

## 2 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОДУКЦИИ

Прогнозирование технического уровня и качества продукции направлено на установление перспективного уровня и качества продукции с учетом потребностей потребителя. Под **прогнозированием** понимают определение вероятных значений показателей технического уровня и качества продукции, которые могут быть достигнуты к заданному моменту времени или в течение заданного момента времени.

Прогнозирование позволяет ориентировочно, но с достаточной для практических целей точностью, наметить динамику технического уровня и качества продукции в течение срока прогноза, облегчает подготовку и осуществление перспективных мероприятий, составление финансовых планов и бюджетов компаний, служит для управления качеством на предприятии. Оно необходимо для ускорения темпов создания новой техники и технологий, повышения их уровня и обеспечения конкурентоспособности продукции и (или) услуг.

Источниками информации при прогнозировании технического уровня и качества продукции служат фактические показатели указанных параметров, научно-техническая документация, литература, отчеты о проведенных НИР и ОКР, патенты, научные труды, данные о потребностях и спросе на внутреннем и внешнем рынках.

В качестве важного организационно-технического средства прогнозирования используется опережающая стандартизация, которая предусматривает установление повышенных по отношению к достигнутому уровню требований, нормативов, правил, которые, согласно прогнозам, будут являться оптимальными в последующее время.

В пределах системы менеджмента качества прогнозирование технического уровня и качества продукции направлено на выявление перспективных требований потребителя к номенклатуре, ассортименту и качеству продукции на перспективный период ее производства и потребления, возможностей и путей удовлетворения требований потребителя. Результаты прогноза являются исходной базой создания продукции на уровне лучших отечественных или мировых образцов или превосходящей их; планирования повышения качества продукции; планирования стандартизации, нормирования требований к качеству продукции и технологии ее изготовления.

Прогнозирование может осуществляться как самим производителем или с привлечением специалистов других

организаций, в том числе торговых, заказчиков, потребителей, специальных консалтинговых компаний, НИИ и др.

## 2.1 Классификация методов прогнозирования

Воспользуемся классификацией методов прогнозирования последовательного типа, [4], рис. 2.1.

Каждый уровень классификации характеризуется своим классификационным признаком. Элементы каждого уровня представляют собой наименования принадлежащих им непересекающихся подмножеств элементов ближайшего нижнего уровня.

На первом уровне все методы делятся на три класса по признаку «информационное основание метода». **Фактографические** методы базируются на фактически имеющемся информационном материале об объекте прогнозирования и его прошлом развитии. **Экспертные** методы базируются на информации, которую поставляют специалисты-эксперты в процессе систематизированных процедур выявления и обобщения этого мнения. **Комбинированные** методы выделены в отдельный класс. В них в качестве первичной информации используются фактографическая и экспертная. Например, при проведении экспертного опроса участникам представляют цифровую информацию об объекте или фактографические прогнозы, либо, наоборот, при экстраполяции тенденции наряду с фактическими данными используют экспертные оценки.

Не следует относить к комбинированным методам те методы прогнозирования, которые к экспертной исходной информации применяют математические методы обработки или исходную фактографическую информацию оценивают экспертным путем. В большинстве случаев они достаточно хорошо укладываются в первый или второй из перечисленных выше классов.

Указанные классы подразделяются на подклассы по принципам обработки информации. **Статистические** методы объединяют совокупность методов обработки количественной информации об объекте прогнозирования по принципу выявления содержащихся в ней математических закономерностей развития и математических взаимосвязей характеристик с целью получения прогнозных моделей. **Методы аналогий** направлены на то, чтобы выявлять сходство в закономерностях развития различных процессов и на этом основании производить прогнозы. **Опережающие** методы прогнозирования строятся на определенных принципах специальной обработки научно-технической информа-



Рис. 2.1 – Классификация методов прогнозирования.

ции, реализующих в прогнозе ее свойство опережать развитие научно-технического прогресса.

Экспертные методы подразделяют на два подкласса. **Прямые экспертные оценки** строятся по принципу получения и обработки независимого обобщенного мнения коллектива экспертов (или одного из них) при отсутствии воздействий на мнение каждого эксперта мнения другого эксперта и мнения коллектива. **Экспертные оценки с обратной связью** в том или ином виде воплощают принцип обратной связи путем воздействия на оценку экспертной группы (одного эксперта) мнением, полученным ранее от этой группы или от одного из ее экспертов.

На третьем уровне классификации методы прогнозирования делят на виды по классификационному признаку «аппарат методов». Каждый вид объединяет в своем составе методы, имеющие в качестве основы одинаковый аппарат их реализации. Так, статистические методы по видам делятся на методы экстраполяции и интерполяции; методы, использующие аппарат регрессионного и корреляционного анализа; методы, использующие факторный анализ.

Класс методов аналогий подразделяется на методы математических и исторических аналогий. Первые в качестве аналога для объекта прогнозирования используют объекты другой физической природы, другой области науки, отрасли техники, однако имеющие математическое описание процесса развития, совпадающее с объектом прогнозирования. Вторые в качестве аналога используют процессы одинаковой физической природы, опережающие во времени развитие объекта прогнозирования.

Опережающие методы прогнозирования можно разделить на методы исследования динамики научно-технической информации; методы исследования и оценки уровня техники. В первом случае, в основном, используется построение количественно-качественных динамических рядов на базе различных видов НТИ и анализа и прогнозирования на их основе соответствующего объекта. Вторым видом методов использует специальный аппарат анализа количественной и качественной информации, содержащейся в НТИ, для определения характеристик уровня качества существующей и проектируемой техники.

Прямые экспертные оценки по признаку аппарата реализации подразделяют на виды экспертного опроса и экспертного анализа. В первом случае используются специальные процедуры формирования вопросов, организации получения на них ответов, обработки полученных ответов и формирования окончательного результата. Во втором основным аппаратом исследования является

целенаправленный анализ объекта прогнозирования со стороны эксперта или коллектива экспертов, которые сами ставят и решают вопросы, ведущие к поставленной цели.

Экспертные оценки с обратной связью делят на три вида методов: экспертный опрос; генерацию идей; игровое моделирование. Первый вид характеризуется процедурами регламентированного неконтактного опроса экспертов перемежающимися обратными связями. Второй построен на процедурах непосредственного общения экспертов в процессе обмена мнениями по поставленной проблеме. Он характеризуется отсутствием вопросов и ответов и направлен на взаимное стимулирование творческой деятельности экспертов. Третий вид использует аппарат теории игр и ее прикладных разделов. Как правило, реализуется в сочетании динамического взаимодействия коллективов экспертов и вычислительной техники, имитирующей объект прогнозирования в возможных будущих ситуациях.

Последний, четвертый, уровень классификации подразделяет виды методов третьего уровня на отдельные методы и группы методов по некоторым локальным для каждого вида совокупностям классификационных признаков, из которых указать один общий для всего уровня в целом невозможно. В соответствии с этим каждый вид прогнозирования имеет следующие группы или отдельные методы:

*экстраполяция и интерполяция:* математическая подгонка полиномами; экстраполяция подбором простых стандартных функций; экстраполяция с дисконтированием данных; экстраполяция с гибкой структурой; экстраполяция по огибающим кривым;

*регрессии и корреляции:* авторегрессионные модели; простые и ступенчатые корреляции и регрессии; множественные корреляции и регрессии;

*факторные модели:* компонентный анализ компонента прогнозирования; многофакторные модели управления объектом; экстраполяционные прогнозы факторных структур;

*математические аналоги:* биологические модели роста числа изобретений; биолого-технические и технические аналоги;

*исторические аналоги:* экономические прогнозы по опережающей технике; прогнозы техники по опережающей области;

*исследование динамики НТИ:* методы анализа динамики патентования; публикационные методы; цитатно-индексные методы;

*исследование уровня техники:* генеральные определительные таблицы; анализ коэффициента полноты уровня техники;

*опрос (прямой)*: индивидуальный экспертный опрос; коллективный экспертный опрос;

*анализ*: построение сценария развития; историко-логический анализ; метод экспертных комиссий; морфологический анализ; синоптическая модель;

*опрос (с обратной связью)*: делфийский метод; метод эвристического прогнозирования;

*генерация идей*: метод коллективной генерации идей; метод деструктивной отнесенной оценки;

*игровые модели*: динамический концептуальный анализ; политические игровые модели; экономические игровые модели.

Широко распространено заблуждение, что использование методов или вообще формализованных подходов должно отличать прогнозирование от простого умозрения. Много хороших прогнозов сделано без явного применения каких-либо методов. Методы служат всего лишь для увеличения способностей прогнозиста и, в общем, следуют основным мыслительным приемам, которые интуитивно использует человеческий мозг. Большинство методов было сконструировано для диалога «человек-метод», они весьма чувствительны к знаниям человека и его способностям творческого мышления, технических и ценностных суждений и синтеза.

Наиболее значительный вклад специальных методов в прогнозирование суммируется в виде трех пунктов: методы поясняют роль индивидуальных входных факторов; принуждают к всестороннему рассмотрению этих факторов и обеспечивают однородность результатов; методы способствуют уменьшению пристрастий и систематических ошибок.

Методы дают возможность оценить большое количество и сложную структуру входной информации и облегчают систематическую оценку альтернатив.

Если практическое применение прогнозирования нужно разумным образом связать с планированием в компаниях, то следует использовать множество подходов и комбинировать их в зависимости от задачи прогнозирования. Для законченного практического применения необходимо использовать методы, принадлежащие как поисковому, так и нормативному «направлениям» прогностического образа мышления. Простые методы прогнозирования, такие, как экстраполяция тенденций или написание сценариев, можно использовать для получения информации, которая затем будет структурно «организована» с помощью других методов, и «переработана» для целей планирования совсем иными способами.

Однако следует помнить о ловушках в технологическом прогнозировании, которые в равной мере относятся как к прошлому, так и к настоящему прогнозированию:

1. Недостаток воображения и (или) «чутья», делающий прогнозы сверхпессимистичными.

2. Сверхкомпенсация, которую можно проиллюстрировать заявлением Кларка: «Все, что теоретически возможно, будет осуществлено на практике, каковы бы ни были технические трудности, если только желание достаточно сильно».

3. Неспособность антиципировать сходящиеся пути развития и (или) изменения в конкурирующих системах. Одно получившее широкую огласку ошибочное предсказание может быть объяснено следующим образом: в 1945 г. Линдеман (впоследствии лорд Черуэлл) в Англии и Ванневар Буш (американский инженер, один из создателей атомной бомбы) в США предсказывали, что межконтинентальные баллистические ракеты в обозримом будущем не смогут конкурировать с пилотируемыми бомбардировщиками. Они не предвидели разработку водородной бомбы (хотя ее потенциал уже был хорошо известен в то время) и ее последствия для миниатюризации боеголовки, позволяющие: а) транспортировать с помощью такой ракеты заряд большой взрывной мощности; б) ослабить требования к точности попадания в цель.

