

$$\lambda(t) \rightarrow \min, m_{cp} \rightarrow \max, \omega(t) \rightarrow \min, L_{10} \rightarrow \max, L_n \rightarrow \max,$$

$$L_{na} \rightarrow \max, L_{na} \rightarrow \max, P_x \rightarrow \min, P_T \rightarrow \min, P_g \rightarrow \min$$

Для того чтобы дать укрупненную оценку уровню качества проектируемого подшипника, необходимо рассчитать обобщенный параметр качества, который представляет собой аддитивную свертку частных критериев:

$$K_{cp} = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^n K_{ij} m_i \rightarrow \min. \quad (37)$$

Здесь  $K_{ij}$  – значение частной целевой функции  $i$ -го показателя качества подшипника;  $m_i$  – коэффициент весомости  $i$ -го показателя качества подшипника [7, 8]; 2 – общее количество групп показателей качества, подлежащих оценке;  $n$  – количество целевых функций, характеризующих группу показателей качества подшипника.

При расчете  $K_{cp}$  следует складывать только минимизируемые целевые функции. Для этого максимизируемые целевые функции необходимо приводить к минимизируемым. В соответствии с выражением (37) наибольшим качеством будет обладать вариант подшипника с минимальным среди вариантов значением  $K_{cp}$ .

### Литература

1. ИСО 9004-4:1993. Общее руководство качеством и стандарты по обеспечению качества. Часть 4:Руководство по управлению программой надежности.- М.: ВНИИС, 1997.- 52 с.
2. Васильев В.Н., Садовская Т.Г. Организационно-экономические основы гибкого производства. - М.: Высш. шк., 1988.- 272 с.
3. Спришевский А.И. Подшипники качения.- М.: Машиностроение, 1968. – 632 с.
4. Подшипниковые узлы современных машин и приборов : Энциклопедический справочник / В.Б.Носов, И.М. Карпухин, Н.Н. Федотов и др.; Под общ. ред. В.Б.Носова.- М.: Машиностроение, 1997. – 640 с.
5. Подшипники качения. Расчет, проектирование и обслуживание опор: Справочник/ Перель Л.Я., Филатов А.А.. -2.изд., перераб.и доп.. -М.: Машиностроение, 1992. -606 с.
6. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 338 с.
7. ГОСТ 24294-80. Определение коэффициентов весомости при комплексной оценке технического уровня и качества продукции. – М.: Изд-во стандартов, 1981.
8. ГОСТ 23554.1-79. Организация и проведение экспертной оценки качества продукции. – М.:Изд-во стандартов, 1980. -28 с.

### **Оптимизация качества продукции с позиций экономической эффективности производства**

д.т.н. проф. Копылов Л.В., к.т.н. доц. Дмитриев Ю.М., к.т.н. доц. Петухов С.Л.

Университет машиностроения

8(495)223-05-23 доб. 1068, [mami-ktms@yandex.ru](mailto:mami-ktms@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье рассматривается взаимосвязь контроля качества продукции и экономической эффективности производства, проблема экономической эффективности, включая контроль механизма затрат, когда отрасли промышленности стали структурно сложными как по процессу контроля, так и по процессу управления.

**Ключевые слова:** качество, контроль качества, управление качеством, экономическая эффективность производства

Содержание понятия «качество» изменялось по мере развития производительных сил. Оно усложнялось и приобретало интегральный характер, а в настоящее время распространя-

