

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЙ С УЧЕТОМ ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННО- ОРГАНИЗАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

В статье представлен перечень единичных показателей технологического сопровождения технологий, метод определения их фактических значений и их уровней качества. По результатам определения уровня качества технологических процессов может быть принято одно решение из трех управленческих решений. В работе описаны единичные показатели качества, имеющие непосредственное отношение к качеству технологических процессов машиностроительной отрасли, на стадии проектирования и составления технической документации. А также представлены комплексные показатели качества, на основе которых определяют обобщенный показатель качества оцениваемого технологического процесса. По итогам работы сформированы особенности оценки соответствия технологических процессов и связанные с ними обязательные требования. Также описан процесс получения качественной и количественной оценки качества технологического процесса с подробным описанием всех необходимых формул.

**Ключевые слова:** входной контроль, математические модели, параметры для расчета качества детали, показатель качества, принципиальная схема, технологическая оснастка, технологический процесс, технологическое сопровождение технологий, управление качеством, управленческие решения.

**Введение.** Современное производство представляет собой сложный процесс превращения сырья, материалов, полуфабрикатов и других предметов труда в готовую продукцию, удовлетворяющую потребностям общества. Совокупность всех действий людей и орудий труда, осуществляемых на предприятии для изготовления конкретных видов продукции. Расчет качества технологического процесса с целью снижения количества корректировок конструкторской и технологической документации, необходимость которых возникает по результатам испытаний готовой продукции. Конечное качество готовой продукции зависит не только от качества технологической оснастки, но и от точного соблюдения режимов ТП, качества заготовок и квалификации обслуживающего персонала [1, с. 35]. Если достижение требуемого качества заготовок и качества обслуживающего персонала не вызывает больших затруднений, то обеспечение качества технологической оснастки и точного соблюдения режимов ТП невозможно без специального информационно-технического сопровождения этой технологии [2, с. 34–38]. С точки зрения требований методов управления качеством, качество технологических процессов в машиностроении (далее ТП) можно определять по модели:

$$Q_{ТП} = \beta_{\text{мат}} \cdot Q_{\text{мат}} + \beta_{\text{осн}} \cdot Q_{\text{осн}} + \beta_{\text{ТП}} \cdot Q_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{ТП}}$  — комплексный показатель качества технологий;  $Q_{\text{мат}}$  — комплексный показатель качества сырья и материалов;  $Q_{\text{осн}}$  — комплексный показатель качества технологической оснастки;  $Q_{\text{пр}}$  — комплексный показатель качества технологического и организационного сопровождения;  $\beta_{\text{мат}}$ ,  $\beta_{\text{осн}}$ ,  $\beta_{\text{ТП}}$  — нормированные коэффициенты соответствующих показателей качества.

$$\beta_{\text{мат}} + \beta_{\text{осн}} + \beta_{\text{ТП}} = 1,0. \quad (2)$$

Расчет качества ТП по описанной модели проводят после разработки всей документации, относящейся к конкретному ТП. Цель таких предварительных расчетов заключается в снижении количества корректировок КД и ТД, необходимость которых возникает по результатам испытаний готовой продукции. Поэтому предварительное определение качества ТП на стадии проектирования и конструирования может способствовать сокращению количества корректировок КД и ТД, что, в свою очередь, значительно снизит себестоимость изготовления технических изделий [3, с. 15].

**Материалы и методы.** Комплексный показатель качества сырья и материалов, используемых в технологических процессах, должен определяться в исследовательских лабораториях предприятия по модели, описанной ниже.

Единичные показатели качества сырья и материалов определяют путем сравнения фактических показателей качества, полученных на стадии входного контроля сырья и материалов с показателями, указанными в нормативной документации на сырье и материалы (ГОСТ, ОСТ, ТУ и пр.).