4. Концентрация на специфических конфигурациях вместо экстраполяции агрегированных показателей (макропеременных). В этой связи есть опасность чрезмерной «экспертизы». Сюда же можно добавить могущественное влияние научных школ, которым может быть объяснен другой провал Линдемана, этого известного своими ошибками научного советника Черчилля. Он был одним из группы ученых, которые полагались исключительно на ракеты на твердом топливе. Поэтому, когда ему показали фотографию «ФАУ-2», германской ракеты на жидком топливе, незадолго до ее применения против Лондона, он заявил, что она просто неспособна летать.

5. Неточный расчет. Классические примеры этой категории неудач, пожалуй, дали астрономы. Утверждение английского астронома Ройала, что космические полеты — это «полнейший вздор», сделанное в 1956 г., всего за один год до первого спутника, - еще свежо у нас в памяти.

Рассмотрим некоторые из перечисленных методов прогнозирования, используемых при прогнозировании параметров машиностроительной продукции.

## 2.2 Методы аналогов

В основе методов аналогов лежит теория подобия, согласно которой абсолютное подобие имеет место лишь при замене одного объекта другим точно таким же. Два объекта или явления подобны [5], если по известным характеристикам одного можно получить характеристики другого простым пересчетом. Для этих объектов характерно равенство критериев подобия – безразмерных величин, составленных из размерных физических параметров, описывающих процессы в исследуемых объектах.

Согласно  **$\pi$ -теоремы**, если процесс в объекте характеризуется  $n$  фундаментальными величинами, для выражения размерностей которых используется  $k$  основных единиц, то его (объект) можно описать  $(n-k)$  безразмерными комбинациями, составленными из этих величин. Отсюда следует два вывода: 1) уравнения, описывающие подобные объекты, выражены уравнениями связей между безразмерными комбинациями; 2) число безразмерных комбинаций меньше числа размерных величин на число основных единиц, т.е. уменьшается число переменных, описывающих объект.

Для образования безразмерных комбинаций используют **теорему Букингема**, согласно которой, если какое-нибудь уравнение однородно относительно размерностей, то его можно преобразовать к соотношению, содержащему набор безразмерных комбинаций величин. Однородным относительно размерностей называется уравнение, форма которого не зависит от выбора основных единиц измерения.

Рассмотрим пример. При испытаниях корпуса станочного приспособления оно описывается следующими параметрами: модулем упругости ( $E$ ), коэффициентом Пуассона ( $\mu$ ), характеристическим размером ( $l$ ), удельным весом материала ( $\gamma$ ), т.е. плотностью материала ( $\rho$ ) и ускорением свободного падения ( $g$ ), силой резания ( $P$ ). Составим критерии подобия. Для этого в табл. 2.1. занесем только те из перечисленных параметров, которые имеют размерность.

Таблица 2.1- Исходные данные для расчета критериев подобия

Параметр	Размерность	Формула размерности	Показатель степени
$E$	кг•м/(с <sup>2</sup> •м <sup>2</sup> )	$[M][L]^{-1}[T]^{-2}$	a
$l$	м	$[L]$	b
$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	$[M][L]^{-3}$	c
$g$	м/с <sup>2</sup>	$[L][T]^{-2}$	d
$P$	кг•м/с <sup>2</sup>	$[M][L][T]^{-2}$	e



Поскольку в нашем примере  $n = 5$ , а  $k=3$ , согласно  $\pi$ -теореме получаем  $5 - 3 = 2$  критерия подобия. Однородное относительно размерностей уравнение представим в виде показательной функции от фундаментальных переменных:

$$\phi\{ [E]^a, [l]^b, [\rho]^c, [g]^d, [P]^e \} = 0, \text{ или}$$

$$\phi\{ ([M][L]^{-1}[T]^{-2})^a, [L]^b, ([M][L]^{-3})^c, ([L][T]^{-2})^d, ([M][L][T]^{-2})^e \} = 0.$$

Чтобы размерность правой и левой частей полученного уравнения была одинаковой, и выражение было однородным относительно размерностей должны выполняться условия:

$$[M] \longrightarrow a + c + e = 0;$$

$$[L] \longrightarrow -a + b - 3c + d + e = 0;$$

$$[T] \longrightarrow -2a - 2d - 2e = 0.$$

Другими словами, получили систему трех уравнений с пятью неизвестными. Нетрудно видеть,  $d = -a - e$ ,  $c = -a - e$ , т.е.  $c = d$ . Определим  $b = -3e - a$ . Тогда исходное уравнение преобразуется к виду:

$$\phi\{ E^a, L^{-3e-a}, \rho^{-a-e}, g^{-a-e}, P^e \} = 0.$$

Произведя группировку величин с одинаковыми показателями степени, получим два безразмерных критерия:

$$\left( \frac{E}{L\rho g} \right)^a, \left( \frac{P}{L^3 \rho g} \right)^e.$$

Рассмотрим аналоги из другой отрасли техники. При определении параметров очистных комбайнов, предназначенных для подземной добычи угля, важным является определение динамических параметров системы подачи комбайна. При перемещении комбайна гибким тяговым органом указанные параметры определяют низкочастотную составляющую нагрузки исполнительного органа комбайна, которая, в свою очередь, снижает устойчивый момент его привода, а следовательно, и минутную производительность комбайна. На рис. 2.2 и 2.3 приведены соответственно конструктивная схема перемещения комбайна и расчетная схема системы перемещения. При этом модель системы перемещения очистного комбайна с гибким тяговым органом можно представить в виде дифференциального уравнения второго порядка с правой частью, представляющей собой внешнее возмущение, [6]:

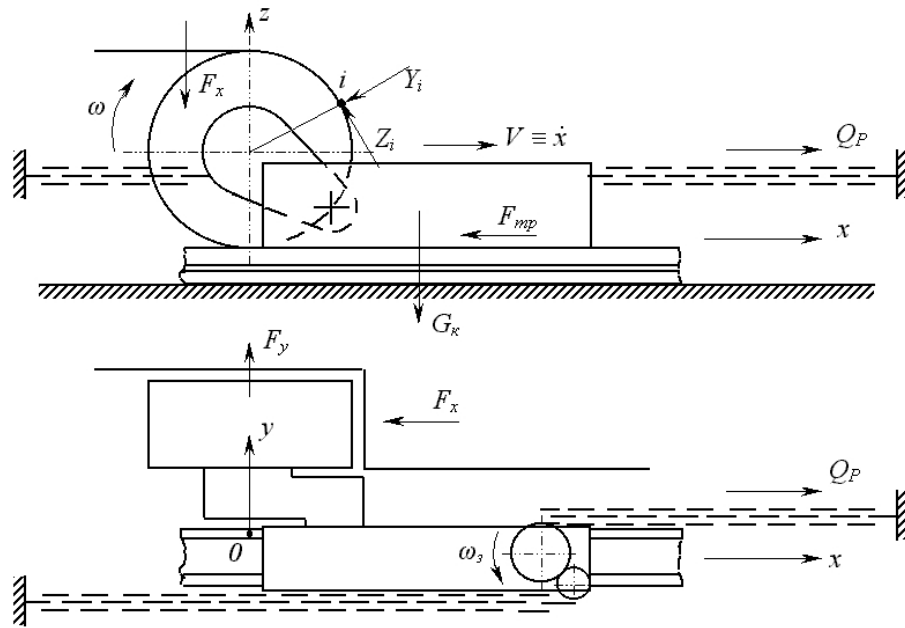


Рис.2.2 - Конструктивная схема очистного комбайна

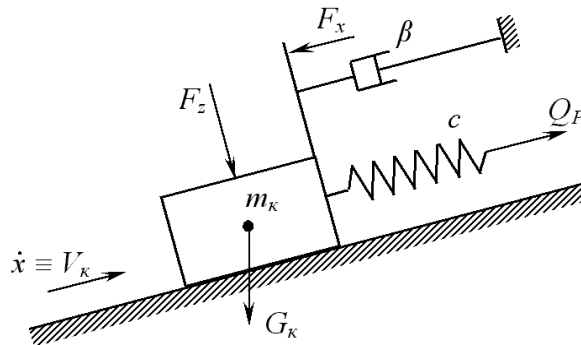


Рис.2.3 - Расчетная схема математической модели системы перемещения очистного комбайна с гибким тяговым органом

$$m x'' + \beta x' + cx = F(t),$$

где  $m$  – масса движущейся системы или ее части;  $x$ ,  $x'$ ,  $x''$  – соответственно перемещение, скорость и ускорение системы или ее части;  $\beta$  – величина, характеризующая рассеяние энергии системой, или диссипативная характеристика системы;  $c$  – коэффициент жесткости системы или ее части;  $F(t)$  – внешнее возмущение.

Рассмотрим, что представляют собой слагаемые в полученном дифференциальном уравнении:

$mx''$  – сила, обусловленная ускорением системы или ее части;

$\beta x'$  – сила, обусловленная скоростью системы или ее части;

$cx$  – сила, обусловленная упругими свойствами системы или ее части.

Поскольку  $m \neq 0$ , то разделив обе части уравнения на массу системы или ее части, получим уравнение в стандартном виде:

$$x'' + 2nx' + \omega^2 x = f(t).$$

Рассматривая обработку заготовок на токарно-винторезном станке и прогнозируя параметры качества обработанных поверхностей, составим модель продольного перемещения суппорта станка и ее расчетную схему, рис. 2.4, 2.5. При этом нас будут интересовать продольные колебания суппорта, оказывающие влияние на шероховатость обработанной поверхности. Нетрудно заметить, что математическая модель будет аналогичной рассмотренной выше для очистного комбайна. Имея решение и анализ модели для очистного комбайна, [6], можно прогнозировать и параметры модели токарно-винторезного станка, как подобного объекта.

