
МАШИНОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ

УДК .004.12; .001.63

В.М. Медунецкий, С.В. Солк

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАК ИСХОДНЫЙ ПРОЦЕСС ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАУКОЁМКИХ И ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

Рассмотрены понятия «качество» и «проектирование» с учётом современного развития техники и технологий, дан анализ и сформулировано новое понимание термина «качество» с учётом затраченных ресурсов на его достижение. Выявлена целесообразность оценки уровня качества по этапам жизненного цикла наукоёмких и высокотехнологичных изделий. Предложена методика, которая рассматривает проектирование в качестве исходного процесса обеспечения качественных показателей изделия на всех стадиях его жизненного цикла, рассмотренная на примере оптико-механической системы прибора.

Ключевые слова: качество, проектирование, жизненный цикл изделия.

Введение

В настоящее время всё более актуальной становится проблема повышения качества промышленной продукции. Уровень её качества определяет конкурентоспособность продукции в условиях современной рыночной экономики, а в целом, престиж, страны, как постиндустриальной державы. Известно, что эффективно повысить качество изделий можно в процессе проектирования.

Таким образом, вопросы обеспечения и оценки качества проектирования являются сегодня важными и нередко приоритетными. Однако анализ как литературных источников, так и нормативных документов показывает наличие существенных разночтений понятий «качество» и «проектирование» уже на терминологическом уровне, а эти вопросы особенно актуальны для российских производителей в связи с вхождением России в ВТО.

Термин «качество» как неоднозначное понятие

Существует большое количество различных определений термина «качество». Ещё в 60-е годы прошлого века в работе [1] основоположник квалиметрии Г.Г. Азгальдов писал, что такое многообразие формулировок нельзя просто объяснить субъективными ошибками того или иного учёного. В той же работе на основании анализа нескольких сотен статей и книг приведены 42 разновидности формулировок понятия «интегральное качество продукции». Прошло 50 лет, но вопрос остался открытым, поэтому ведутся профессиональные дискуссии на эту тему, в том числе и в сети Интернет.

В настоящее время наиболее часто под качеством продукции понимается (в соответствии с ГОСТ 15467-79) совокупность её свойств, обуславливающих её пригодность удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением. В международном словаре ИСО 8402-1994 «качество» – совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворить установленные или предполагаемые потребности. Международ-

ный стандарт ИСО 9000:2005 определяет качество как степень, с которой совокупность собственных характеристик выполняет требования (потребности или ожидания, которые установлены, обычно предполагаются или являются обязательными).

Существует большое количество и других определений и концепций, но на наш взгляд, в них, как правило, учитывается лишь полученный результат – в настоящее время или в перспективе и не полностью учитываются ресурсы, необходимые для достижения этого результата (временные, людские, технические и финансовые). Если строго следовать предложенным определениям, то для производства «качественной» продукции придётся создать нечто очень сложное и дорогое. Также требуется учесть такой важный фактор, как нанесение ущерба окружающей среде или минимизация этого ущерба. В ряде стран в последнее время под давлением общественного движения «зелёных» были приняты законы, запрещающие применение неразборных конструкций, которые содержат неизвлекаемые и трудноутилизируемые детали.

Следует отметить, что к высокоточным и наукоёмким изделиям, которыми, в частности, являются изделия для научных исследований и изделия военного назначения, не всегда корректно применять такие выражения, как удовлетворение определённых потребностей. В ряде случаев представляется целесообразным применение изделий с невысокими техническими характеристиками, но позволяющими получить требуемый результат и относительно дешёвыми в производстве.

Таким образом следует отметить, что *качество – совокупность свойств продукции, позволяющих с заданной результативностью выполнять определённые функции, установленные или предполагаемые, с учетом требуемых затрат ресурсов (временных, людских, технических, экономических и экологических) на её разработку, изготовление и эксплуатацию.*

Следует пояснить, что под результативностью понимается (согласно ИСО 9000:2005) степень, в какой реализована запланированная деятельность и достигнуты запланированные результаты.

Может показаться, что предложенное определение дублирует понятие «интегральный показатель качества продукции», приведённый в ГОСТ 15467-79 и определяемый как показатель качества продукции, являющийся отношением суммарного полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на её создание и эксплуатацию или потребление. Однако, на наш взгляд, это не так. Если формально следовать этому определению, то может оказаться, что интегральный показатель качества некомфортного, устаревшего морально, неэкологичного и часто ломающегося устройства, но при этом дешёвого в производстве и не требующего квалифицированного обслуживания, окажется достаточно высоким. При этом важно подчеркнуть, что использование экономических показателей при оценке качества является во многом дискуссионным. Так, в работе [2] подчёркивается, что во взглядах на экономическую сущность качества сохраняются значительные расхождения и противоречия.