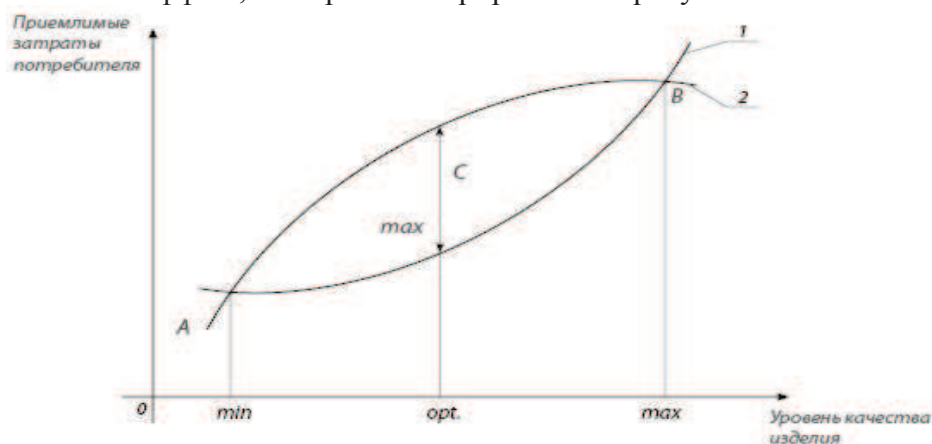
ется не только на продукцию, но и услуги и жизнь в целом [1].

В начале развития промышленного общества «качество» являлось философской категорией. «Качество есть проявление сущности», – утверждал Аристотель в III веке до н.э. Гегель в XIX веке н.э. определял качество как внутреннюю сущность вещи, он выявил диалектику качества и количества и их взаимоопределяемость.

В начале XVIII века понятие «качество» уже использовалось для оценки продукции, а затем и услуг, причем под качеством понималось совокупность свойств объекта.

Начиная с 50-х годов XX века под качеством стали понимать способность продукции удовлетворять потребности потребителя, причем в ГОСТ 15467-79 имеется в виду современный потребитель, а в ИСО 8402: 1994 и предполагаемый потребитель будущего, что однозначно диктует необходимость планирования качества.

Традиционно повышение качества рассматривалось однозначно положительным, однако в настоящее время четко определилось понятие «оптимальное качество» [2], объясняющее общегосударственный эффект, что проиллюстрировано на рисунке 1.



**Рисунок 1. Зависимость уровня качества изделия и приемлемых затрат потребителя:**  
 1 – затраты производителя на выпуск продукции i-го качества; 2 – приемлемые затраты покупателя на потребление; А – производство нерентабельно, так как затраты производителя выше приемлемой цены; В – производство нерентабельно, так как затраты производителя вновь превышают приемлемую цену; С – зона тах общегосударственного эффекта, так как приемлемая цена существенно превышает производственные затраты

Совершенно по-новому определяют качество в Японии [1] – качество это те потери, которые продукция причиняет обществу в силу своего несовершенства. Такой подход позволяет связать технические характеристики изделия (допуски на показатели) с общественной эффективностью его изготовления.

Анализ изменения понятия «качество» в жизни общества показал, что качество продукции является вершиной пирамиды, где в основании лежит уровень качества общества, а достижение оптимального качества позволяет не только удовлетворить потребителя, но и повысить уровень жизни всего общества.

Таким образом, понятие «качество» прошло в своем развитии следующие этапы:

- качество как сущность предмета;
- качество как совокупность свойств предметов;
- качество как соответствие стандартам и уровню стабильности;
- качество как соответствие рыночным требованиям;
- качество как удовлетворение требований потребителей и производителей;
- качество как удовлетворение потребностей общества.

На рубеже XIX – XX веков возникла проблема обеспечения надежного воспроизведения заданных характеристик товаров, т.е. заданного качества. Методы решения этой задачи прошли также длительный эволюционный путь:

20-е годы XX века – разбраковка дефектных изделий (массовое производство, большой

спрос, ненасыщенный рынок);

30-40 годы – визуальный контроль, межоперационный и окончательный контроль, внедрение элементарных статистических методов анализа;

50-60 годы – анализ причин дефектов, учет рынка, совершенствование управления;

70-80 годы – интегрированный контроль качества по всем этапам жизненного цикла изделия;

90-е годы – комплексное управление качеством.

Сущность этапов развития подходов к управлению качеством проиллюстрировано в таблице 1.

Основой управления качеством является система Ф. Тейлора, т.е. концепция научного менеджмента, которая включает понятия верхнего и нижнего пределов качества, поля допуска, измерительного инструмента.