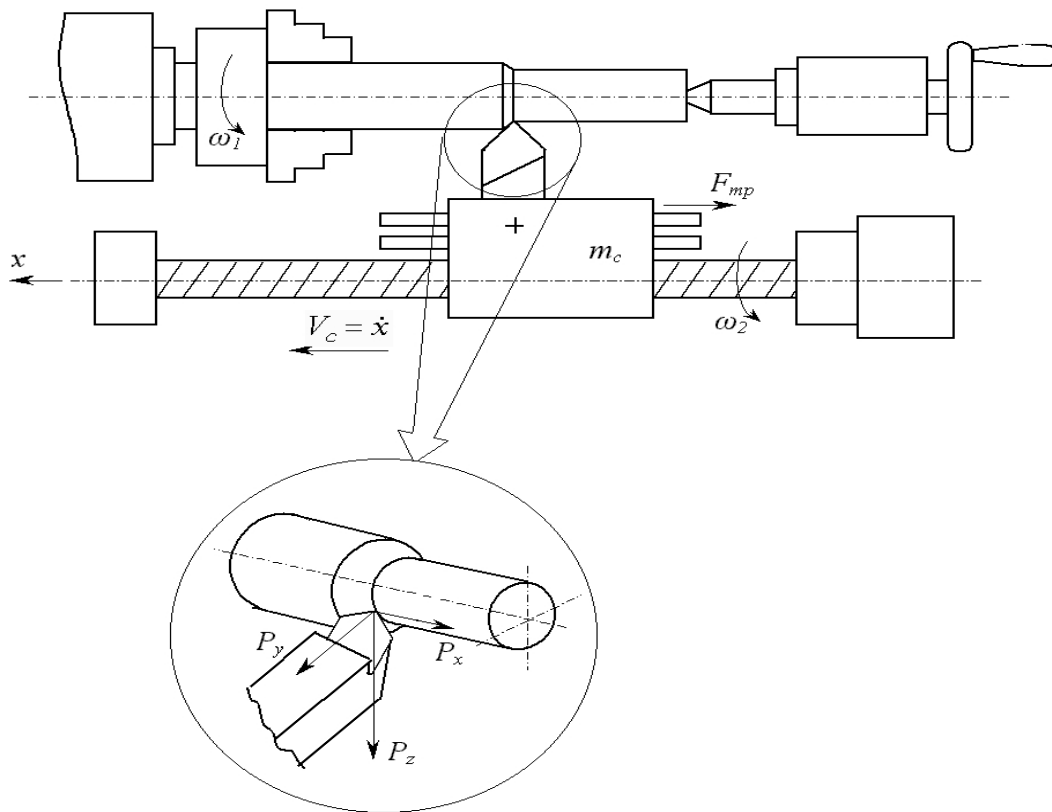


Рис.2.4 - Конструктивная схема токарно-винторезного станка

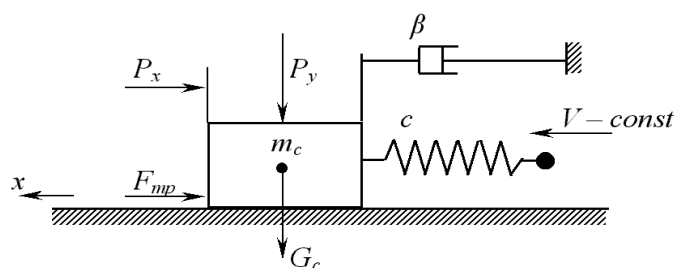


Рис.2.5 - Расчетная схема математической модели перемещения суппорта токарно-винторезного станка

Рассмотрим метод аналогов из различных отраслей науки и техники. В соответствии с [7] механические системы можно заменять их электрическими аналогами. При этом самоиндукция  $L$  является аналогом массы  $m$ , электрический заряд  $q$  – линейного перемещения  $x$ , ток  $i$  – мгновенной скорости  $x'$ , э.д.с.  $e$  – внешнего возмущения  $F$ , электрическая емкость  $C$  – податливости  $\lambda$  (величины, обратно пропорциональной коэффициенту жесткости системы). При этом соблюдается закон сохранения энергии, т.е. мощность электрического аналога равна мощности механической системы. Для механической системы с одной степенью свободы, см. рис. 2.5, электрический аналог представлен на рис. 2.6.

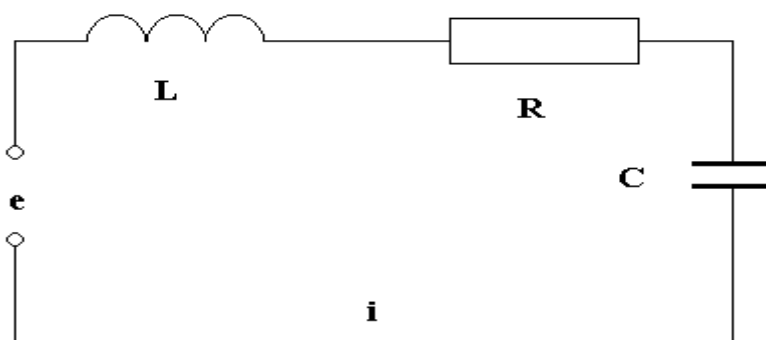


Рис.2.6- Электрический аналог динамической механической системы

Сравнительный анализ сил, действующих в рассматриваемых системах, приведен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Силы, действующие в механической системе и ее электрическом аналоге

Механическая система	Электрический аналог
сила инерции - $m \cdot d^2x/dt^2$ ; сила сопротивления - $\beta \cdot dx/dt$ ; сила упругого элемента - $x/\lambda$ . <u>Принцип Даламбера:</u> $m \cdot d^2x/dt^2 + \beta \cdot dx/dt + x/\lambda = F(t)$ .	э.д.с. самоиндукции - $L \cdot d^2q/dt^2$ ; э.д.с. сопротивления - $R \cdot dq/dt$ ; э.д.с. емкости - $q/C$ . <u>Закон Кирхгофа:</u> $L \cdot d^2q/dt^2 + R \cdot dq/dt + q/C = e$ .

Таким образом, прогнозировать параметры механической системы и их влияние на ее динамические свойства можно с использованием электрических аналогов. Это свойство нашло широкое использование для моделирования мехатронных систем в среде Matlab (“Simulink”).

## 2.3 Корреляция и регрессия

Если при изменении одной величины другая величина изменяет свое среднее арифметическое значение, то связь между ними называется корреляционной. Например, изменение настроенного размера станка приводит к изменению положения центра рассеяния размеров. Степень влияния изменения входной величины  $x$  на выходную  $y$  оценивается корреляционным моментом, или ковариацией,  $C_{xy}$ :

$$C_{xy} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N N_{xy} (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( x_i \sum_{i=1}^N N_{xy} y_i \right) - \bar{X}\bar{Y},$$

где  $N$  – общее количество наблюдений (объем выборки);  $N_{xy}$  – частота появления каждой пары значений  $x$  и  $y$ ;  $\bar{X}, \bar{Y}$  – средние арифметические значения величин  $x_i$  и  $y_i$  в выборках;

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N N_x x_i; \quad \bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N N_y y_i;$$

$N_x, N_y$  – частота появления значений  $x_i$  и  $y_i$ .

Теснота корреляционной связи определяется с помощью коэффициента корреляции  $r_{xy}$ :

$$r_{xy} = C_{xy} / (S_x S_y),$$

где  $S_x, S_y$  – соответственно среднее квадратическое отклонение значений  $x_i$  и  $y_i$  в выборке;

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N N_x x_i^2}{N} - \bar{X}^2}; \quad S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N N_y y_i^2}{N} - \bar{Y}^2}.$$

Определив значение коэффициента корреляции, делают вывод. При  $|r_{xy}| \rightarrow 0$  корреляционная связь ослабевает, при  $|r_{xy}| \rightarrow 1$  зависимость между величинами стремится к функциональной.

Рассмотрим пример. На операцию точения валика  $\varnothing 20$  мм поступают заготовки с различным припуском на обработку. Станок настроен на указанный размер, результаты замеров приведены в таблице 2.3. Задача - определить степень взаимосвязи между величинами.

Таблица 2.3 - Исходные данные

№ детали	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Величина припуска, мкм	150	143	185	122	135	155	175	190	105
Отклонения от размера, мкм	28	15	26	17	12	20	30	28	4

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
130	188	132	168	110	170	188	125	108	145	150	135
20	35	6	26	10	35	38	12	22	20	18	10

22	23	24	25
155	165	115	110
30	28	5	20

Построим корреляционное поле в системе координат  $xu$  (соответственно припуск и отклонение размера), рис.2.7.

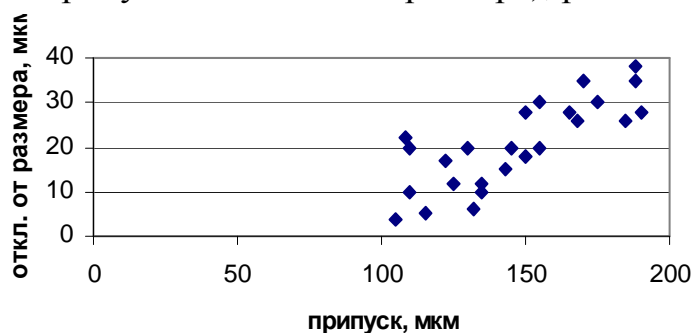


Рис. 2.7 - Корреляционное поле

По экспериментальным данным строим корреляционную таблицу 2.4. со строками для вычислений статистических характеристик. Для упрощения вычислений применим метод «условного нуля», произведя замену переменных:

$$\tilde{x}_i = \frac{x_i - a_x}{\Delta x}; \tilde{y}_i = \frac{y_i - a_y}{\Delta y},$$

где значения  $a_x$  и  $a_y$  принимаем по серединам интервалов с наибольшей частотой попадания  $x_i$  и  $y_i$ , т.е. 150 и 20 мкм соответственно, см. таблицу 2.4. Здесь  $\Delta x$  и  $\Delta y$  – соответственно интервалы значений  $x$  и  $y$ .

Таблица 2.4 - Корреляционная таблица для рассматриваемого примера

Ин-тервалы у, мкм	Се-ре-дина ин-тер-вала $\bar{y}$ , мкм	Значе-ния $\tilde{y}_i$	Интервалы $x_i$ , мкм					$N_y$	$N_y \tilde{y}_i$	$N_y (\tilde{y}_i)^2$
			100	120	140	160	180			
			120	140	160	180	200			
			Середина интервалов, мкм							
			110	130	150	170	190			
			Значения $\tilde{x}_i$							
			-2	-1	0	1	2	1	2	3
0-8	4	-2	2	1				3	-6	12
8-16	12	-1	1	3	1			5	-5	5
16-24	20	0	2	2	3	1		8	0	0
24-32	28	1			1	3	2	6	6	6
32-40	36	2				1	2	3	6	12
<b>ИТОГО</b>								<b>25</b>	<b>1</b>	<b>35</b>
Номера строк	1	$N_x$	5	6	5	5	4	<b>25</b>	<b>ИТОГО</b>	
	2	$N_x \tilde{x}_i$	-10	-6	0	5	8	<b>-3</b>		
	3	$N_x (\tilde{x}_i)^2$	20	6	0	5	16	<b>47</b>		
	4	$\sum N_{xy} \tilde{y}_i$	-5	-5	0	5	6	<b>1</b>		
	5	$\tilde{x} \sum N_{xy} \tilde{y}_i$	10	5	0	5	12	<b>32</b>		

Вычисления в строке № 4 корреляционной таблице производятся следующим образом:

$$\sum N_{xy} \tilde{y}_i = \tilde{y}_1 N_{11} + \tilde{y}_2 N_{12} + \tilde{y}_3 N_{13} + \dots$$

По результатам обработки данных в корреляционной таблице определяем все величины, необходимые для расчета коэффициента корреляции:

$$\bar{\tilde{X}} = \frac{\sum N_x \tilde{x}_i}{N} = -3/25 = -0,12; \quad \bar{\tilde{Y}} = \frac{\sum N_y \tilde{y}_i}{N} = 1/25 = 0,04;$$

$$\tilde{C}_{xy} = \frac{\sum (\tilde{x}_i \sum N_{xy} \tilde{y}_i)}{N} - \bar{\tilde{X}} \bar{\tilde{Y}} = 32/25 + 0,12 \cdot 0,04 = 1,28;$$

$$\tilde{S}_x = \sqrt{\frac{\sum N_x (\tilde{x}_i)^2}{N} - \bar{\tilde{X}}^2} = \sqrt{47/25 - (-0,12)^2} = 1,37;$$

$$\tilde{S}_y = \sqrt{\frac{\sum N_y (\tilde{y}_i)^2}{N} - \bar{\tilde{Y}}^2} = \sqrt{35/25 - 0,04^2} = 1,18.$$

Тогда  $r_{xy} = \frac{\tilde{C}_{xy}}{\tilde{S}_x \tilde{S}_y} = \frac{1,28}{1,37 \cdot 1,18} = 0,79$ , что свидетельствует о

существенной связи между исследуемыми параметрами.

