согласно уравнению (5.3), отношение планируемого запаса к фактическому, т. е.  $\tau_i^2 q_i / x_i^1$ , определяет среднее число выполненных заказов как часть удовлетворённой потребности в деталях за счёт запасов склада.

Теперь можно определить темп отгрузки деталей со склада  $x_i^{10}$ , который будет зависеть от фактических и планируемых запасов деталей на складе, планируемого темпа расхода  $q_i$ , и переменного времени выполнения заказа на поставку детали:

$$x_i^{10} = \frac{x_i^6}{\tau_i^7 + \tau_i^2 (x_i^2 / x_i^1)}. \quad (5.11)$$

Но, как отмечалось выше, когда фактический запас деталей меньше планируемого, т. е.  $x_i^2 < x_i^1$ , за темп отгрузки деталей со склада берется предельный, рассчитываемый как отношение  $x_i^1 / T$ , иначе говоря, за период времени  $T$  отгружается весь фактический объем складских запасов деталей  $i$ -го вида. Так как со склада одновременно отгружают различные виды деталей, то в качестве предельного темпа отгрузки в многопродуктовой модели целесообразно брать его максимальное значение, т. е.  $\max x_i^1 / T$ . Предыдущее урав-

нение расчета темпа отгрузки деталей со склада  $x_{i_t}^{10}$  получит окончательный вид:

$$x_{i_t}^{10} = \min \left\{ \max \left\{ \frac{x_{i_t}^1}{T} \right\}, \frac{x_{i_t}^6}{\tau_i^7 + \tau_i^2 (x_{i_t}^2 x_{i_t}^1)} \right\}. \quad (5.12)$$

Размерность рассмотренной системы уравнений будет  $m \times s$ : уравнения (5.1)–(5.12) решаются  $m$  раз (по каждому  $i$ -му виду детали) и для каждого  $s$ -го склада подсистемы эксплуатации.

### 5.3 Модель подсистемы производства запасных частей для наукоёмкой продукции

Перейдем к моделированию ПП и рассмотрим процесс оформления заказов на производстве. Выделим из общего потока заказов на запасные части два потока: заказов, удовлетворяемых за счёт запасов производства  $x_{i_t}^{13}$ , и заказов, удовлетворяемых непосредственно за счёт производства продукции  $x_{i_t}^{14}$ .

Уровень заказов на  $i$ -й вид запасных частей  $x_{i_t}^{12}$ , находящихся в процессе оформления на производстве.

$$x_{i_{t+1}}^{12} = x_{i_t}^{12} + T(x_{i_t}^5 - x_{i_t}^{13} - x_{i_t}^{14}). \quad (5.13)$$

Входящий поток вновь поступивших заказов от складов описывается величиной  $x_{i_t}^5$  за вычетом потока заказов за счёт запасов  $x_{i_t}^{13}$  и потока заказов за счёт производства продукции  $x_{i_t}^{14}$ . Таким образом, уравнение (5.13) описывает заказы, полученные производством от ПС, но ещё не оформленные.

Предстоящие за счёт запасов производства поставки по оформленным, но не выполненным заказам описываются следующим уравнением:

$$x_{i_{t+1}}^{15} = x_{i_t}^{15} + T \left( x_{i_t}^{13} - \frac{x_{i_t}^{15}}{\tau_i^8} \right), \quad (5.14)$$

где  $x_{i_t}^{13}$  – темп заказов, удовлетворяемых за счёт складских запасов производства (входящий поток), а  $\tau_i^8$  – темп отгрузки продукции из



запасов производства с учётом запаздывания отгрузки (выходящий поток). Отношение  $x_i^{15} / \tau_i^8$  определяет отгрузку продукции из запасов производства с учётом запаздывания  $\tau_i^8$ .

Фактический запас  $i$ -го вида запасных частей на производстве

$$x_{i+1}^{16} = x_{i_t}^{16} + T \left( x_{i_t}^{17} - \frac{x_{i_t}^{15}}{\tau_i^8} \right). \quad (5.15)$$

Входящий поток  $x_{i_t}^{17}$  – темп выпуска  $i$ -го вида запасных частей для возмещения запаса в производстве, а выходящий поток описывается аналогично уравнению (5.14).

Для преобразования текущего значения темпа поставок из запасов производства в среднюю величину этого темпа воспользуемся уравнением усреднения:

$$x_{i+1}^{18} = x_{i_t}^{18} + \frac{T}{\tau_i^{10}} \left( \frac{x_{i_t}^{15}}{\tau_i^8} - x_{i_t}^{18} \right). \quad (5.16)$$

Средний темп поставки запасных частей из запасов производства должен отражать отгрузку, выполненную в самое последнее время. Это условие выразится в численном значении величины  $\tau_i^{10}$  – времени усреднения отгрузки. Чем больше значение  $\tau_i^{10}$ , тем позже наступит момент времени определения среднего темпа и тем больше отклонение  $x_{i_t}^{18}$  от реального темпа.

Аналогично уравнению (5.16) введём параметр  $\tau_i^{11}$  – время усреднения заказов и получим значение среднего темпа потока заказов склада к производству

$$x_{i+1}^{19} = x_{i_t}^{19} + \frac{T}{\tau_i^{11}} \left( x_{i_t}^{15} - x_{i_t}^{19} \right) \quad (5.17)$$

Усреднение темпа потока входящих заказов обуславливается значительными колебаниями потока заказов. Усреднение может осуществляться на основе прогноза или интуиции руководителей.

Для удобства дальнейших расчётов введём безразмерную величину  $\mu$  – часть общего числа заказов, удовлетворяемых за счёт запасов про-

изводства. Соответственно темп потока заказов  $x_{i_t}^{13}$ , составляющего часть общего потока входящих заказов, которая может быть удовлетворена за счёт запасов производства, зависит от трёх факторов: уровня ещё не оформленных заказов  $x_{i_t}^{12}$ , запаздывания оформления заказов в ПП  $\tau_{i_t}^{12}$ , величины  $\mu$ . Взаимосвязь этих факторов можно отразить в следующем вспомогательном уравнении:

$$x_{i_t}^{13} = \mu \frac{x_{i_t}^{12}}{\tau_{i_t}^{12}}.$$

Темп потока заказов, направленных на производство,  $x_{i_t}^{14}$  зависит от той части заказов, которая не может быть удовлетворена за счет запасов, т. е.

$$x_{i_t}^{14} = (1 - \mu) \frac{x_{i_t}^{12}}{\tau_{i_t}^{12}}.$$

Определим значение  $\mu$ :

$$\mu = \mu \left[ 1 - \left( \frac{\bar{\mu} - \mu_{\text{норм}}}{\bar{\mu}} \right) \beta_i^1 \frac{x_{i_t}^{16}}{x_{i_t}^5} \right].$$

Таким образом, темп заказов, удовлетворяемых за счёт складских запасов производства,

$$x_{i_t}^{13} = \frac{x_{i_t}^{12}}{\tau_{i_t}^{12}} \beta_i^2 \left[ 1 - \left( \frac{\beta_i^2 - \beta_i^1}{\beta_i^2} \right) \beta_i^1 \frac{x_{i_t}^{16}}{x_{i_t}^5} \right]. \quad (5.48)$$

Темп заказов, удовлетворяемых за счёт производства,

$$x_{i_t}^{14} = \frac{x_{i_t}^{12}}{\tau_{i_t}^{12}} \left[ 1 - \beta_i^2 \left[ 1 - \left( \frac{\beta_i^2 - \beta_i^1}{\beta_i^2} \right) \beta_i^1 \frac{x_{i_t}^{16}}{x_{i_t}^5} \right] \right]. \quad (5.59)$$

(Параметры  $\beta_i^1$ ,  $\beta_i^2$  модели приведены в таблице 5.1).

Важнейшими показателями системы ИЛП являются запаздывания материальных и информационных потоков поставок, обуславливающие скорость прохождения потоков и непрерывность работы всей системы.

Переменное запаздывание выполнения заказов на заводе (материальный поток предстоящих поставок из ПП в ПЭ)  $x_i^{20}$  определяется следующим образом:

$$x_i^{20} = \tau_i^{12} + \beta_i^2 \left[ 1 - \left( \frac{\beta_i^2 - \beta_i^1}{\beta_i^2} \right) \frac{x_i^{16}}{\tau_i^{14} x_i^5} \right] \tau_i^8 + \left[ 1 - \beta_i^2 \left[ 1 - \left( \frac{\beta_i^2 - \beta_i^1}{\beta_i^2} \right) \frac{x_i^{16}}{\tau_i^{14} x_i^5} \right] \right] \tau_i^9. \quad (5.20)$$

Уравнение (5.20) описывает существующее в данный момент запаздывание материального потока поставок как сумму трех запаздываний: оформления заказов на производстве  $\tau_i^{12}$ , отгрузки  $\tau_i^8$ , продолжительности производственного цикла  $\tau_i^9$ . Поток предстоящих поставок из ПП в ПЭ – это ожидаемое в будущем запаздывание материального потока в ПЭ, которое зависит от имеющегося портфеля заказов и существующего темпа производства.

В системе ИЛП эксплуатации необходимо получить информацию о запаздывании поставок с производства, поэтому вводим параметр  $\tau_i^{15}$  – время регулирования соответствия информационного потока сообщений о поставках материальному потоку поставок, так как для передачи информации о запаздывании материального потока поставок в эксплуатационные подразделения нужно определенное время. Ситуация на производстве постоянно меняется, соответственно меняется величина  $x_i^{20}$ , и это порождает временной разрыв между информационным потоком и состоянием материального потока в реальном времени. Реакцию системы ИЛП на длительность этого временного разрыва характеризует параметр  $\tau_i^{15}$ .

Поток информации о запаздывании поставок можно усреднить, используя уравнение

$$x_{i_{t+1}}^{21} = x_{i_t}^{21} + \frac{T}{\tau_i^{15}} (x_{i_t}^{20} - x_{i_t}^{21}). \quad (5.26)$$

Время запаздывания  $\tau_i^{15}$  указывает на расхождение между материальными информационным потоками поставок и определяет темп, с которым запаздывание поставок по полученным сообщениям  $x_{i_t}^{21}$  приближается к действительному запаздыванию поставок материального потока  $x_{i_t}^{20}$ .

Уровень планируемого запаса на производстве рассчитывают как

$$x_{i_t}^{22} = x_{i_t}^{19} \tau_i^{14}. \quad (5.22)$$

Коэффициент планируемого запаса  $\tau_i^{14}$  – это время, в течение которого средний темп заказов склада производителю  $x_{i_t}^{19}$  обеспечивается объемом планируемого запаса.

Производство должно восстановить свои складские запасы, и решение о выдаче заказов на их возмещение показано в уравнении

$$x_{i_t}^{23} = x_{i_t}^{18} + \frac{1}{\tau_i^{13}} (\tau_i^{14} x_{i_t}^{19} - x_{i_t}^{16} + x_{i_t}^{18} \tau_i^9 - x_{i_t}^{24}) \quad (5.23)$$

Выражение в круглых скобках в правой части уравнения дает сумму двух разностей: между планируемым  $\tau_i^{14} x_{i_t}^{19}$  и фактическим  $x_{i_t}^{16}$  запасами продукции на производстве и между необходимым  $x_{i_t}^{18} \tau_i^9$  и действительным  $x_{i_t}^{24}$  числом заказов на возмещение запасов,

находящихся в производстве. Параметр  $\tau_i^{13}$  определяет скорость регулирования разницы между действительным и планируемым запасами в ПП, которая компенсируется дополнительными заказами, равными определенной части этой разницы.

Если запасы продукции и производственные заказы на возмещение запасов по факту превышают планируемый запас и необходимые заказы, т. е.

$$x_{i_t}^{16} + x_{i_t}^{24} > \tau_i^{14} x_{i_t}^{19} + x_{i_t}^{18} \tau_i^9,$$

то может возникнуть поток лишних заказов для возмещения запасов,

ведущий к производству избыточной продукции и затовариванию складов. Решение уравнения (5:23) необходимо для предотвращения избыточного потока заказов на производство, следовательно:

$$x_i^{23} = 0 \text{ при } x_i^{18} + \frac{1}{\tau_i^{13}} (\tau_i^{14} x_i^{19} - x_i^{16} + x_i^{18} \tau_i^9 - x_i^{24}) < 0. \quad (5.24)$$

Деятельность производственных переделов предприятия описывается двумя потоками: продукции для пополнения собственных запасов производства и продукции для удовлетворения требований ПС. Определим портфель заказов на производстве на пополнение собственных запасов:

$$x_{i+1}^{24} = x_i^{24} + T(x_i^{23} - x_i^{17}). \quad (5.25)$$

Входящий поток представляет производственные заказы на возмещение запасов в производстве  $x_i^{23}$ , а выходящий поток описывается темпом производства продукции для возмещения запасов  $x_i^{17}$ . Уравнение для уровня задолженности по заказам, выполняемым в целях непосредственного удовлетворения требований складов  $x_i^{25}$  (портфель заказов потребителей на производстве), определяется разностью темпа входящего потока заказов потребителей, удовлетворяемых за счет производства  $x_i^{14}$ , и темпа производства продукции по заказам потребителей  $x_i^{26}$ :

$$x_{i+1}^{25} = x_i^{25} + T(x_i^{14} - x_i^{26}). \quad (5.26)$$

Перейдем к определению темпа производства продукции по заказам потребителей  $x_i^{26}$ . Начальное значение этого темпа при первом проигрывании модели  $x_{i0}^{26} = q_i$ , при последующих решениях модели используют уравнение

$$x_i^{26} = \min \left\{ \frac{x_i^{25}}{\tau_i^9 + \tau_i^{16}}; h_i \alpha \frac{x_i^{25}}{x_i^{25} + x_i^{24}} \right\}. \quad (5.27)$$

Первое выражение в скобках описывает производство продукции с учетом запаздывания в портфеле заказов (минимального времени подготовки заказов к запуску в производство)  $\tau_i^{16}$  и длительности

производственного цикла  $\tau_i^9$ . Параметр  $h_i$  представляет производительность труда на производстве; число рабочих, непосредственно занятых на производстве, описывается параметром  $\alpha$ . Число рабочих, занятых выполнением заказов потребителей, определяется отношением портфеля заказов потребителей к общему портфелю заказов:  $x_i^{25} / (x_i^{25} + x_i^{24})$ .

Темп выпуска продукции, предназначенной для возмещения запаса на производстве,

$$x_i^{26} = \frac{x_i^{24}}{\tau_i^9 + \tau_i^{16}} \left( h_i \alpha - \frac{x_i^{24} + x_i^{25}}{\tau_i^{16}} \right). \quad (5.28)$$

Общее производство продукции, идущей в запас, складывается из темпа производства по заказам на возмещение запаса с учетом запаздываний  $\tau_i^9$  и  $\tau_i^{16}$  и производства избыточной продукции, определяемой выражением в скобках (разность фактического темпа производства и необходимого для выполнения портфеля заказов).

Темп отгрузки продукции, изготовленной по заказам потребителей, с учетом запаздывания отгрузки на производстве  $\tau_i^8$

$$x_i^{27} = \frac{x_i^{27}}{\tau_i^8}. \quad (5.79)$$

Теперь можно определить выходящий с производства материальный поток готовой продукции  $x_i^{28}$  как сумму двух потоков: отгрузки продукции из запасов производства  $x_i^{15} / \tau_i^8$  и отгрузки продукции, изготовленной по заказам потребителей,

$$x_i^{28} = x_i^{27} + \frac{x_i^{15}}{\tau_i^8}. \quad (5.30)$$

Найдем уровень заказов  $x_i^9$ , поступивших от ПЭ и не выполненных на производстве, как разность двух темпов: входящего в ПП потока заказов  $x_i^5$  и выходящего материального потока готовой продукции:

$$x_{i+1}^9 = x_i^9 + T \left( x_i^5 - x_i^{27} - \frac{x_i^{15}}{\tau_i^8} \right). \quad (5.31)$$

Уравнения (5.13)–(5.31) описывают потоковые процессы ПП промышленного предприятия.

Система уравнений (5.1)–(5.31) решается для каждого  $i$ -го вида запасных частей и представлена в расширенном виде, так как содержит вспомогательные уравнения, необходимые для расчета разностных (эти уравнения рассчитывают не на последующий момент времени  $t + 1$ , а на момент  $t$ ). Сделав подстановки, путем несложных преобразований получим систему конечно-разностных уравнений, которая представляет собой динамическую имитационную модель, описывающую замкнутый контур взаимодействия между ПП и ПЭ. Этот контур включает три главных потока: 1) поток заказов из ПЭ в ПП по каналу информационной связи  $x_i^5$ ; 2) сообщения из ПП в ПЭ о предстоящем запаздывании поставок по каналу информационной связи  $x_i^{21}$ ; 3) готовой продукции из ПП в ПЭ по каналу материального потока  $x_i^{28}$ . Структурная схема алгоритма управления системой ИЛП представлена на рисунке 5.3.

Разработанная модель позволяет регулировать и управлять временными параметрами  $\tau_i$ , предотвращает производство избыточной продукции, ведущей к затовариванию складов, снижая тем самым риск появления «эффекта кнута» и создавая возможность реально управлять инерционными свойствами системы.

При необходимости в модель могут быть включены другие этапы ЖЦ – разработка, проектирование, утилизация, временные параметры элементов и процессов ЖЦ на разных уровнях декомпозиции системы ИЛП.

Модель позволяет привести в соответствие динамику производства запасных частей динамике эксплуатации продукта, обеспечивая своевременное поступление запасных частей в сервисные службы ТООР. Она может быть реализована в качестве программного модуля информационной системы ИЛП эксплуатации продукта. Для создания банка стратегий управления производством и эксплуатацией

наукоемкой продукцией в режиме реального времени модель должна быть дополнена методами расчета производственных мощностей.



НА ПРАВАХ  
РУКОПИСИ



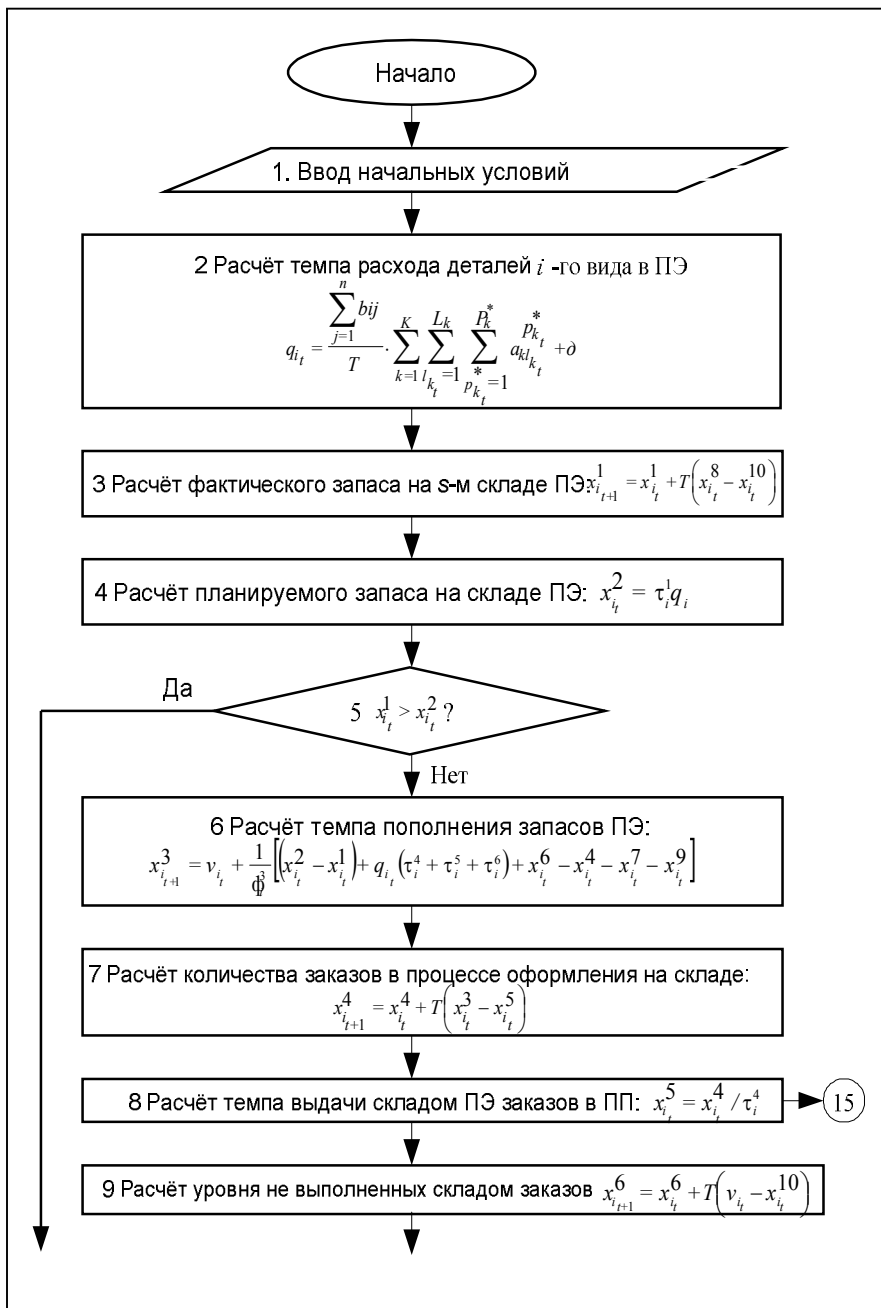


Рисунок 5.3 (начало) – Структурная схема алгоритма управления системой ИЛП

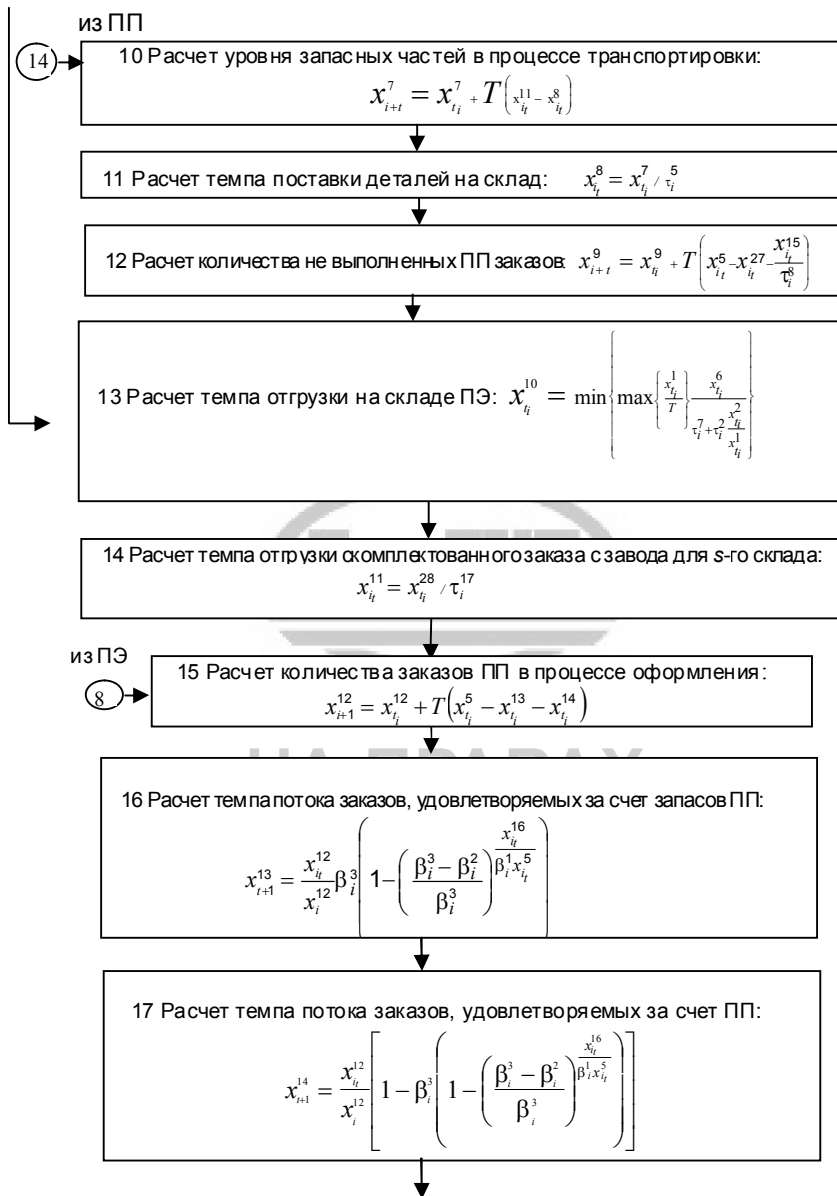


Рисунок 5.3 (продолжение) – Структурная схема алгоритма управления системой ИЛП

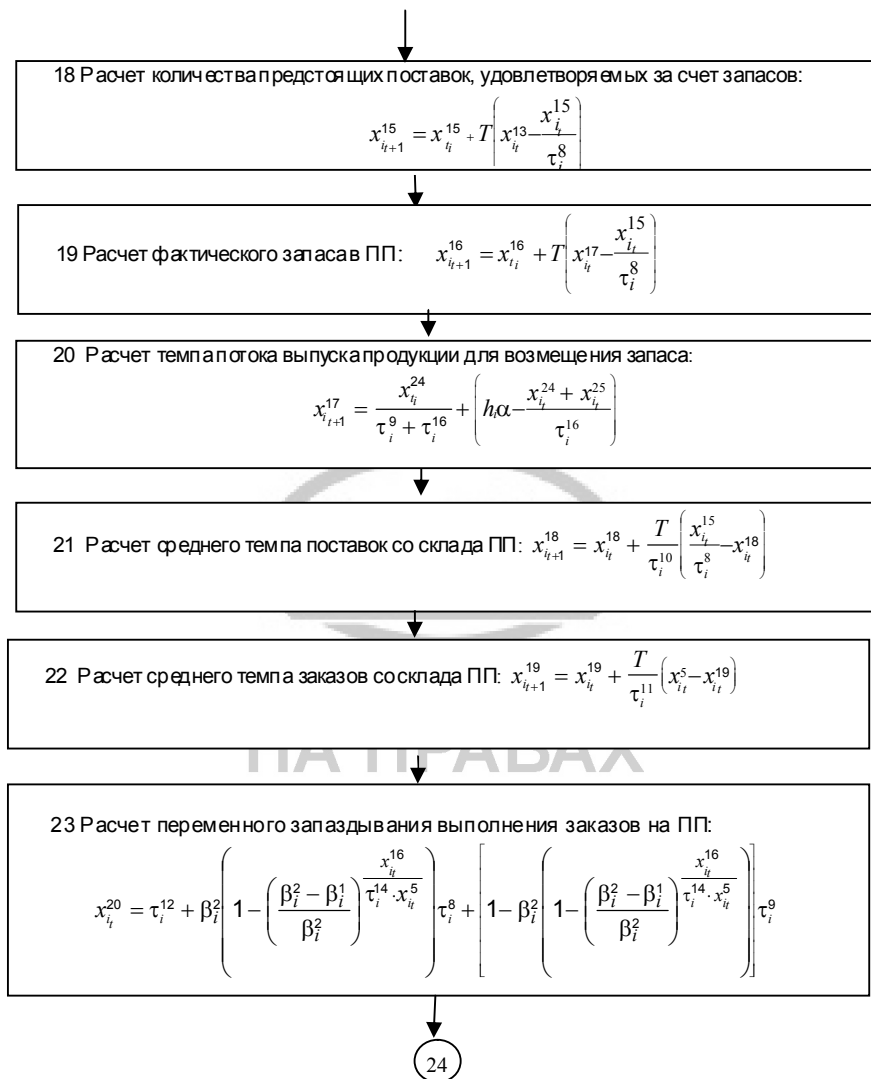


Рисунок 5.3 (окончание) – Структурная схема алгоритма управления системой ИЛП

## 5.4 Продление эксплуатационного ресурса и прогнозирование долговечности сложной техники

Сложной называется техника, состоящая из множества взаимосвязанных и взаимозависимых элементов и способная реализовывать большое количество сложных функций.