Проектирование – цели и критерии оценки

Как уже было отмечено, уровень качества изделия в современных условиях в основном закладывается на стадии его проектирования. Вопросы проектирования рассмотрены в большом количестве печатных работ, основная часть которых посвящена конкретным областям техники. Значительно меньшее количество посвящено общим вопросам методики проектирования, а их анализ показывает наличие существенных разночтений.

Следует отметить отсутствие чёткого представления, что же представляет собой проектирование. В широко известной работе [3] приводится более десятка формулировок: от «разработки чертежей, которые могли бы получить одобрение клиента» до «целенаправленной деятельности по решению задач» или «осуществления очень сложного акта интуиции».

Знаменитому авиаконструктору А.С. Яковлеву приписывают слова, что проектировать нужно не то, о чём просит заказчик, а то, что ему нужно. В ряде случаев такой подход

имеет смысл. Заказчик может не иметь опыта работы с проектируемым изделием или «на всякий случай» значительно завышать требуемые характеристики. Неслучайно в памятке конструктора чехословацкого предприятия «Свит» было написано: «Научитесь работать на разработанном изделии или его аналоге. Это позволит вам глубже освоить его особенности». Такой разброс суждений затрудняет разработку методик и подходов к процессу проектирования изделий, а также выработку критериев оценки его качества.

Считается, что для проектировочной деятельности исходным является социальный заказ, т.е. потребность в создании определённых объектов, вызванная некими общественными потребностями. Однако в современном обществе потребления в условиях массового производства социальный заказ во многих случаях формируется под действием рекламы. В работах по проектированию, опубликованных в последние годы, подчёркивается, что общество с развитой рыночной экономикой требует от инженера всё большей ориентации на вопросы маркетинга и психологии потребителя.

Качественные показатели изделий во взаимосвязи с их жизненным циклом. Методика проектирования

Показатель качества продукции (согласно ГОСТ 15467-79) – это количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в её качество, рассматриваемых применительно к определённым условиям её создания и эксплуатации или потребления.

В соответствии с нормативным документом РД 50 – 149 – 79 (на настоящий момент аннулирован без замены), должны применяться следующие группы показателей: назначения, надёжности, эргономические, эстетические, технологичности, транспортабельности, унификации, патентно-правовые, экологические и показатели безопасности. В зависимости от назначения изделия, условий изготовления или эксплуатации некоторые указанные группы могут не использоваться.

Показатели качества закладываются при проектировании и изготовлении продукции. Далее в процессе эксплуатации они изменяются, как правило, в сторону ухудшения и, в ряде случаев, требуют проведения мероприятий по их восстановлению. Поэтому целесообразно рассматривать качественные показатели во взаимосвязи с этапами жизненного цикла изделия.

Считается, что термин «жизненный цикл» впервые ввёл американский экономист Теодор Левит в 60-е годы прошлого века. Под жизненным циклом понимается совокупность этапов или последовательных процессов, которые проходит изделие в процессе своего существования.

Можно предложить такую методику проектирования, согласно которой при проектировании изделия необходимо рассмотреть его полный жизненный цикл, определить требуемые качественные показатели и определить, на каких стадиях жизненного цикла они будут обеспечиваться с учётом затрат ресурсов на их обеспечение и наличия этих ресурсов.

Предложенную методику можно рассмотреть на примере жизненного цикла оптико-механических систем (ОМС) высокоточных ИК приборов. Производство таких систем является наукоёмким и высокотехнологичным процессом. Поэтому в России и в других странах таких производителей гораздо меньше, чем, например, производителей оптико-механических систем видимого диапазона. Предложенные решения могут применяться при проектировании и других видов точных приборов и машин.

Предлагаемая методика заключается в следующем. На первом этапе определяется перечень качественных показателей, которые должны быть обеспечены для данного изделия. На втором этапе рассматриваются возможные варианты их обеспечения. На третьем – определяется влияние различных параметров (вариантов) на группы качественных показателей и необходимые ресурсы для их реализации и принятия окончательного решения.