Конечной целью анализа является определение аналитического выражения, связывающего коррелируемые параметры, в нашем случае параметры, характеризующие технологический процесс и качество изготовленных деталей, в условиях влияния случайных факторов.

При этом вид зависимости может быть известен или не известен заранее. Однако в любом случае аналитическое выражение, так называемое уравнение регрессии, должно удовлетворять условию: сумма квадратов отклонений опытных данных от теоретических их значений (полученных по регрессионной зависимости) должна быть наименьшей (метод наименьших квадратов), т.е.

$$\sum_{i=1}^N (y_i^{\text{э}} - y_i^{\text{м}})^2 \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

где  $y_i^{\text{э}}$ ,  $y_i^{\text{м}}$  – экспериментальные и теоретические значения  $y_i$ .

В самом простом случае – линейной зависимости,

$$y = bx + a,$$

из условия (2.1), взяв первые частные производные от суммы по двум неизвестным параметрам  $a$  и  $b$  и приравняв их нулю, получаем систему уравнений для нахождения указанных коэффициентов:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N y_i &= b \sum_{i=1}^N x_i + aN \\ \sum_{i=1}^N y_i x_i &= b \sum_{i=1}^N x_i^2 + a \sum_{i=1}^N x_i \end{aligned} \quad (2.2)$$

В случае, когда строится модель зависимости  $y$  от  $n$  факторов

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n,$$

то для расчета значений коэффициентов  $b_0, b_1, \dots, b_n$  необходимо составить и решить систему из  $(n+1)$  уравнения:



$$b_0 \sum_{i=1}^N x_{1i} + b_1 \sum_{i=1}^N x_{1i}^2 + b_2 \sum_{i=1}^N x_{1i} x_{2i} + \dots + b_n \sum_{i=1}^N x_{1i} x_{ni} = \sum_{i=1}^N x_{1i} y_i,$$

$$b_0 \sum_{i=1}^N x_{2i} + b_1 \sum_{i=1}^N x_{1i} x_{2i} + b_2 \sum_{i=1}^N x_{2i}^2 + \dots + b_n \sum_{i=1}^N x_{2i} x_{ni} = \sum_{i=1}^N x_{2i} y_i,$$

.....

$$b_0 \sum_{i=1}^N x_{ni} + b_1 \sum_{i=1}^N x_{1i} x_{ni} + b_2 \sum_{i=1}^N x_{2i} x_{ni} + \dots + b_n \sum_{i=1}^N x_{ni}^2 = \sum_{i=1}^N x_{ni} y_i,$$

$$b_0 N + b_1 \sum_{i=1}^N x_{1i} + b_2 \sum_{i=1}^N x_{2i} + \dots + b_n \sum_{i=1}^N x_{ni} = \sum_{i=1}^N y_i.$$

Для рассмотренного нами примера, воспользовавшись системой уравнений (2.2) и взяв данные из таблицы 2.4, получим:

$$\sum_{i=1}^N y_i = \sum_{i=1}^N N_y \tilde{y}_i = 1;$$

$$\sum_{i=1}^N x_i = \sum_{i=1}^N N_x \tilde{x}_i = -3;$$

$$\sum_{i=1}^N x_i^2 = \sum_{i=1}^N N_x \tilde{x}_i^2 = 47;$$

$$\sum_{i=1}^N x_i y_i = \sum_{i=1}^N \left( \tilde{x}_i \sum_{i=1}^N N_{xy} \tilde{y}_i \right) = 32.$$

В результате получаем систему уравнений:

$$-3b + 25a = 1;$$

$$47b - 3a = 32,$$

откуда  $a = 0,122$  и  $b = 0,66$ . Учитывая, что значения  $\tilde{x}$  и  $\tilde{y}$  получены заменой переменных, рассчитаем значения коэффициентов  $a_0$  и  $b_0$  в нормальных переменных:

$$b_0 = b \frac{\Delta_y}{\Delta_x} = 0,66 \cdot \frac{8}{20} = 0,264;$$

$$a_0 = a_y + \Delta_y a - b \frac{\Delta_y}{\Delta_x} a_x = 20 + 8 \cdot 0,122 - 0,66 \frac{8}{20} 150 = -19,3 \text{ мкм.}$$

Тогда зависимость между величиной припуска и погрешностью при наружном точении будет описываться уравнение вида:

$$\bar{y} = 0,264x - 19,3,$$

используя которую можно прогнозировать изменения погрешности и при других значениях припуска. Однако при экстраполяции полученных зависимостей за пределы имеющихся данных необходима экспериментальная проверка или подходящее теоретическое исследование.

Следует помнить еще об одной «ловушке». Даже если коэффициент корреляции высок, это совсем не обязательно указывает на причинно-следственную связь. Возможны так называемые «ложные корреляции».

## 2.4 Аппроксимация с помощью электронных таблиц

Данные наблюдений можно аппроксимировать аналитической функцией, удобной для осуществления прогноза изменения рассматриваемых параметров. При этом удобно пользоваться электронными таблицами MS Excel.

Рассмотрим пример. Скорость обработки  $v$  (м/мин) при сварке лазерным излучением оказывает влияние на глубину проплавления  $h$  (мм).

Первым шагом к построению аппроксимирующей кривой является заполнение рабочего листа электронной таблицы, как показано в таблице 2.5.

Таблица 2.5- Исходные данные аппроксимации

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	$v$ , м/мин	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9
2	$h$ , мм	3,0	2,6	2,9	2,5	2,5	2,0	1,8	1,6	1,4	1,5

Для построения кривой используем «Мастер диаграмм», в котором выбираем стандартную точечную диаграмму со сглаживающими кривыми. В рядах значений следует указать:

- значения X - B1:K1;
- значения Y - B2:K2,

т.е. соответственно значения первой и второй строк таблицы 2.5.

После построения диаграммы и определения ее вида следует аппроксимировать диаграмму. Для этого следует выделить на диаграмме «Область построения диаграммы», щелкнув на не левой

кнопкой мыши один раз. Затем, щелкнув правой кнопкой мыши один раз, выбрать на вкладке «Добавить линию тренда». После этого следует произвести настройку линии тренда:

- выбрать на вкладке «Тип», например, как в данном случае, степенную аппроксимацию;
- выбрать на вкладке «Параметры» «Показывать уравнение на диаграмме», «ОК».

Результат аппроксимации показан на рис. 2.8.

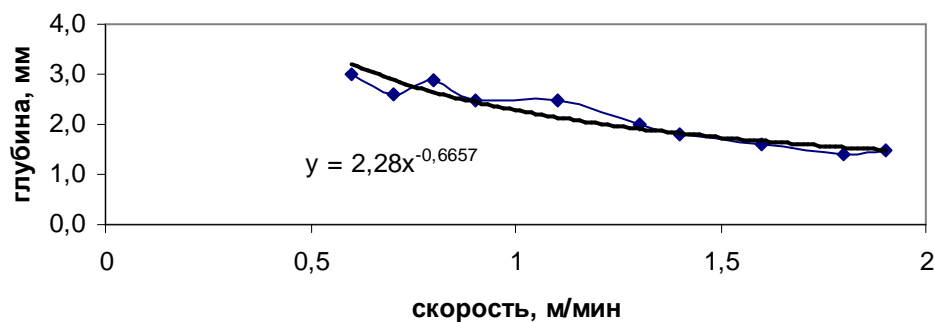


Рис. 2.8 - Результат аппроксимации

На диаграмме показаны как исходная диаграмма (ломаная линия), так и аппроксимирующая кривая.

Функция, аппроксимирующая исследуемый процесс, может быть представлена выражением:

$$\bar{y} = 2,28x^{-0,6657}$$

Полученной с помощью MS Excel зависимостью можно воспользоваться и для прогнозирования тенденции изменения функции. При этом на вкладке «Параметры» можно построить прогноз на несколько шагов назад или вперед. При этом не следует забывать о тех предостережениях, которые были высказаны в конце предыдущего параграфа!

## 2.5 Прогнозирование номенклатуры продукции

Особое место в прогнозировании занимает прогнозирование номенклатуры продукции. Этот прогноз можно осуществить с помощью частотного анализа, который также легко реализуется с помощью электронных таблиц MS Excel. При обработке маркетинговых данных часто возникает вопрос: «Насколько часто объемы выпуска продукции различных типоразмеров соответствует потребностям рынка?».

При этом возможно использовать опять же электронную таблицу. Рассмотрим пример. Машиностроительный завод выпускает несколько типоразмеров очистных комбайнов для добычи угля подземным способом. При этом необходимо спланировать объем выпуска данной продукции на основе анализа распределения горно-технологических условий угольных пластов, а именно, мощности пластов того или иного региона, для которого предназначены комбайны.

Например, необходимо определить сколько комбайнов соответствующих типоразмеров необходимо для оснащения очистных забоев шахт ГП «Донецкуголь». Заполним рабочий лист электронной таблицы, как показано в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Исходные данные для определения номенклатуры продукции

	A	B	C	D	E	F
1	Мощность пластов региона, м				Границы пределов регулирования, м	Число машин в группах, шт.
2						
3	1,43	0,7	0,92	0,9	0,5	
4	0,7	2,22	1,52	1,05	0,8	
5	1,5	1,1	0,98	0,8	1,2	
6	1,99	0,73	1,35	1,26	1,6	
7	0,9	0,8	1,65	0,95	2	
8	1,15	0,75	1,41	0,97	2,5	
9	1,2	1,4	1,27	1,91		
10	0,7	0,78	1,7	0,85		

В таблице 2.6 также указаны также границы пределов регулирования исполнительных органов комбайнов, которые определяют тот или иной типоразмер машин, выпускаемых заводом.

Далее используем функцию **ЧАСТОТА** (массив данных; двоичный массив), где массив данных – множество значений блока A3:D10, а двоичный массив – блока E3:E8. Определим число комбайнов (машин) в группах.

Для этого, поскольку групп данных на две больше интервалов двоичного массива, сделаем следующее:

- выделим блок F3:F8;
- в строке формул наберем формулу

=ЧАСТОТА(A3:D10;E3:E8);

- введем данную формулу, нажав комбинацию клавиш **Ctrl+Shift+Enter**.

Результат прогноза будет следующим, таблица 2.7.

Таблица 2.7- Результат анализа номенклатуры выпуска

	A	B	C	D	E	F
1	Мощность пластов региона, м				Границы пределов регулирования, м	Число машин в группах, шт.
2						
3	1,43	0,7	0,92	0,9	0,5	0
4	0,7	2,22	1,52	1,05	0,8	8
5	1,5	1,1	0,98	0,8	1,2	11
6	1,99	0,73	1,35	1,26	1,6	8
7	0,9	0,8	1,65	0,95	2	4
8	1,15	0,75	1,41	0,97	2,5	1
9	1,2	1,4	1,27	1,91		
10	0,7	0,78	1,7	0,85		

Из таблицы 2.7. следует, что выпускать комбайны с пределом регулирования исполнительного органа по мощности пласта менее 0,5 м не целесообразно. С использованием данной таблицы можно составить рациональный план выпуска очистных комбайнов и запасных частей к ним.