Рассмотрим характерные **свойства сложной техники**:

- большая наукоемкость;
- значительные сроки проектирования;
- широкая номенклатура элементов и высокая иерархичность входящих в состав узлов;
- уникальность и малосерийность элементов;
- высокая работоспособность и безотказность (в отличие от простой системы в сложных выход из строя отдельных элементов или узлов, как правило, не приводит к остановке всей системы);
- длительные сроки эксплуатации;
- большие расходы (затраты владения изделием) в случае даже краткосрочной остановки, ремонта или замены элементов;
- надежность и сохраняемость элементов;
- большие затраты на приобретение;
- обеспечение безопасности эксплуатации.

Перечисленные выше свойства подходят практически к любой сложной системе. Но **при оценке и составлении прогнозов долговечности необходимо учитывать следующие семь основных положений**.

1 *Срок службы любого технического изделия (ресурса) – случайная величина*. Каждое изделие проходит стадии проектирования, конструирования, эксплуатации. На каждой из них возникают факторы, которые влияют на изделие случайным образом, что приводит к тому, что срок службы (календарная продолжительность от начала эксплуатации объекта или возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние) в конечном итоге тоже случайная величина.

2 *Каждый технический ресурс (изделие) должен быть безопасным*. Любой вид сложной продукции с течением времени дает большее количество сбоев. Рассмотрим функцию изменения ВБР оборудования  $P(t)$  во времени  $t$  и допустимое значение вероятности отказа оборудования.

Под ВБР оборудования понимается вероятность того, что в пределах заданной продолжительности работ (или объема работ) отказ объекта не возникает. Тогда ВБР оборудования  $P(t)$  можно рассчитать по формуле

$$P(t) = \exp \left[ - \int_0^t \lambda(\tau) d\tau \right],$$

где  $\lambda(\tau)$  – интенсивность отказов оборудования.

Если учитывать, что отказ объекта – событие, противоположное вероятности работы, то вероятность отказа  $Q(t)$  оборудования можно записать как

$$Q(t) = 1 - P(t).$$

При анализе безопасности допустимое значение вероятности отказа конкретного вида изделия  $Q(\partial)$  с учетом расчетов вероятностей возникновения аварийных ситуаций будет выглядеть следующим образом:

$$Q(\partial) = 1 - P(\partial),$$

где  $P(\partial)$  – допустимое значение вероятности рабочего состояния объекта (определяется при анализе безопасности технического ресурса),

$$P(\partial) = \exp \left[ - \int_0^{T_{pec}} \lambda(\tau) d\tau \right].$$

Здесь  $T_{pec}$  – допустимое время работы ресурса (определяется при анализе безопасности).

3 *Основные закономерности прошлого будут сохранены в будущем (постулат Шеннона).* Важность данного положения заключается в построении математической модели изменения процессов в будущем, основанной на закономерностях, наблюдавшихся в прошлом. Главной проблемой является построение модели изменения процессов в будущем в отсутствие истории данного технического ресурса.

4 *Доступность информации о состоянии технического ресурса.* Для того чтобы составить прогноз технического ресурса, необходима информация о плановых ремонтах, диагностике оборудования, наличии дефектов и др.

5 *Многообразие сложной техники и разные условия эксплуатации требуют наличия различных методов оценки и прогнозирования.* Научное производство можно классифицировать по видам, принадлежности к классу производства, безопасности, сроку службы, периодичности работы, ремонтпригодности. Поэтому применение ко всем техническим элементам единого способа оценки некорректно.

6 *Индивидуальное прогнозирование ресурса.* Прогноз долговечности

продукции на стадии проектирования во многом отличается от прогноза на стадии эксплуатации. В первом случае прогнозируется возможная продолжительность работы для всей совокупности изделий. Во втором случае некорректно оценивать весь ряд продукции, необходим прогноз долговечности каждого конкретного изделия, а также оценка остаточного ресурса (возможной продолжительности эксплуатации объекта от текущего времени до наступления так называемого предельного состояния). Предельное состояние изделия подразумевает, что дальнейшее его применение недопустимо или нецелесообразно либо восстановление до рабочего состояния недопустимо (нецелесообразно). Конечно, внедрение индивидуального прогнозирования остаточного технического ресурса требует определенных затрат (например, на своевременную диагностику объектов, техническое обслуживание и ремонт, разработку математических методик прогнозирования и программных продуктов, а также наличие современных методов обработки и анализа полученных данных). Но эти затраты полностью окупаются благодаря сокращению неоправданных расходов материальных ресурсов.

*7 Продление эксплуатационного ресурса.* Каждое предприятие стремится использовать сложную технику длительное время. Ведь даже краткосрочная остановка, ремонт или замена элементов сложной системы ведут к большим расходам. Главной проблемой является то, что срок службы, а также хранения технического ресурса определяются изготовителем на основании экономических, эргономических и других принципов, т. е. предприятию необходимо создать требуемые условия для эксплуатации оборудования и установить новые сроки службы сложного оборудования.

Существует **четыре основных метода оценки и прогнозирования эксплуатационного ресурса** (рисунок 5.4).

*Детерминированный метод* основан на аналитической зависимости срока службы изделия от условий эксплуатации и эксплуатационных нагрузок. Главным недостатком данного метода является отсутствие учета интенсивности эксплуатации, воздействия случайных факторов и нагрузок, приводящих к ошибкам прогноза изменения технического ресурса.

*Вероятностно-статистический метод* дает статистически устойчивый прогноз только при наличии большого объема исходной информации (параметры изготовителя ресурса, условия эксплуатации, наличие дефектов, количество отказов, нормативы работы данного ресурса). Из-за неполноты информации и различных факторов, возникающих во время эксплуатации, их высокой неопределенности данный метод становится неточным.

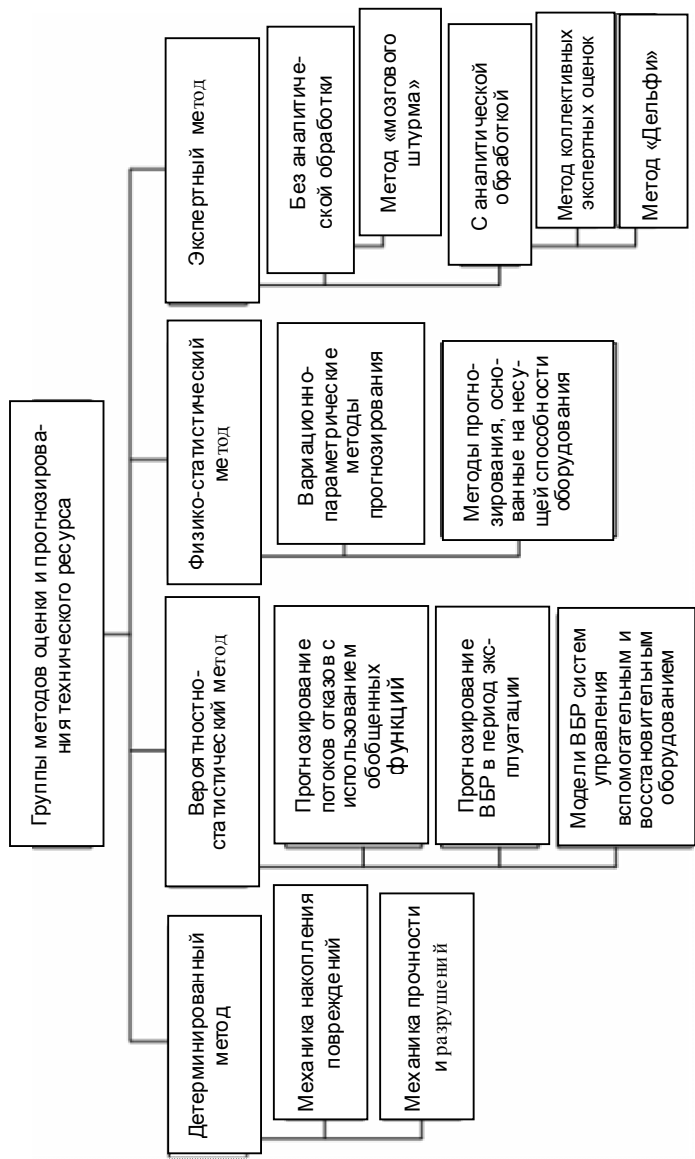


Рисунок 5.4 – Классификация методов оценки и прогнозирования технического ресурса

*Физико-статистический метод* – наиболее надежный метод прогнозирования. Анализ проводится на основе математической вероятности и статистических данных. Учитываются усталостные характеристики конструкционного материала, факторы, воздействующие на оборудование во время эксплуатации, дополнительные нагрузки.

*Экспертный метод* – плюсы и минусы метода остаются вне зависимости от области применения. С одной стороны, экспертный метод может дать неординарное решение, а с другой – субъективность экспертов или их недостаточная компетентность являются большим недостатком.

Необходимо учитывать, что каждый из этих показателей имеет недостатки, и для получения наиболее точного результата следует применить комбинацию методов. Конечно, полученный результат будет ориентирован на группу оборудования (генеральную совокупность), а не на индивидуальный объект. Данный недостаток был ликвидирован появлением методических указаний РД 50-650-87 «Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований к надежности». Так как необходимо рассчитать надежность конкретного изделия, а не продукции в целом, и прогноз носит вероятностный характер, следует делать прогноз будущей наработки эксплуатационного ресурса каждого объекта.

Таким образом, задача обеспечения эксплуатационной надежности изделия тесно связана с получением информации об интенсивности эксплуатации объекта и методах определения будущей наработки его эксплуатационного ресурса. Решение этих задач не только обеспечит своевременные поставки запчастей и комплектующих к сложной технике, но и позволит наладить ритмичность и непрерывность их производства, т. е. интегрирует в единую эффективную систему производителей, поставщиков и эксплуатантов наукоемкой продукции, что и обеспечивает ИЛП.

## **5.5 Метод определения производственной мощности предприятия при изготовлении запасных частей**

Предприятие может самостоятельно изготавливать запасные части для удовлетворения потребностей эксплуатантов продукции, закупать их у поставщиков или объединяться для совместного производства запасных частей требуемой номенклатуры с предприятиями, имеющими возможность их изготовления (по технологическому принципу).



При самостоятельном производстве запасных частей возникает необходимость определения производственной мощности предприятия.

Для этого могут быть применены методы имитационного моделирования или аналитические. Рассмотрим *метод имитационного моделирования*. Процедуру принятия решения о параметрах работы производственной системы, обеспечивающей производство запасных частей, рассмотрим на примере производственного участка, цеха, предприятия или нескольких предприятий.

Пусть существует некоторое количество видов технологического оборудования, каждый из которых имеет свою производственную мощность. Каждая мощность может быть разбита на более мелкие компоненты по какому-либо признаку (по видам технологической обработки или по моделям технологического оборудования, используемого в процессе изменения формы заготовки или полуфабриката), т. е. на некоторое количество производственных единиц: предприятий, цехов, станков и даже рабочих, занятых тем или иным видом деятельности.

Производственная система обрабатывает детали (запасные части) различных типов и видов. Каждый вид деталей требует выполнения производственных операций на определенных типах производственного оборудования в последовательности, задаваемой маршрутом обработки.

Количество этапов обработки, последовательность прохождения технологического оборудования и среднее время обработки для разных технологических операций для всех типов деталей и видов используемого технологического оборудования определяют с помощью атласов, справочников, расчетов параметров обработки и вносят в имитационную модель как входные данные. Имитационная модель будет работать следующим образом. Поступает заказ в производственную систему на изготовление запасных частей определенной номенклатуры в заданных объемах. Характеристики изготовления одной запасной части каждого вида задают заранее и определяют в виде параметров.

Производственная единица обладает некоторой производственной мощностью, определяемой видом технологического оборудования и позволяющей выполнять только те виды работ, для которых она предназначена. Совокупность производственных единиц составляет общую производственную мощность.

Концептуальная структура модели представляет собой виртуальную сеть системы массового обслуживания. В этой системе каждый вид детали (запасной части) имеет свой маршрут движения по технологическим единицам. Более того, в имитационной модели для минимизации времени изготовления запасных частей, если не задается жесткая последовательность по станкам, для каждой детали любого вида может быть назначен свой маршрут движения по технологической цепочке.

Структурная схема концептуальной модели представлена на рисунке 5.5.

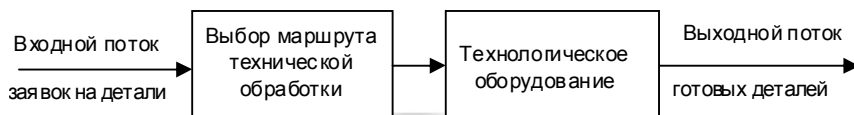


Рисунок 5.5 – Структурная схема концептуальной модели

Сеть системы массового обслуживания имеет один виртуальный узел, в котором обслуживающие устройства (в нашем случае производственные единицы технологического оборудования) меняют свои номера в зависимости от типа детали, количества и видов завершенных и незавершенных этапов технологической обработки. Виртуальный узел сети системы массового обслуживания реализуется через одну и ту же последовательность функций:

1) ожидание в очереди свободной единицы технологического оборудования (производственного ресурса);

2) занятие единицы технологического оборудования на время обработки;

3) освобождение технологического оборудования.

После освобождения единицы оборудования процесс для следующей операции технологической цепочки осуществляется в той же последовательности, только для другой единицы технического оборудования.

Схема реализации виртуального узла представлена на рисунке 5.6.

Подготовка модели к обработке деталей на конкретных видах технологического оборудования осуществляется параметрической настройкой с помощью прямой или косвенной адресации (адресации на занятие свободного ресурса из имеющихся, например? при нали-

ции

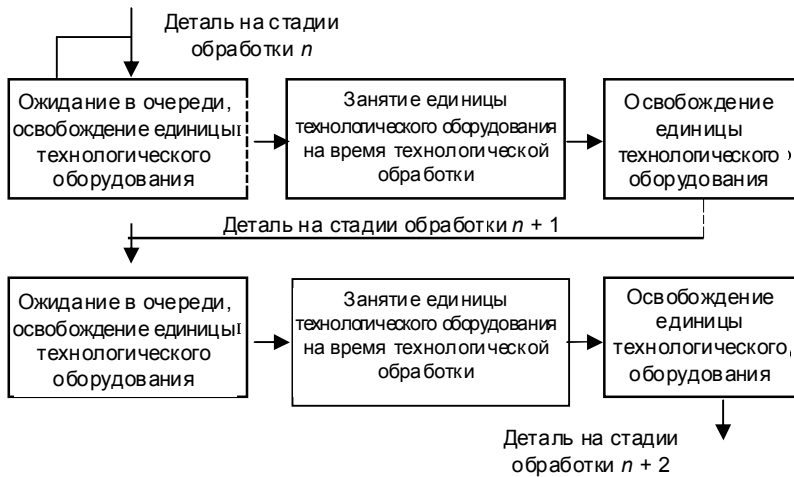


Рисунок 5.6 – Реализация виртуального узла сети

нескольких типов технологического оборудования одного назначения, но разных технических характеристик) устройств обслуживания (единицы технологического оборудования) и функций. В функциях отображают конкретные параметры обслуживаемых деталей, число этапов обработки по технологическому процессу, параметры каждого этапа, маршрут прохождения детали через каждую технологическую единицу и время обработки на каждой единице.

Целью моделирования работы производственной системы является определение наилучших управленческих решений, совершенствование производственной системы по различным критериям (увеличение дохода или уменьшение времени выполнения заказа).

Процедура определения наилучших решений управления и совершенствования производственной системы – итерационная (пошаговая, методом последовательных приближений) и связана с внесением изменений в технологический процесс обработки деталей, состав технологического оборудования и его размещение. Для определения наилучших решений можно разделить работу на следующие этапы:

- 1) поиск причин, наиболее сильно влияющих на эффективность функционирования производственной системы;

- 2) выдвижение гипотез;
- 3) проверка гипотез и предварительный анализ их правильности;
- 4) определение направлений деятельности для усовершенствования процесса функционирования производственной системы.

Порядок работы с имитационной моделью таков:

- 1) пробный прогон (устраняют ошибки и отлаживают имитационную модель);
- 2) полный прогон модели; анализ результатов прогона и выдвижение гипотез относительно совершенствования производственной системы;
- 3) проверка гипотез с помощью моделирования, выбор наилучших вариантов усовершенствований.

Один эксперимент с моделью не дает оптимального результата. Эта процедура многократна и требует проверки множества гипотез. Для каждой гипотезы получение результатов с заданной точностью требует достаточного количества экспериментов. Перед экспериментами следует все множество гипотез упорядочить по росту материальных затрат на их реализацию. Для производственной системы, нацеленной на выпуск запасных частей, предлагается следующий список изменений:

- 1) начальной структуры производственной системы;
- 2) режимов работы оборудования;
- 3) расстановки приоритетов в очередях к станкам разных видов;
- 4) введения новых дополнительных видов и единиц технологического оборудования.

Кроме метода имитационного моделирования можно использовать аналитический.

*Аналитический метод* определения дефицита в производственных мощностях выглядит следующим образом. Пусть есть  $N$  видов технологического оборудования, каждый из которых имеет производственную мощность  $b_i$ . Причем мощность может быть разбита на более мелкие компоненты по какому-либо признаку (по видам технологической обработки или моделям технологического оборудования, используемого в процессе изменения формы заготовки или полуфабриката). Таким образом,  $N$  может быть числом предприятий, цехов, станков и даже рабочих, занятых в том или ином виде деятельности. Для краткости будем в дальнейшем называть их производственными единицами.

Общую мощность этих производственных единиц, объединенных в производственную систему, представим в виде вектора объединенных мощностей

$$b = (b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_N),$$

где  $i$  – индекс производственной единицы.

Заказ на изготовление запасных частей определенной номенклатуры и в заданных объемах также опишем в виде вектора

$$C = (C_1, C_2, \dots, C_j, \dots, C_M),$$

где  $j$  – индекс запасной части по номенклатуре;

$M$  – число номенклатур запасных частей;

$C_j$  – число заказываемых запасных частей  $j$ -го вида.

В связи с тем, что комплектующие изделия и полуфабрикаты для одних производственных единиц могут выпускаться на других производственных единицах, полный продукт, выпускаемый ими, описываем с помощью вектора объема выпуска

$$X = (C_1, C_2, \dots, C_j, \dots, C_M, X_1, X_2, \dots, X_k, \dots, X_p),$$

где  $k$  – индекс комплектующего изделия или полуфабриката;

$P$  – число видов комплектующих изделий или полуфабрикатов;

$X_k$  – число комплектующих изделий или полуфабрикатов  $k$ -го вида.

Формальное отображение схемы взаимосвязи различных производственных единиц показано на рисунке 5.7.

В соответствии с вектором  $X$  формируется матрица  $A$  прямых расходов комплектующих изделий и полуфабрикатов. Матрица  $A$  – квадратная, ее размерность  $(M + P) \times (M + P)$ .

$$A = \begin{Bmatrix} a_{1,1} & \cdots & a_{1,M+P} \\ \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & a_{m,1} & \cdot \\ \cdot & \cdots & \cdot \\ a_{M+P,1} & \cdots & a_{M+P,M+P} \end{Bmatrix},$$

где  $m, l$  – индекс запасной части, комплектующего изделия или полуфабриката (ниже – просто изделия);

$a_{m, l}$  – затраты  $m$ -го изделия на единицу  $l$ -го изделия (при

$$m = l \ a_{m,l} = 1).$$

Таким же образом формируется матрица расхода производственных ресурсов  $B$ , размерностью  $N \{M + P\}$ .

$$B = \left\{ \begin{array}{ccc} b_{1,1} & \cdots & b_{1,M+P} \\ \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & b_{i,j} & \cdot \\ \cdot & \cdots & \cdot \\ b_{N,1} & \cdots & b_{N,M+P} \end{array} \right\}.$$

Здесь  $b_{i,j}$  – затраты  $i$ -го производственного ресурса (ресурса  $i$ -й производственной единицы) на единицу  $j$ -го изделия.

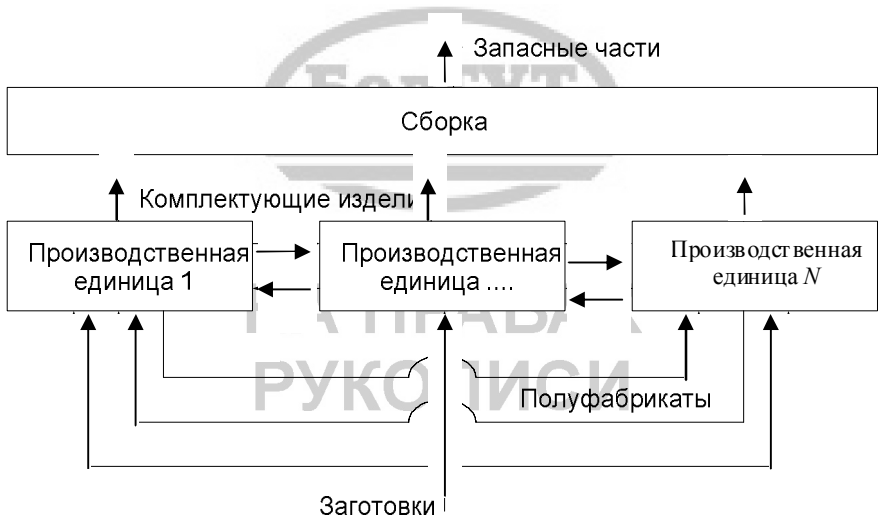


Рисунок 5.7 – Формальное отображение схемы взаимосвязи производственных единиц

Найдём вектор потребности в производственных мощностях  $b_{\Pi}$ , которые могли бы полностью обеспечить выполнение заявки в течение приемлемого отрезка времени,

$$b_{\Pi} = B \cdot A^* \cdot C_{\text{мод}}, \quad (5.31)$$

где  $A^*$  – матрица полного расхода комплектующих изделий и полуфабрикатов;

$C_{\text{мод}}$  – модифицированный вектор заявки.

Модифицированный вектор заявки вводится для того, чтобы его размерность равнялась размерности вектора объема выпуска:

$$C_{\text{мод}} = (C_1, C_2, \dots, C_j, \dots, C_M, 0, \dots, 0).$$

Матрица полного расхода комплектующих изделий и полуфабрикатов определяется с помощью соотношения

$$A^* = (E - A)^{-1}, \quad (5.32)$$

где  $E$  – единичная матрица.