На рис. 1 приведена схема жизненного цикла ОМС. На этапе концептуализации определяются наличие потребности в изделии, техническая возможность и экономическая целе-

сообразность его изготовления. Функциональное проектирование заключается в разработке оптических, электрических, кинематических и других схем изделия. На стадии конструирования разрабатывается конструкторская документация, по которой изделие будет изготовлено. Технологическая подготовка производства сводится к разработке технологических процессов, необходимой оснастки, технологической документации. Производство включает в себя изготовление оптических и механических деталей, сборку и юстировку отдельных узлов и изделия в целом, проведение контрольно-измерительных операций на всех стадиях изготовления.

Следующий этап жизненного цикла – это проведение испытаний. В случае единичного производства (например уникального прибора) далее следует эксплуатация. Вопросов, связанных с реализацией и утилизацией, как правило, нет, и блоки 5 и 7 можно не учитывать, так как в этом варианте изделие изготавливается по конкретному техническому заданию для конкретного заказчика. Возможен также вариант, когда после проведения испытаний дальнейшая работа с изделием признаётся нецелесообразной и жизненный цикл на этом завершается.

В случае серийного производства жизненный цикл повторяется: осуществляется переход из блока 4 в блок 2. В конструкцию могут вноситься изменения, связанные с недостатками, выявленными на этапе проведения испытаний, также могут быть изменения связаны с корректировкой технологии изготовления отдельных деталей и узлов. Так, лепестки диафрагм сложной формы в единичном производстве изготавливаются с использованием лазерной резки с компьютерным управлением. В массовом – первоначально изготавливается дорогостоящая оснастка для вырубки лепестков [4], соответственно, изменяется технологическая подготовка производства. После изготовления опытной партии проводятся её испытания, и наступают этапы реализации и эксплуатации. Этап утилизации имеет смысл выделять в том случае, когда в изделии имеются детали, требующие особых условий утилизации.

Для сложных, дорогостоящих изделий, например крупногабаритных оптических систем, необходимо предусмотреть возможность их модернизации и учесть возможность перехода из блока 6 в блок 2. Например, с появлением матричных фотоприёмных устройств (ФПУ) на многих оптических телескопах вместо окуляров были установлены компенсаторы полевых aberrаций и матричные ФПУ. При проектировании таких систем целесообразно предусмотреть дополнительные (неиспользуемые в данный момент) резьбовые и гладкие отверстия, а также заглушки на отверстия для установки при необходимости электрических разъёмов.



Рис. 1. Схема жизненного цикла оптико-механической системы прибора

Варианты обеспечения качественных показателей должны рассматриваться отдельно как для единичных образцов, так и для серийных. В противном случае опытный образец изделия может не пройти испытания, или, наоборот, образец, прекрасно показавший себя в

единичном исполнении, при серийном производстве может оказаться малопригодным к эксплуатации.

Например, как показала практика, дляИК объективов самым «слабым местом» являются просветляющие, отражающие, спектроразделительные и другие покрытия. Объективы, как правило, работают в сложных условиях (перепад температур, повышенная влажность, соляной туман, динамическое воздействие пыли), что приводит к деградации покрытий [5]. Обеспечение показателей надёжности может осуществляться на следующих стадиях жизненного цикла ИК объектива:

- на этапе конструирования. Выбор покрытий повышенной стойкости. Герметизация прибора с заполнением внутренних полостей азотом или другим газом;
- технологической подготовки производства. Отработка новых типов оптических покрытий;
- производства. Использование нового современного оборудования, более чистых пленкообразующих материалов;
- эксплуатации. Прокачка осушенного газообразного азота через внутренние полости изделия через определённые временные интервалы. Периодическая замена иллюминаторов, контактирующих с вредной средой.

Необходимо учитывать, что улучшение показателей надёжности может привести к ухудшению показателей назначения, например, к уменьшению спектрального пропускания объектива.

Далее необходимо определить затраты ресурсов, необходимых для реализации каждого из вариантов, и выбрать наиболее целесообразный.

Следует отметить итерационный характер выбора вариантов. Наличие или отсутствие необходимых технологий, возможности их разработки и освоения производством непосредственно влияют на конструкцию изделия. В то же время конструкторские решения заставляют технологов искать новые пути и подходы. Так, была разработана технология изготовления пресс-форм алмазным точением и технология вакуумного прессования оптических элементов [6].