## 2.6 Нормативные методы проектирования

В связи с усложнением техники, технологии ее изготовления становится необходимым программно-целевой способ управления производством, исходя из конечной цели, основой которого является нормативный (экономически ориентированный) метод управления. Сущность данного метода заключается в управлении на основе заданных конечных результатов по конкретным технико-экономическим показателям, [8]. Увязка экономических и технических показателей становится обязательной для создания перспективных образцов техники.

Для обеспечения указанной увязки акад. Кочетовым И.В. рекомендуется использовать следующие принципы:

- пропорциональности стоимостных показателей соответствующим затратнообразующим техническим (натуральным) показателям производственных ресурсов (конструктивной массе техники, трудоемкости ее эксплуатации, энергоемкости и материалоемкости производимой продукции),
- исключения размерностей показателей сопоставляемых образцов техники.

В соответствии с первым принципом стоимость продукции или работы, производимой с помощью сопоставляемых образцов техники, расчленена на такие группы экономических элементов затрат, которые пропорциональны техническим показателям образцов, то есть расходам основных видов ресурсов. В соответствии со вторым принципом использован индексный метод сопоставления вариантов аналогичных образцов техники с помощью безразмерной функции эффективности, отражающей зависимость результата производства от затрат, выраженных суммой произведений индексов стоимостных и натуральных (технических) показателей.

Для выбора основных параметров проектируемого оборудования используются принципы: нормирования исходных технико-экономических требований к создаваемой технике как ориентира для проектирования по заданной эффективности, соизмерения общественной необходимости экономии ресурсов и научно-технической возможности создания прогрессивной техники для нормирования, унификации системы технико-экономических расчетов на всех стадиях создания техники для соизмерения необходимости и возможности создания прогрессивной техники.

Первый принцип предусматривает перевод задаваемых конечных результатов создания и эксплуатации техники в исходные требования к ней и возведение их в ранг обязательных технико-экономических ориентиров для последующей разработки проектной документации. Эти нормативы оформляются в виде технических требований заявки, технического или проектного задания.

Второй принцип предусматривает выбор рационального технико-экономического задания на нормирование требований из отечественных прогнозных вариантов развития экономики и зарубежных прогнозов развития аналогичных видов техники на основе соизмерения результатов прогнозирования. Согласно этому в качестве базы для прогнозирования параметров разрабатываемого (конкурентоспособного) образца принимается тот перспективный (прогнозный) аналог, который обладает наивысшей технико-экономической характеристикой.

Третий принцип необходим для обеспечения соизмеримости результатов расчетов эффективности разнородных объектов анализа, образующих организационные и технические системы, путем унификации расчетов. Унификация основана на едином критерии оценки эффективности производства, новой техники и качества продукции. Таким критерием является рост производительности общественного или совокупного труда (живого труда, энергии, материалов и др.), то есть количества продукции или работы (с

учетом ее качества), производимой на единицу совокупных затрат в новом варианте производства по отношению к базовому. Следовательно, унификация расчетов распространяется и на основные показатели эффективности функционирования исследуемых объектов. В качестве расчетного критерия выступает уровень эффективности или его разновидности: технико-экономический уровень (ТЭУ), уровень конкурентоспособности. Разновидности отличаются только базой сопоставления: для оценки эффективности обновления производства или техники используется уровень эффективности, а базой служит заменяемый вариант; для аттестации или сертификации продукции используется ТЭУ, а базой является мировой образец; для определения уровня конкурентоспособности в качестве базы принимается лучший образец данного рынка.

Под ТЭУ понимается относительная характеристика технического совершенства и потенциальной эффективности техники, полученная в результате сопоставления значений совокупности функционально взаимосвязанных технических и экономических показателей оцениваемого и лучшего в мире аналогов. Численное значение ТЭУ ( $I$ ) обратно индексу стоимости продукции (с учетом качества) в новом варианте производства при сопоставлении с базовым. При  $I > 1$  на новом оборудовании производится больше продукции на единицу совокупных затрат, чем на базовом. При этом достигается экономический эффект замены базового образца новым и прибыль в новом варианте производства. При  $I < 1$  наблюдается убыток.

Для оценки технико-экономического уровня продукции применяют стоимостной и параметрический методы.

Первый из указанных методов основан на расчете удельных затрат по значениям расценок на используемые ресурсы, а второй – на расчете индексов технических параметров осваиваемого образца техники по отношению к параметрам базового.

Независимо от метода полные затраты разделяют на группы экономических элементов затрат по основным видам используемых ресурсов, приблизительно пропорциональных массе продукции, трудоемкости ее изготовления, расходу энергии и основным материалам.

При использовании стоимостного метода оперируем стоимостной и технической информацией по сопоставляемым образцам техники. При параметрическом методе неопределенность стоимостной информации при международном сопоставлении образцов однородной техники нивелируется.

При **стоимостном методе** ТЭУ продукции определяется индексом удельных затрат совокупного труда, рассчитанных в стоимостной форме по группам экономических элементов затрат. Каждая группа затрат представляет произведение расценки  $a_i$  (цены единицы)  $i$ -го ресурса на его удельный расход (на единицу полезного эффекта: продукта или работы) в натуральном выражении:

$$Z = \left( a_o m k_m n_p k_p + a_T \frac{T}{k_{ym}} k_3 + a_3 \mathcal{E} k_c + a_m m_n \right) k_{нов},$$

где  $a_o, a_T, a_3, a_m$  – расценки используемых ресурсов соответственно на создание продукции (оборудования), на трудозатраты при ее применении, на энергию и основные материалы в процессе применения продукции, грн./ед. ресурса;  $m, T, \mathcal{E}, m_n$  – индексы удельных показателей ресурсоемкости – материалоемкости техники, трудоемкости, энергоемкости применения, материалоемкости конечной продукции;  $k_m$  – коэффициент учета затрат на доставку, монтаж и наладку оборудования;  $n_p$  – норма отчислений на реновацию продукции;  $k_p$  – коэффициент учета затрат на ремонт и техническое обслуживание продукции;  $k_3$  – коэффициент учета дополнительной заработной платы, начислений на социальное страхование и выплат из фондов общественного потребления;  $k_{ym}$  – коэффициент условий труда, влияющих на его производительность в зависимости от эргономичности и эстетичности рабочего места;  $k_c$  – коэффициент учета расхода смазочных, охлаждающих и других вспомогательных материалов;  $k_{нов}$  – коэффициент учета прочих цеховых, общезаводских и внепроизводственных расходов.

Технико-экономический уровень продукции:

$$I = \frac{q_n}{q_б},$$

где  $q_n, q_б$  – соответственно значения интегральных показателей качества для соответственно нового и базового видов продукции. Интегральные показатели качества, в свою очередь, обратно пропорциональны значениям  $Z$  по каждому сравниваемому виду продукции.

При **параметрическом методе** ТЭУ продукции определяется с помощью безразмерных параметров, получаемых делением уровня полезности на уровень стоимости всей продукции, производимой новым образцом техники:



$$I = \frac{P}{\frac{u_o m}{\tau} \alpha + u_T \frac{l}{k_{ym}} \beta + u_\omega \omega \gamma + u_r r \delta},$$

где  $p = P_H/P_0$  – уровень комплексного показателя результата применения (производительности) нового образца в сравнении с базовым с учетом надежности;  $m = M_H/M_0$  – уровень массы нового образца по отношению к базовому;  $l = L_H/L_0$  – уровень трудоемкости обслуживания нового образца в эксплуатации (по отношению к базовому);  $k_{ym} = k_{ym}^H/k_{ym}^0$  – коэффициент условий труда;  $\omega = W_H/W_0$  – уровень суммарного расхода энергии (топлива) новой техникой;  $r = R_H/R_0$  – уровень расхода сырья, основных и вспомогательных материалов для новой продукции;  $\tau = T_H/T_0$  – уровень срока службы (долговечности) нового образца техники;  $u_o$  – индекс затрат, пересчитанных на единицу массы нового образца, включающих амортизационные отчисления, стоимость ремонтов, монтажа, демонтажа, транспортировки;  $u_T$  – индекс тарифных ставок рабочих, обслуживающих новую технику, по сравнению со ставками при эксплуатации базового образца;  $u_\omega$  – индекс расценок на энергию при использовании новой техники с учетом расхода энергии различающихся энергоносителей;  $u_r$  – индекс затрат на единицу массы материалов;  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  – удельные веса групп элементов сметы затрат, пропорциональные соответственно массе, трудоемкости обслуживания, мощности и расходу материалов новой продукции в составе ее себестоимости. Их сумма образует характеристическое уравнение производства, технологического процесса или операции:

$$\alpha + \beta + \gamma + \delta = 1.$$

Здесь  $\alpha$  – амортизация основных производственных фондов и прочие расходы;  $\beta$  – заработная плата основная и дополнительная, а также отчисления на социальное страхование;  $\gamma$  – топливо и энергия;  $\delta$  – сырье и основные материалы, а также вспомогательные материалы. Определяются по результатам анализа затрат на производство продукции базового варианта.

## 2.7 Оптимальный уровень параметров продукции

При прогнозировании параметров продукции следует стремиться к достижению ее оптимальных параметров. Под оптимальным значением параметров продукции будем понимать такие значения, при которых достигается один из ниже перечисленных результатов:

- наибольший эффект от эксплуатации (потреблении) продукции при заданных затратах на ее создание и эксплуатацию (потребление);

- заданный эффект при минимально возможных необходимых затратах;

- наибольшее отношение эффекта к затратам, [18].

В данном случае под эффектом понимается полное или частичное достижение определенных технических, экономических и (или) социальных целей.

Достижение оптимальных значений параметров продукции должно также производиться из целесообразности увеличения показателей технического уровня и качества продукции, при которых сроки ее физического и морального износа совпадали бы.

В зависимости от уровня качества продукции изменяются затраты на ее производство, а также изменяется и значение эффекта от ее эксплуатации (потребления), рис. 2.9.