Таким образом, получаем

$$b_{\Pi} = B \cdot (E - A)^{-1} \cdot C_{\text{мод}} \quad (5.33)$$

Дефицит мощности по производственным единицам также может быть выражен вектором:

$$\Delta b = b - b_{\Pi} = b - B \cdot A^* \cdot C_{\text{мод}} = b - B \cdot (E - A)^{-1} \cdot C_{\text{мод}}. \quad (5.34)$$

Дефицит мощности по производственным единицам определяем через трудоемкость изготовления изделий и количество позиций заказов, которые не будут выполнены в срок. При дефиците собственной производственной мощности можно часть заказа перенести на предприятия-смежники. В этом случае необходимо определить, имеют ли смежники достаточные производственные мощности.

Таким образом, следует либо подбирать размер заказа, который может быть выполнен на имеющемся технологическом оборудовании без дефицита мощности, либо увеличивать производственную мощность производственных единиц.

Наращивать мощность можно без увеличения количества технологического оборудования: использовать более эффективные методы обработки, различные способы получения заготовок, специализированные инструменты (например, фасонные) и др.

Отличие аналитического метода от метода имитационного моделирования заключается в том, что он менее трудоемок, но не учитывает влияния многих факторов. При предварительных расчетах и расчетах, не требующих высокой точности, аналитический метод при меньших временных и других затратах позволяет определить направления повышения эффективности и объемы дефицита мощностей. Однако метод имитационного моделирования позволяет более подробно проанализировать достоинства и недостатки организаци-

онной структуры, что довольно сложно сделать с помощью аналитических методов.

### **5.6 Функциональная модель и организационная структура системы ИЛП наукоемкой продукции**

Для создания и внедрения системы ИЛП поддержки ЖЦ наукоемкой продукции на основании динамической модели необходимо разработать комплексную организационно-экономическую модель процесса организации ИЛП с ключевыми элементами, включающую:

- разработку функциональной модели ИЛП наукоемкой продукции на этапе эксплуатации;
- проектирование организационной структуры системы ИЛП.

На белорусских предприятиях, производящих наукоемкую продукцию, для соответствия современным требованиям в области менеджмента качества следует организовать службу, занимающуюся проблемами логистической поддержки эксплуатации сложной техники. Такая служба необходима для реализации и контроля процессов, обеспечивающих эксплуатационную надежность сложной техники, она полностью отвечает стандартам качества серии ISO 9000 и является основополагающим фактором для экспорта наукоемкой продукции и завоевания мировых рынков.

Внедрение системы ИЛП целесообразно начинать с рассмотрения структуры службы эксплуатации, для чего необходимо определить ее цели и задачи.

#### **Цели службы эксплуатации:**

- обеспечение заданных экономико-технических характеристик эксплуатационной технологичности, ремонтпригодности, контролепригодности, надежности, безопасности эксплуатации, ресурса и заданной стоимости ЖЦ серийной и вновь создаваемой техники (на всех этапах ОКР);
- совершенствование систем ТО, интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР), улучшение показателей эксплуатационного ресурса, обучение персонала.

#### **Задачи службы эксплуатации:**

- организация работ по обеспечению экономико-технических характеристик продукции (в том числе проведение логистического анализа);
- создание совместно с разработчиком наукоемкой продукции концепции ТОиР;



- организация работ и разработка электронной технической документации (ЭТД) (ИЭТР);
- организация работ и создание технических средств обучения, информационных систем (ИС) ИЛП;
- определение потребности в запасных частях с оптимизацией их количества и номенклатуры;
- обеспечение своевременности и качества работ по ТОиР.

Предприятия промышленности поставляют материально-техническое обеспечение, включая запасные части, эксплуатирующим транспортным предприятиям, ремонтным заводам и сервисным организациям. Тем самым поддерживается ресурсная составляющая эксплуатационной надежности сложной техники на протяжении всего ЖЦ продукции.

Таким образом, материально-техническое обеспечение ЖЦ продукции может составлять наиболее весомую и стабильную часть потенциальных доходов от поставок техники и запасных частей к ней в стране и за рубежом.

В качестве эксплуатанта может выступать укрупненная инженерно-техническая служба, создаваемая большими компаниями-заказчиками. На основе поступающих в центр ИЛП фактических данных об эксплуатируемом объекте осуществляется оперативное планирование заказа и контроль поставляемых запасных частей. В каналах распределения выделяются основные участники рынка:

- производители техники;
- поставщики – производители запасных частей (смежники).

Специализированные логистические участники обеспечивают решение функциональных и вспомогательных задач:

- транспортировку;
- складирование;
- комплектацию грузов;
- обслуживание выполнения заказов;
- предоставление финансовых и информационных услуг;
- страхование рисков и др.

Для реализации основных функций необходимо использовать **автоматизированную систему (АС) ИЛП**. Она разделена на две части: находящуюся у поставщика изделия и у заказчика (эксплуатанта). Это разделение относится к функциям планирования и управления ТОиР и МТО.

Функция планирования и управления МТО является первоочередной для реализации на практике. Она предназначена для определения и удовлетворения потребностей процессов ТООР в материальных ресурсах: запасных частях, расходных материалах.

*Первая часть АС ИЛП призвана выполнять следующие основные логистические функции:*

1) определение номенклатуры и количества изделий, входящих в МТО;

2) управление запасами;

3) управление складами;

4) управление закупками;

5) ведение портфеля заказов;

6) объемное планирование;

7) управление транспортировкой и др.

Частично эти функции могут быть реализованы посредством технологий MRP II.

*Вторая часть АС ИЛП осуществляет:*

1) прогнозирование и определение по фактической информации данных об эксплуатации и выполненных ТООР, текущих потребностей в предметах МТО (запасных частей и расходных материалов) для поддержания требуемого уровня готовности изделия;

2) оперативно-календарное планирование потребностей в предметах МТО (по видам работ в соответствии с регламентом ТООР);

3) оценку уровня текущих запасов на складах по всем предметам МТО;

4) сбор и анализ данных о поставщиках, их выбор;

5) подготовку заявок на пополнение запасов и направление их поставщикам по коммуникационным сетям;

6) управление процессами выполнения заявок (прохождение, выставление и оплату счетов);

7) учет поступления предметов МТО на склады;

8) контроль и учет качества предметов МТО, поступающих на склады, анализ поставщиков с точки зрения выполнения обязательств по качеству и срокам поставки, корректировку списка поставщиков;

9) организацию хранения и выдачи предметов МТО по требованиям служб, выполняющих ТООР;

10) внутреннее управление складским хозяйством;

11) формирование отчетов.

**При разработке организационно-функциональной модели выделим пять главных элементов:**

1) процесс поддержки эксплуатации, в котором преобразуются потоки запасных частей;

2) поток поступающих запасных частей и комплектующих от предприятий-изготовителей (вход в систему);

3) поток запасных частей, предназначенный для эксплуатантов (выход из системы);

4) обратная связь (связь между входом какого-нибудь элемента и выходом предшествующего ему в той же системе элемента) между эксплуатантом и предприятиями-изготовителями запчастей;

5) ограничения, накладываемые на систему.

Движение потоков в системе порождает значительный объем информации, связанной с определением количества поставщиков, складов, на которые будут поступать запасные части, остатков запасных частей у эксплуатантов и на своих складах. Начальной точкой потока запасных частей считаем склад готовой продукции предприятия-поставщика, конечной – склад эксплуатанта.

Управление потоками, с точки зрения логистики, предусматривает перечень мероприятий по определению параметров:

- запаса у эксплуатанта;
- фактического состояния объекта;
- наименований поставляемой продукции;
- объема поставляемой продукции;
- количества поставщиков;
- времени поставки продукции.

Для организации ТОиР необходима эффективная система управления поставками запасных частей и расходных материалов (в заданное время и место, в нужном ассортименте и количестве, с заданным уровнем сервиса при минимальном уровне затрат), поэтому она составляет важную часть процесса эксплуатации наукоемкой продукции.

Неэффективная организация поставок не позволяет в полной мере контролировать безопасность эксплуатации. Ликвидация каждого случая дефицита обходится в огромные суммы средств для эксплуатанта. Штраф исчисляется по стоимости ликвидации дефицита, и к нему следует добавить ущерб от простоя техники в ожидании поставки. Вот почему *повышение эффективности поставок запасных частей – важнейшая технологическая и экономическая проблема.*

Планирование системы управления поставками запасных частей для обеспечения эксплуатации наукоемкой продукции строится на основе метода определения потребности в них. Система управляется с помощью обратной связи, отражающей действительное состояние эксплуатационного ресурса объекта.

В целях достижения наилучшего соотношения расходов и результатов проводят поиск экономических компромиссов между интересами всех участников процесса поставок.

Поиск идет на стратегическом, организационном и оперативном уровнях. На стратегическом уровне решают задачи фундаментального характера – поиск и выбор поставщика. На следующем уровне организуются закупки продукции, их доставка, прием, контроль качества, хранение и последующая транспортировка.

Компетенция оперативного уровня заключается в конкретизации и детализации организационных мероприятий: выборе маршрута и вида транспорта в зависимости от размера партий груза, т. е. решение транспортных (оптимизационных) задач, что составляет лишь один из элементов в системе поддержки эксплуатации. На каждом из указанных уровней специалисты в области логистики должны определить и удержать заданный уровень качества обслуживания. Такая организационная и аналитическая оптимизация минимизирует совокупные затраты и, следовательно, повышает эффективность обслуживания заказчика.

Решение этих задач обеспечивается выполнением функций всего логистического процесса: планированием, оперативным регулированием, учетом, контролем и анализом функционирования.

Рассматриваемая организационно-функциональная модель основывается на взаимодействии информационных потоков, представленных на рисунке 5.8. На схеме выделены субъекты, участвующие в ИЛП ЖЦ продукции, и материальные и информационные потоки, связывающие их между собой.

Центр ИЛП является структурой, создаваемой производителем наукоемкой продукции и осуществляющей планирование и управление. От разработчика к производителю (в центр ИЛП и службы ТОиР) поступает конструкторско-техническая документация и регламент ТОиР продукции ( $b_{ij}$  – расход запчастей  $i$ -го вида для проведения ремонтных работ  $j$ -го вида по нормативу ТОиР;  $P_k$  – назначенный эксплуатационный ресурс  $k$ -го вида продукта).

От эксплуатанта в центр ИЛП регулярно поступает информация

об интенсивности эксплуатации  $l_k$ -го вида продукта;  $p_k^H$  – наработанном эксплуатационном ресурсе  $k$ -го вида продукта;  $a_{l_k k}^{P_k^H}$  – количестве продуктов  $k$ -го вида с наработанным эксплуатационным ресурсом. На основании этих данных, заказов  $x_{i_t}^5$  и  $x_{i_t}^6$  из системы МТО, состоящей из  $s$  складов, от центра ИЛП поступают заказы  $x_{i_t}^{23}$  производству на возмещение запасов на складах. Из центра ИЛП в систему МТО поступают данные  $x_{i_t}^{21}$  о запаздывании информационного потока сообщений о поставках.

От производителей в центр ИЛП передаются данные о запаздывании информационного потока  $x_{i_t}^{21}$  сообщений о поставках и заказах  $x_{i_t}^{29}$ , не выполненных производством, с целью предотвращения дефицита. Кроме того, поступает материальный поток в систему МТО:  $x_{i_t}^8$  – поставки деталей  $i$ -го вида с завода-производителя на склад;  $x_{i_t}^7$  – количество деталей  $i$ -го вида в процессе транспортировки с завода на склад. Далее материальный поток достигает системы ТОиР для дальнейшего использования.

В концепции CALS широко используется **способ функционального моделирования**, разработанный ранее в проекте USAF «Интегрированное производство» и называемый IDEF0.

IDEF0 – подмножество самой известной и широко используемой методологии SADT (Structured Analysis and Design Technique). Он принят в качестве федерального стандарта обработки информации США, используется в министерстве обороны Великобритании, НАТО и множестве корпораций. IDEF0 предназначен для описания различных этапов ЖЦ изделий и представляет собой графический язык и набор процедур анализа, которые используют для проектирования ЖЦ изделий, в том числе при информационно-хозяйственной интеграции предприятий в рамках одного проекта.

Неформализованные методы моделирования (структурные схемы) непригодны для качественного моделирования, поскольку не содержат правил построения. Методология функционального моделирования IDEF0 представляет собой совокупность методов, правил и процедур, предназначенных для построения функциональных спецификаций сложных иерархических систем, и может быть исполь-

зована для моделирования множества бизнес-процессов предприятия.



**НА ПРАВАХ  
РУКОПИСИ**

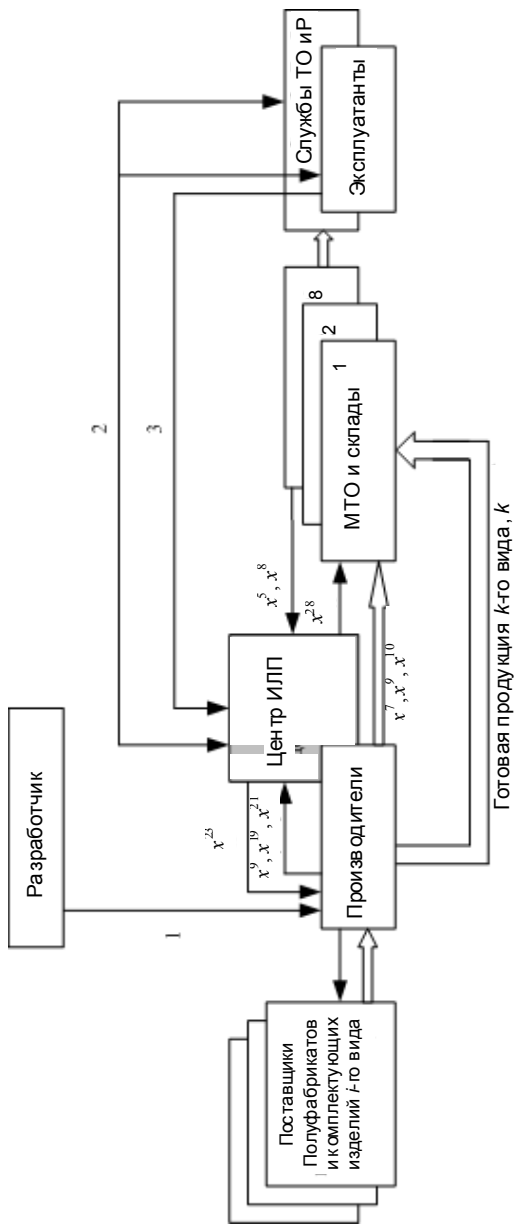


Рисунок 5.8 – Схема организационно-функциональной модели системы ИЛП продукции:  
 I – конструкторско-техническая документация; 2 – регламенты ТОиР ( $b_j, P_k$ ); 3 – время ввода в эксплуатацию

Основной принцип, заложенный в методологии IDEF0, состоит в пошаговой нисходящей декомпозиции процессов до уровня, определенного целями функционального моделирования. Каждый шаг декомпозиции соответствует некоторому уровню детализации процессов. Разработка функциональной модели – это создание функциональных спецификаций с помощью набора графических знаков, прокомментированных на естественном языке, и правил их применения в виде диаграмм, описывающих состав и взаимосвязи процессов на одном или нескольких уровнях абстрагирования.

Функциональная модель представляет собой иерархически организованную сложную функциональную спецификацию, называемую декомпозицией процесса верхнего уровня. Процессы, описываемые с помощью таких спецификаций, изображают прямоугольниками, а связи между ними – стрелками. Каждый процесс, входящий в декомпозицию процесса верхнего уровня, может, в свою очередь, иметь собственную декомпозицию (быть декомпозируемым) или не иметь таковой (быть терминальным). Терминальные процессы считают не подлежащими дальнейшей декомпозиции в рамках рассматриваемой предметной области.

В методологии IDEF0 возможность адекватного восприятия семантики (смысла) построенной разными специалистами функциональной спецификации обеспечивается за счет неформальных вербальных описаний (комментариев). Эти комментарии задаются разработчиками на основе их понимания функционально специфицируемой предметной области и никак не связаны с формальными конструкциями языка IDEF0.

*В IDEF0 можно выделить следующие составляющие:*

- концепцию метода;
- графический язык построения функциональных спецификаций, состоящий из блоков, стрелок, их взаимоотношений с блоками, диаграмм, обозначений, характеризующих материальные предметы или информацию.

Из приведенного анализа следует, что методология IDEF0 очень широко распространена и является в настоящее время основным подходом к описанию бизнес-процессов. Ее преимуществом считается сравнительная простота методики построения и наличие программного инструментария для автоматизированного построения моделей.

Недостатком является отсутствие в IDEF0-модели информации по подразделениям, реализующим моделируемые функции, что мо-



жет привести к противоречиям модели, связанным с дублированием функций. Также важно, что отсутствие в модели информации об организационно-производственной структуре предприятия снижает ее эффективность.

Еще одно важное преимущество методологии IDEF0 – ее распространенность и наличие программного обеспечения для построения моделей в соответствующей нотации.

Построим функциональную модель системы ИЛП.

В контекстной диаграмме Управление ИЛП на уюемой продукции входными являются данные и статистика по эксплуатации, регламенты ТООР, поступающие от разработчиков, заказы эксплуатантов, данные о запасах в МТО, транспортных организациях, поставщиках; выходными – техническая документация, заказы на производство, рекламации, планы закупок, информация о поставках, отгрузках.

Управление осуществляется на основании стандартов, нормативов и алгоритмов управления через персонал отделов ИЛП и эксплуатантов. Контекстная диаграмма приведена на рисунке 5.9.

**Контекстная диаграмма** в соответствии с целью моделирования декомпозируется на следующие функции:

- прогнозирование интенсивности эксплуатации и выработки ресурса (А1);

- управление складами (А2);

- управление поставками (А3);

- управление ТООР (А4).

Декомпозиция показана на рисунке 5.10: 1 – данные и статистика эксплуатации; 2 – алгоритмы управления; 3 – стандарты, нормативы; 4 – регламенты ТООР; 5 – потребность в запасных частях; 6 – заказы эксплуатантов; 7 – данные о дефиците; 8 – данные об отгрузках со склада; 9 – темп пополнения запасов; 10 – уровни запасов в МТО; 11 – данные транспортных организаций; 12 – оформленный заказ; 13– планы закупок; 14 – информация о поставках; 15 – информация о поставщиках; 16 – данные о запасных частях и комплектующих; 17– данные об отгрузках; 18 – рекламации; 19 – информация об отказах и авариях; 20 – отделы ИЛП; 21 – эксплуатанты.

Прогнозирование интенсивности эксплуатации и выработки ресурса проводится на основании входящей информации: данных и статистики эксплуатации, регламентов ТООР, информации об отказах и авариях, поступающих из блока управления ТООР. В процессе выполнения расчетов, описанных в разд. 3, в данном блоке получаем потребность в запасных частях, необходимых потребителям. Эту

функцию выполняет один из отделов центра ИЛП.

Складами управляют на основе заказов эксплуатантов, рассчитанной потребности в запасных частях, уровней запасов в системе МТО. В ходе управления складами в системе появляются данные о темпах, с которыми необходимо пополнять запасы, о дефиците в подсистеме эксплуатации запасных частей и комплектующих, поступающих в систему ТОиР, об отгрузках со склада и оформленных заказах в подсистему управления поставками. Складами управляет отдел управления МТО центра ИЛП на основании алгоритмов управления и расчета, стандартов и нормативов.

В подсистеме управления поставками сосредоточивается как внешняя информация о транспортных организациях и поставщиках, так и информация из подсистем прогнозирования и управления складами. Управление поставками осуществляется соответствующим отделом центра ИЛП также на основании алгоритмов управления и расчета, стандартов и нормативов.

Управление ТОиР ведется на основании данных о запасных частях, комплектующих и регламентах ТОиР. На выходе из данной подсистемы получают возникающие рекламации и информацию об откатах и авариях. ТОиР управляют соответствующий отдел центра ИЛП и эксплуатант.

Для дальнейшего рассмотрения наибольший интерес представляют подсистемы А2 (Управление складами) и А3 (Управление поставками).

Подсистема А2 представлена на рисунке 5.10 и декомпозирована на следующие блоки:

- обработка заказов (А21);
- анализ уровня запасов (А22);
- расчет темпов пополнения запасов (А23);
- логическая комплектация заказов (А24).

На рисунке 5.11: 1 – стандарты, нормативы; 2 – алгоритмы управления; 3 – заказы эксплуатантов; 4 – данные о необходимых запасных частях; 5 – уровни запасов в МТО; 6 – данные об отгрузках со склада; 7 – рассчитанная потребность в запасных частях; 8 – объемные и временные параметры запасов; 9 – данные о дефиците; 10 – темп пополнения запасов; 11 – рассчитанный темп пополнения запасов; 12 – оформленный заказ; 13 – данные о сформированном заказе; 14 – данные о запасных частях и комплектующих; 15 – отделы ИЛП.

В блок А21 поступают заказы эксплуатантов, в блок А22 на основании выполняемых операций – данные о необходимых запасных частях. Обработку заказов осуществляет отдел управления МТО.

