

УДК 621.002:658.62.018.012

DOI: 10.12737/article_5a8ef9cce19d80.89624845

А.Г. Суслов, д.т.н.

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»
241035, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7)

E-mail: mootechmash@mail.ru

Управление качеством изделий машиностроения на всех этапах их жизненного цикла

Рассмотрены методы обеспечения и повышения качества изделий машиностроения на всех этапах их жизненного цикла: маркетинга; проектирования; технологической подготовки производства; изготовления материалов, заготовок, деталей и их сборки; эксплуатации; ремонта; утилизации. Показано, что основное влияние на качество выпускаемых изделий оказывает конструкторско-технологическая подготовка производства. Поэтому при разработке систем управления основное внимание должно уделяться техническому обеспечению и повышению качества выпускаемых изделий, а не организационно-управленческим аспектам.

Ключевые слова: управление качеством; этапы жизненного цикла; маркетинг; проектирование; технологическая подготовка; изготовление; эксплуатация; ремонт; утилизация.

A.G. Suslov, D. Eng.

(FSBEI HE "Bryansk State Technical University" 7, 50 Years of October Boulevard, Bryansk, 241035)

Engineering product quality control at all stages of product life

In the paper it is shown that at quality control of engineering products particular attention should be paid to engineering and technological measures which exert basic influence upon assurance and quality increase. Technical and technological measures are shown at all stages of product life: marketing; design; technological pre-production; manufacturing materials, blanks, parts and their assembly; operation; repair and utilization. It is emphasized that still at the preliminary stages it is necessary that a factor of competitive ability of a product designed should be defined. It is shown convincingly that engineering product quality is formed at the stage of design and ensured at the stage of manufacturing. The realization of measures shown in the paper allows ensuring high-quality competitive engineering product manufacturing at enterprises.

Keywords: quality control; life stages; marketing; design; work preparation; manufacturing; operation; repair; utilization.

Под управлением качеством изделий машиностроения на всех этапах их жизненного цикла понимается система технических, технологических, метрологических и организационно-управленческих мероприятий по обеспечению и повышению качества изделий машиностроения на следующих этапах: маркетинга; проектирования; технологической подготовки производства; изготовления материалов, заготовок, деталей и их сборки; эксплуатации; ремонта; утилизации [1, 2].

Особое внимание следует уделять техническим и технологическим мероприятиям, так как они оказывают основное влияние на обеспечение и повышение качества изделий машиностроения.

В то же время разрабатываемые в нашей стране различные системы управления качеством, например «саратовская», «львовская», присвоение «Знака качества», да и в настоящее время существующие системы, в основном базируются на организационно-управленческих мероприятиях. Еще в начале 1970-х гг. была объявлена пятилетка качества, и начали

разрабатываться опережающие стандарты, которые при правильном их использовании в определенной мере давали возможность технически и технологически повышать качество изделий машиностроения. Однако службы стандартизации на предприятиях не стимулировали своевременную конструкторско-технологическую подготовку для правильной реализации этих опережающих стандартов. В итоге через 2 - 3 года реализации этих стандартов предприятия оказались не готовы к этому, и произошло формальное их внедрение.

В качестве примера можно привести ГОСТ2789-73 "Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики", вышедший в 1973 г., а внедрение предусматривалось в 1975 г. Получив этот стандарт, предприятия ничего не делали по подготовке производства для его внедрения в 1975 г. Поэтому конструкторы пользовались приложением к этому стандарту по соотношению классов шероховатости, предусмотренных в старом ГОСТе 2789-59 и параметрами шероховатости R_a и R_z , и практически остались на техническом уровне требо-

ваний старого ГОСТа. Хотя в новом ГОСТе предусматривались ряд новых параметров шероховатости, таких как R_{max} , S_m , s , tp , которые оказывают основное влияние на долговечность рабочих поверхностей деталей. К сожалению, до сих пор этот ГОСТ не внедрен в полной мере, в то же время в 2017 г. он вышел в качестве Межгосударственного ГОСТа с некоторыми "неудачными" редакционными правками. Хотя есть весь необходимый справочный материал для конструктора-технолога и метролога для успешного его внедрения [2].

На этапе маркетинга:

1. Определяется потребность рынка в соответствующих изделиях машиностроения.

2. Технически определяется конкурентоспособность выпускаемых изделий [3, 4]:

$$K = P / (Ц + Эр), \quad (1)$$

где P – работа, произведенная машиной за срок морального старения (5 лет), руб.; $Ц$ – цена изделия, руб.; $Эр$ – эксплуатационные расходы на изделие за срок морального старения (5 лет), руб.