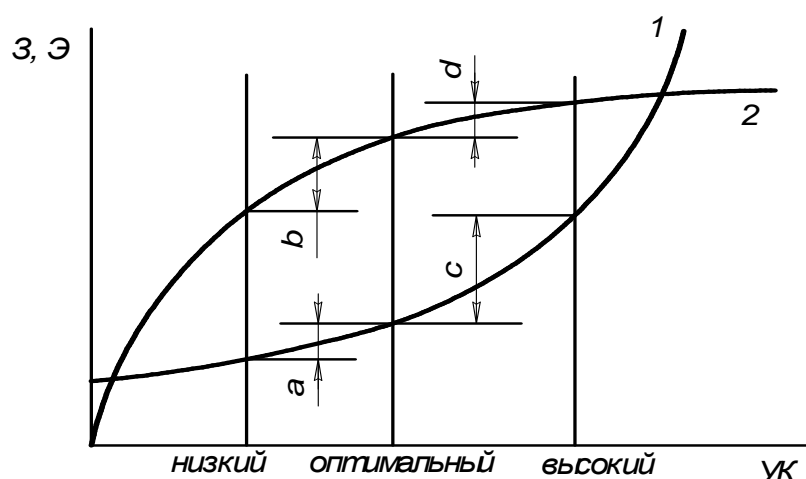


Рис. 2.9 - Зависимость затрат и эффекта от уровня качества продукции (1- затраты на повышение качества; 2 – эффект от эксплуатации)

При низком техническом и качественном уровне продукции производитель все равно несет определенные затраты на ее изготовление (затраты на материалы, электроэнергию, заработную плату и т.д.). С повышением уровня качества данные затраты начинают медленно возрастать, поскольку имеющиеся производственные мощности и квалификационный уровень персонала легко справляются с поставленными целями. В дальнейшем указанные затраты начинают резко возрастать и достигают такого предела, при котором ни оборудование, ни персонал не в состоянии обеспечить установленного уровня

качества (недостижимо высокий уровень). Затраты устремляются в бесконечность.

Эффективность продукции низкого качества практически равна нулю, поскольку такая продукция не устраивает потребителя. По мере роста качества эффективность продукции в эксплуатации будет возрастать. Однако при достижении определенного уровня качества скорость возрастания эффекта начинает стремиться к нулю. Следовательно, дальнейшее повышение технического уровня и качества продукции становится экономически нецелесообразным.

Оптимальный уровень параметров продукции показан на рис. 2.9. Изменение уровня качества продукции от оптимального к более низкому определяет соответствующее уменьшение затрат на обеспечение качества на величину  $a$  и одновременно приводит к снижению эффекта от эксплуатации на величину  $b$ , причем  $b > a$ . При увеличении уровня качества от оптимального происходит увеличение затрат на величину  $c$  с одновременным увеличением эффекта на величину  $d$ . Однако  $c > d$ , т.е. стремление к слишком высокому качеству вызывает необоснованное увеличение затрат.

В общем виде затраты на продукцию складываются из затрат на ее изготовление и на эксплуатацию (потребление), рис. 2.10.

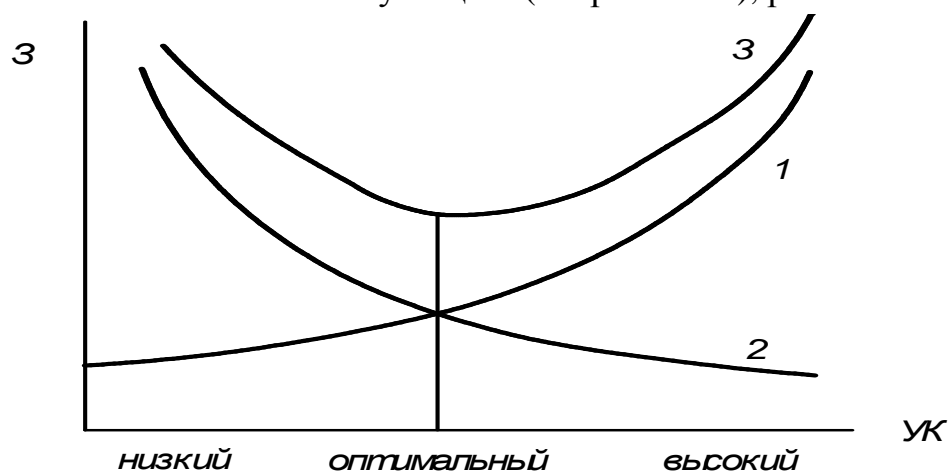


Рис. 2.10 - Зависимость затрат от уровня качества продукции (1 – затраты на изготовление продукции; 2 – затраты на эксплуатацию; 3- суммарные затраты).

Оптимальный уровень качества продукции будет таким, при котором суммарные затраты будут наименьшими.

Качество продукции проявляется при ее эксплуатации (потреблении). При этом уровень качества может быть ниже реально необходимого. Возможен также вариант, при котором уровень качества продукции превышает реально необходимый. При полном соответствии уровня качества продукции требованиям потребителя

потребности удовлетворяются с наименьшими затратами. Таким образом, оптимальный уровень качества будет таким, выше или ниже которого производить продукцию экономически нецелесообразно.

Следует отметить, что для потребителя качество продукции определяется не только ее качеством в момент приобретения, но и теми условиями, которые ему будут предоставлены в процессе эксплуатации – инструктаж, монтаж, быстрота и качество ремонта и т.д. Другими словами, уровень качества продукции должен поддерживаться на протяжении всего ее жизненного цикла, т.е. уровень качества должен устанавливаться, обеспечиваться и поддерживаться, рис. 2.11.

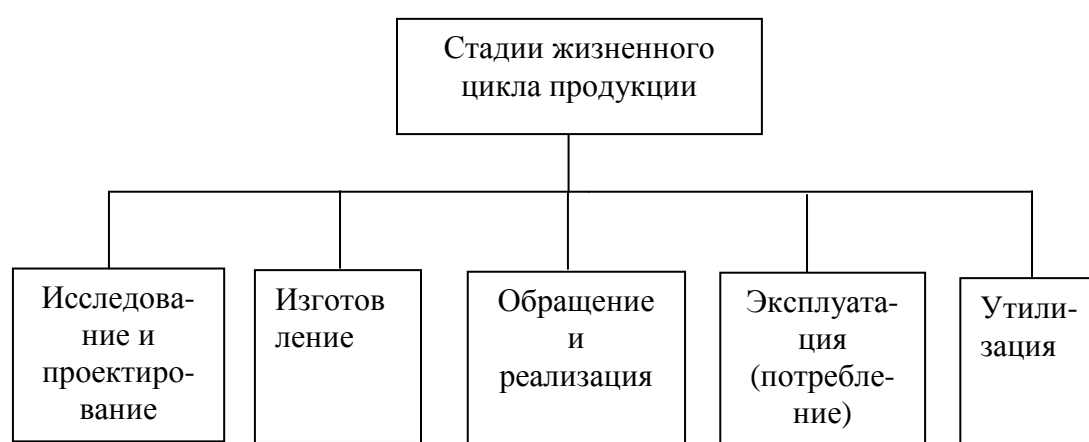


Рис. 2.11-Стадии жизненного цикла продукции

Необходимый уровень качества продукции устанавливается на стадии исследования и проектирования на основе анализа лучших мировых научно-технических достижений. На этом этапе формируются и рассчитываются основные технико-экономические и эксплуатационные показатели будущей продукции, которые закладываются в конструкторско-технологическую документацию.

На стадии изготовления качество продукции обеспечивается. Критерием оценки качества продукции на данной стадии служит степень соответствия фактических технико-экономических параметров изготовленного изделия его параметрам, заложенным в проектной документации.

Поддержание качества изготовленной продукции осуществляется на стадиях обращения и реализации, а также эксплуатации (потребления). Качество обращения и реализации складывается из качества хранения и транспортирования. Критерием оценки качества на стадии эксплуатации (потребления) служит соответствие показателей качества изделия показателям, отраженным в

технической документации, сопровождающей данное изделие, т.е. тем реальным потребностям, для удовлетворения которых оно создавалось.

В настоящее время, для поддержания надлежащего уровня качества на всех стадиях жизненного цикла изделия используется *CALS*-стратегия.

## **2.8 CALS-стратегия поддержки и управления уровнем качества продукции**

Поддержка и компьютерное сопровождение жизненного цикла изделия получили название *CALS* (Continuous Acquisition and Lifecycle Support). Назначение *CALS*-технологий - обеспечивать представление необходимой информации в нужное время, в нужном виде, в конкретном месте любому пользователю на всех этапах жизненного цикла изделия.

Внедрение *CALS* -технологий в ближайшие годы станет необходимым условием выживания промышленных предприятий Украины при существующей жесткой конкуренции товаров на международных и национальных рынках. Несоблюдение *CALS*-стандартов приведет при прочих равных условиях к заметному ухудшению потребительских свойств продукции, к увеличению себестоимости и сроков проектирования.

Идея родилась в оборонном секторе США и была названа *CALS*-стратегия Министерства обороны США. В 1984г. Министерство обороны США осознало, что компьютерная технология, поддерживающая распределенные данные и обмен информацией, является важной стратегией и для промышленности. Она должна помочь осуществлять все более сложные государственные закупки и позволит оснастить армию более надежными вооружением.

Министерство обороны рассчитывает так же снизить время на разработку сложных вооружений и ограничить стоимость поддержки изделия в эксплуатации, которая может длиться 30-40 и более лет. При этом затраты на эксплуатацию могут намного превосходить затраты на закупку изделия.

Формально программа *CALS* в США началась в 1988 г. Она предполагает, что обмен технической информацией между государственными службами, поставщиками и субподрядчиками будет осуществляться электронным способом на всем протяжении жизненного цикла изделий.

Современное производство сложных изделий машиностроения подразумевает согласованную работу многих

предприятий. Для обеспечения согласованной работы всех предприятий, участвующих в проектировании, производстве, реализации и эксплуатации изделий, используется соответствующая информационная поддержка этапов жизненного цикла изделий.

В современных условиях участниками жизненного цикла конкретного изделия могут быть юридически и территориально не связанные друг с другом предприятия. *CALS*-технологии призваны служить средством, интегрирующим существующие на предприятиях автоматизированные системы обработки информации в единую функциональную систему. Понятия изделия и его жизненного цикла являются центральными в рассматриваемой концепции производственной системы. Они лежат в основе анализа организационной структуры производственной системы, а также методологии создания новых видов сложной продукции. Более того, рассматривая саму производственную систему как сложное изделие, можно в рамках общего подхода исследовать задачу построения методологии проектирования, внедрения и сопровождения производственных систем.