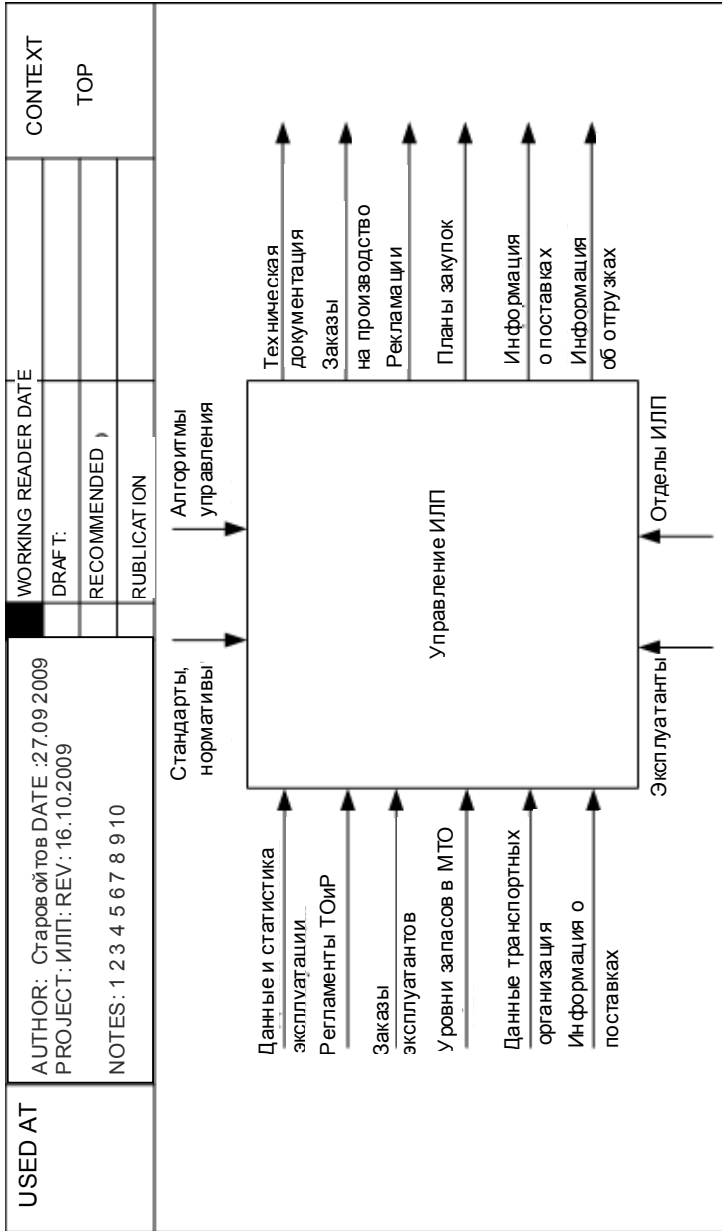


Рисунок 5.9 – Контекстная диаграмма управления ИЛП

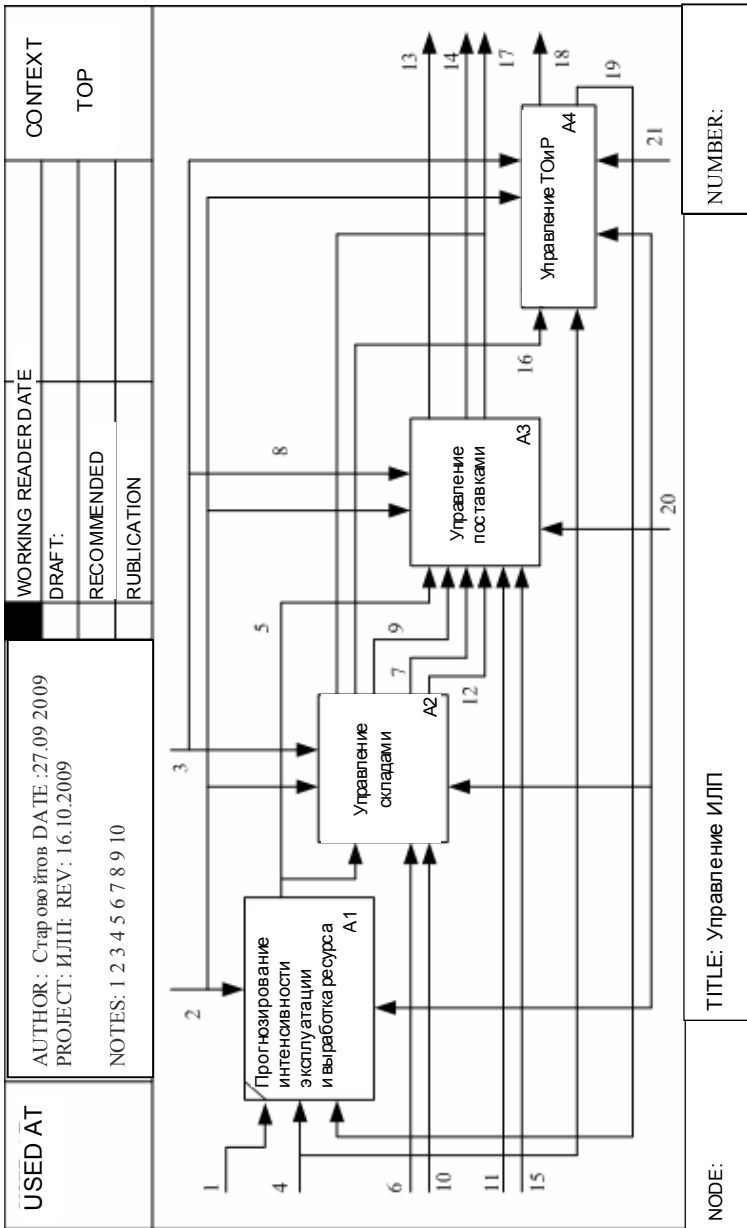


Рисунок 5.10 – Диаграмма функционирования системы ИЛП

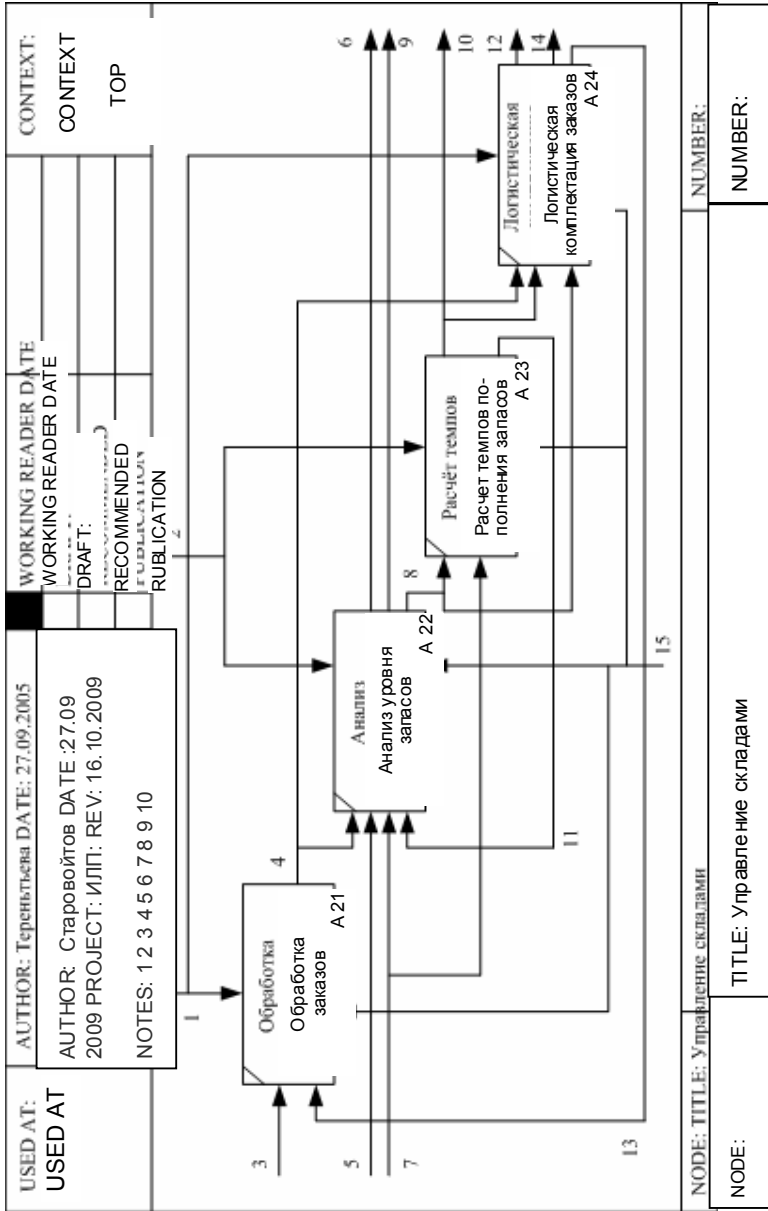


Рисунок 5.11 – Диаграмма управления складами

Анализ уровня запасов осуществляется на основании заявки, данных по уровням запасов в системе МТО, рассчитанных потребности и темпа пополнения запасов, поступающих из блока А23. Результат выполнения этой функции – данные об отгрузках со склада, дефиците, объемные и временные параметры запасов в системе МТО, поступающие в блоки А23 и А24.

Блок А23 функционирует на основе алгоритмов и в соответствии с уравнениями, рассчитанными в разд 3.

Логическая комплектация заключается в том, чтобы сформировать и оформить в отделе управления МТО заказ от эксплуатанта. Она выполняется на основании заявки в соответствии с темпами пополнения запасов, которые рассчитаны в блоке А23, и объемных и временных параметров запасов. Результат – поступление в систему ТОиР запасных частей и комплектующих и оформленный заказ в подсистему управления поставками.

Диаграмма управления поставками представлена на рисунке 5.12, где: 1 – стандарты, нормативы; 2 – алгоритмы управления; 3 – рассчитанная потребность в запасных частях; 4 – планы закупок; 5 – оформленный заказ; 6 – информация о поставках; 7 – информация о поставщиках; 8 – данные о поставках; 9 – темп пополнения запасов; 10 – данные о дефиците; 11 – информация о необходимости закупок; 12 – указание на оформление поставки; 13 – данные об отгрузках; 14 – данные транспортных организаций; 15 – рассчитанный темп отгрузки; 16 – отделы ИЛШ.

Управление поставками декомпозируется на следующие блоки:

- обработка заказа на поставку (А31);
- анализ возможности выполнения поставки (А32);
- планирование транспортировки и отгрузки (А33);
- оформление поставки (А34).

Обработка заказа на поставку происходит на основании рассчитанной потребности в запасных частях, оформленного заказа, информации о поставщиках и необходимых закупках, поступающей по обратной связи из блока А32. Далее анализируют возможность выполнения поставок на основании темпов пополнения запасов и данных о текущем дефиците.

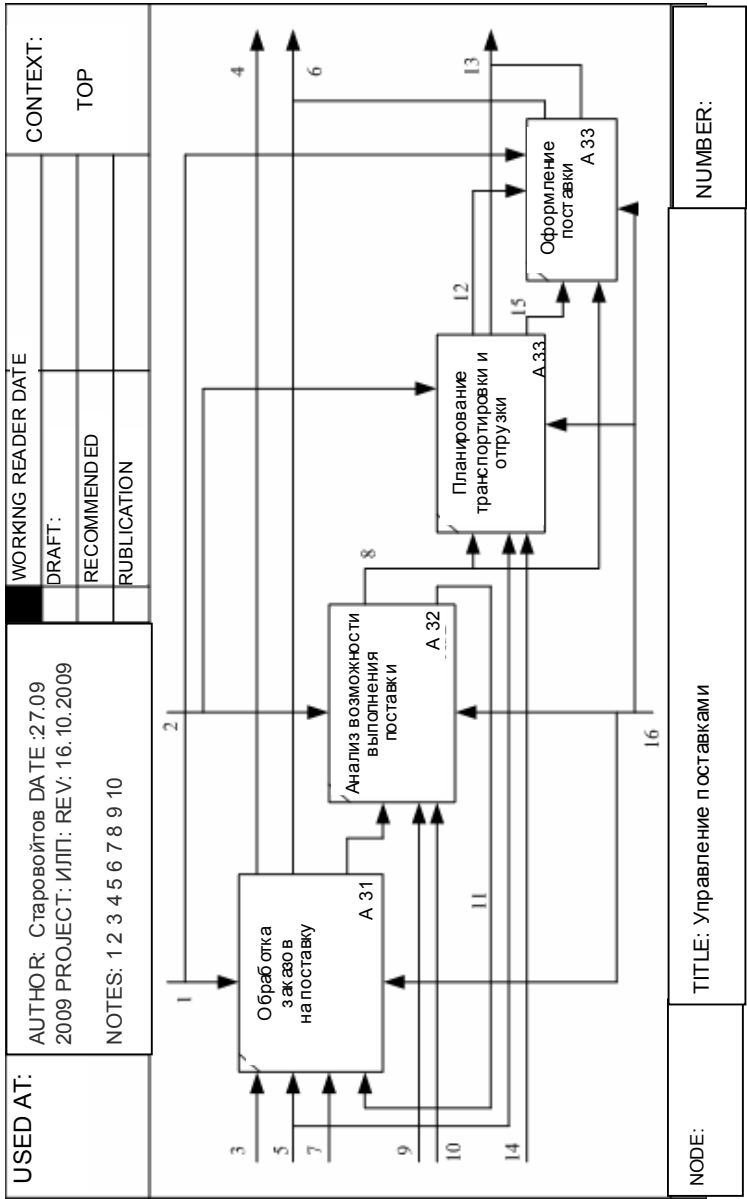


Рисунок 5.12 – Диаграмма управления поставками

Транспортировку и отгрузку планируют на основании оформленного заказа, данных о поставке и транспортных организациях. Результат выполнения данной функции – рассчитанный темп отгрузки, данные об отгрузках и указание на оформление поставки.

Конечным этапом управления поставками является процесс их оформления.

Исходя из новизны такого структурно-организационного образования, как система ИЛП ЖЦ продукции, необходимо рассматривать совокупность проблем организации, которые фокусируют на задаче разработки его организационной структуры. В современном менеджменте под организационной структурой понимается совокупность обособленных составляющих организации, наделенных некоторыми функциями, правами, обязанностями и полномочиями, определяющими состав связей между ними. Организационная структура должна создавать условия эффективного сочетания производственных и управленческих функций, формируя тесную связь и рациональное взаимодействие. Глобальная цель управления, состоящая в координации деятельности административно обособленных элементов организации, достигается в организационной структуре путем создания системы управления, распределения задач менеджмента и построения системной иерархии.

Логистическое управление реализуется центром ИЛП через функциональные подсистемы, между которыми разделены соответствующие функции, составляющие дирекцию логистической поддержки. При формировании организационной структуры дирекции логистической поддержки за основу берется организационно-функциональная модель, определенная выше.

Принципиальная структура центра ИЛП представлена на рисунке 5.13.

Дирекция логистической поддержки является самостоятельным структурным подразделением производителя наукоемкой продукции. Ее возглавляет директор по логистической поддержке, который подчиняется непосредственно заместителю генерального директора.

#### **Задачи дирекции логистической поддержки:**

- 1) обеспечение поддержки на постпроизводственных стадиях ЖЦ;
- 2) организация взаимодействия предприятий компании, а также предприятий кооперации в процессах поддержки эксплуатации, хранения, ремонта и утилизации.



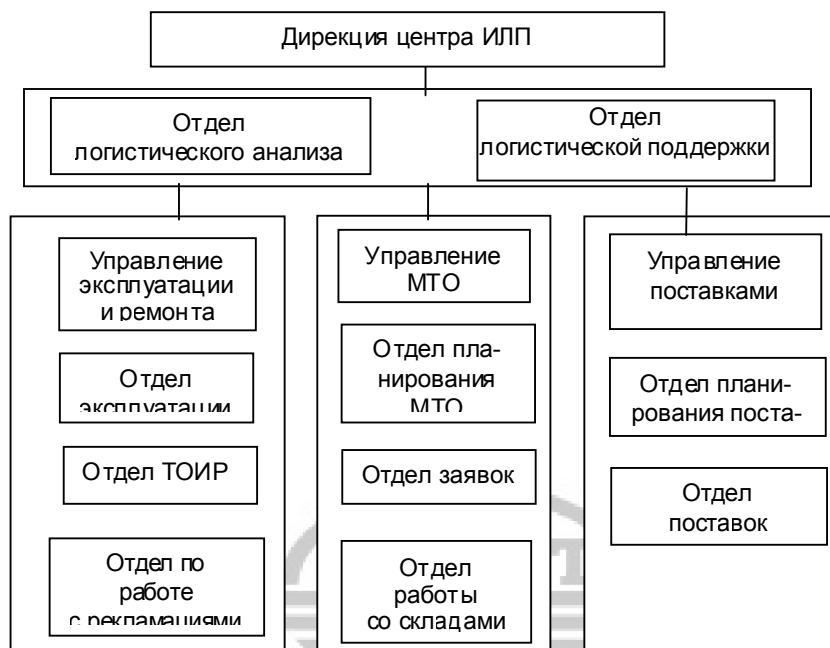


Рисунок 5.13. – Принципиальная схема структуры центра ИЛП

**Функции дирекции логистической поддержки.** При выполнении логистического управления информация поступает в центр логистики, где обрабатывается и, в зависимости от направленности задачи, требующей решения, направляется в соответствующие отделы. В рамках своей деятельности дирекция логистической поддержки выполняет следующие функции:

- 1) организацию и управление работами по созданию системы ИЛП, внедрению и сопровождению ИЛП заказчиков;
- 2) координацию и управление предприятиями холдинга по ИЛП;
- 3) организацию и обеспечение информационного взаимодействия центра логистики с субъектами системы ИЛП;
- 4) организацию работ по проведению анализа логистической поддержки и формированию БД, созданию интерактивных электронных технических руководств и электронных каталогов, взаимодействию предприятий по разработке нормативной документации системы ИЛП;
- 5) участие в маркетинговых мероприятиях по предоставлению сервисных услуг;
- 6) организацию работ и предоставление сервисных услуг заказ-

чиком по технической эксплуатации продукции;

7) организацию работ по ремонту и модернизации, созданию и обеспечению функционирования сервисных технических центров обслуживания, по МТО эксплуатации, ремонта и модернизации продукции у заказчиков;

8) проработку заявок заказчиков на оказание технического содействия в эксплуатации, ремонте и модернизации продукции;

9) подготовку коммерческих предложений;

10) подготовку и подписание контрактных и договорных документов на оказание технического содействия в эксплуатации, ремонте и модернизации;

11) выполнение контрактов и договоров на оказание услуг по логистической поддержке.

При осуществлении этих функций дирекция логистической поддержки взаимодействует со многими другими подразделениями компании, предприятиями, входящими в холдинг, поставщиками и внешними организациями.

Дирекции логистической поддержки подчиняются:

- Управление эксплуатации и ремонта;

- Управление МТО;

- Управление поставками.

Управление эксплуатации и ремонта состоит из отделов эксплуатации, ТОиР, рекламации.

Управление МТО имеет в своем подчинении отделы планирования, заявок, складского хозяйства. Управление МТО выполняет планирование заказов, сбор информации по расходу и пополнению запасов, расчет потребностей в запасных частях, прием и выполнение заявок, группировку и ранжирование заказов, передачу заявок на производство.

Управление поставками состоит из отделов поставок и планирования поставок. Планирование поставок запасных частей для обеспечения эксплуатации строится на основании расчета потребности, а управление – на основании динамической модели. Управление поставками осуществляется на стратегическом, организационном и оперативном уровнях. На стратегическом уровне решают задачи фундаментального характера: поиск и выбор поставщиков. На следующем уровне организуют закупки продукции, доставку, прием, контроль качества, комплектацию заказов, хранение и последующую транспортировку. Компетенцией оперативного уровня является выбор маршрута и вида транспорта.

## **6 УПРАВЛЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ ИЛП**

### **6.1 Концептуальная схема управления конкурентоспособностью продукции**

На основе рассмотренных выше определений и понятий построена концептуальная схема, отражающая основные взаимосвязи управленческих технологий, инструментальных средств и других понятий в рамках единой системы управления конкурентоспособностью (рисунок 6.1).

Из схемы видно, что управление конкурентоспособностью представляет собой сложный многосвязный (многоконтурный) процесс, реализуемый в интегрированной информационной среде на основе широкого использования принципов и технологии ИЛП. Объектом управления в такой системе являются, по существу, все процессы жизненного цикла (ЖЦ) изделия: создание изделия (маркетинг, предпроектные исследования, разработка и проектирование, изготовление), эксплуатация, послепродажное сопровождение. В качестве субъекта управления выступает высшее руководство (топ-менеджмент) предприятия – изготовителя изделия, создающее специальные организационно-технические структуры. Цель управления – обеспечение значения показателя КС конкурентоспособности, превосходящего по величине аналогичные показатели изделий – конкурентов в определенном сегменте рынка и на протяжении определенного периода времени.

С целью конкретизации дальнейшего рассмотрения проблемы повышения конкурентоспособности продукции в рамках этой «глобальной» системы управления можно выделить, по крайней мере, три основные «частные» **системы управления**:

- менеджмента качества (СМК);
- менеджмента ресурсов (СМР);
- интегрированной логистической поддержки (ИЛП).

Первые две системы полностью ориентированы на процессы создания изделия, а третья в основном ориентирована на процессы эксплуатации, технического обслуживания и ремонта (ТОиР), т. е. использование изделия по назначению, и частично – на процессы его создания.

В контексте рассматриваемой проблемы системы менеджмента качества СМК представляет собой систему управления, в которой объектом управления являются процессы создания продук-

ции (разработка, проектирование, технологическая подготовка производства, собственно производство). Целью управления в СМК является достижение максимума показателя качества  $Q$ . В качестве СМК-технологий используются, в основном, технологии *PDM* и соответствующие программно-технические системы, дополненные специализированными программными модулями.

В системе менеджмента ресурсов СМР, так же, как и в СМК, объектом управления являются процессы создания продукции. Цель управления – минимизация показателя затрат  $L$ . Средствами программно-технической реализации СМР (т. е. средствами управления данными) служат специализированные комплексы – системы ERP/MRP II, широко представленные на рынке программных средств. Нормативной базой СМР в некоторой степени (в части правил информационного обмена) могут служить международные стандарты серии ИСО 15531 (MANDATA)

Что касается системы ИЛП, то в ней основным объектом управления являются процессы эксплуатации и ТОиР, а также процессы создания изделия, связанные с обеспечением его надежности, ремонтпригодности и эксплуатационной технологичности. В качестве инструментальных средств используются *PDM*-системы, частично – некоторые подмножества систем *ERP/MRP II*, специализированные средства создания и ведения электронной эксплуатационной документации (ЭЭД), средства АЛП и др. Цель управления – снижение затрат на послепродажных стадиях жизненного цикла (ЖЦ) изделия, т. е., в конечном счете, – величины  $L$ .

Нормативную базу системы ИЛП образуют стандарты и спецификации *DEF STAN 00-60* (министерства обороны Великобритании), *AECMA 1000D*, *AECMA V 2000M* и др.

Кроме упомянутых выше основных инструментальных средств и технологий, в СМК, СМР и ИЛП в разной степени и для решения различных частных задач используются *технологии и программные средства*:

- управления проектами (Project Management, PM);
- управления потоками работ (Workflow);
- электронного документооборота (ЭДО) и др.

Таким образом, повышения конкурентоспособности продукции можно добиться за счет применения всего нормативного, методического, технологического и программно-технического арсенала ИЛИ, с помощью которого проблема может быть решена системно, в обозримые сроки и при разумных объемах расходуемых ресурсов.

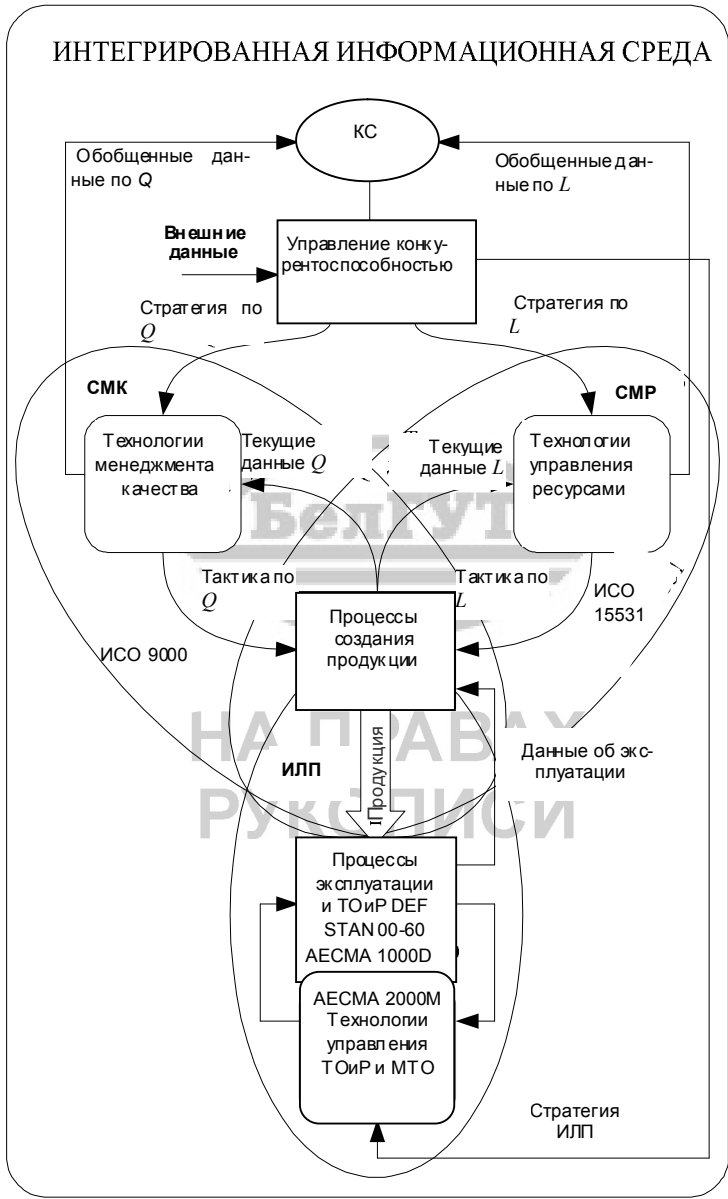


Рисунок 6.1 – Концептуальная схема управления конкурентоспособностью

## 6.2 Основные ИПИ-технологии и их взаимосвязи

На основании практического опыта последних лет из всего множества ИПИ-технологий можно выделить те, которые уже сегодня востребованы промышленностью. Актуальность применения этих технологий обусловлена, в первую очередь, необходимостью удовлетворения требований иностранных заказчиков в ходе выполнения экспортных контрактов.

Однако в последние годы применение этих технологий стало необходимым и на внутреннем рынке. Можно выделить следующие наиболее актуальные и востребованные **технологии**:

- управления конфигурацией (УК), применяемые в процессах создания (проектирования и изготовления) и (частично) эксплуатации изделия;
- анализа логистической поддержки (АЛП);
- подготовки ЭЭД;
- ИЛП в части сбора и обработки данных о фактическом ходе эксплуатации и ТОиР изделий, отражаемых в электронных формулярах, или, в более общей форме – в электронной эксплуатационной документации изделий;
- электронного документооборота (ЭДО) и ведения электронных архивов технической документации.

На рисунке 6.2 показана упрощённая схема информационного взаимодействия перечисленных технологий. Это взаимодействие реализуется через *PDM*-систему, в рамках которой организуются специализированные базы данных (БД), используемые различными технологиями. На схеме представлены основные процессы, выполняемые в рамках каждой из технологий.

В реальной производственной среде перечисленные технологии имеют многочисленные и подчас весьма сложные организационные, технические (аппаратные), кадровые и иные взаимосвязи, однако в контексте ИПИ-технологий в дальнейшем рассматриваются связи и взаимодействия информационного характера. На последующих схемах эти связи и взаимодействия раскрыты более подробно.

Управление конфигурацией (УК) – управленческая технология, связанная с разработкой, выпуском и поддержкой ЖЦ сложных изделий, производимых во многих вариантах, в том числе

по конкретным требованиям заказчика, при одновременном обеспечении высокого уровня унификации между выпускаемыми изделиями. За рубежом эта технология получила широкое распространение, о чем свидетельствуют многочисленные нормативные документы (*MIL-STD-2549*, *MIL-STD-481*, *ISO 10007:95*) и научно-технические публикации.

Для отечественной промышленности технология УК является сравнительно новой, и ее применение связано с рядом терминологических, методических и технологических проблем.

Следует отметить, что технология УК идеологически и методически тесно связана с комплексом технологий, реализуемых в рамках СМК, в задачу которой входит задание и поддержание требований к технологическим, организационно-деловым и иным процессам предприятия, направленным на обеспечение и постоянное совершенствование качества продукции. Задачи, решаемые СМК, реализуются в интегрированной информационной среде при помощи КМК-технологий.

Под конфигурацией понимается совокупность функциональных и эксплуатационных характеристик предполагаемого к разработке, разрабатываемого или существующего изделия, сгруппированная в соответствии с его структурой.