Комплексный показатель качества сырья и материалов определяют по формуле:

$$Q_{mat} = \sum_{i=1}^n \beta_{i,mat} \cdot q_{i,mat,ф} \quad (3)$$

где  $Q_{mat}$  — комплексный показатель качества сырья и материалов, используемых в ТП;  $n$  — количество видов сырья и материалов, используемых в ТП;  $\beta_{i,mat}$  — нормированные коэффициенты весомостей  $i$ -х видов сырья и материалов,  $\sum \beta_{i,mat} = 1,0$ ;  $q_{i,mat,ф}$  — фактические показатели качества  $i$ -х видов сырья и материалов.

Фактический показатель качества  $i$ -го вида сырья и материалов определяют по формуле:

$$q_{i,mat,ф} = (100\% - \Delta\%): 100, \quad (4)$$

где  $100\%$  — нормативное значение показателя качества, выраженное в %;  $\Delta\%$  — % отклонение фактического значения параметра от нормативного, которое определяют по формуле:

$$\Delta\% = \left| \frac{q_{mat,н} - q_{mat,ф}}{q_{mat,н}} \right| \cdot 100, \quad (5)$$

где  $q_{mat,н}$  — нормативное значение показателя качества;  $q_{mat,ф}$  — фактическое значение показателя качества, в пределах установленного допуска.

При соответствии фактических показателей качества нормативным в пределах допуска, т.е. при  $\Delta\% \rightarrow 0$ , считают, что качество проверенных сырья и материалов, используемых в ТП, равно  $100\%$  или единице ( $q_{mat,ф} = 1,0$ ).

При несоответствии фактических показателей нормативным сырье и материалы бракуются [4, с. 168].

В качестве примера технологической оснастки на рис. 1 приведена конструкция штампа для листовой штамповки полушфер, являющихся заготовками для изготовления емкостей различного типа [5, с. 81].

Как показывает производственный опыт, качество штамповой оснастки на  $80\%$  зависит от свойств и параметров деталей «вкладыш», поэтому эта деталь в конструкции штамповой оснастки является определяющей. Весомость определяющей детали относительно остальных деталей штампа  $\beta_{opr} = 0,8$ , на остальные детали штампа приходится суммарная весомость  $\beta_{opr} = 0,2$  [6, с. 352].

В табл. 1 представлен перечень параметров определяющей детали, из которых складывается обобщенное качество детали. Эти параметры указаны в классификаторе ОК 021-95 в разделе деталей, обрабатываемых резанием, таблицы классификатора 4.2–4.8.

Коды классификатора трансформированы в вероятностные категории, которые соответствуют иерархии однозначных кодов классификатора ОК 021-95. Коды в вероятностных категориях безразмерные, т.е. представляют собой коэффициенты, отражающие иерархию значений параметров в соответствии с иерархией кодов классификатора ОК 021-95 [7, с. 2].

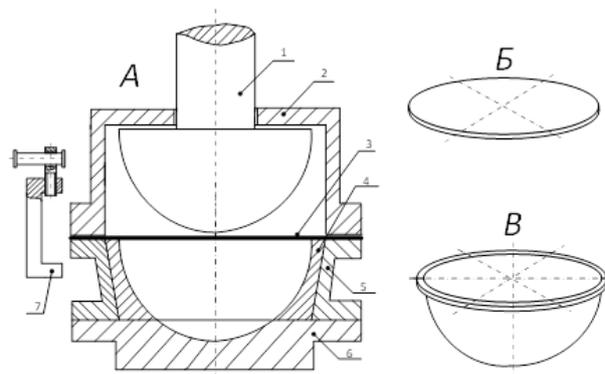


Рис. 1. Принципиальная схема конструкции штамповой оснастки для штамповки полушфер: А — конструкция штамповой оснастки для формирования полушфер, Б — вид заготовки для штампования, В — вид готовой продукции (полушферы для изготовления емкостей); 1 — пуансон, 2 — верхняя крышка штампа, 3 — заготовка, 4 — съемные вкладыши (4 шт.), 5 — корпус штампа, 6 — основание штампа, 7 — струбцины для скрепления частей штамповой оснастки (8 шт.)