На втором этапе развитие получили статистические методы контроля, контрольные карты. Основоположителем системы управления является У. Шухард. Трудно переоценить огромный вклад в теорию управления качеством русских и советских ученых Бородачева Н.А., Лукомского Я.И., Кутая А.К. и других.

Таблица 1

**Основные этапы развития подходов к управлению качеством**

Название этапа	Временная связь с изделием	Содержание этапа
Контроль качества	Действия после изготовления продукции	Методики контроля параметров
Управление качеством	Действия в ходе и после изготовления продукции	Методы активного управления качеством в процессе изготовления
Обеспечение качества	Действия перед, в ходе и после изготовления продукции	Методы, гарантирующие должное качество
Комплексное управление качеством	Действия осуществляются постоянно	Комплексная методика, гарантирующая должное качество

Конкурентоспособность выпускаемой продукции определяется востребованным уровнем качества при минимизации затрат на ее производство.

Наиболее актуальной взаимосвязь качества продукции и затрат на его обеспечение стала в XX веке, когда отрасли промышленности стали структурно сложными как по процессу управления, так и по процессу контроля затрат. Внутри предприятия различные подразделения получают доходы в денежной или иных формах, они же используют различные формы списания расходов, поэтому проблема баланса доходов и расходов на предприятии стала весьма актуальной, но методически сложной.

Решением этой проблемы отчасти стала разработка единого подхода к различным финансовым аспектам бизнеса. Все доходы и расходы независимо от видов списания были идентифицированы, для чего использовался единый «бухгалтерский язык»: т.е. разработаны типовые методы сведения активов и пассивов, доходов и расходов, прибылей и убытков, сформированы такие инструменты контроля, как бюджет, нормативные издержки производства, что позволяет установить ориентировочные нормативы деятельности.

Единый подход к финансовой деятельности предприятия позволяет:

установить финансовую политику предприятия на перспективу;

определить специфические финансово-экономические цели;

распределить финансовую ответственность;

разработать систему финансового контроля, включающую нормативы производства и устранение или минимизацию отклонения от норм.

Существование предприятия зависит от сохранения баланса между расходами и доходами, т.е. эффективного финансового контроля. При этом жизненно важен контроль качества, так как предприятие может получать доход только до тех пор, пока качество его изделий удовлетворяет растущим требованиям потребителя (рисунок 1).

Современная концепция финансового контроля основывается на идентификации и

оценке всех доходов и расходов производства. Соответствующий подход к управлению качеством продукции состоит в том, что все усилия по достижению качества продукции и выгоды, связанные с получением этого качества, должны быть идентифицированы и оценены.

Производственные усилия и выгоды в этой связи соответствуют расходам и доходам, т.е. издержкам на достижение качества и сокращение издержек, когда таковой уровень достигнут.

В настоящее время сформировался единый подход к достижению показателей эффективности производства на базе стандартов ISO 9000. Процессы, на которые распространяются стандарты, приведены на рисунке 2.

Всякая управляемая система производства содержит эффективную обратную связь, которая обеспечивает замкнутую цепочку от выпуска продукции до затрат на выпуск, как показано на рисунке 3. Обратная связь обеспечивается потоками информации и в состоянии учесть такие факторы, как отчеты о простоях оборудования, отчеты о качестве выпускаемой продукции.