УК направлена на установление, поддержание и документирование соответствия функциональных (тактико-технических) и эксплуатационных (наджность, ремонтпригодность, готовность, поддерживаемость) характеристик изделия данным требованиям в течение его ЖЦ. В этом смысле УК является неотъемлемой частью СМК. Важным результатом УК является тот факт, что потребителю поставляется не только само изделие, но и документированные доказательства того, что изделие и все его компоненты соответствуют заданным требованиям. Это, с одной стороны, служит основой гарантии качества, а с другой – защищает поставщика от необоснованных претензий заказчика. Технология УК обеспечивает целостность и документирование всех данных об изделии, «прослеживаемость» (traceability) всех шагов, связанных с внесением изменений в структуру, состав и конструкции как конечного изделия, так и его компонентов. Это позволяет в любой момент воспроизвести процесс изготовления экземпляра изделия с гарантией получения требуемых характеристик.

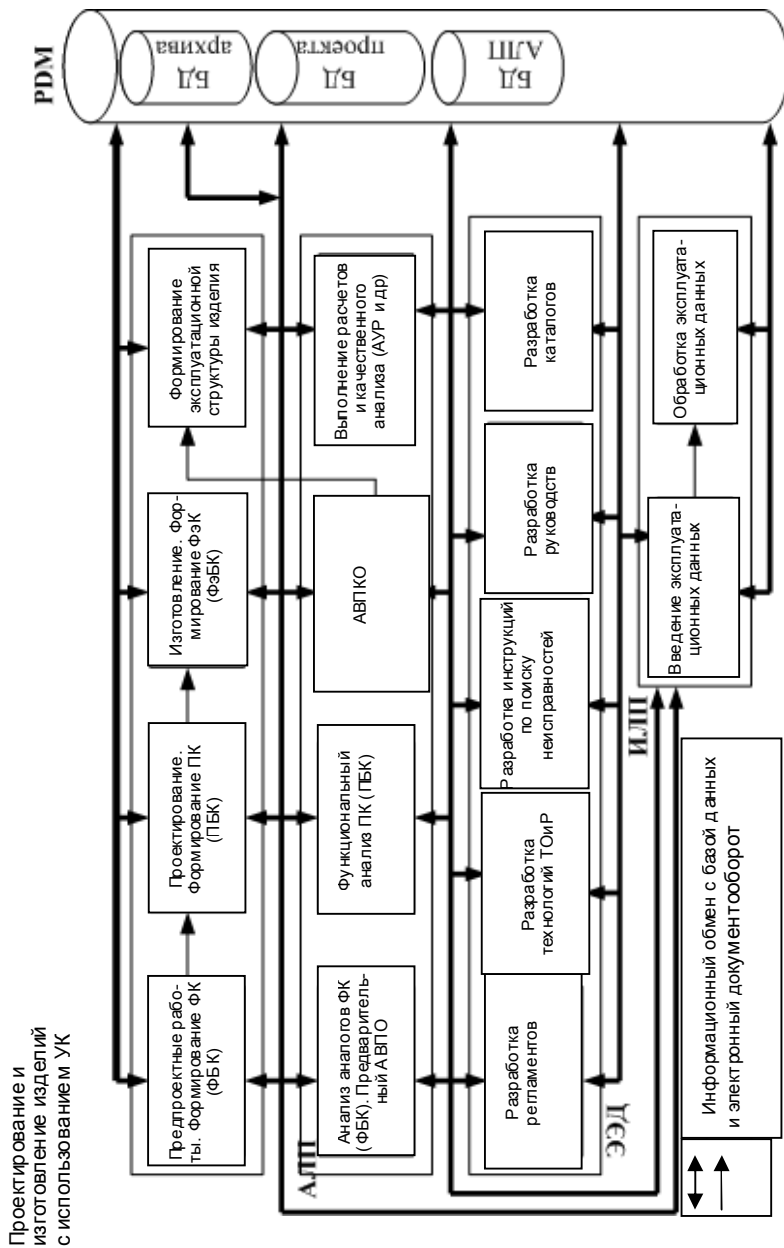


Рисунок 6.2 – Информационное взаимодействие основных ИПИ-технологий



Стартовой точкой для УК является установление, согласование между заказчиком и поставщиком и формализация контрактных требований, из которых следуют обязательства поставщика. Эта работа выполняется на ранних стадиях создания изделия (предпроектные работы и, частично, эскизное проектирование). Ее результатом является формирование функциональной конфигурации (ФК) и ее последующее утверждение в качестве функциональной базовой конфигурации (ФБК), которая служит эталоном для сравнения при определении соответствия характеристик изделия заданным требованиям.

На стадии собственно проектирования формируется (синтезируется) проектная конфигурация (ПК) изделия. При этом компонентам ФБК ставятся в соответствие конкретные технические решения, проектные (расчетные) характеристики которых должны соответствовать требованиям ФБК.

При синтезе конфигурации в целях обеспечения максимально возможной степени унификации должны использоваться ранее созданные технические решения (как по изделию в целом, так и по его отдельным компонентам), информация о которых вместе с электронной технической документацией хранится в соответствующих электронных архивах (БД архива на рисунке 6.2).

Эти технические решения используются без изменений либо дорабатываются, если их характеристики не полностью соответствуют требованиям. При необходимости отдельные компоненты разрабатываются заново. В результате получается полная ПК изделия вместе со всей необходимой документацией, в состав которой должны входить документы (результаты расчетов, математического моделирования, экспериментальных исследований и т. д.), подтверждающие выполнение требований ФБК. После согласования и утверждения ПК приобретает статус проектной базовой конфигурации (ПБК). Документация ПБК передается на производство, где по ней, после необходимой технологической подготовки, изготавливают изделие. В ходе изготовления (и по его завершении) проверяют соответствие фактических характеристик изделия и его компонентов, полученных в ходе контроля и испытаний, требованиям ФБК и проектным характеристикам ПБК. Структура изготовленного изделия или его физическая конфигурация (ФЗК) должна практически однозначно соответствовать ПБК, отличаясь лишь наличием дополнительных атрибутов (таких, как даты изготовления, заво-

дские номера и т. п.), а также присутствием в составе документации протоколов испытаний и контроля, подтверждающих выполнение требований к изделию и его компонентам. После согласования и утверждения ФЗК приобретает статус физической базовой конфигурации (ФЗБК) и служит эталоном для оценки последующих экземпляров изделия, а также для оценки сохраняемости характеристик на последующих (постпроизводственных) стадиях его ЖЦ.

Все изложенное отображено на рисунке 6.3, где видно, что все структуры с необходимой документацией формируются и сохраняются для последующего использования в БД проекта. На рисунках 6.2 и 6.3 показан также процесс формирования эксплуатационной структуры, о чем будет сказано ниже.

На рисунке 6.3 показаны информационные связи между процессами проектирования и изготовления изделия, осуществляемыми с применением технологии УК, и технологией АЛП.

АЛП представляет собой формализованную технологию всестороннего исследования как самого изделия (включая его основные компоненты), так и вариантов системы его эксплуатации и поддержки. АЛП направлен на обеспечение требуемых параметров надежности, готовности, ремонтопригодности и общей эффективности изделия при минимизации затрат на его ЖЦ.

Согласно требованиям зарубежных стандартов АЛП должен начинаться еще до начала проектирования, т. е. на стадии определения требований к изделию, и продолжаться подчас до завершения процесса его использования (утилизации). Последнее необходимо для оценки правильности результатов предыдущих этапов АЛП и накопления статистического материала, служащего основой анализа новых проектов. Процесс АЛП носит циклический, итеративный характер: на каждом последующем этапе уточняются и развиваются результаты предыдущего этапа.

В стандарте DEF STAN 00-60 содержится подробный перечень задач АЛП, однако отмечается, что выполнение всех задач не является обязательным требованием. Для каждого конкретного проекта необходим индивидуальный подход.

На разных стадиях ЖЦ изделия в процессе АЛП участвуют различные специалисты: конструкторы-разработчики, специалисты по надежности, эксплуатации и др.

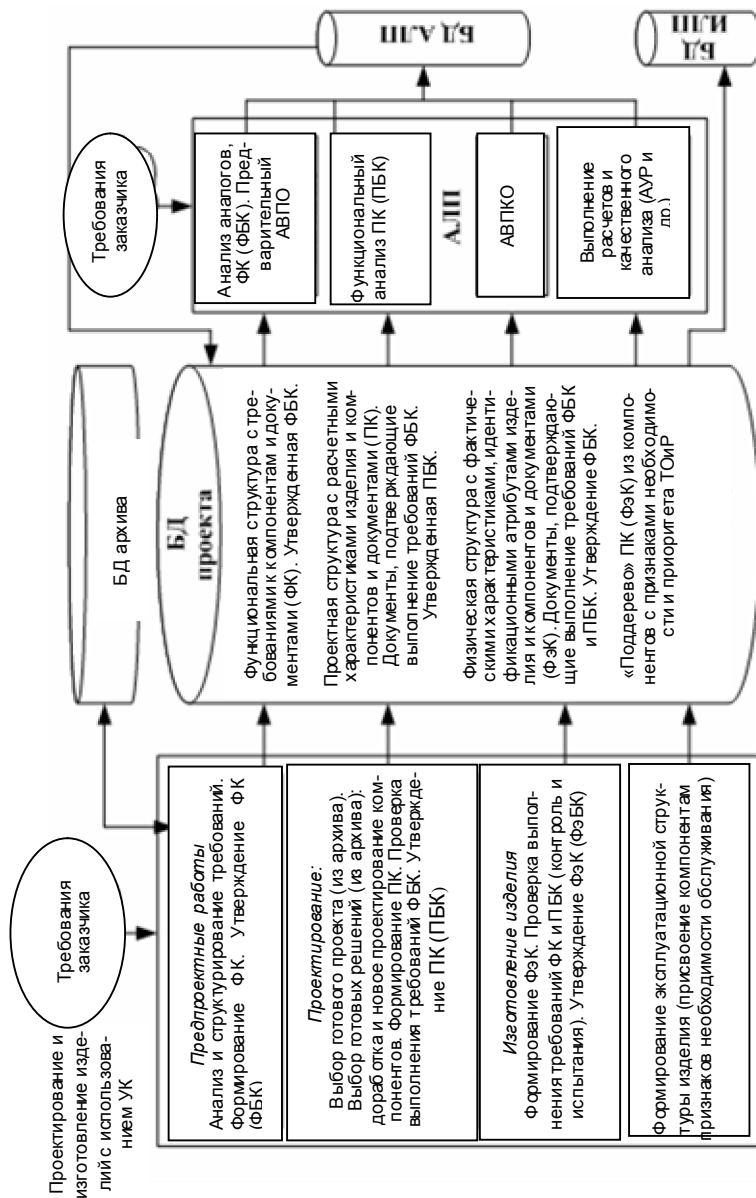


Рисунок 6.3 — Информационные связи между процессами проектирования и изготовления изделия с применением УК и процессами АЛП

Так как АЛП является многопрофильной дисциплиной, требует участия и взаимодействия большого количества различных подразделений и специалистов, выполняется с использованием средств автоматической обработки данных, необходимо всю используемую информацию представлять в едином стандартизованном виде. Результаты АЛП должны храниться в специализированной базе данных – БД АЛП. В отличие от требований DEF STAN 00-60, где предписывается строить БД АЛП на основе реляционной модели данных (т. е. в форме реляционных таблиц, общее число которых превышает 100), в соответствии с современными тенденциями для создания этой базы данных целесообразно использовать объектную модель (объектно-ориентированный подход). Согласно рисунку 6.3 АЛП должна создаваться в среде *PDM*-системы на основе структур изделия, формируемых в процессе его проектирования. Для проведения АЛП создаются специальные версии функциональной и проектной структур, ассоциированные с базовыми структурами (для обеспечения достоверности и целостности данных). В целях управления процессом АЛП элементам структуры присваиваются специальные коды – логистические контрольные номера (ЛКН).

Стартовой процедурой АЛП является **функциональный анализ**, который можно начинать на ранних стадиях разработки (в частности, в процессе формирования функциональной конфигурации изделия), а затем продолжать на последующих стадиях и этапах проектирования (с детализацией и уточнением). Результатом функционального анализа является комплект лаконичных и однозначно понимаемых описаний всех функций разрабатываемого изделия и его компонентов, оказывающих влияние на работоспособность.

Эти описания оформляются в виде стандартных объектов (например, для определенности – документов), ассоциируемых с изделием и его компонентами. Процедура выполняется разработчиками изделия.

Следующая важнейшая процедура, оказывающая решающее влияние на надежность изделия, – **анализ видов, последствий и критичности отказов (АВПКО)**. В ходе этой процедуры, выполняемой совместно конструкторами-разработчиками и специалистами службы надежности, для изделия и его компонентов определяют и описывают возможные отказы, их виды и основные параметры (доли видов отказов, вероятности их возникновения, интенсивности и дру-

гие характеристики, предусмотренные соответствующими методиками). Эти описания и параметры в форме информационных объектов (документов, характеристик) ассоциируются с элементами структуры в БД АЛП.

В целях обеспечения удобства и снижения трудоемкости АВПКО и последующих процедур АЛП в БД АЛП создаются специальные словари (перечни) видов отказов, их последствий, видов работ (задач обслуживания), специальностей и квалификации персонала, средств инфраструктуры и технических средств обслуживания (ТСО) и т. д. Эти перечни являются открытыми и могут пополняться по мере необходимости. Для эффективной организации ссылок всем объектам, входящим в перечни, присваиваются специальные коды.

*Итоговыми результатами АВПКО являются:*

- выделение в структуре изделия компонентов, нуждающихся в обслуживании, посредством присвоения им специального признака;
- ранжирование компонентов по уровням серьезности последствий их отказов и, соответственно, по приоритетам обслуживания (восстановительных работ);
- формирование в БД проекта эксплуатационной структуры изделия, включающей компоненты, подлежащие обслуживанию в процессе эксплуатации;
- перечень компонентов, которые подлежат замене и должны поставляться в качестве запасных частей [с параметрами, характеризующими их надежность и пригодность к замене (среднее время на замену)];
- рекомендации по совершенствованию конструкции компонентов, отказ которых может вызвать катастрофические или критические последствия на уровне конечного изделия, в форме предварительных извещений об изменениях, направляемых (через БД проекта) разработчикам;
- перечень модулей данных, описывающих компоненты эксплуатационной структуры, способы диагностики и устранения их отказов, технологии обслуживания и ремонтно-восстановительных работ (DMRL в терминологии АЕСМА 1000D).

Далее в ходе АЛП описываются технологии диагностики и устранения отказов (в форме процессов). Эта работа выполняется с привлечением специалистов службы эксплуатации (или иной аналогичной службы), а ее результаты также помещаются в БД АЛП.

АЛП предусматривает выполнение большого объема расчетно-аналитических работ. К числу необходимых расчетов, выполняемых с использованием результатов АВПКО и статистических данных, поступающих в БД АЛП из БД ИЛП, относятся расчеты-прогнозы:

- потребности: в запасных частях; кадрах и необходимости их подготовки (обучения, переобучения); в элементах инфраструктуры [производственные площади, энергопотребление и т. д, в технических средствах обслуживания (ТСО)];
- периодичности планово-профилактических работ;
- стоимости жизненного цикла;

Все расчеты-прогнозы выполняют на стадии проектирования изделия и затем уточняют по результатам реальной эксплуатации. Результаты расчетов в дальнейшем используют в процедурах планирования и управления ТОиР и МТО.

Одним из важнейших видов анализа, выполняемых в процессе АЛП, является **анализ уровней ремонта (АУР)**, в ходе которого определяют, какие компоненты изделия должны ремонтироваться на площадке базирования (силами экипажа), какие – силами ремонтного подразделения части, какие – в ремонтной части соединения, а какие – на ремонтном заводе или на заводе-изготовителе изделия. Для каждого варианта такого распределения вычисляют затраты на выполнение ремонтов, включая затраты на транспортировку компонентов с уровня на уровень (т. н. экономический АУР), и выбирают тот, для которого эти затраты – наименьшие. Здесь же определяют объемы хранения запчастей на каждом из уровней.

На основе данных, содержащихся в БД АЛП, могут быть подготовлены разнообразные отчеты, в том числе предусмотренные DEF STAN 00-60 либо другие по требованию заказчика изделия.

Далее, на основе данных, содержащихся в БД АЛП, разрабатывают **модули данных (МД)**, используемые при подготовке электронной эксплуатационной документации (ЭЭД). Соответствующие процедуры показаны в правой части рисунка 6.4 и включают разработку МД, описывающих:

- регламенты ТОиР;
- технологические карты работ по ТОиР;
- инструкции по поиску и устранению отказов (неисправностей, повреждений);

- руководства по эксплуатации и обслуживанию изделия и его компонентов;

- иллюстрированные каталоги запасных частей и принадлежностей.

Все МД хранятся в БД ЭЭД и используются по мере необходимости издания (публикации) соответствующих документов.

Упомянутые выше базы данных (БД проекта, БД АЛП, БД ЭЭД) связаны с процессами и процедурами ИЛП (см. рисунок 6.4). Различные элементы данных, хранящихся в перечисленных БД, используются при формировании и ведении электронного эксплуатационного дела, являющегося расширенным аналогом формуляра (паспорта) изделия. В БД, связанную с этим документом, заносятся данные о результатах фактической эксплуатации, т. е. сведения:

- об использовании изделия по назначению;

- о выработанном и остаточном ресурсе (включая сведения о возобновлении ресурса);

- об отказах, повреждениях, их причинах и последствиях;

- о выполненных на изделии работах (регламентных, ремонтно-восстановительных и т. п.);

- календарном времени выполнения и трудоемкости работ (с распределением по профессиям и квалификационным уровням);

- заменах и ремонтах узлов и агрегатов;

- консервациях и расконсервациях;

- движении изделия в эксплуатации

и многое другое.

Вся совокупность этих сведений представляет собой некий «динамический портрет» или «историю болезни» изделия и позволяет принимать обоснованные решения относительно продолжения эксплуатации, вывода изделия в ремонт или списания.

Кроме того, накапливаемые данные могут быть подвергнуты статистической обработке с усреднением как по времени, так и по ансамблю однотипных (одинаковых) изделий, находящихся в однородных условиях эксплуатации. Эти статистические данные являются ценным материалом для разработчиков и специалистов, проводящих АЛП, поскольку позволяют оценить правильность уже принятых технических решений и принимать меры по совершенствованию конструкции изделия и его компонентов, т. е. по повышению качества изделия.

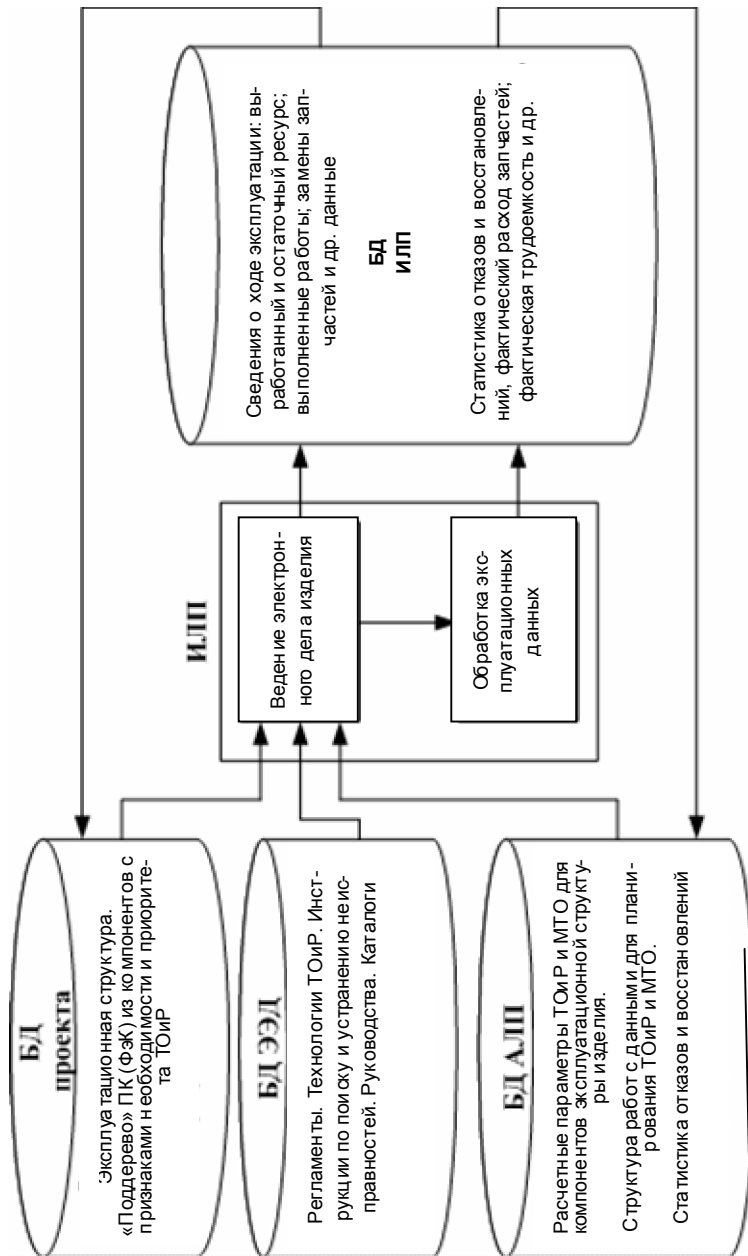


Рисунок 6.4 – Информационные связи между базами данных и процедурами ИИП



На рисунке 6.5 приведена диаграмма, показывающая связь процессов и процедур создания изделия, АЛП и подготовки ЭЭД во времени. Согласно этой диаграмме анализ аналогов и требований, содержащихся в ФК, проводится на стадии предпроектных работ и завершается до начала проектирования.

Его результаты уточняются на основании требований, зафиксированных в ФБК. Функциональный анализ, АВПКО и расчетно-аналитические работы начинаются в стартовой фазе проектирования, а затем, по мере близости проекта к завершению, их результаты уточняются. Результаты АВПКО уточняются также по итогам испытаний изготовленного изделия. При необходимости АВПКО может быть продолжен в процессе эксплуатации изделия (на диаграмме не показано). Также могут быть повторены (с целью дальнейшего уточнения) и расчетно-аналитические процедуры.

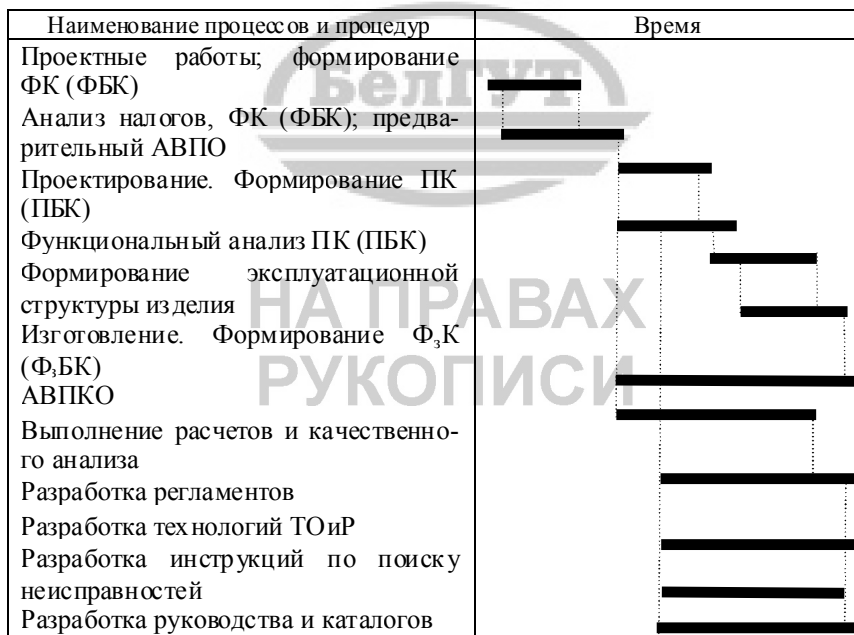


Рисунок 6.5 – Связь процессов и процедур создания изделия, АЛП и подготовки ЭЭД во времени

Работы по подготовке ЭЭД начинаются в ходе проектирования и должны быть завершены к моменту изготовления изделия. При этом используются результаты АВПКО и сведения, содержащиеся в эксплуатационной структуре изделия.

### 6.3 Математическая модель конкурентоспособности

В условиях рыночной экономики конкурентоспособность продукции – одно из основных условий эффективности деятельности предприятия (корпорации). **Общепринятая оценка конкурентоспособности** – соотношение «цена – качество», которое формально можно записать в виде

$$КС = F(Ц, K_q), \quad (6.1)$$

где КС – показатель конкурентоспособности;

Ц – цена;

$K_q$  – измеримый показатель качества.

Функция (6.1) должна убывать с ростом цены и возрастать с увеличением показателя качества. В контексте настоящей работы под «ценой» будем понимать **стоимость жизненного цикла (СЖЦ)** изделия, т. е. величину всех затрат, производимых в процессе ЖЦ изделия, приведенную к расчетному году (как правило, к году ввода изделия в эксплуатацию). Эта величина называется «ценой потребления».