Методы повышения и оптимизации уровня качества изделий

Наиболее полно методы повышения качества оптико-механических приборов на стадии проектирования рассмотрены [7]. В этой работе дана классификация методов проектирования и приведены примеры их применения. Показано, что повысить качество прибора можно технологическим, проектно-конструкторским или компенсационным методами. Подчёркивается важность технико-экономического обоснования выбора метода, так как он зависит от большого количества трудно учитываемых факторов: серийности изделия, технологической оснащённости производства, квалификации рабочих и многих других. Рассмотрены случаи, когда методы, дающие хороший технический результат, ведут к большой незавершённости производства.

В работе [8] приведены широко распространённые в технической литературе методики определения оптимального уровня качества продукции, в том числе и иллюстрированные графиками. Уровень качества продукции, согласно ГОСТ 15467-79, является относительной характеристикой качества продукции, основанной на сравнении значений показателей качества оцениваемой продукции с базовыми значениями соответствующих показателей.

В первом случае оптимальным уровнем качества считается такой, при котором сумма производственных затрат и затрат на эксплуатацию за весь жизненный цикл изделия будет минимальной. Во втором – когда разность между доходом потребителя и затратами на приобретение и эксплуатацию будут максимальными.

Таким образом, можно сделать вывод, что повышение уровня качества целесообразно лишь до определённого предела. Однако опыт таких флагманов мировой экономики, как «Сони», «Панасоник», «Ай-Би-Эм», «Дженерал Электрик» и других, убедительно

доказывает, что повышенный уровень качества продукции играет важную роль в конкурентной борьбе, а доходы от его повышения не могут быть определены простыми арифметическими расчётами.

Выводы

Использование предложенной методики направленной на обеспечение качества изделий (продукции) с учётом заданной результативности и необходимых для этого затрат ресурсов, а также с рассмотрением нескольких ветвей жизненного цикла изделий (отдельно для единичного образца и для серии), апробировано при проектировании и изготовлении таких ИК объективов как «ИК-05», «Сажень ТА-ИК», «Берет – 01» и других. Предложенные рекомендации позволяют, по нашему мнению, детализировать и формализовать процесс проектирования и избежать каких-либо «слабых» вариантов.

Библиографический список

1. **Азгальдов, Г. Г.** Что такое качество / Г. Г. Азгальдов, А. В. Гличев, В. П. Панов. – М.: Экономика, 1968. – 135 с.
2. **Злобин, Б.К.** Экономический механизм повышения качества продукции / Б.К. Злобин. – М.: Мысль, 1980. – 151 с.
3. **Джонсон, Дж. К.** Методы проектирования: [пер. с англ.] / Дж. К., Джонсон. – 2-е изд., доп. – М.: Мир, 1986. – 326 с.
4. **Макин, В.С.** Технология изготовления лепестков диафрагм / В.С. Макин [и др.] // Тезисы докладов 20-й международной научно-технической конференции по фотоэлектронике и приборам ночного видения. – М., 2008. С. 200–201.
5. **Сабинин, В.Е.** Аппаратура для климатических испытаний малогабаритных оптических элементов / В.Е. Сабинин, С.В. Солк, С.Е. Шевцов // Прикладная оптика –2006: сб. трудов международной конференции. – СПб., 2006. Т. 1. С. 204-207.
6. **Сабинин, В.Е.** Проблемы проектирования и изготовления оптики из полимерных материалов / В.Е.Сабинин, С.В.Солк // Оптический журнал. 2002. Т. 69. № 1. С. 61–64.
7. **Латыев, С.М.** Конструирование точных (оптических) приборов: учеб. пособие / С.М. Латыев – СПб.: Политехника, 2007. – 579 с.
8. **Федюкин, В.К.** Квалиметрия. Измерение качества промышленной продукции: учеб. пособие / В.К. Федюкин. – М.: КНОРУС, 2009. – 320 с.

*Дата поступления
в редакцию 26.10.2012*

V.M. Medunetskiy, S.V. Solk

DESIGNING AS INITIAL PROCESS OF PROVIDING QUALITY INDICATORS OF SCIENTIFIC AND HI-TECH PRODUCTS

St. Petersburg National Research University
Information Technologies, Mechanics and Optics

Nowadays there are no unified views on such important notions as «quality» and «designing» of industry production. In the following article these notions were considered according to current development of technics and technology. In the work an analysis is presented and a new presentation of the term «quality» with due regard for the resource inputs made for its acquisition is given. Expediency of quality evaluation according to stages of life cycle of scientific and hi-tech products was identified. A conception, in which the designing is considered as an original process of providing qualitative indices of a product at all its life cycle stages, is proposed and presented on the tools optic-mechanical system example.

Key words: quality, designing, article life cycle.