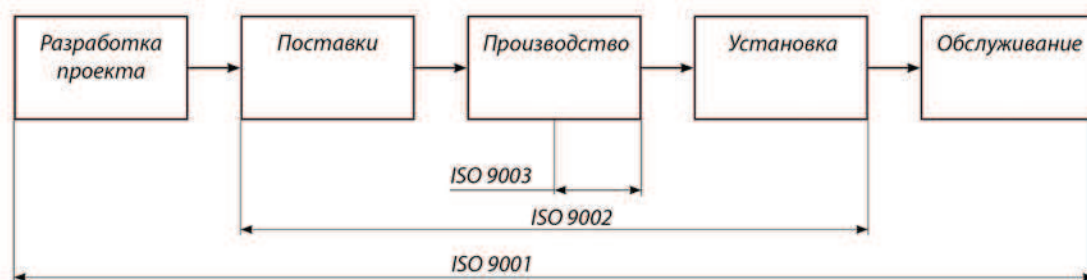


Рисунок 2. Применение стандартов ISO 9000 в производственном процессе

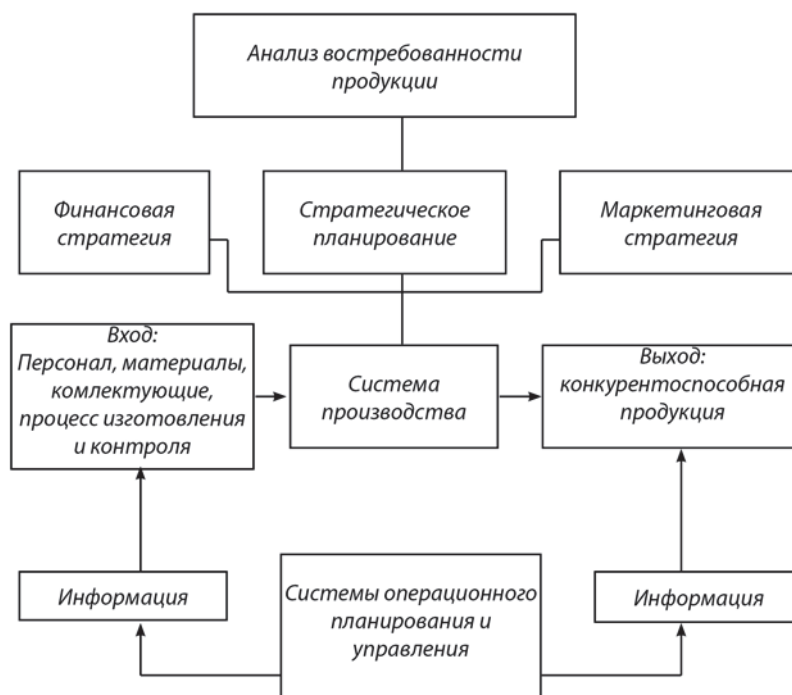


Рисунок 3. Принципиальная схема организации производства

Учитывая высокую сложность производственных систем и практическую невозможность моделирования процесса, весьма продуктивно использование аппарата имитационного моделирования, который является экспериментальной и прикладной методологией, имеющей целью:

описать поведение системы;

построить теории и гипотезы, которые могут объяснить наблюдаемое поведение;

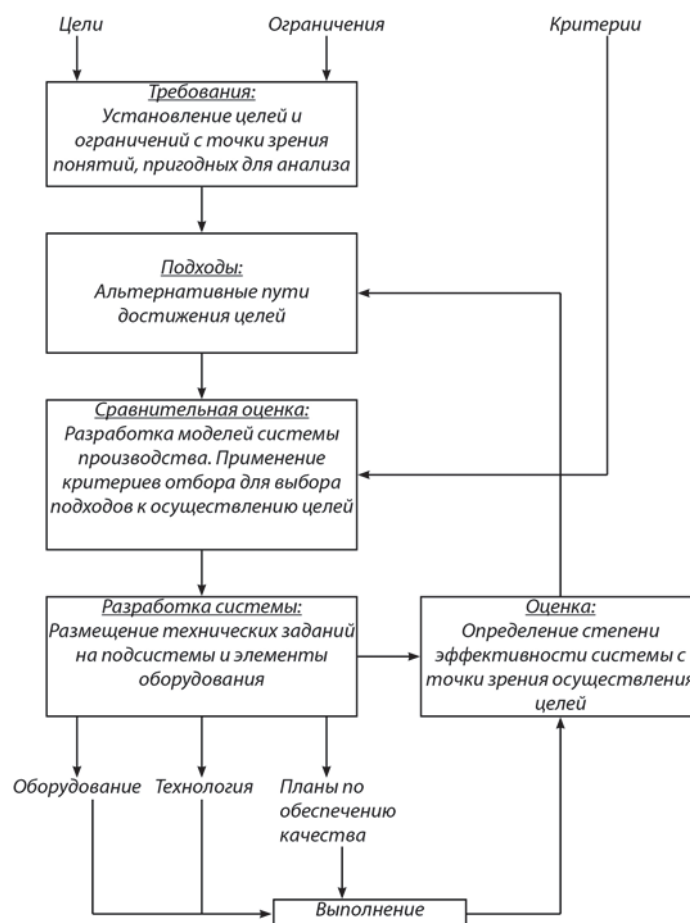
использовать эти теории для предсказания будущего поведения системы, т.е. тех воздействий, которые могут быть вызваны изменениями в системе или изменения способов ее функ-