Величину СЖЦ можно вычислить по формуле

$$СЖЦ = C_{и} + C_{соэ} + C_{экспл} + C_{уч} + C_{ТОиР} + C_{утил}, \quad (6.2)$$

где  $C_{и}$  – стоимость изделия, включающая его закупочную цену, затраты на транспортировку и развертывание на месте предполагаемого использования по назначению;

$C_{соэ}$  – затраты на средства обслуживания и эксплуатации, включающие стоимость элементов инфраструктуры – зданий, сооружений, коммуникаций, оборудования и т. д., приведенные к одному изделию;

$C_{экспл}$  – затраты на эксплуатацию (использование по назначению), включающие затраты на содержание персонала (экипажа), энергоносители, расходные материалы, эксплуатационную документацию и т. д.;

$C_{уч}$  – затраты на обучение персонала (обслуживающего и ремонтного), включающие стоимость специального обучающего оборудования и учебно-методической документации, приведенные к одному изделию;

$C_{ТОиР}$  – затраты на техническое обслуживание и ремонты (ТОиР) всех видов, включающие затраты, связанные с использованием трудовых ресурсов, запасных частей, расходных материалов, энергоносителей, ремонтной документации и т. д.;

$C_{\text{ути}}$  – затраты на утилизацию изделия, включающие затраты на транспортировку, трудовые ресурсы, энергоносители и пр., за вычетом остаточной стоимости деталей и материалов, остающихся для последующего полезного использования.

Каждая составляющая СЖЦ представляет сумму многих слагаемых, некоторые из которых к тому же функционально связаны между собой. Расчет СЖЦ представляет собой самостоятельную задачу, рассмотрение которой выходит за рамки данного материала.

Согласно ГОСТ Р ИСО 9001 – 2001 под качеством понимается, в первую очередь, максимальное удовлетворение требований потребителя, предъявляемых им к промышленной продукции. Для изделий машиностроения эти требования весьма многообразны и формально представимы в виде  $N$ -мерного вектора

$$R_z = (r_1, r_2, \dots, r_N), \quad (6.3)$$

компонентами которого могут быть как количественные, так и качественные характеристики. Последние, как правило, можно охарактеризовать посредством балльных оценок.

Фактические характеристики изделия, поставляемого потребителю, также представляются в виде  $N$ -мерного вектора

$$M = (m_1, m_2, \dots, m_N), \quad (6.4)$$

компоненты которого имеют тот же физический смысл, что и компоненты вектора  $R_z$ , и измеряются в тех же единицах.

Оценка удовлетворенности потребителя (т. е. качество изделия)

$$Q_{\text{уп}} = \sum_{i=1}^N a_i q_i, \quad (6.5)$$

где  $q_i = (m_i / r_i)^{k_i}$  – относительная удовлетворенность потребителя

$i$ -м свойством изделия;

$k_i = 1$ – для свойства, возрастание которого приводит к увеличению удовлетворенности потребителя;

$k_i = -1$ – для свойства, возрастание которого приводит к уменьшению удовлетворенности потребителя;

$a_i$  – весовой коэффициент, учитывающий значимость  $i$ -го свойства для потребителя.

Те параметры, для которых  $q_i > 1$ , не оцениваются потребителем

как преимущество, в связи с чем для них принимается значение, равное 1. Однако для тех параметров, для которых требования устанавливаются нормативно-технической документацией, специальными условиями, заказами, договорами, значение  $q_i$  может быть равно или больше единицы.

Кроме того, в тех же работах предлагается оценка соответствия изделия стандартам и иным нормативным документам:

$$Q_{\text{нп}} = \prod_{i=1}^S q_{\text{нi}}, \quad (6.6)$$

где  $S$  – число параметров, регламентируемых нормативными документами;  $q_{\text{нi}} = 1$ , если параметр соответствует нормативам, и  $q_{\text{нi}} = 0$  – в противном случае. Это означает, что  $Q_{\text{нп}} = 0$ , если хотя бы один параметр не соответствует нормативу. Тогда общая оценка качества, учитывающая удовлетворенность потребителя и соответствие изделия нормативам,

$$Q = Q_{\text{нп}} Q_{\text{уп}}. \quad (6.7)$$

В дальнейшем будем предполагать, что  $Q_{\text{нп}} = 1$ , поскольку противоположный случай – «вырожденный» и интереса для анализа не представляет.

В описанной трактовке в задачу предприятия – поставщика продукции входит такое управление процессами ЖЦ, которое обеспечивает максимизацию величины  $Q$ :

$$Q \rightarrow \max \quad (6.8)$$

при выполнении ряда ограничений, в частности, ограничений на ресурсы, доступные производителю изделия.

Учитывая выражения (6.2) и (6.8), обратимся к формуле (6.1). Для простоты последующих выкладок введем обозначения:  $\Pi = \text{СЖЦ} = L$ ;  $K_q = Q$

Заметим далее, что показатель конкурентоспособности – всегда величина относительная, исчисляемая либо относительно изделия, принятого за «базовое», либо относительно некоторых «среднерыночных» показателей (по терминологии, принятой в недавнем прошлом, – относительно «мирового уровня»). На этот факт также указывается в цитированных выше работах. В связи с этим аргументами функции (6.1) должны выступать отношения

$$l = \frac{L_0}{L}; \quad q = \frac{Q_0}{Q}, \quad (6.9)$$

где  $L_0, Q_0$  – показатели, принятые в качестве базы при определении конкурентоспособности.

Заметим, что  $l$  и  $q$  увеличиваются при уменьшении  $L$  и  $Q$  соответственно.

Обычно (6.1) записывают в виде

$$F(l, q) = l/q = KC. \quad (6.10)$$

Из (6.10) следует, что изделие будет конкурентоспособным по сравнению с «базовым» в том случае, если  $KC > 1$ . При  $KC = 1$  оба изделия равноценны.

Выражение (6.10) перепишем в виде

$$l = KC q. \quad (6.11)$$

С помощью этого простейшего уравнения можно построить диаграмму конкурентоспособности, представленную на рисунке 6.6. Область диаграммы, лежащую ниже прямой, соответствующей  $KC = 1$ , естественно назвать областью неконкурентоспособности. Область, ограниченную вертикалью  $q = 1$  и отрезком горизонтали  $l = 1 (q \in [0, 1])$ , назовем областью абсолютной конкурентоспособности, поскольку изделия, параметры которых попадают в эту область, превосходят конкурирующие изделия и по  $l$ , и по  $q$ . Область, лежащую между прямой, соответствующей  $KC = 1$ , и вертикалью  $q = 1$ , назовем областью компромиссной конкурентоспособности по  $q$ , поскольку для изделий, попадающих в эту область, конкурентоспособность может быть достигнута за счет снижения затрат на ЖЦ при одновременном снижении показателей качества.

Наконец, область, лежащую выше прямой  $KC = 1$  и ниже горизонтали  $l = 1$ , назовем областью компромиссной конкурентоспособности по  $l$ , поскольку для изделий, попадающих в эту область, конкурентоспособность может быть достигнута за счет повышения показателей качества при одновременном увеличении затрат на ЖЦ. Наклонные прямые на диаграмме – суть линии равной конкурентоспособности, которые назовем изоквантами конкурентоспособности.

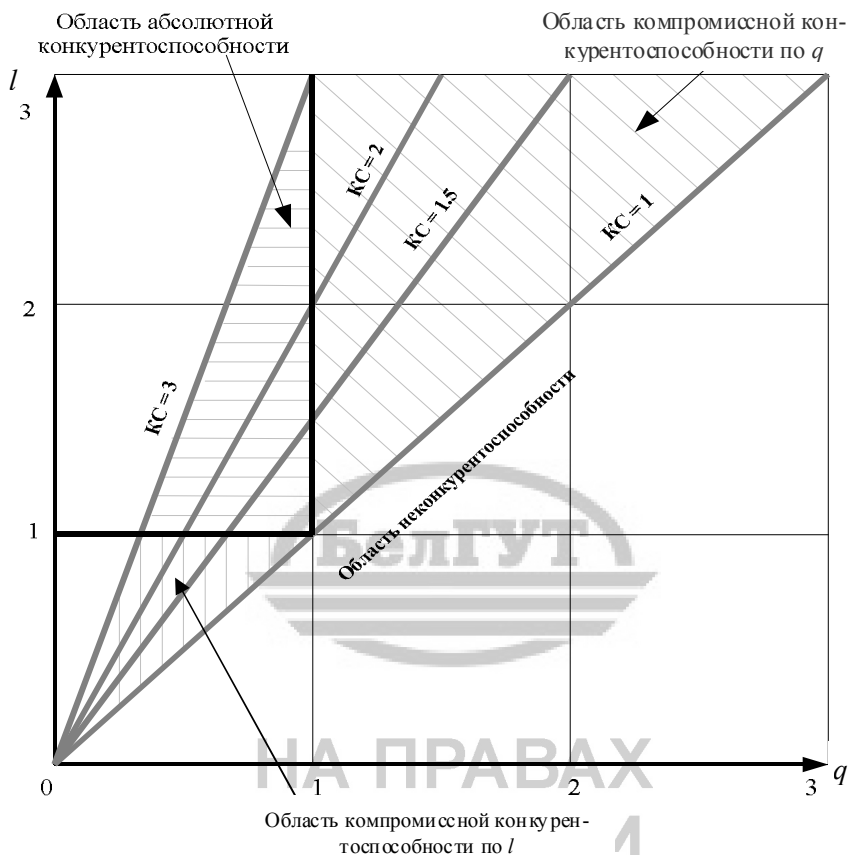


Рисунок 6.6 – Диаграмма конкурентоспособности

Выбор желаемого показателя КС и области на диаграмме диктуется степенью амбициозности производителя, его желанием обеспечить некоторый «запас конкурентоспособности», т. е. прогнозируемым периодом времени, в течение которого изделие должно сохранять конкурентоспособность (см. ниже), а также располагаемыми ресурсами.

Для удобства дальнейшего анализа условно разделим все множество (вектор) характеристик изделия на две группы:

- технические характеристики, которые называются «параметрами назначения»;
- эксплуатационные, определяющие эффективность полезного использования изделия.

**Номенклатура первой группы характеристик** существенно *связана с типом и назначением изделия*. Так, например, для пассажирского вагона к числу технических характеристик могут быть отнесены пассажироместимость, скорость, масса тары, наличие установки кондиционирования воздуха и др. Для металлорежущего станка – это точность, производительность, жесткость, металлоемкость, энерговооруженность, технологические возможности и т. д.

**Вторая группа характеристик по номенклатуре** практически инвариантна по отношению к конкретным изделиям, поскольку к их числу относятся:

- *показатели надежности* (интенсивность отказов или обратная величина – средняя наработка на отказ, вероятность безотказной работы на заданном интервале времени и т. п.);

- *показатели ремонтпригодности* [среднее время восстановления работоспособности (ремонта), эксплуатационная и ремонтная технологичность и т. п.);

- *коэффициент готовности*, являющийся обобщающим показателем по отношению к первым двум видам параметров, и т. д.

Следует отметить, что значения характеристик второй группы зависят как от конструктивных свойств и технологии изготовления изделия и его компонентов, так и от организации эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделия.

## 6.4 Прогнозирование конкурентоспособности

Исходя из описанной выше модели конкурентоспособности, можно предложить процедуру прогнозной оценки конкурентоспособности вновь создаваемого изделия. Она состоит в обоснованном назначении требований к будущему изделию. По-видимому, для сложных наукоемких изделий величины компонентов вектора требуемых параметров  $Rz$ , относящихся к обеим описанным выше группам, следует назначать исходя из состояния мирового рынка аналогичных изделий и соображений стратегического развития конкретной отрасли машиностроения. Пусть, например,

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_N) - \quad (6.12)$$

вектор параметров изделия «мирового уровня», принимаемого за «базу» при назначении требований;

$$R_z = (r_1, r_2, \dots, r_N) - \quad (6.13)$$

вектор требований, которые должны быть предъявлены к будущему изделию.

Тогда ожидаемый (прогнозируемый) показатель качества будущего изделия

$$Q_{ft} = \sum_{i=1}^N a_i v_i, \quad (6.14)$$

где  $v_i = (w_i / r_i)^{k_i}$ ,  $k_i = 1$  – для свойства, возрастание которого приводит к увеличению качества;

$k_i = -1$  – для свойства, возрастание которого приводит к уменьшению качества по сравнению с «мировым уровнем»;

$a_i$  – как и выше, весовой коэффициент, учитывающий значимость рассматриваемого свойства для потребителя, в качестве которого в данном случае выступает государство или его вооруженные силы.

Очевидно, что «образец мирового уровня», принимаемый в качестве базы для сравнения при определении конкурентоспособности, будет иметь показатель качества

$$Q_0 = \sum_{i=1}^N a_i \frac{w_i}{w_i} = \sum_{i=1}^N a_i = A. \quad (6.15)$$

Тогда

$$q_{ft} = \frac{A}{Q_{ft}} \leq 1. \quad (6.16)$$

Что касается показателя  $l_{ft}$ , то он определяется по формуле (6.9), где в качестве  $L_0$  принимается значение, достигнутое на «мировом уровне», а в качестве  $L_{ft}$  – желаемое значение затрат на ЖЦ. В этом случае отношение (6.11) даст нам значение показателя  $КС_{ft}$  потенциальной прогнозируемой конкурентоспособности. Видимо, для изделий оборонного назначения и с учетом экспортных интересов отечественных производителей следует выбирать  $КС_{ft} > 1$  и позабо-



таться о том, чтобы точка с заданными таким образом параметрами  $(l_{fi}, q_{fi})$  находилась в области «абсолютной конкурентоспособности» (что, впрочем, может оказаться чересчур жестким требованием) или, по крайней мере, в области компромиссной конкурентоспособности по  $l$ .

### 6.5 Динамика конкурентоспособности

До сих пор величины, входящие в приведенные выше формулы, полагались постоянными, однако на практике они не являются таковыми. В первую очередь, переменными являются  $L_0, L$ . Их переменность обусловлена как техническими, так и экономическими причинами, в первую очередь – инфляцией, под влиянием которой приведенные затраты возрастают.

Предположим, что влияние инфляции учитывается следующим образом:

$$L_0(t) = L_0(0)(1 + I_0)^t; \quad L(t) = L(0)(1 + I)^t; \quad (6.17)$$

где  $L_0(0)$  – затраты на ЖЦ «базового» изделия в «нулевой» год, т. е. в год выполнения расчёта;

$I_0$  – коэффициент (норма) годовой инфляции для базового изделия (предполагается, что базовое изделие — иностранного производства);

$L(0)$  – те же величины для изделия, применительно к которому рассчитывается КС.

Тогда

$$l(t) = \frac{L_0(0)(1 + I_0)^t}{L(0)(1 + I)^t} = l(0)\gamma^t. \quad (6.18)$$

Если предположить, что  $q = q(0) = \text{const}$ ,  $l = l(t)$ , то, подставляя (6.18) в (6.11), получим

$$\text{КС}(t) = \frac{l(0)\gamma^t}{q(0)} = \text{КС}(0)\gamma^t, \quad (6.19)$$

где  $\gamma = (1 + I_0)/(1 + I)$ .

Если в «нулевой» год величина  $\text{КС}(0) > 1$ , то из (6.19) можно

найти длительность периода времени, в течение которого изделие будет оставаться конкурентоспособным по отношению к базовому. Очевидно, что **граничное условие конкурентоспособности**  $KC(t) = 1$ .

Тогда, подставляя в левую часть равенства (6.19) значение  $KC(t) = 1$  и логарифмируя, получим

$$\ln KC(0) + t \ln \gamma = 0; t = - \frac{\ln KC(0)}{\ln \gamma}. \quad (6.20)$$

**Пример 1.** Пусть  $KC(0) = 2$ , инфляция в «базовой» стране составляет 2% в год, а в Беларуси – 10% в год. Тогда

$$\gamma = \frac{1+0,02}{1+0,1} = 0,927; \ln \gamma = -0,076; \ln KC(0) = 0,693; t = \frac{0,693}{0,076} = 9,12 \text{ года.}$$

Заметим далее, что показатель конкурентоспособности может снижаться по мере совершенствования (повышения показателей качества) базового изделия. Если предположить, что изменение показателя качества  $q$  происходит аналогично изменению  $l$ , то формулу (6.19) можно представить в виде

$$KC(t) = \frac{l(0)\gamma^t}{q(0)\delta^t} = KC(0) \left( \frac{\gamma}{\delta} \right)^t, \quad (6.21)$$

где  $\delta > 1$  – коэффициент, определяющий относительное повышение качества базового изделия.

Полагая, как и выше, в (6.21)  $KC(t) = 1$  и логарифмируя, можно получить выражение для оценки длительности периода сохранения конкурентоспособности, учитывающее изменение обоих факторов:

$$t = - \frac{\ln KC(0)}{\ln \gamma - \ln \delta}. \quad (6.22)$$

**Пример 2.** Пусть выполнены условия примера 1. Величину  $\delta$  определим, предпологая, что уровень качества наукоемкой продукции удваивается каждые 8–10 лет.

Тогда  $\delta = \sqrt[8]{2} = 1,09$  или  $\delta = \sqrt[10]{2} = 1,072$ .

Величина  $t = - \frac{0,693}{-0,076 - 0,086} = 4,28$  или  $t = - \frac{0,693}{-0,076 - 0,0695} = 4,76$  года.

Таким образом, в условиях действующей инфляции и с учетом темпов научно-технического прогресса изделие, имеющее в момент

начала проектирования достаточно высокую оценку  $KC(0) = 2$ , перестанет быть конкурентоспособным на мировом рынке всего через 4–5 лет. Отсюда следует, что время вывода такого изделия на рынок должно быть не более 2–2,5 года с момента начала проектирования. Если в такой срок уложиться невозможно, то в разрабатываемый проект надо закладывать существенно большие значения  $KC(0)$ . Так, при  $KC(0) = 3$  получим

$$t = -\frac{1,099}{-0,076 - 0,086} = 6,78 \text{ или } t = -\frac{1,099}{-0,076 - 0,0695} = 7,55 \text{ года.}$$

На рисунке 6.7 зависимость  $t$  от  $KC(0)$  показана графически. При необходимости по этому графику можно определить величину  $KC(0)$ , соответствующую заданному значению  $t$ . Так, при  $t = 10$  лет  $KC(0) \approx 4,6$  (штриховые стрелки).

Аналитическое выражение для  $KC(0)$  может быть легко получено из (6.22):

$$KC(0) = \exp[t(\ln\delta - \ln\gamma)]. \quad (6.23)$$

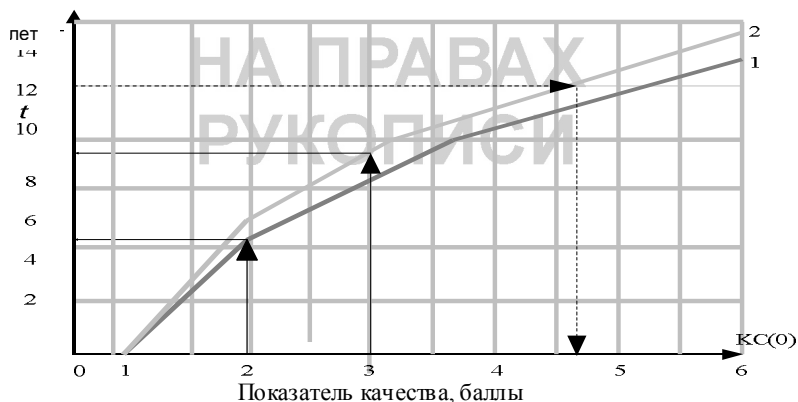


Рисунок 6.7 – График функции (6.23):  
 1 – при удвоении показателя качества продукции каждые 8 лет;  
 2 – при удвоении показателя качества каждые 10 лет

## 6.6 Пример расчёта конкурентоспособности

Для иллюстрации изложенного метода оценки конкурентоспособности рассмотрим конкретный числовой пример.

Пусть требуется оценить конкурентоспособность трех моделей автомобилей, относящихся к одному (среднему) классу. Дадим этим автомобилям условные обозначения: ЛА-1, ЛА-2, ЛА-3.

Для оценки показателей конкурентоспособности использованы технические характеристики этих автомобилей, опубликованные на Интернет-сайтах дилеров, а также средние цены на эти машины в автосалонах Российской Федерации.

Кроме того, сделаны следующие предположения:

- срок службы автомобиля – 10 лет;
- средний годовой пробег – 20000 км;
- средний пробег между техническими обслуживаниями (ТО) – 20000 км.

Методом экспертных оценок определены следующие показатели:

- средняя наработка на отказ (в км пробега);
- средняя трудоемкость ремонта и ТО;
- стоимость нормо-часа при ремонте и ТО.

Стоимость запасных частей и материалов при ремонтах и ТО определена как 0,5 % от цены автомобиля.

Далее экспертным методом были определены пожелания потребителя, оформленные как список характеристик «идеального» автомобиля (модели), а также значения весовых коэффициентов. Все описанные выше данные сведены в таблицу 6.1.

На основании этих данных по формуле (6.2) определены относительные показатели качества. Результаты расчета представлены в таблице 6.2. Итоговая строка таблицы 6.2 содержит величины  $Q_0$  [сумма весовых коэффициентов по формуле (6.7), поскольку для «идеальной» модели все относительные показатели качества равны 1] и  $Q$  для всех рассматриваемых моделей [по формуле (6.5)].

Таблица 6.1 – Абсолютные показатели

| Требования                               | Весовой коэффициент | "Идеальная" модель | ЛА-1 | ЛА-2  | ЛА-3  |
|--|---------------------|--------------------|------|-------|-------|
| <b>Технические требования</b>            |                     |                    |      |       |       |
| Надежность (пробег до ремонта), км       | 10                  |                    | 3000 | 10000 | 10000 |
| Мощность, кВт.                           | 8                   | 90                 | 50   | 75    | 100   |
| Экономичность (л/100 км в сменном цикле) | 9                   | 6,5                | 8    | 6,8   | 9     |
| Динамика:                                |                     |                    |      |       |       |
| разгон до 100 км/ч, с                    | 7                   | 10                 | 12,5 | 10,5  | 11,8  |
| тормозной путь (от 90 км/ч до 0), м      | 7                   | 35                 | 38   | 35    | 36    |

Окончание таблицы 6.1

| Требования                                     | Весовой коэффициент | "Идеальная" модель | ЛА-1  | ЛА-2  | ЛА-3  |
|--|---------------------|--------------------|-------|-------|-------|
| Дизайн (в баллах , 0–1)                        | 7                   | 1                  | 0,6   | 0,8   | 0,8   |
| Комфортность (в баллах, 0–1)                   | 8                   | 1                  | 0,6   | 0,8   | 0,8   |
| Экологичность (Е2-0,5, Е3-0,8, Е4-1)           | 9                   | 1                  | 0,5   | 0,8   | 0,8   |
| Клиренс, мм                                    | 8                   | 180                | 150   | 170   | 170   |
| Эргономичность (в баллах, 0–1)                 | 7                   | 1                  | 0,6   | 0,8   | 0,9   |
| Опции:   |                     |                    |       |       |       |
| кондиционер                                    | 2                   | 1                  | 0     | 1     | 0     |
| гидроусилитель руля                            | 2                   | 1                  | 0     | 1     | 1     |
| электростеклоподъемники                        | 1                   | 1                  | 0,5   | 1     | 0,5   |
| центральный замок                              | 1                   | 1                  | 1     | 1     | 1     |
| электропривод зеркал                           | 1                   | 1                  | 1     | 1     | 0     |
| электроподогрев сидений                        | 1                   | 1                  | 0     | 0     | 0     |
| регулировка руля                               | 2                   | 1                  | 1     | 1     | 1     |
| регулировка сидений по высоте                  | 1                   | 1                  | 0     | 0     | 0     |
| иммобилайзер                                   | 1                   | 1                  | 1     | 1     | 1     |
| подушки безопасности (от 1 до 6)               | 2                   | 1                  | 0     | 0,2   | 0,4   |
| АБС  | 2                   | 1                  | 0     | 1     | 0     |
| бортовой компьютер                             | 1                   | 1                  | 0     | 0     | 0     |
| аудиосистема                                   | 2                   | 1                  | 0     | 1     | 0     |
| <b>Общий показатель качества</b>               | 99                  |                    |       |       |       |
| <b>Технико-экономические показатели</b>        |                     |                    |       |       |       |
| Средняя периодичность ТО, км                   |                     | 20000              | 20000 | 20000 | 20000 |
| Средняя продолжительность ТО, нормо-часов      |                     | 3                  | 3     | 3     | 3     |
| Средняя продолжительность ремонта, нормо-часов |                     | 2                  | 2,5   | 2,5   | 2,5   |
| Средняя стоимость нормо-часа, у. е.            |                     | 3,6                | 3,0   | 3,5   | 3,7   |
| Цена, у. е.                                    |                     | 15000              | 7500  | 11400 | 17200 |
| Срок службы, лет                               |                     | 10                 | 10    | 10    | 10    |
| Средний годовой пробег                         |                     | 20000              | 20000 | 20000 | 20000 |

Таблица 6.2 – Относительные показатели качества

| Требования                               | Весовой коэффициент | ЛА-1 | ЛА-2 | ЛА-3 |
|--|---------------------|------|------|------|
| <b>Технические требования</b>            |                     |      |      |      |
| Надежность (пробег до ремонта), км       | 10                  | 2    | 6,67 | 6,67 |
| Мощность, л. с.                          | 8                   | 4,5  | 6,8  | 8,67 |
| Экономичность (л/100 км в сменном цикле) | 9                   | 7,31 | 8,60 | 6,5  |

Окончание таблицы 6.2

| Требования                           | Весовой коэффициент | ЛА 1         | ЛА 2         | ЛА 3         |
|--------------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Динамика:</b>                     |                     |              |              |              |
| разгон до 100 км/ч, с                | 7                   | 5,6          | 6,67         | 5,93         |
| тормозной путь (от 90 км/ч до 0), м  | 7                   | 6,45         | 7,00         | 6,81         |
| Дизайн (в баллах, 0–1)               | 7                   | 4,2          | 5,6          | 5,6          |
| Комфортность (в баллах, 0–1)         | 8                   | 4,8          | 6,4          | 6,4          |
| Экологичность (Е2-0,5, Е3-0,8, Е4-1) | 9                   | 4,5          | 7,2          | 7,2          |
| Клиренс, мм                          | 8                   | 6,67         | 7,56         | 7,56         |
| Эргономичность (в баллах; 0–1)       | 7                   | 4,2          | 5,6          | 6,3          |
| <b>Опции:</b>                        |                     |              |              |              |
| кондиционер                          | 2                   | 0            | 2            | 0            |
| гидроусилитель руля                  | 2                   | 0            | 2            | 2            |
| электростеклоподъёмники              | 1                   | 0,5          | 1            | 0,5          |
| центральный замок                    | 1                   | 1            | 1            | 1            |
| электропривод зеркал                 | 1                   | 1            | 1            | 0            |
| электроподогрев сидений              | 1                   | 0            | 0            | 0            |
| регулировка руля                     | 2                   | 2            | 2            | 2            |
| <b>Требования к изделию:</b>         |                     |              |              |              |
| регулировка сидений по высоте        | 1                   | 0            | 0            | 0            |
| иммобилайзер                         | 1                   | 1            | 1            | 1            |
| подушки безопасности (от 1 до 6)     | 2                   | 0            | 0,4          | 0,8          |
| АБС                                  | 2                   | 0            | 2            | 0            |
| бортовой компьютер                   | 1                   | 0            | 0            | 0            |
| аудиосистема                         | 2                   | 0            | 2            | 0            |
| <b>Общий показатель качества</b>     | <b>99</b>           | <b>55,73</b> | <b>82,49</b> | <b>74,93</b> |

В таблице 6.3 приведены результаты расчёта затрат на 1 год эксплуатации автомобиля (с учётом доли его цены). Итоговая строка таблицы содержит величины  $L_0$  «для идеальной» модели и  $L$  для рассматриваемых моделей в белорусских рублях.