Причем цена изделия должна учитывать его качество:

$$Ц = C \cdot НПС + (R \cdot C \cdot НПС) / 100, \quad (2)$$

где C – себестоимость изделия, руб.; $НПС$ – норма потребительной стоимости изделия, учитывающая его качество; R – рентабельность, %.

3. Разрабатывается техническое задание на проектирование с указанием коэффициента конкурентоспособности на изделия, превышающим его значение для аналогичных выпускаемых изделий.

На этапе проектирования [2, 5, 6]:

1. Выбирается или разрабатывается новый технологический процесс, для реализации которого проектируется изделие. Если на этой стадии проектирования выбран устаревший неконкурентоспособный технологический процесс, то изделие никогда не будет конкурентоспособным. В качестве примера можно привести проектирование рельсошлифовального комплекса (Брянский машиностроительный завод, конец 1980 гг.) для обработки рабочей поверхности рельса в процессе эксплуатации. В 1980 гг. в нашей стране была осознана необходимость введения скоростных поездов. Для этого требовалось подготовить железную дорогу для движения скоростных поездов. Так как рабочие поверхности рельсов наших железных дорог имели продольную волнистость порядка 100...200 мкм, а для скоростных дорог она не должна превышать 10...20 мкм, то необходимо было производить обработку рабочих поверхностей рельсов в пути. С этой целью для начала производства

рельсообрабатывающих комплексов был закуплен в Швейцарии рельсошлифовальный комплекс для обработки рабочей поверхности рельса в пути методом шлифования торцовыми кругами. Он был передан Брянскому машиностроительному заводу в качестве образца. Однако этот рельсошлифовальный комплекс базировался на технологии, спроектированной еще в 1950 гг. и, естественно, не учитывал научных достижений последующих 30 лет. В соответствии с запроектированной технологией, при рельсошлифовке предусматривалось возвращение приработанного поперечного профиля рельса к исходному. Это приводило к необходимости снятия более высоких припусков при ремонте. В то же время, развитие трибологии в эти годы убедительно показало, что сформировавшийся в процессе приработки поперечный профиль рельса на каждом участке дорог является оптимальным и, его необходимо сохранять при ремонте, что позволяет значительно снизить припуск на обработку.

Учитывая это, была предложена новая технология обработки рабочих поверхностей рельсов в пути:

- иглофрезерование для снятия перенаклепанного с микротрещинами поверхностного слоя рельса по его контуру;

- шлифование абразивными брусками с поперечной асцилиацией по всему поперечному профилю для снятия продольной волнистости и доведения ее до 10...20 мкм;

- шлифование лепестковыми кругами для обеспечения требуемой шероховатости.

Причем предложенный технологический процесс мог быть реализован при скорости рельсообрабатывающего комплекса 20...25 км/ч. Тогда как рельсошлифовальный комплекс по устаревшей технологии производил обработку рабочих поверхностей рельсов в пути со скоростью 8...9 км/ч.

Однако предприятие уже затратившее на копирование швейцарского рельсошлифовального комплекса и производство своего аналога несколько миллионов государственных средств, отказалось от проектирования рельсообрабатывающего комплекса под реализацию нового технологического процесса обработки рабочих поверхностей рельсов в пути.

В результате долгих лет доработки устаревшего рельсошлифовального комплекса и огромных материальных затрат предприятие обанкротилось. Этот пример убедительно говорит о необходимости тщательного выбора или проектирования нового конкурентоспособного технологического процесса, для реализации которого предназначено изделие на начальной стадии его проектирования.

2. Разрабатывается кинематическая схема изделия, позволяющая реализовывать принятый технологический процесс.

3. Производится выбор узлов, соединений подшипников и других комплектующих деталей, обеспечивающих реализацию работы разработанной кинематической схемы изделия.

4. Выбирается или разрабатывается электронная система управления и диагностики проектируемого изделия.

5. Формируется сборочный чертеж проектируемого изделия.

6. Определяется коэффициент конкурентоспособности спроектированного изделия и, при необходимости его повышения, осуществляется соответствующая корректировка проекта.

7. Устанавливается оптимальная экономически целесообразная долговечность отдельных узлов и деталей спроектированного изделия.

8. Определяются эксплуатационные свойства и их значения, лимитирующие оптимальную долговечность деталей и их соединений.

9. Осуществляется выбор материалов для изготовления отдельных деталей изделия, исходя из необходимости обеспечения требуемых значений эксплуатационных свойств.