ционирования.

Такой подход может стать важным средством решения текущих проблем производства, используя адекватную модель для воспроизведения поведения реальной системы, можно прогнозировать взаимовлияние отклонений затрат на выходные характеристики системы и, напротив, влияние мероприятий по повышению качества на затратный механизм производства.

Вместе с тем весьма динамичный характер производственной системы, характеризующийся временным дрейфом выходных показателей, делает весьма трудным процесс изыскания подобных систем и создания нужной модели [3].

При этом в цепи обратной связи изменяется не только входная информация, но и функции всей системы. Основной характеристикой системного подхода к решению проблемы моделирования является то, что он представляет собой упорядоченный способ оценки и удовлетворения основных требований. Разработка системы начинается с высшего уровня системы и достигает уровня решения, связанного с оптимальным способом достижения заданного выпуска продукции при заданных затратах или изменении затрат. Такой ступенчатый анализ системы достигается по методике, представленной на рисунке 4.



**Рисунок 4. Структурная схема обеспечения качества**

Управление качеством продукции представляется как совокупность административных и инженерных мер, направленных на обеспечение изготовления продукции заданного качества. Управление качеством формально представляет собой планирование и корректировку или реализацию функций обратной связи в системе. Система обеспечения качества (рисунок 4) включает три основных элемента:

определение требований к уровню качества и цели производства;

проверку перспективных разработок;

анализ издержек, связанных с достижением необходимого потребителю уровня качества продукции.



Необходимо различать проблему планирования общей политики компании в целях удовлетворения потребностей покупателя в продукции определенного качества и проблему более узкого плана, связанную с обеспечением требований заданных техническими условиями для обеспечения качества продукции.

Общее планирование качества включает коммерческие, экономические и управленческие аспекты деятельности фирмы, связанные с уровнем качества. На этом этапе производятся надежные оценки того, что определяет «рыночное качество продукции», т.е. уровень качества, обеспечивающий конкурентоспособность продукции на рынке и влияние на него возможных изменений качества продукции ваших конкурентов и мнения покупателей. Сюда входят рассмотрение качества собственно конструкции, анализ издержек и стоимости, что в совокупности позволяет установить оптимальный уровень качества и обеспечение приемлемой отдачи инвестиций, направленных на обеспечение этого качества.

На этом этапе необходимо рассмотреть факторы, связанные с оценкой продукции фирмы и отношения к ней покупателя, при этом решаются следующие принципиальные вопросы:

должна ли Ваша компания опережать конкурентов по уровню качества;  
должны ли Ваши изделия быть высокого или предельно высокого качества;  
целесообразно ли экономически стремиться заслужить положительную оценку качества продукции в рекламе;  
следует ли повышать гарантированное качество для сведения к минимуму потерь потребителя.

Эти и некоторые другие условия являются коммерческими и экономическими по своей природе. При исследовании вопросов управления качеством существуют две основные области экономических исследований:

общие условия управления системой и коммерческой деятельностью, связанные с планированием качества;

детализированная область экономических условий оптимизации, связанная с затратами на обеспечение качества в процессе производства.

Первая область связана с уровнем качества конструкторской разработки, учетом требований рынка к качеству выпускаемой продукции, вложением дополнительных средств на обеспечение требуемого качества и контроля издержек.

Вторая область включает все специфические издержки по обеспечению качества в процессе производства в целом и по отдельным технологическим операциям.