Таблица 6.3 – Результаты расчёта затрат

В условных единицах

| Затраты                                    | "Идеальная" модель | ЛА-1 | ЛА-2 | ЛА-3 |
|--|--------------------|------|------|------|
| Затраты, приведённые к 1 году эксплуатации |                    |      |      |      |
| Амортизация                                | 1500               | 750  | 1140 | 1720 |
| Техническое обслуживание                   | 135                | 97,5 | 132  | 166  |
| Ремонт                                     | 153                | 583  | 239  | 305  |
| Общие годовые затраты                      | 1788               | 2308 | 1511 | 2791 |

В таблице 6.4 приведены результаты расчета параметров  $l$  и  $q$  и показателя конкурентоспособности  $КС$  для рассматриваемых моделей. Из этой таблицы видно, что ожиданиям потребителя удовлетворяет лишь автомобиль ЛА-2. Автомобиль ЛА-1 имеет наилучший показатель по относительным расходам, зато наихудший – по качеству. Что касается автомобиля ЛА-3, то он, имея неплохие качественные показатели (разница с автомобилем ЛА-2 объясняется более скромной комплектацией), сильно проигрывает по расходным показателям.

Таблица 6.4 – Расчёт показателей

| Наименования показателя               | Модель автомобиля |      |      |
|---------------------------------------|-------------------|------|------|
|                                       | ЛА-1              | ЛА-2 | ЛА-3 |
| Относительный показатель качества $q$ | 1,78              | 1,20 | 1,32 |
| Относительная стоимость ЖЦ $l$        | 1,25              | 1,18 | 0,82 |
| Показатель конкурентоспособности $КС$ | 0,70              | 0,99 | 0,62 |

Анализ полученных результатов показывает, что они обусловлены не вполне реалистическими пожеланиями покупателей в отношении цены «идеального» автомобиля, которая, по-видимому, занижена. Поэтому представляет интерес попарное сравнение рассматриваемых моделей, которое можно выполнить, принимая одну из моделей за базовое изделие. Тогда показатели относительной конкурентоспособности можно вычислить, деля величины  $КС$ , помещенные в итоговой строке таблицы 6.4, на одну из этих величин. Результаты такой процедуры отражены в таблице 6.5, которая, по существу, является матрицей конкурентоспособности.

Эта матрица свидетельствует о том, что автомобиль ЛА-2 превосходит обоих конкурентов, а автомобиль ЛА-3 уступает обоим конкурентам из-за высокой цены. ЛА-1 уступает автомобилю ЛА-2, но превосходит ЛА-3 благодаря более чем двукратной разнице в цене.

Таблица 6.5 – Матрица конкурентоспособности

| Изделие | ЛА-1 | ЛА-2 | ЛА-3 |
|---------|------|------|------|
| ЛА-1    | 1,00 | 1,40 | 0,88 |
| ЛА-2    | 0,71 | 1,00 | 0,63 |
| ЛА-3    | 1,14 | 1,59 | 1,00 |

Таким образом, сегодня ИЛП – не абстрактный лозунг, а целостная концепция, объединяющая методы и технологии, направленные на повышение качества наукоемкой продукции, снижение затрат в ходе ее жизненного цикла и, в конечном счете, на повышение ее конкурентоспособности. Ожидаемый эффект может быть достигнут только в случае комплексного применения технологий ИЛП как в процессах проектирования и изготовления изделий, так и в процессах их эксплуатации, технического обслуживания и ремонта.

## **7 ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ИЛП**

### **7.1 Основные положения построения математической модели логистической системы ИЛП**

Эффективная модель должна воспроизводить или предсказывать характеристики поведения системы: устойчивость, колебания, тенденции роста или спада, общее взаимодействие характеризующих показателей. Нестабильность внешней среды определяет высокий динамизм внутренней среды предприятия-производителя и характеристик продукции. Таким образом, внутренняя среда предприятия является органической составляющей внешней среды, связанной с ней потоками ресурсов и информации. В процессе разработки системы показателей эта взаимосвязь внешней и внутренней сред должна быть отражена в отдельном блоке.

**Показатели внешней и внутренней сред предприятия**, оказывающие влияние на его производственно-хозяйственную деятельность, группируют в блоки показателей по четырем основным направлениям (таблица 7.1):

- 1) уровень качества изделия и его конкурентоспособность;
- 2) внутренняя среда функционирования предприятия;
- 3) внешняя среда функционирования предприятия;



4) функционирование предприятия в рыночной среде.

Показатели первого блока характеризуют эффективность использования изделия по назначению в плане снижения эксплуатационных затрат и обеспечения его высокой конкурентоспособности.

Показатели блока «*Внутренняя среда функционирования*» характеризуют производственно-сбытовую деятельность и финансово-экономическую систему предприятия. Группа показателей производственно-сбытовой деятельности включает показатели объемов производства и реализации продукции и показатели производственно-технологического потенциала. Блок «*Внутренняя среда функционирования предприятия*» включает подблоки временных (динамических) показателей, характеризующих длительности производственно-сбытовых процессов.

Блок «*Внешняя среда предприятия*» содержит два подблока показателей внешней среды:

1) прямого воздействия, характеризующие рынки поставщиков и потребителей, экологические факторы и элементы экономического и законодательного регулирования производственной деятельности предприятия;

2) косвенного воздействия, характеризующие политические, технологические, социологические, географические факторы, и агрегированные показатели экономики отрасли и государства.

Блок «*Функционирование предприятия в условиях изменения рыночной среды*» описывает взаимосвязь и взаимодействие двух рассмотренных блоков и содержит два подблока показателей:

1) изменения рыночной среды;

2) удовлетворения потребительского спроса.

Подблок «*Изменения рыночной среды*» состоит из следующих показателей: спроса по цене; предложения по цене; баланса выпускаемой продукции, т. е. соотношения спроса и предложения по каждому  $i$ -му виду продукции, как по предприятию, так и по отрасли; изменения запасов готовой продукции во всех звеньях производства; текучести (увольнений) персонала.

Показатели степени удовлетворения потребительского спроса базируются на основных, принятых в логистике: готовности, безотказности, качества, комплектности поставок. Они хорошо освещены рядом ученых и в данной работе не рассматриваются.

Таблица 7.1 – Информационные связи между базами данных и процедурами ИЛП

| Система ИЛП изделия  | Внутренняя среда функционирования предприятия |  | Функционирование предприятия в условиях изменения рыночной среды |                                  |  |                                     | Внешняя среда функционирования предприятия                           |  |                       |
|--|---|--|--|----------------------------------|--|-------------------------------------|--|--|-----------------------|
|  |   |  |  |                                  |  |                                     | Прямое воздействие   | Косвенное воздействие                                |                       |
| <p>Обеспечение высокой конкурентоспособности изделия.</p> <p>Оптимальность распределения затрат ресурсов между сферой производства продукции и системой послепродажного обслуживания</p> | Производственно-сбытовая деятельность         | Объемы производства                    | Показатели структуры спроса на продукцию                         | Показатели структуры предложения | Баланс выпускаемой продукции по спросу и предложению | Изменения запасов готовой продукции | Рынок поставщиков  | Показатели состояния отрасли и экономики государства |                       |
|  |   | Объемы реализации                      |  |                                  |  |                                     | Объемы потребителей  | Показатели предприятий-конкурентов                   | Политические факторы  |
|  |   | Производственный-технический потенциал |  |                                  |  |                                     | Экономические показатели эффективности производственной деятельности |  | Экологические факторы |
|  | Финансово-экономическая система               | Бюджетное и налоговое регулирование    |  |                                  |  |                                     |  | Демографические факторы                              |                       |
|  |   |  |  |                                  |  |                                     |  | Физико-географические факторы                        |                       |
|  |   | Финансово-кредитная система            |  |                                  |  |                                     | Степень обеспечения потребительского спроса                          |  |                       |

Основные показатели подсистемы производства (ПП) сгруппированы. Они приведены в п. «Показатели ПСС». В каждом блоке показателей выделен подблок временных (динамических) параметров, характеризующий длительности потоковых процессов производственно-хозяйственной деятельности.

Для устойчивого функционирования предприятия необходимо, чтобы его показатели не выходили за пределы рабочей области даже при наличии возмущающих воздействий. Выравнивание показателей кибернетической системы во время переходного процесса осуществляется с помощью регулятора, роль которого на предприятии выполняют руководители и управляющие структурных звеньев производственно-сбытовой системы (ПСС). Максимальное время регулирования соответствует максимально возможному изменению переменных системы в течение переходного процесса между сферами производства конкретного изделия и системой послепродажного обслуживания для обоснования затрат ресурсов. Для ПСС наиболее важны следующие показатели времени регулирования основных параметров, где  $r^n$  – время регулирования:

$r^1$  – соответствия материального потока готовой продукции информационному потоку сообщений о поставках в подсистему сбыта;

$r^2$  – объема невыполненных заказов потребителей на производстве (зависит от технологических возможностей производства: если заказы на  $m$  видов продукции выполняются последовательно, то  $r_i^2 = \max\{r_1^2, \dots, r_m^2\}$ ,  $i = 1, m$ );

$r^3$  – материалов и сырья на производстве;

$r^4$  – запасов готовой продукции на складах производства;

$r^5$  – запасов продукции в подсистеме сбыта (ПС) и в каналах материального потока из ПП в ПС;

$r^6$  – уровня дивидендов акционеров. Этот параметр является одной из главных характеристик инвестиционной привлекательности предприятия. Чем эффективнее и прибыльнее работает предприятие, тем меньше величина  $r^6$  и тем больше возможностей у акционеров вкладывать собственный капитал в развитие производства, не используя заемные средства (банковские кредиты). В то же время такое эффективное функционирование предприятия делает его более привлекательным в глазах внешнего инвестора.

Математические модели оптимизации работы различных функциональных зон предприятия широко освещены в литературных источниках по функциональным областям общей логистики [4, 5, 7, 9, 22 – 24, 41, 47, 58]: закупочной, производственной, сбытовой, транспортной, запасов, складирования, информационной, финансовой, сервисного обслуживания и др.

В данной работе рассмотрен принципиальный вопрос интегрированной логистической поддержки – оптимального распределения средств между сферой разработки и производства и сферой использования изделия по назначению.

## **7.2 Общее аналитическое решение задачи обоснования оптимального уровня качества изделия**

Повышение качества изделий машиностроения (вагонов) может быть достигнуто разработкой и внедрением более совершенных конструкций и технологических процессов их изготовления, использованием более прочных, износостойких и коррозионностойких материалов и др. Все эти мероприятия требуют дополнительных затрат.

**Суммарные затраты** на разработку, изготовление и эксплуатацию за период жизненного цикла изделия слагаются из затрат на его разработку, изготовление ( $Q_n$ ) и эксплуатацию ( $Q_3$ ):  $Q = Q_n + Q_3$ .

При установлении оптимального экономически обоснованного уровня качества изделия следует иметь в виду, что требования повышения безотказности и долговечности двояким образом связаны с затратами на его изготовление и эксплуатацию (рисунок 7.1): при более высоких требованиях к безотказности и долговечности изделия, например вагона, необходимы более высокие затраты на его разработку и изготовление, но зато снижаются затраты на его эксплуатацию.

Характеристики надежности любых изделий, в том числе и вагонов, являются функцией большого числа переменных случайных и неслучайных факторов. Одним из условий использования аппарата оптимальных решений для задачи определения значений показателей надежности является их математическое описание и получение целевой функции  $Y = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  значение которой максимизируется или минимизируется в зависимости от вида решаемой задачи путем

подбора значений переменных  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) и получения зависимостей для ограничений  $g_j(x_1, x_2, \dots, x_n) \left\{ \leq, \geq \right\} b_j, j = 1, 2, \dots, m$ , где  $b_j$  – количественное значение ограничения  $j$ -го вида.

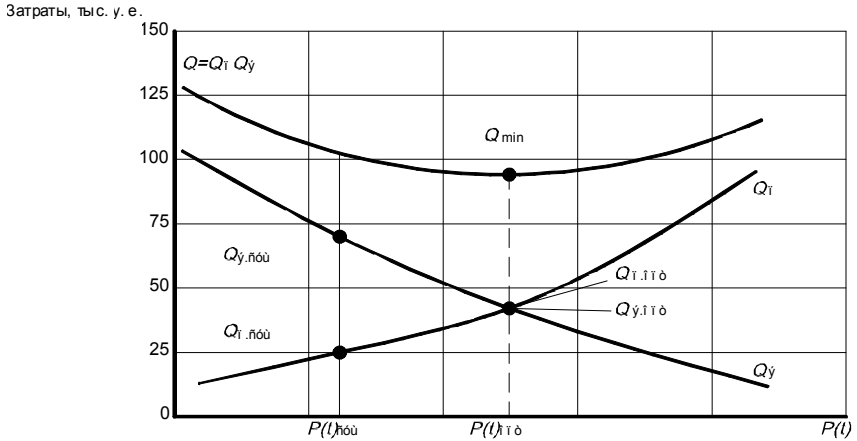


Рисунок 7.1 – Зависимость затрат на разработку, изготовление и эксплуатацию вагона от его надежности

Рассмотрим одну из возможных постановок задачи. Требуется распределить затраты на разработку машины, ее изготовление, техническое обслуживание и ремонт. Из рассматриваемых затрат изучению и распределению подлежит лишь та часть, которая обусловлена необходимостью обеспечить определенный уровень безотказности, ремонтпригодности и долговечности машины. Затратам соответствует определенный эффект, выражающийся, например, в изменении количественных показателей надежности или оцениваемый другим способом.

Рассматриваемая задача распределения неоднородных средств может быть представлена в следующем виде:

$$R = \sum_{j=1}^m \varphi_i \left[ \sum_{i=1}^n f(C_{j,i}) \right] \rightarrow \min (\max); \tag{7.1}$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n C_{i,j} \leq C(R); C_{j,i} \geq 0; P(t) > P_3 \text{ или } T \geq T_3.$$

Здесь  $R$  – целевая функция, характеризующая эффект от затрат

средств на обеспечение безотказности и долговечности на этапах проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта. В качестве целевой функции могут, например, быть использованы комплексные показатели надежности – коэффициент готовности, коэффициент технического использования;  $\varphi_i(x)$  – функция, характеризующая эффект затрат только на обеспечение безотказности или ремонтпригодности;  $j = 1, 2$ ;  $f(C_{j,i})$  – функция, характеризующая эффект затрат на этапе проектирования и изготовления машины и на этапе эксплуатации и ремонта;  $j = 1, 2$ ;  $C(R)$  – суммарные затраты на обеспечение требуемого уровня безотказности, ремонтпригодности и долговечности на всех этапах;  $P(t)$  и  $P_3$  – фактическое и заданное значения показателя безотказности.

В рассмотренном виде задача нормирования качества вагона представляет оптимизацию, когда суммарные затраты необходимо распределить так, чтобы при обеспечении единичных показателей качества (безотказности) вагона – комплексный показатель качества (надежности) получил экстремальное (максимальное или минимальное) значение. Ограничениями в рассматриваемой задаче могут быть не только показатели безотказности, но и другие показатели надежности, например, долговечность, ремонтпригодность и др.

При этом возникают трудности получения аналитических зависимостей, описывающих связь между значениями показателей (качества) надежности и затратами, а также трудности представления целевой функции  $R$  в виде суммы. Это обусловлено следующими обстоятельствами. Причиной трудностей, возникающих при получении зависимостей между значениями показателей качества (надежности) и затратами на его обеспечение являются сложность выделения затрат на непосредственное обеспечение требований, например надежности, в том числе требований безотказности и долговечности, из суммы затрат на изготовление, техническое обслуживание и ремонт машины. Часто это преодолевают, представляя зависимость между стоимостью изготовления и затратами на эксплуатацию в виде

$$Q_n(R) = Q_{оп} + k_n \left( \frac{R}{R_0} \right)^{\alpha_n} \quad \text{или} \quad Q_n(R) = Q_{оп} \left( \frac{R}{R_0} \right)^{\alpha_n},$$

где  $Q_n(R)$  – затраты на изготовление машины соответствующего качества (надежности);

$R$  – показатель качества (надежности), которому соответствуют затраты  $Q_n(R)$ ;

$Q_{оп}$  – затраты на изготовление машины-аналога с надежностью  $R_0$ .

Аналогичные зависимости могут быть использованы и для определения затрат на техническое обслуживание и ремонт, т. е.

$$Q_3(R) = Q_{ос} + k_3 \left( \frac{R}{R_0} \right)^{\beta_3} \quad \text{или} \quad Q_3(R) = Q_{ос} \left( \frac{R}{R_0} \right)^{\beta_3},$$

где  $k$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  – коэффициенты связи.

Для сложных и высоконадежных технических систем значения коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$  обычно колеблются от 0,5 до 1,5. В зависимости от вида показателя качества (надежности) они могут принимать положительные и отрицательные значения.

Суммарные затраты на обеспечение требуемого уровня надежности могут быть представлены в виде суммы затрат на обеспечение безотказности и долговечности:

$$Q(R) = Q(\lambda) + Q(\mu) - Q(\lambda, \mu), \quad (7.2)$$

где  $Q(\lambda)$  – затраты на обеспечение требуемого уровня безотказности и попутное обеспечение долговечности;

$Q(\mu)$  – затраты на обеспечение долговечности и попутное обеспечение безотказности;

$Q(\lambda, \mu)$  – часть суммарных затрат на одновременное обеспечение безотказности и долговечности.

Недостатком зависимости (7.2) является трудность выделения составляющих суммарных затрат  $Q(\lambda)$ ,  $Q(\mu)$ ,  $Q(\lambda, \mu)$ .

В результате решения уравнения (7.1) будет получено требуемое (оптимальное) значение показателя качества (надежности). Получе-

ние аналитических зависимостей, связывающих увеличение затрат на проектирование и изготовление вагонов с улучшением показателей надежности, затруднено. Такие зависимости могут быть получены только после разработки конкретных предложений по улучшению конструкции отдельных узлов вагона и изучения их влияния на перечисленные затраты. Более точно суммарные затраты на проектирование и изготовление вагонов с улучшенными показателями надежности могут быть найдены как сумма затрат на внедрение конкретных конструктивных решений для совершенствования вагона.

Вагон состоит из множества узлов и деталей. Если он не отвечает перспективному уровню надежности, то это еще не значит, что все элементы его конструкции плохие. Большинство узлов и деталей обычно отвечают предъявляемым требованиям. Вагон следует рассматривать как систему взаимосвязанных элементов. Подход к вагону, как к управляемой системе, позволяет решать многие задачи. Недостаточная надежность вагона обуславливается отказами его отдельных узлов и деталей. Поэтому решать проблему повышения надежности вагона следует улучшением не всех, а только части узлов и деталей. Для этого необходимо определить, какие узлы следует улучшить в первую очередь, чтобы при малых затратах получить максимальный эффект.

Затраты времени и средств на техническое обслуживание и ремонт одних элементов конструкции вагона невелики, а других составляют значительную сумму. В ряде случаев дополнительные затраты на повышение надежности какого-либо узла могут оказаться больше, чем полученный экономический эффект.

Иногда экономически выгоднее в первую очередь повысить надежность узлов и деталей, которые в сравнении с другими имеют меньшее количество отказов. Решить эту задачу позволяет анализ отказов и эксплуатационных затрат на их устранение по всем узлам вагона.

Пути повышения надежности вагона многообразны и включают в себя обеспечение оптимальных эксплуатационных свойств, на основе которых формируются конструктивные, а затем и технологические требования к малонадежным деталям (рисунок 7.2). Современные технические возможности позволяют создать деталь вагона с наперед заданными характеристиками. Вопрос заключается лишь в целесообразности денежных затрат. Сравнительный технико-экономический анализ надежности какой-либо детали позволяет выбрать оптималь-



ные ее показатели, обеспечивающие наивысшую эффективность применения. Правильное определение оптимальных эксплуатационных свойств деталей приводит к значительному сокращению суммарных затрат на изготовление, а в последующем – на техническое обслуживание и ремонт вагонов. Имея в виду, что затраты на техническое обслуживание и ремонт грузовых вагонов за весь срок службы в несколько раз превышают затраты на их изготовление, необходимо больше внимания уделять соответствию конструкции вагона реальным условиям эксплуатации и системе проведения технического обслуживания и ремонта.

Принятая система ремонта и технического обслуживания вагона накладывает большой отпечаток на его конструкцию и наоборот. Так, безотказность деталей вагонов должна базироваться на продолжительности межремонтных пробегов. А если технические возможности деталей таковы, что обеспечивается их безотказная работа в период более продолжительный, чем межремонтный, то появляется возможность увеличения межремонтного пробега (периода). Вместе с тем все детали вагона должны иметь ресурс, равный или кратный межремонтному периоду, с тем, чтобы их ремонт производился в плановом порядке в депо или на заводе. Наличие в конструкции вагона деталей с разным ресурсом приводит к снижению эффективности ремонтов. В этом случае не представляется возможным обеспечить (гарантировать) безотказную работу вагона в течение межремонтного пробега. Отказ вагона в эксплуатации влечет за собой повышенные затраты, связанные с задержкой поездов, производством текущего отцепочного ремонта и др.

Мероприятия, направленные на повышение безотказности вагона, одновременно ведут и к повышению его долговечности. Поэтому разделение эффекта от затрат, направленных на повышение безотказности вагона, и отдельно затрат, направленных на повышение долговечности вагонов, чрезвычайно затруднительно. Изложенный выше подход, основанный на технико-экономическом анализе надежности деталей, позволяет оценить влияние улучшения показателей надежности на стоимость изготовления вагона и эксплуатационные затраты.