Основные типы автоматизированных систем обработки информации в *CALS*, используемых в жизненном цикле изделия, представлены на рис. 2.12. Эти системы поддерживают следующие этапы и процедуры в жизненном цикле:

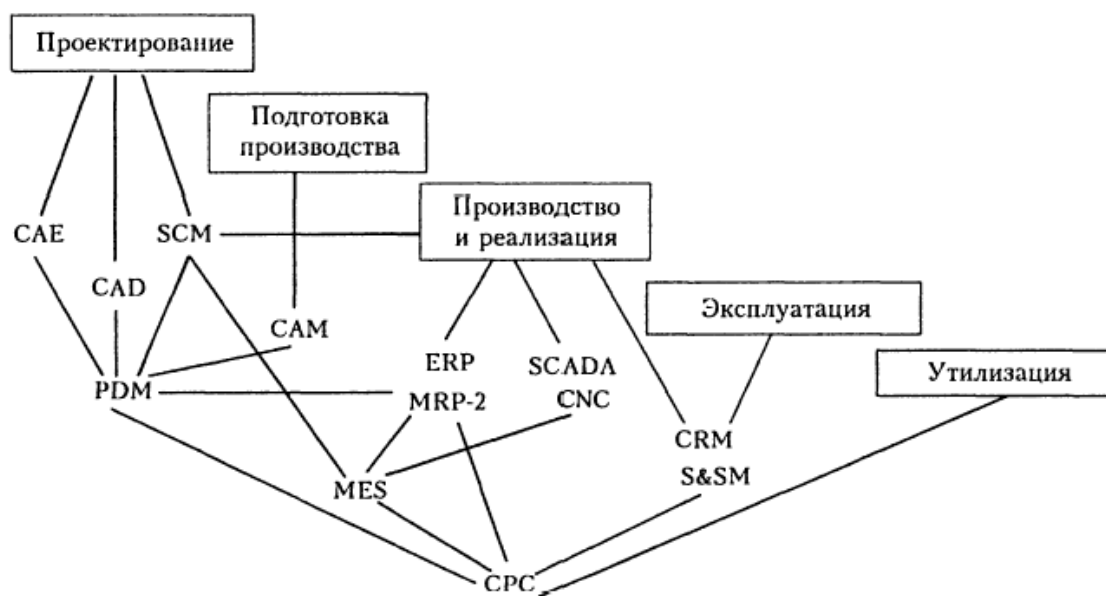


Рис. 2.12- Этапы жизненного цикла промышленных изделий и системы их автоматизации

*CAE* - Computer Aided Engineering (автоматизированные расчеты и анализ);

*CAD* - Computer Aided Design (автоматизированное проектирование);

*CAM* - Computer Aided Manufacturing (автоматизированная технологическая подготовка производства);

*PDM* - Product Data Management (управление проектными данными);

*ERP* - Enterprise Resource Planning (планирование и управление предприятием);

*MRP-2* - Manufacturing (Material) Requirement Planning (планирование производства);

*MES* - Manufacturing Execution System (производственная исполнительная система);

*SCM* - Supply Chain Management (управление цепочками поставок);

*CRM* - Customer Relationship Management (управление взаимоотношениями с заказчиками);

*SCADA* - Supervisory Control And Data Acquisition (диспетчерское управление производственными процессами);

*CNC* - Computer Numerical Control (компьютерное числовое управление);

*S&SM* - Sales and Service Management (управление продажами и обслуживанием);

*CPC* - Collaborative Product Commerce (совместный электронный бизнес).

На рис 2.13 можно видеть значимость и место элементов *CALS*. Здесь жизненный цикл изделия представлен в виде вертикального дерева последовательных этапов.

Значимость систем *CALS* в каждом этапе жизненного цикла изделия можно проследить и по рис. 2.14, этапы жизненного цикла изделия приведены здесь в виде горизонтальной цепочки событий. Из рис 2.14 видно, что наиболее используемым в большинстве различных состояний жизненного цикла изделия является *PLM*-система - *Product LifeCycle Management* (управление жизненным циклом изделия). *PLM* - это набор согласованных решений, поддерживающих в рамках предприятия совместное создание, управление, распространение и использование информации от разработки изделия до его утилизации. Здесь можно сказать, что *PLM* интегрирует процессы, системы, информацию и персонал.

Перечисленные автоматизированные системы могут работать автономно, и в настоящее время так обычно и происходит. Однако эффективность автоматизации будет заметно выше, если данные генерируемые в одной из систем, будут доступны в других системах,

поскольку принимаемые в них решения станут более обоснованными.

Чтобы достичь должного уровня взаимодействия промышленных автоматизированных систем, требуется создание единого информационного пространства не только на отдельных предприятиях, но и, что более важно, в рамках объединения предприятий. Единое информационное пространство обеспечивается благодаря унификации как формы, так и содержания информации о конкретных изделиях на различных этапах их жизненного цикла.

Рассмотрим пошаговую реализацию концепции *CALS*:

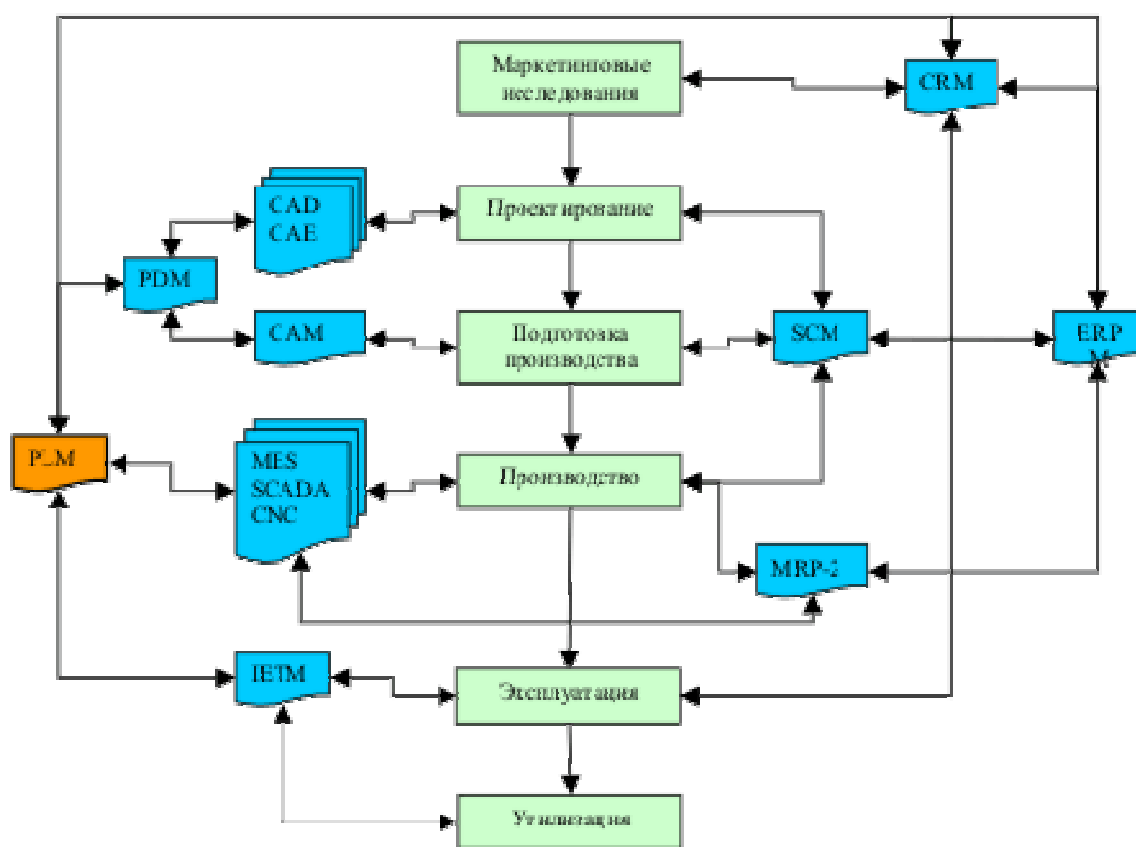


Рис.2.13 – Взаимодействие систем *CALS*

**Первые шаги.** Объединение *PDM* с системами автоматизированного проектирования/производства (*CAD/CAM*) позволяет организовать хранение всей информации об изделии. Даже когда изделие остается пока лишь неясным образом в мозгу конструктора, вы уже можете сформировать и сохранить информацию о нем и наращивать объем данных на каждой последующей стадии его жизненного цикла. Это сохранение и наращивание информации позволит вам прогнозировать будущие возможности вашего изделия - каким оно окажется в производстве, в



эксплуатации, как его испытывать и обеспечивать ему поддержку в работе.

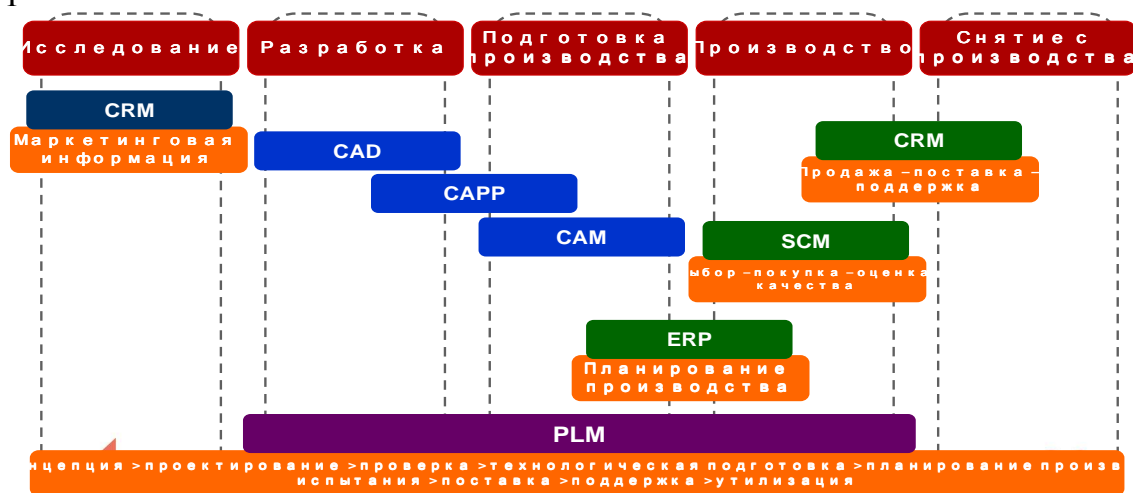


Рис.2.14 – Место и значимость систем

Информация, содержащаяся в таких базах данных, может иметь множество форм, включая *CAD* модели, чертежи, отчеты, технические условия. Вы видите на экране компьютера то, что в последствии будете иметь как изделие. Системы автоматизированного проектирования/ производства предоставляют очень существенную выгоду, особенно *3D*-системы с трехмерной графикой. Использование *3D* моделей изделия позволяет существенно сократить время на осмысление и проектирование технологий изготовления и сборки изделия, снизить количество брака при сборке изделия в производственных цехах.

Распределение процесса проектирования вовлекает в него новых исполнителей и позволяет полнее учесть требования потребителей изделий. Это особенно важно, когда изделие и его части разрабатываются и производятся в разных географических точках, поставляются разными поставщиками и должны монтироваться в единую сборку где бы то ни было.

Параллельное проектирование использует методы «right-first-time» и параллельную работу для создания лучших, более дешевых продуктов и с меньшей затратой времени. Сроки разработки и производства - и, следовательно, сроки выхода на рынок - укорачиваются, поскольку многие работы делаются параллельно, а не последовательно, как раньше.

**Второй шаг** – подключение и использование корпоративных баз данных и справочников.

**Третий шаг** – реализация электронного инженерного документооборота.

**Четвертый шаг** - реализация вопросов безопасности системы.

**Пятый шаг** – передача данных и интеграция с бухгалтерскими системами, системами управления предприятием и планирования.

Устранение барьеров в проектировании, закупках и управлении вовлекает в этот процесс организации, осуществляющие поддержку изделий в эксплуатации.

Преимуществами *CALS* можно считать:

- услуги и изделия с конкурентными ценами;
- сокращение затрат времени;
- снижение общей стоимости жизненного цикла;
- снижение затрат на поддержку эксплуатации;
- повышение эффективности операций;
- точную информацию в точное время;
- улучшение взаимодействия потребителя с поставщиком;
- снижение незавершенного производства;
- возможность принимать лучшие решения;
- возможность сформировать динамичную команду, призванную сопровождать изделие на всем цикле его жизни;
- повышение квалификации персонала.