10. Рассчитываются размеры, их точность и параметры шероховатости рабочих поверхностей деталей, обеспечивающие требуемые значения эксплуатационных свойств.

11. Разрабатываются рабочие чертежи отдельных деталей проектируемого изделия.

На этапе технологической подготовки производства [2, 7 – 9]:

1. Определяются технологические способы получения заготовок для изготовления деталей проектируемого изделия исходя из их конфигурации и их функционального назначения.

2. Выбираются технологические методы окончательной обработки рабочих поверхностей деталей, обеспечивающие требуемую точность и качество поверхностного слоя.

3. Рассчитываются оптимальные режимы для выбранных методов окончательной обработки рабочих поверхностей деталей машин.

4. Производится сравнение технологической себестоимости по выбранным методам и режимам окончательной обработки рабочих поверхностей деталей машин.

5. Устанавливаются технологические методы и оптимальные режимы рабочих поверхностей деталей машин, обеспечивающие требуемую точность и параметры качества поверхностного слоя с наименьшей технологической себестоимостью.

6. Определяются предварительные технологические методы обработки рабочих поверхностей, а также окончательные и предва-

рительные методы остальных поверхностей деталей проектируемого изделия. При этом следует учитывать, что каждый предыдущий метод обработки позволяет получать точность размера на 1 – 2 качества и высотные параметры шероховатости в 3 – 4 раза выше последующего метода обработки.

7. Формируются технологические процессы изготовления деталей, обеспечивающие требуемую точность размеров и качество поверхностного слоя с наименьшей технологической себестоимостью.

8. Разрабатываются схемы сборки изделия.

9. Проектируются технологические процессы сборочных единиц и изделия в целом. При этом особое внимание необходимо уделять выбору методов и оптимальных режимов сборки ответственных соединений, оказывающих влияние на долговечность изделия [2].

10. Проектируются технологические процессы изготовления электронных систем управления и диагностики изделий.

11. При необходимости проектируются и изготавливаются станочные приспособления и инструменты или осуществляется их закупка.

Следует отметить, что последние годы в брянской (БГТУ) и рыбинской (РГАТУ имени П.А. Соловьева) технологических школах проводятся исследования по установлению непосредственной взаимосвязи эксплуатационных свойств деталей машин с условиями их обработки. Результатом этих исследований являются теоретические и эмпирические уравнения взаимосвязи различных эксплуатационных свойств (статическая и усталостная прочность; износостойкость; контактная жесткость; коррозионная стойкость; герметичность соединений; прочность посадок) рабочих поверхностей деталей с режимами при различных методах их обработки. Это позволяет частично объединить и сократить время на проектирование и технологическую подготовку производства.

На этапе изготовления [2]:

1. Введение повременной оплаты труда, в соответствии со сложностью выполняемой работы на отдельных предприятиях и производствах.

2. Строжайшее соблюдение технологической дисциплины. Соблюдение технологической дисциплины должны контролировать цеховые мастера, технологи и контролеры. Немаловажную роль в необходимости соблюдения технологической дисциплины играет разъяснительная работа среди исполнителей. Соблюдение технологической дисциплины способствует автоматизации производства, внедрению активных методов контроля и адаптивных систем управления качеством на

рабочих местах. Этому также способствует синхронное обеспечение рабочих мест режущим инструментом в соответствии с его стойкостью.

3. Своевременная диагностика и ремонт технологического оборудования. Так как основное влияние на точность размеров и качество обрабатываемых поверхностей деталей оказывает динамическая жесткость станков, то при диагностировании целесообразно производить ее контроль. С этой целью с успехом может быть применена оперативная автоматизированная система, использующая метод проф. Скрагана:

$$j_{\text{дин}} = \Delta P_y / \Delta y, \quad (3)$$

где ΔP_y – разность радиальной силы резания при обработке поверхностей с различным припуском, автоматически измеряемая с использованием силового динамометра; Δy – разность радиусов обрабатываемых поверхностей с различным припуском, измеряемая после обработки индуктивным датчиком.

Реализация данной методики позволит оперативно в течение 10 мин диагностировать динамическую жесткость токарных, фрезерных и шлифовальных станков.

4. Введение пооперационного контроля.

На этапе эксплуатации [3]:

1. Строгое соблюдение технических условий эксплуатации изделий. Нельзя превышать допустимые нагрузки, мощности и скорости, предусмотренные в паспорте изделия.