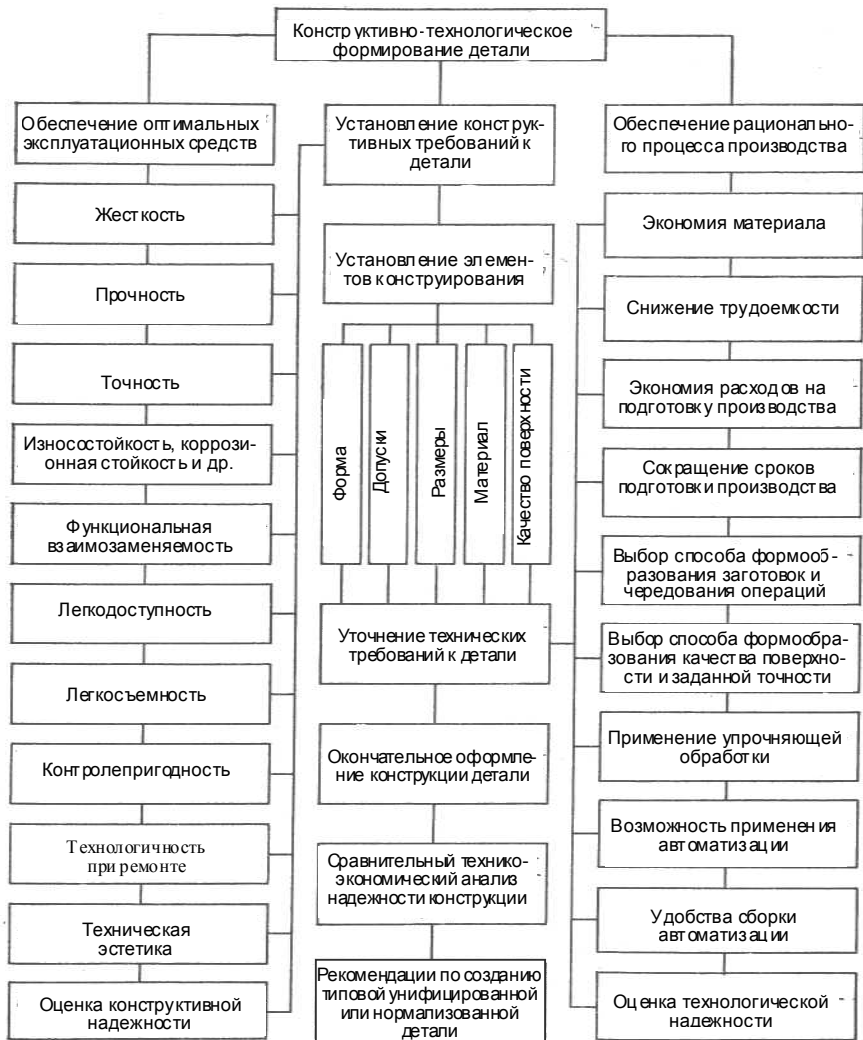


Рисунок 7.2 – Схема конструктивно-технологического формирования детали (на примере грузового вагона)

В общем следует отметить, что количественное измерение качества изделия представляет собой самостоятельную чрезвычайно сложную задачу, которая на сегодняшний день не решена. Слишком разные требования предъявляются к различным изделиям. В рассматри-

ваемом примере эти трудности преодолены за счет применения количественных показателей надежности. Но как только мы попытаемся оценить качество транспортной услуг при проезде пассажира в купейном вагоне с кондиционированием воздуха и в вагоне открытой планировки да еще без кондиционирования воздуха в знойный летний период, мы сразу сталкиваемся с серьезными трудностями количественной оценки качества вагона. Эта трудность может быть преодолена путем замены переменной в вышерассмотренных зависимостях.

Величина затрат на разработку и изготовление изделия есть функция от качества этого изделия:  $Q_n = f(\text{качество})$ .

Величина эксплуатационных затрат за жизненный цикл изделия также есть функция его качества:  $Q_э = f(\text{качество})$ . Поэтому можем записать:  $Q_э = f(Q_n)$ .

Затраты на изготовление изделия заданного качества имеют конкретное количественное выражение, и эта зависимость может быть представлена в следующем виде:

$$Q_э = a \left( \frac{b}{Q_n} \right)^c, \quad (7.3)$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – коэффициенты связи.

Тогда суммарные затраты на проектирование, изготовление и эксплуатацию изделия, за жизненный цикл могут быть определены по формуле

$$Q = a \left( \frac{b}{Q_n} \right)^c + Q_n. \quad (7.4)$$

Минимум функции (7.4) находим из условия

$$\frac{dQ}{dQ_n} = ab^c (-c) Q_n^{-c-1} + 1 = 0.$$

Отсюда  $ab^c c Q_n^{-c-1} = 1$ .

Следовательно,

$$Q_{n \text{ опт}} = (ab^c c)^{\frac{1}{c+1}} = {}^{c+1}\sqrt{ab^c c}. \quad (7.5)$$

Определим отношение величин эксплуатационных затрат к затратам на разработку и изготовление вагона, связанным с обеспечением надежности, для оптимальной точки. Величина эксплуатационных затрат в этой точке

$$Q_{\text{э опт}} = ab^c \left( Q_{\text{п опт}} \right)^{-c}. \quad (7.6)$$

Находим отношение

$$\frac{Q_{\text{э опт}}}{Q_{\text{п опт}}} = \frac{ab^c (ab^c c)^{-\frac{c}{c+1}}}{(ab^c c)^{\frac{1}{c+1}}} = \frac{1}{c}. \quad (7.7)$$

Таким образом, получим

$$\frac{Q_{\text{э опт}}}{Q_{\text{п опт}}} = \frac{1}{c}.$$

Опыт определения оптимальной надежности изделий, подобных грузовому вагону, и публикации зарубежных исследователей по нахождению оптимальной надежности подвижного состава содержат сведения о том, что в точке достижения оптимума наблюдается примерное равенство расходов на разработку и изготовление подвижного состава и эксплуатационных затрат за весь срок службы. Это будет обеспечиваться при  $c = 1$ .

Определим ожидаемую эффективность от оптимизации надежности вагонов с вычислением уменьшения затрат (в процентах) на разработку, изготовление, техническое обслуживание и ремонт вагонов за весь срок их службы:

$$\Theta = \frac{(Q_{\text{п сущ}} + Q_{\text{э сущ}}) - (Q_{\text{п опт}} + Q_{\text{э опт}})}{Q_{\text{п сущ}} + Q_{\text{э сущ}}} \cdot 100 \%, \quad (7.8)$$

а также коэффициент изменения затрат на техническое обслуживание и ремонт

$$m_{\text{э}} = \frac{Q_{\text{э сущ}} - Q_{\text{э опт}}}{Q_{\text{э сущ}}} \cdot 100 \% \quad (7.9)$$

и коэффициент изменения затрат на изготовление вагона

$$m_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{п сущ}} - Q_{\text{п опт}}}{Q_{\text{э сущ}}} \cdot 100 \%, \quad (7.10)$$

где  $Q_{\text{п сущ}}$ ,  $Q_{\text{э сущ}}$  – затраты соответственно на изготовление и эксплуатацию применяемого вагона в существующих условиях;

$Q_{\text{п опт}}$ ,  $Q_{\text{э опт}}$  – затраты соответственно на изготовление и эксплуатацию вагона оптимальной надежности (качества).

Имеем

$$Q_3 = a \left( \frac{b}{Q_{\text{п}}} \right)^c = \frac{ab^c}{Q_{\text{п}}^c}.$$

Отсюда  $ab^c = Q_3 Q_{\text{п}}^c$ .

Таким образом, зная  $Q_{\text{п сущ}}$ ,  $Q_{\text{э сущ}}$  и  $c$ , можно найти  $ab^c$ . Затем находим для оптимальной точки

$$Q_{\text{п опт}} = \sqrt[c+1]{ab^c c} = \sqrt[c+1]{Q_{\text{э сущ}} Q_{\text{п сущ}}^c c}.$$

Далее представляется возможным определить  $Q_{\text{э опт}} = \frac{Q_{\text{п опт}}}{c}$ .

Получив  $Q_{\text{п опт}}$  и  $Q_{\text{э опт}}$ , зная  $Q_{\text{п сущ}}$  и  $Q_{\text{э сущ}}$ , находим значения коэффициентов  $m_3$  и  $m_{\text{п}}$  по формулам (7.9), (7.10). Положительные значения данных коэффициентов будут указывать на уменьшение, а отрицательные – на увеличение соответствующих расходов.

Изменение затрат на изготовление вагона и повышение его надежности зависит от инновационности решения последовательности внедрения конкретных мероприятий по улучшению конструкции, элементов вагона и технологии их изготовления. Очередность внедрения улучшенных узлов вагона будет влиять на изменение затрат и значения коэффициентов в формулах (7.3)–(7.7). Следовательно, это будет оказывать влияние на получаемые результаты расчета. Поэтому их следует рассматривать как приблизительные, пригодные для общей оценки изменения затрат на постройку вагона, при которых будет достигнут положительный эффект.

Представляет интерес решение задачи определения ожидаемой эффективности от оптимизации качества изделия в общем виде. Это должно облегчить применение выводов для различных изделий машиностроения. На текущий момент отношение эксплуатационных затрат к стоимости изготовления вагона характеризуется величиной коэффициента эксплуатационных затрат  $K_3$ , определяемого по формуле

$$K_3 = \frac{Q_{\text{э сущ}}}{Q_{\text{п сущ}}}.$$

Проведем преобразования с учетом того, что

$$Q_{\text{э сущ}} = K_3 Q_{\text{п сущ}}; Q_{\text{п опт}} = Q_{\text{п сущ}} c^{c+1} \sqrt{K_3 c}; Q_{\text{э опт}} = \frac{Q_{\text{п сущ}} c^{c+1} \sqrt{K_3 c}}{c}.$$

Выражение (7.8) может быть преобразовано к виду

$$\Theta = \frac{Q_{\text{п сущ}} (K_3 + 1) - Q_{\text{п сущ}} c^{c+1} \sqrt{K_3 c} \left(1 + \frac{1}{c}\right)}{Q_{\text{п сущ}} (K_3 + 1)} \cdot 100 \%$$

или

$$\Theta = \left[ 1 - \frac{\left(1 + \frac{1}{c}\right)^{c+1} \sqrt{K_3 c}}{K_3 + 1} \right] \cdot 100 \%; \quad (7.11)$$

Аналогично можем получить:

$$m_3 = \left( 1 - \frac{1}{c^{c+1} \sqrt{(K_3 c)^c}} \right) \cdot 100 \%; \quad (7.12)$$

$$m_{\text{п}} = \left( 1 - c^{c+1} \sqrt{K_3 c} \right) \cdot 100 \% \quad (7.13)$$

Формулы (7.11)–(7.13) свидетельствуют о том, что эффективность оптимизации качества изделия зависит от конкретных значений коэффициента эксплуатационных затрат  $K_3$  и показателя степени  $c$  и не зависит от абсолютных значений затрат на изготовление объекта и его техническое обслуживание и ремонт. Данный вывод открывает широкие возможности применения коэффициента эксплуатационных затрат  $K_3$  для оценки качества не только вагонов, но и любых изделий машиностроения мирного назначения.

С применением полученных зависимостей проведен расчет эффективности оптимизации надежности вагонов при изменении значения коэффициента эксплуатационных затрат при  $c = 1$ . Результаты представлены на рисунке 7.3. Произведен расчет коэффициентов затрат на техническое обслуживание и ремонт вагона, а также на изготовление вагона для различных значений  $K_3$ . Результаты расчета сведены в

графики (рисунок 7.4). Применение графиков значительно облегчает и упрощает предварительное определение эффективности от оптимизации надежности различных типов вагонов. Например, в среднем для парка грузовых вагонов  $K_y = 2,3$ . По графикам находим, что внедрение вагонов оптимальной надежности позволит уменьшить народнохозяйственные затраты примерно на 9 %, а затраты на техническое обслуживание и ремонт – примерно на 27 %.

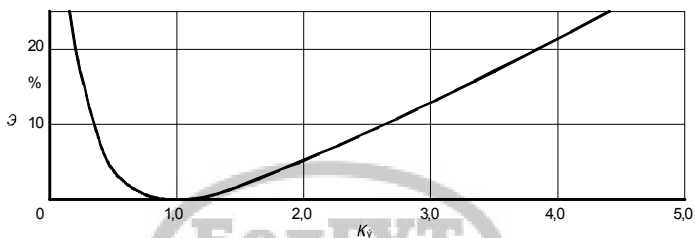


Рисунок 7.3 – График для определения эффективности оптимизации надежности вагонов при изменении значения коэффициента эксплуатационных затрат при  $c = 1$

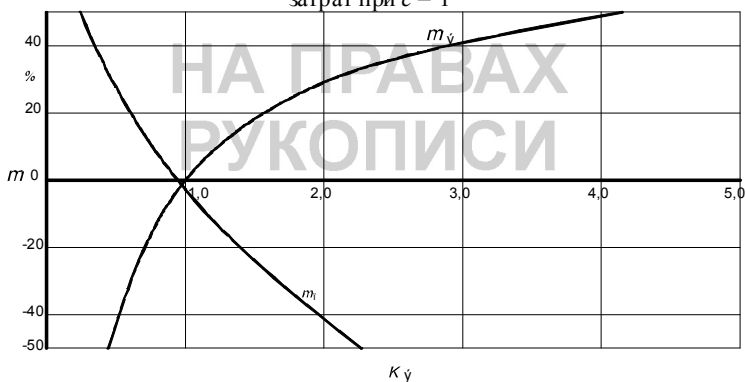


Рисунок 7.4 – График для определения эффективности оптимизации надежности вагонов

Оценка надежности вагонов, ее оптимизация и последующее улучшение конструкции подвижного состава позволят освоить заданный объем перевозок с наивысшими технико-экономическими показателями. Показатели надежности вагонов определяют затраты на их техническое обслуживание и ремонт, перспективу развития вагоноремонтной базы и являются основополагающими в вопросах обоснования путей совершенствования организации ремонта вагонов.

Эксплуатация и ремонт вагонов связаны с организацией труда в тяжелых условиях, часто под открытым небом, при круглосуточной работе транспорта. Такой труд не обладает достаточной привлекательностью и приводит к большим материальным затратам. Центр тяжести всех затрат должен перемещаться в сферу вагоностроения. Это позволит за счет разработки и внедрения высоконадежных конструкций вагонов при незначительном изменении их стоимости существенно сократить эксплуатационные затраты, уменьшить количество работников, занятых трудом в тяжелых эксплуатационных условиях. Это главное направление, которое позволит обеспечить устойчивую работу транспорта и повысить ее эффективность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Configuration Management Guidance // Military Handbook MIL-HDBK-61 // USA Department of Defence. Sept. 1997. – 78 p.
- 2 Integrated Logistic Support. DEF STAN 00-60 // U. K. Ministry of Defence. – Jun. – 1999. – 93 с.
- 3 NATO CALS Handbook. Ver. 2, June 2000. – 67 с.
- 4 **Алесинская, Т. В.** Основы логистики. Общие вопросы логистического управления / Т. В. Алесинская. – Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2005. – 121 с.
- 5 **Алесинская, Т. В.** Основы логистики : учеб. пособ. / Т. В. Алесинская. – Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2005. – 240 с.
- 6 **Барзилович, Е. Ю.** Модель технического обслуживания сложных систем / Е. Ю. Барзилович. – М. : Высшая школа, 1982. – 476 с.
- 7 **Бауэрсокс, Доналд, Дж.** Логистика интегрированная цепь поставок. – 2-е изд. / Доналд Дж. Бауэрсокс, Дейвид Дж. Клосс. – М. : ЗАО «Олимп-Бизнес», 2008. – 640 с.
- 8 **Братухин, А. Г.** Организация производственно-хозяйственной деятельности НИИ и ОКБ при разработке наукоемкой продукции / А. Г. Братухин, В. Д. Калачанов. – М. : Изд-во МАИ, 1993. – 241 с.
- 9 **Бродецкий, Г. Л.** Управление запасами / Г. Л. Бродецкий. – М. : Эксмо, 2007. – 400 с.
- 10 **Бром, А. Е.** Интегрированная логистическая поддержка жизненного цикла наукоемкой продукции : учеб. / А. Е. Бром, А. А. Колобков, И. Н. Омельченко ; под ред. А. А. Колобкова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 296 с.



- 11 **Бугаев, В. П.** Совершенствование организации ремонта вагонов. Системный подход / В. П. Бугаев. – М. : Транспорт, 1982. – 152 с.
- 12 **Быченко, О. Г.** Экономика железнодорожного транспорта : учеб. пособие / О. Г. Быченко, А. Ф. Сыцко. – Гомель : БелГУТ, 2006. – 243 с.
- 13 **Веснин, В. Р.** Менеджмент : учеб. для вузов / В. Р. Веснин. – М. : Проспект, 2004. – 504 с.
- 14 **Гаврилов, Д. А.** Управление производством на базе стандарта MRP II. Принципы и практика / Д. А. Гаврилов. – СПб. : Питер, 2002. – 418 с.
- 15 **Глухов, В. В.** Экономика знаний : учеб. пособие для вузов / В. В. Глухов, С. Б. Коробко, Т. В. Маринина. – СПб. : Питер, 2003. – 528 с.
- 16 **Гридюшко, В. И.** Вагонное хозяйство : учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / В. И. Гридюшко, В. П. Бугаев, Н. З. Криворучко. – М. : Транспорт, 1988. – 295 с.
- 17 **Громов, Г. Р.** Национальные информационные ресурсы : проблемы промышленной эксплуатации / Г. Р. Громов. – М. : Наука, 1985. – 420 с.
- 18 **Давыдов, А. Н.** CALS (Поддержка жизненного цикла продукции) : рук-во по применению / А. Н. Давыдов [и др.]. – М. : ГУП ВИМИ, 1999. – 44 с.
- 19 **Долгов, А. П.** Логистический менеджмент фирмы : концепция, методы и модели / А. П. Долгов, В. К. Козлов, С. А. Уваров. – СПб. : Бизнес-Пресса, 2005. – 176 с.
- 20 Принципы создания интегрированной логистической поддержки эксплуатации изделий на укромной продукции и программно-технические решения : материалы междунар. конф. и выставки CAD, CAM/PDM-2006 / М. С. Дондоров [и др.]. – М. : Изд-во ИПУ РАМ им. В. А. Трапезникова, 2006. – С. 262–269.
- 21 **Дружинин, Н. Б.** Япония: экономическое чудо / Н. Б. Дружинин. – СПб. : Питер, 2003. – 272 с.
- 22 **Еловой, И. А.** Логистика : учеб.-метод. пособие / И. А. Еловой. – Гомель : БелГУТ, 2009. – 161 с.
- 23 **Еловой, И. А.** Основы коммерческой логистики : учеб.-метод. пособие / И. А. Еловой. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 183 с.
- 24 **Еловой, И. А.** Теоретические основы логистики : учеб.-метод. пособие / И. А. Еловой. – Гомель : БелГУТ, 2005. – 106 с.
- 25 **Еловой, И. А.** Управление потоками в логистических системах мировой экономики / И. А. Еловой, В. И. Похабов, М. М. Колос. – Минск : ИЮ00 «Экономика и право», 2006. – 264 с.
- 26 **Ерегин, В. В.** Исследование эффективности перевода летательных аппаратов военного назначения на техническую эксплуатацию по состоянию // Вопросы оборонной техники. – 2006. – № 3(334). – С. 57–64.
- 27 Информационная поддержка жизненного цикла изделий в машиностроении: принципы, системы и технологии / А. Н. Ковшов [и др.]. – М. : Изд-во МГОУ, 2005. – 458 с.
- 28 **Казанцев, А. К.** Основы инновационного менеджмента / А. К. Казанцев, Л. В. Миндели. – М. : Экономика, 2005. – 518 с.
- 29 **Клейнрок, Л.** Теория массового обслуживания / Л. Клейнрок. – М. : Машиностроение, 1969. – 461 с.
- 30 Управление жизненным циклом продукции / А. Ф. Колчин [и др.]. – М. : Анахарис, 2002. – 304 с.
- 31 **Коно, Т.** Стратегия и структура японских предприятий / Т. Коно – М. : Прогресс, 1987. – 502 с.

32 Концепция и технологии компьютерного сопровождения процессов жизненного цикла продукции // Информационные технологии в наукоёмком машиностроении. Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса / А. И. Левин ; под ред. А. Г. Братухина. – Киев : Техника. – 2001. – С. 612–625.

33 **Кочетков, Н. И.** Руководство проектами (зарубежный опыт) / Н. И. Кочетков, Ю. П. Рудаков, В. Д. Шапиро. – М. : ИНСАН, 1992. – 214 с.

34 **Кушлин, В. И.** Траектории экономических трансформаций / В. И. Кушлин. – М. : Экономика, 2004. – 321 с.

35 **Левин, А. Т.** CALS : предпосылки и преимущества / А. Т. Левин, Е. Г. Судов // Директор информ. службы. – 2002 – № 11. – С. 36–40.

36 **Марка Д.** Методология структурного анализа и проектирования : пер. с англ. / Д. Марка, К. МакГоузи. – М. : МетаТехнология, 1993. – 240 с.

37 **Мыльник, В. В.** Исследование систем управления / В. В. Мыльник, Б. П. Титаренко, В. А. Волочиенко. – М. : Академический проспект, 2003. – 361 с.

38 **Норенков, И. П.** Информационная поддержка наукоёмких изделий. CALS-технологии / И. П. Норенков, П. К. Кузьмик. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 319 с.

39 Основы менеджмента: современные технологии : учеб.-метод. пособие / под ред. М. А. Чернышева. – М. : ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д, 2003. – 320 с.

40 **Омельченко, И. Н.** Информационно-логистические системы как основа управления процессом создания промышленной продукции / И. Н. Омельченко, З. С. Терентьева // Машностроитель. – 2004. – № 1. – С. 38–42.

41 **Овсянников, М. В.** Расчет эффективности внедрения PDM-систем на машиностроительных предприятиях / М. В. Овсянников, А. С. Чекменева // Информационные средства и технологии : тр. междунар. конф., Москва, 12–14 окт. 2004. В 3 т. Т. 3. – М : Янус-К, 2004. – С 201–203.

42 **Okino, N.** Object and Operation dualism for CAD/CAM architecture / N. Okino // Fnnals of the CIRP. – 1983. – Vol. 34, № 1. – P. 179–182.

43 Основные направления и результаты работ по применению CALS-технологий для повышения качества и конкурентоспособности военной продукции / А. Г. Кабанов [и др.] // ИТПП. – 2000. – № 2. – С. 3–6.

44 **Потапов, А. В.** Формирование и стратегическое управление интегрированными промышленными комплексами / А. В. Потапов, С. Б. Смирнов. – СПб. : Изд-во «Герда», 2004. – 175 с.

45 **Резер, С. М.** Логистика. Словарь терминов / С. М. Резер, А. Н. Родников. – М. : ВИНТИ РАН, 2007. – 412 с.

46 **Слепова, В. С.** Инвестиции : учеб. пособие / В. С. Слепова. – М. : ЭКОНОМИСТЪ, 2005. – 648 с.

47 **Степанов, В. И.** Логистика : учеб. / В. И. Степанов. – М. : Проспект, 2009. – 488 с.

48 Структурный анализ систем: IDEF-технологии / С. В. Черемных [и др.]. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 312 с.

49 **Судов, Е. В.** Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции / Е. В. Судов. – М. : МВМ, 2003. – 264 с.

50 Транспортная логистика : учеб. для транспортных вузов / под общ. ред. Л. Б. Мирогина. – М. : Экзамен, 2003. – 512 с.

51 **Фалько, С. Г.** Организация и управление инновационной деятельностью на предприятии / С. Г. Фалько. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1998. – 303 с.

52 **Фатхутдинов, Р. А.** Стратегическая конкурентоспособность / Р. А. Фатхутдинов. – М. : Экономика, 2005. – 512 с.

53 **Фролов, И. Е.** Состояние и тенденции развития наукоемкого сектора промышленности в условиях посткризисного роста российской экономики // Проблемы прогнозирования. – 2001. – № 6. – С. 79–100.

54 **Хоботов, Е. Н.** Управление в технических системах. Управление запасами / Е. Н. Хоботов. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 256 с.

55 **Шаламов, А. С.** Интегрированная логистическая поддержка наукоемкой продукции : [монография] / А. С. Шаламов. – М. : Университетская книга, 2008. – 464 с.

56 **Шаламов, А. С.** Модель расходования и пополнения запасов в сложной системе с регенерирующими процессами первого и второго рода // Изв. Ан СССР. Техническая кибернетика. – 1990. – № 2. – С. 56–62.

57 **Шаламов, А. С.** Создание информационно-телекоммуникационных систем высокой доступности на принципах CALS. Системы высокой доступности // Журнал в журнале. «Радиотехника». – 2006. – Т. 2. – № 1. – С. 68–72.

58 Эффективность логистического управления : учеб. для вузов ; серия «учебник для вуза» / Миротин Л. Б. [и др.], под общ. ред. Л. Б. Миротина. – М. : Экзамен, 2004. – 448 с.

59 **Яковец, Ю. В.** Эпохальные инновации XXI века / Ю. В. Яковец. – М. : Экономика, 2004. – 448 с.



НА ПРАВАХ  
РУКОПИСИ

Учебное издание

*БУГАЕВ Виталий Петрович*

*БУГАЕВА Евгения Витальевна*

**Интегрированная логистическая поддержка  
жизненного цикла наукоемкой продукции**

Учебно-методическое пособие

Редактор И. И. Эвентов

Технический редактор В. Н. Кучерова

Компьютерный набор и верстка – Е. В. Бугаева

Подписано в печать 03.08.2009 г. Формат 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 12,79. Уч.-изд. л. 12,47. Тираж 500 экз.

Зак. № 2420. Изд. № 4469.

Издатель и полиграфическое исполнение

Белорусский государственный университет транспорта:

ЛИ № 02330/0552508 от 09.07.2009 г.

ЛП № 02330/0494150 от 03.04.2009 г.

246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.