На этом этапе необходимо обоснованно ответить на ряд вопросов:

каковы издержки сплошного контроля на ответственных операциях;  
каковы издержки, связанные с различными вариантами выборочного контроля;  
как увеличение расходов на мероприятия по предупреждению выпуска брака влияет на издержки, связанные с выпуском бездефектной продукции.

Существенно, что в системе технического контроля в отечественном машиностроении трудится более 1 млн сотрудников.

Собственно управление технологическим процессом, т.е. его показателями, предполагает непрерывное знание:

возможностей процесса производства;  
степени соответствия выпускаемых изделий заданным техническим условиям;  
причин имеющихся отклонений от норм;  
причин несоответствия техническим условиям;  
возможных корректировочных действий, необходимых для устранения или минимизации отклонений, вызывающих несоответствие продукции заданным техническим требованиям.

Когда в производственном процессе возникают проблемы, связанные с качеством, количественные методы оказывают неопределимую диагностическую помощь в нахождении причин отклонений от заданного уровня качества. Очевидно при этом, что причина находится уже по факту выпуска продукции, несоответствующей заданному уровню качества. В этом

фундаментальный недостаток известных и применяемых способов оценки и контроля изделий [4].

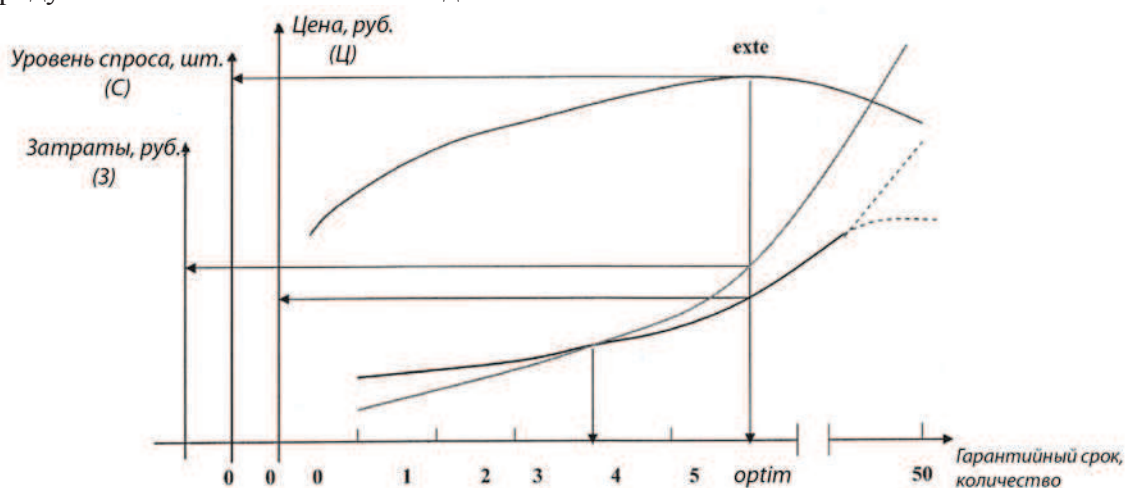
Важным направлением в решении этой проблемы является совершенствование систем адаптивного управления и активного контроля.

Сплошная проверка продукции предусматривает контроль каждого изделия партии.

Однако очевидно, что стоимость 100 % контроля весьма высока, иногда настолько, что проведение сплошного контроля экономически невозможно. Подсчитано, что если бы каждая качественная характеристика тысяч деталей автомобиля подвергалась сплошному контролю, то продажная цена автомобиля стала бы недоступна покупателю. В силу этого для стабильных, упорядоченных процессов производства применяют выборочный контроль (проверка  $n$  деталей из партии объемом  $N$ ). Даже если технологический процесс в целом удовлетворяет заданным точностным требованиям, недостатки контроля могут вызывать появление дефектной продукции. Стоимость корректирующей разбраковки относят к издержкам по обеспечению качества. Существенно, что разбраковка экономически оправдана только в том случае, если предполагаемая стоимость дефектных изделий больше, чем стоимость контрольных процедур, необходимых для исключения их попадания на сборку. В масштабах государства потери от отказов по качеству машиностроительной продукции огромны. По данным министерства обороны США около 5% сложных машин и агрегатов дают в год отказ по качеству их изготовления, что определяет серьезные экономические потери.