2. Транспортировка и хранение изделий должны выполняться в соответствии с техническими требованиями.

3. Своевременные диагностирование и поднастройка изделий.

На этапе ремонта [3]:

1. Своевременные текущий и капитальный ремонт изделий.

2. Строгое соблюдение технологической дисциплины при текущем и капитальном ремонте.

3. При необходимости производится замена отслуживших свой срок деталей или их восстановление с целью повышения их долговечности.

На этапе утилизации [3]:

1. Полная разборка изделий.

2. Рассортировка деталей и тщательная дефектация с целью их использования в новых изделиях. Практика японских предприятий показывает что, в зависимости от наличия ресурса работоспособности деталей из старых изделий, примерно 40 % этих деталей могут быть использованы в новых изделиях.

Следует отметить, что утилизацией своих изделий должны заниматься их производители.

Реализация приведенных выше технических и технологических мероприятий на всех этапах жизненного цикла позволит промышленным предприятиям выпускать высококачественные и конкурентоспособные изделия. Для этого разрабатываемые системы управле-

ния качеством на промышленных предприятиях для их работоспособности должны включать должностные обязанности всех исполнителей, начиная от генерального директора до рабочего, по обеспечению и повышению качества изделий машиностроения на всех этапах жизненного цикла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Управление** качеством продукции машиностроения: учебное пособие / М.М. Кане, А.Г. Суслов, О.А. Горленко и др.; под общ. ред. д-ра техн. наук М.М. Кане. – М.: Машиностроение, 2010. – 416 с.

2. **Качество** машин: Справочник. В 2-х т. Т.1/ А.Г. Суслов, Ю.В. Гуляев, А.М. Дальский и др. – М.: Машиностроение, 1995. – 430 с.

3. **Качество** машин: Справочник. В 2-х т. Т.2/ А.Г. Суслов, Э.Д. Браун, Н.А. Виткевич и др. – М.: Машиностроение, 1995. – 256 с.

4. **Суслов, А.Г.** Конструкторско-технологическое обеспечение качества и конкурентоспособности изделий машиностроения // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2017. – №7(73). – С. 25–28.

5. **Суслов, А.Г.** Качество поверхностного слоя деталей машин. – М.: Машиностроение, 2000. – 320 с.

6. **Инженерия** поверхностей деталей / Колл. Авт.; под ред. А.Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.

7. **Суслов, А.Г.** Обеспечение конкурентоспособности и качества изделий машиностроения // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2013. – №4(22). – С. 3–6.

8. **Технологическое** обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей и их соединений (Библиотека технолога) / Суслов А.Г., Федоров В.П., Горленко О.Н. и др./ под общ. ред. А.Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2006. – 448 с.

9. **Безъязычный, В.Ф.** Метод подобия в технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 2012. – 320 с.

REFERENCES

1. *Quality Control of Engineering Produce: manual* / M.M. Kane, A.G. Suslov, O.A. Gorlenko et al.; under the general editorship of M.M. Kane. – M.: Mechanical Engineering, 2010. – pp. 416.

2. *Machine Quality: reference book. In 2 Vol., Vol. 1/* A.G. Suslov, Yu.V. Gulyaev, A.M. Dalsky et al. – M.: Mechanical Engineering, 1995. – pp. 430.

3. *Machine Quality: reference book. In 2 Vol., Vol. 2/* A.G. Suslov, E.D. Brown, N.A. Vitkevich et al. – M.: Mechanical Engineering, 1995. – pp. 256.

4. Suslov, A.G. Design and technological support of quality and competitive ability of engineering products // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2017. – No.7 (73). – pp. 25-28.

5. Suslov, A.G. *Quality of Machine Parts Surface Layer*. – M.: Mechanical Engineering, 2000. – pp. 320.

6. *Parts Surface Engineering* / authors' group; under the editorship of A.G. Suslov. – M.: Mechanical Engineering, - 2008. – pp. 320.

7. Suslov, A.G. Competitive Ability and Quality Support of Engineering Products // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2013. – No. 4(22). – pp. 3-6.

8. *Technological Support and Operation Properties Increase of Parts and Their Joints (Technologist's Library)* / Suslov A.G., Fyodorov V.P., Gorlenko O.N. et al./ under the general editorship of A.G. Suslov. – M.: Mechanical Engineering, 2006. – pp. 448.

9. Beziyazychny, V.F. *Similarity Method in Engineering Techniques*. – M.: Mechanical Engineering, 2012. – pp. 320.

Рецензент д.т.н. О.А. Горленко