Однако, внедрение на предприятиях средств *CALS* не является «простым» занятием, связанным с привлечением сторонней компетентной в области ИТ компании и должно сопровождаться некоторыми строгими организационными мероприятиями:

1. Должна быть организована рабочая группа для внедрения.
2. Руководитель группы должен быть специалистом в области информационных технологий или иметь о них понятие.
3. Сотрудники группы должны иметь соответствующую квалификацию, обязанности сотрудников должны быть документально определены.
4. Руководитель группы должен быть достаточно авторитетным в организации человеком. В западных компаниях это часто второе лицо в компании.
5. Руководитель группы должен хорошо разбираться в деятельности предприятия, организации производства.
6. Каждый этап внедрения должен подкрепляться руководящими документами (приказами).
7. Рекомендуется на время внедрения забыть о таких понятиях как “реинжиниринг” и “сокращение”, иначе сопротивление персонала будет непреодолимо. Рекомендуется изменения в существующих бизнес – процессах проводить постепенно, не связывая их с процессом внедрения.

Итак, целью применения *CALS*, как концепции организации и информационной поддержки бизнес-процессов, является повышение

эффективности процессов разработки, производства, послепродажного сервиса и эксплуатации изделий за счет:

- ускорения процессов исследования и разработки продукции;
- сокращения издержек при производстве и эксплуатации продукции;
- придания изделию новых свойств и повышения уровня сервиса в процессах его эксплуатации и технического обслуживания.

Таким образом, *CALS* необходимо рассматривать как инструмент повышения эффективности бизнеса, конкурентоспособности и привлекательности продукции. *CALS*-технологии позволяют эффективно, в едином ключе решать проблемы обеспечения качества продукции, поскольку электронное описание процессов разработки, производства, монтажа и т.д. полностью соответствует духу и принципам международных стандартов серии ISO 9001.

## 2.9 Роль маркетинга в прогнозировании параметров продукции

Работа компании по созданию новых видов продукции, прогнозированию и определению ее параметров начинается с изучения требований потребителя, см. рис. 1.1, 1.3. В этом важную роль играет маркетинговая деятельность, которая начинается с **анализа рыночных возможностей**. Данный анализ предусматривает проведение комплекса маркетинговых исследований, результатом которых являются рекомендации на основе анализа всего массива деловой информации; анализа среды маркетинга, позволяющего выявить контролируемые и неконтролируемые факторы среды, влияющие на деятельность компании, и выработать мероприятия для минимизации воздействия неконтролируемых факторов; изучения розничного и оптового рынков, дающего представление о покупательском поведении потребителей.

Следующим важным этапом является **отбор целевых рынков**, см., например, [9]. Данный отбор включает следующие этапы: изучение спроса, сегментирование рынка, отбор целевых сегментов, позиционирование товара на рынке.

*Изучение спроса* включает замеры уровня спроса и его прогнозирование. Спрос изучается для определения размеров рынка и является базой ценовой политики компании. Для замера спроса следует выявить все товары, продаваемые на изучаемом рынке, определить объем их продаж. Кроме того, проводится комплекс мероприятий по прогнозированию спроса. Он включает изучение

имеющихся тенденций на данном рынке, выявление всех факторов, влияющих на состояние спроса (цены, появление аналогов, товаров-заменителей и др.), а также осуществление прогнозов в отношении спроса.

Большое значение имеет изучение чувствительности спроса к изменению цены. Исходя из этого, различают эластичный и неэластичный спрос. В первом случае незначительное изменение цены ведет к существенному изменению спроса, во втором – почти не изменяет спрос.

*Сегментирование рынка* – разделение потребителей с их многочисленными и неоднобразными потребностями на узкие, однородные по характеристикам требований группы. Сегментирование рынка позволяет компании сосредоточить усилия на обслуживании определенного круга потребителей, что значительно повышает ее шансы в достижении высокого конечного результата.

*Отбор целевых сегментов* позволяет компании выбрать один или несколько сегментов для обслуживания. При этом возможны пять вариантов действий:

- сосредоточить усилия на одном сегменте;
- удовлетворять какую-то одну потребность всех групп потребителей;
- удовлетворять все потребности одной группы потребителей;
- выборочная специализация на различных сегментах;
- обслуживание всего рынка.

*Позиционирование товара* – определение его места на рынке в ряду аналогичных ему товаров с точки зрения самого потребителя. После определения сегмента рынка следует провести анализ имеющихся на нем конкурентов. При этом возможны два варианта действий: занять место рядом с одним из конкурентов и вести с ним конкурентную борьбу за преобладание в данном сегменте или выйти на рынок с новой продукцией, параметры которой определены с наиболее полным учетом требований потребителя.

Далее компании необходимо разработать **комплекс маркетинга**, который включает: разработку товаров, ценообразование, систему распространения товаров, стимулирование сбыта.

При *разработке товаров* ставится задача изучения мер по повышению их конкурентоспособности, особенно с точки зрения качества и учета запроса потребителя. Важным звеном данного этапа является определение оптимального набора товарных групп. Как правило, на рынке присутствует основная продукция (источник

основных доходов), поддерживающая (большой опыт ее выпуска, приносит стабильную прибыль), только выходящая на рынок (основная прибыль ожидается в перспективе), стимулирующая (стимулирует сбыт основной продукции), устаревшая. Задача заключается в выборе наиболее рационального соотношения между данными видами продукции. Кроме того, необходимо учитывать появление в перспективе еще только разрабатываемых видов продукции.

Разработка новых товаров проходит ряд стадий: поиск идеи новой продукции, изготовление опытного образца, проведение лабораторных испытаний, серийное производство. Также необходимо решить, будет ли новая продукция представляться как марочная, что позволит выделить ее из всей массы продукции конкурентов. Здесь важно отметить, что важное значение играет также торговая марка, бренд. Чем выше стоимость бренда, тем увереннее чувствует себя компания на рынке, выше ее доходы. Например, в тройке самых дорогих брендов мира в 2003 г находятся “Coca-Cola” (стоимость бренда 70,45 млрд. долл. США), “Microsoft” (стоимость бренда 65,71 млрд. долл. США) и IBM (стоимость бренда 42,34 млрд. долл. США).

При разработке продукции необходимо учитывать особенности ее жизненного цикла, состоящего из четырех стадий: внедрения, роста, зрелости и спада. На каждой стадии задачи маркетинга различны, но связаны с продвижением продукции на рынке, стимулированием ее сбыта и др.

Задачей *ценообразования* является обеспечение поступления достаточных доходов, покрывающих издержки производства и приносящих прибыль. В общем случае процесс ценообразования проходит шесть этапов:

- установление целей ценовой политики;
- оценка спроса на товар (услуг);
- анализ затрат;
- изучение цен и продукции конкурентов;
- выбор метода ценообразования;
- установление цены на товар.

Чаще всего в качестве целей ценообразования принимаются: удержание позиций на рынке, максимизация текущей прибыли, лидерство в доле рынка, лидерство в качестве продукции.

При установлении цены следует помнить, что, как правило, цена находится в обратной зависимости со спросом: чем выше цены, тем ниже спрос и наоборот.

В основе цены лежат затраты, связанные с производством продукции. Таким образом, если спрос определяет максимальный уровень цены, то издержки определяют ее минимальный размер.

Существующие методы ценообразования основываются либо на себестоимости продукции (определяет минимально возможную цену), либо ценах конкурентов и товаров-заменителей (определяют средний размер цены), либо неоспоримых преимуществах продукции (определяют верхний предел цены). К наиболее распространенным методам ценообразования относятся: средние издержки плюс прибыль; на основе анализа безубыточности и обеспечения целевой прибыли; на основе ощущаемой ценности товара; на основе уровня текущих цен; на основе закрытых торгов. Особенно следует отметить значение применения *метода целевых затрат* (англ., **target-costing**). Сущность метода заключается в том, что на основе маркетинговых исследований определяется уровень цены, приемлемой для клиента. Далее из этой цены последовательно вычитаются налоги с оборота; наценки посредников; величину прибыли, которую компания рассчитывает получить от продажи товара; косвенные (общецеховые, общезаводские) затраты, которые должны покрываться при продаже данного товара. Таким образом, рассчитывают величину производственной себестоимости, т.е. прямых затрат на производство продукции. Данная величина рассматривается как верхняя граница, и проектирование продукции (конструкторские и технологические работы) проводят таким образом, чтобы не выйти за ее пределы.

Считается, что метод target-costing был впервые внедрен японцами в начале 80-х годов XX века. Однако известен тот факт, что до начала второй мировой войны правительство Германии пообещало обеспечить всех трудящихся народным автомобилем (Volkswagen). По оценкам тогдашнего германского Министерства экономики цена автомобиля для того, чтобы он стал общедоступным, не должна была превышать 1000 рейхсмарок. С учетом этого ограничения и велось проектирование автомобиля. В частности, конструкторам пришлось отказаться от гидравлического привода тормозов, а использовать механический привод, что позволило получить выигрыш в 30 рейхсмарок.

*Система распространения товаров* предусматривает три основных метода сбыта:

- прямого, т.е. непосредственный контакт между производителем и потребителем;
- косвенного, когда контакт между производителем и потребителем осуществляется через одного или несколько посредников;

- смешанного, когда в качестве посредников выступают компании, имеющие в своем капитале долю средств производителя.

Мероприятия по стимулированию сбыта включают:

- рекламу;
- непосредственно стимулирование сбыта в виде скидок, лотерей и др.;
- личную продажу.

### ***Вопросы для самоконтроля к главе 2***

1. Раскройте понятие «прогнозирование».
2. Приведите классификационную схему методов прогнозирования.
3. На чем основаны методы аналогового прогнозирования?
4. Приведите формулировки  $\pi$ -теоремы и теоремы Букингема.
5. Приведите примеры прогнозирования параметров продукции при использовании аналогов из различных отраслей науки и техники.
6. Дайте сравнительную характеристику механических и электрических аналогов.
7. Что понимают под «корреляционной связью»?
8. Как рассчитывается коэффициент корреляции?
9. Что называется уравнением регрессии?
10. Как рассчитывают коэффициенты линейного уравнения регрессии?
11. Как осуществляется аппроксимация данных с использованием электронных таблиц MS Excel?
12. Каким образом можно прогнозировать номенклатуру выпускаемой продукции?
13. Назовите основные принципы нормативного проектирования.
14. В чем состоят стоимостной и параметрический методы определения технико-экономического уровня продукции?
15. Что понимается под оптимальным значением параметров продукции?
16. Перечислите стадии жизненного цикла продукции.
17. Назовите критерии качества продукции на всех стадиях жизненного цикла продукции.
18. Дайте характеристику составляющих маркетинговой деятельности компании.
19. В чем заключается сущность метода целевых затрат?
20. Что такое CALS?
21. История возникновения и современная трактовка CALS.
22. Перечислите преимущества CALS.
23. Привести шаги внедрения CALS.
24. Привести цели и задачи CALS.