Доказано, что всегда существует точка оптимального уровня качества и стоимости изделия для конкретной коммерческой и производственной ситуации.

Существенно, что увеличение цены всегда вынужденно отстает от интенсивности роста затрат на повышение или стабилизацию качества изделия. На рисунке 5 показана ситуация оптимизации по параметру максимальной реализации продукции. Однако остается вопрос о том, что выгоднее: продать  $K$  машин по цене  $C$  или более совершенных ( $K+100$ ) машин по цене  $(C+100)$ ? Очевидно, что здесь мы сталкиваемся с примером необходимости решения многокритериальной задачи, что требует либо введения бесчисленных ограничений, либо создание продуктивной математической модели.



**Рисунок 5. Зависимость производственных затрат, уровня спроса и цены от уровня качества изделий**

В нашей стране многие годы имела место ситуация, когда изготовитель был заинтересован исключительно в снижении себестоимости продукции, повышение ее качества практически не стимулировалось (за исключением предприятий со специальной приемкой, где стимулирование осуществлялось в командно-административном плане), а потери в сфере эксплуатации несло другое ведомство, например Минавтодор.

Необходимо учитывать также моральные, экономически трудно фиксируемые потери, связанные с нанесенным ущербом репутации фирмы эксплуатацией некачественных изделий, невыполненные задания, срыв сроков исполнения и др.

Проблема экономичности разбраковки продукции включает оценку издержек, затрат, вызванных низким качеством продукции и стоимостью реализации процедур контроля.

При практическом рассмотрении этот вопрос весьма осложняется тем, что нам необходимы прогностические данные, в основу которых, как правило, принимаются законы стандартных распределений, в то же время однозначно показано, что для технологических процессов применение нормальных законов распределения некорректно по сути. В силу этого прогноз теряет точность и смысл, а технологический процесс – управляемость.

В этой связи особенно актуально отыскание более точных законов, отражающих фактические распределения параметров изделий и отработка математического аппарата их практического применения [5].

Таким образом, существует очевидная, но трудно аналитически определяемая связь между регламентированным качеством продукции, например точностью обработки, и затратами на обеспечение выпуска заданной производственной программы указанной продукции. Полагая, что затраты на обеспечение качества и производительности во многом определяют производственную себестоимость изделия и, следовательно, коммерческую цену, гарантированную реализацию на рынке, нам необходимо, имея нормативные значения дополнительных затрат (или их технический эквивалент) на повышение или стабилизацию качества, уметь управлять уровнем качества на научной основе.

Известно, что всякий процесс управления требует наличия обязательных условий в том числе, наличия адекватной модели процесса формирования параметров качества. Желательно, чтобы эта модель имела аналитический или стохастический характер, что позволяет продуктивно использовать современную вычислительную технику. Вместе с тем следует учесть, что процессы в производстве и их экономические отражения могут быть различны по своей математической основе:

1. Детерминированные процессы – четко описываемые и предсказуемые, т.е. имеются базы данных и базы знаний. Такие процессы задаются и описываются аналитически, графически, таблично, массивами информации, законами формальной логики (логики предикатов). Однако такие процессы в машиностроении встречаются редко.
2. Плохо (слабо) детерминированные процессы – наиболее распространенные среди точных технологических процессов. База данных недостаточна, база знаний неполна, или база данных есть, а база знаний отсутствует. В этом случае процессы (их показатели) описываются стохастическими (вероятностными) законами. Чем ближе технические условия на изделие к предельным точностным возможностям оборудования, тем менее детерминирован процесс, тем сложнее получить математическую модель процесса устойчивую во времени.

Такие процессы приходится исследовать, представляя их как кибернетическую систему, часто называемую «черным ящиком». Дополнительная сложность заключается в том, что управляющие и возмущающие факторы изменяются во времени (временный дрейф), меняется их удельный вес по степени воздействия. В силу этого будет меняться вид описывающего процесс полинома, т.е. уравнения адекватно аппроксимирующего в данный момент фактически проявляющиеся зависимости.

Как правило, такие уравнения представляются степенным полиномом, имеющим определенный или частично определенный временной дрейф. Значения коэффициентов при членах, отражающих влияние возмущающих факторов, изменяются во времени, они могут становиться значимыми или незначимыми, при этом эти факторы могут выпадать из предварительно полученного полинома.

Методика формирования таких полиномов достаточно сложна, особенно при необходимости решать вопросы в масштабах реального времени, с ростом числа значимых возмущающих факторов решение вырождается в вид эксклюзивной математической задачи временного прогнозирования [3].

3. Недетерминированные процессы - процессы редки, эпизодичны, появление и проявление их носит случайный характер, они могут повториться, а могут не повториться на протя-



жении длительного времени. При этом база знаний практически отсутствует, но база данных может быть. Характерной ситуацией для таких процессов являются различные аварии и катастрофы.

В целом можно утверждать, что система качества всегда состоит из двух основных подсистем:

1. Первая подсистема рассматривается как система с замкнутой связью, где операции по планированию качества продукции определяются требованиями потребителя. Теоретически в этой непрерывно действующей системе происходит анализ изменения желаний и запросов потребителя и соответствующая корректировка конструкции и технологических процессов.
2. Вторая подсистема рассматривается как система с замкнутой связью, где планирование качества продукции составляет основу для процедур по непосредственному управлению качеством. Она включает определение целей и политики в области качества продукции, анализ новых разработок и затрат по обеспечению оптимального уровня качества.

В современном машиностроении преобладает видение качества как одной из фундаментальных категорий, определяющих уровень жизни, социальную и экономическую основу для успешного прогресса человека и общества. Исходя из этого повышение качества изделий имеет общегосударственный эффект в экономической, социальной и психологической форме.

#### **Литература**

1. Кане М.М. Управление качеством продукции в машиностроении. М.: Машиностроение, 2010. 416 с.
2. Копылов Л.В. Информационное обеспечение прецизионных технологических процессов.- Сборник докладов международного конгресса "Конструкторско-технологическая информатика-96" АН. РФ. М., 1996, с. 36-38.
3. Копылов Л.В. Повышение точности прецизионных изделий на основе современного информационного обеспечения технологических систем. Станки и инструмент , 1997. № 11, с. 52-54.
4. Булавин И.А., Груздев А.Ю., Будыкин А.В., Киселев Ю. Технологическое оборудование и оснастка для исследования и сборки редукторов автомобилей.- Сборник докладов международного научно-технического семинара: Современные технологии сборки, 2011.
5. Булавин И.А., Груздев А.Ю., Будыкин А.В. Влияние сил и деформаций звеньев при сборке подшипниковых узлов редукторов автомобилей на точность регулировки преднатяга подшипников. – Научно-технический журнал «Техника машиностроения», 2009.- № 2, с. 32-36.

#### **Совершенствование конструкций сборных отрезных резцов для тяжелых токарных станков**

к.т.н. проф. Музыкант Я.А., д.т.н. проф. Максимов Ю.В., Литвинов А.С.,  
ОАО "ВНИИИНСТРУМЕНТ", Университет машиностроения,  
ООО "ИТМ Групп", Москва, Россия,  
8(495)3669844, 3669844@mail.ru  
д.т.н. Мироненко Е.В., к.т.н. Гузенко В.С., к.т.н. Миранцов С.Л.  
ДГМА, Краматорск, Украина  
ntc\_instrument@mail.ru

*Аннотация.* В данной статье рассмотрены вопросы совершенствования сборных конструкций резцов для тяжелых станков с целью повышения прочности режущей части и повышения жесткости крепления режущих элементов. Приведены результаты аналитических исследований прочностных и динамических характеристик сборных отрезных резцов для тяжелых станков.

*Ключевые слова:* конструкции отрезных резцов, прочность режущей части,