Параметры, приведенные в табл. 1, определяют из чертежа детали, а классификатор ОК 021-95 устанавливает иерархию этих параметров для общей оценки качества деталей.

После представления кодов ОК 021-95 в виде вероятностных коэффициентов обобщенное качество детали определяют по формуле среднего геометрического

$$q_{g,5} = \sqrt[5]{\prod_1^5 q_i} = \sqrt[5]{q_{в.з} \cdot q_{кв} \cdot q_{l,ин} \cdot q_{2,мо} \cdot q_{хм}}, \quad (6)$$

где  $q_{g,5}$  — ожидаемое (вероятностное) качество детали, полученное по пяти параметрам, указанным в ОК 021-95;  $q_i$  — коды признаков по ОК 021-95, выраженные в вероятностных коэффициентах.

Качество штамповой оснастки рассчитывают по формуле:

$$Q_{изг} = P_t \left[ \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot q_i \right], \quad (7)$$

где  $P_t$  — ожидаемая (проектная) долговечность изделия,  $n$  — количество деталей в изделии,  $\beta_i$  — весомости деталей в составе изделия.

Уровень качества штамповой оснастки — сравнение значений показателей качества штамповой оснастки с базовым значением качества изделий в машиностроении РФ, равным  $Q_{баз} = 0,96$ :

$$y_{oc} = \frac{Q_{oc}}{Q_{баз}} \cdot 100\%, \quad (8)$$

где  $y_{oc}$  — уровень качества штамповой оснастки;  $Q_{oc}$  — качество оцениваемой штамповой оснастки;  $Q_{баз} = 0,96$  — среднее качество базовых изделий в машиностроении РФ.

По результатам расчета уровня качества штамповой оснастки формулируют предложения по повышению качества штамповой оснастки [8, с. 58–63].

Предложения по улучшению качества оцениваемых изделий могут быть следующие:

а) если уровень качества оцениваемой штамповой оснастки составляет  $40\text{--}50\%$  от качества

Перечень параметров, участвующих в расчетах качества детали вкладыш

Наименование параметров, в соответствии с ОК 021-95 (раздел обработка резанием таблицы 4.2 – 4.8)		Определение номера кода параметра в таблицах ОК 021-95	Преобразование кодов ОК 021-95 в коэффициенты, отражающие иерархию значений параметров в вероятностных категориях
1	$q_{в.з.}$	Вид исходной заготовки (табл. 4.2 ОК 021-95)	$q_{i.БК} = \frac{\sum k_i - (k_{max} - k_1)}{\sum k_i}$ номер кода параметра детали по классификатору ОК 021-95-2
2	$q_{кв.}$	Средняя точность детали (коэффициент точности) (табл. 4.3 ОК 021-95)	$q_{i.БК} = \frac{\sum k_i - (k_i - 1)}{\sum k_i}$ номер последнего кода в иерархии данного параметра по классификатору ОК 021-95-3
3	$q_{г.шт}$	Средняя шероховатость (коэффициент шероховатости) (табл. 4.4 ОК 021-95)	$q_{i.БК} = \frac{\sum k_i - (k_i - 1)}{\sum k_i}$
4	$q_{2.мо}$	Термическая обработка (табл. 4.6 ОК 021-95)	$q_{i.БК} = \frac{\sum k_i - (k_{max} - k_1)}{\sum k_i}$
5	$q_{км}$	Характеристика массы (табл. 4.8 ОК 021-95)	$q_{i.БК} = \frac{\sum k_i - (k_{max} - k_1)}{\sum k_i}$

базовой, то качество штамповой оснастки считается неприемлемым, и это изделие возвращается на переработку [9, с. 8];

б) если уровень качества оцениваемой оснастки составляет 51...70 % от качества базовой, то требуется пересмотр конструкции некоторых деталей изделия на основе последних достижений в данной области техники;

в) если уровень качества оцениваемой оснастки составляет 71...85 % от качества базовой, то требуется корректировка технологических процессов изготовления некоторых деталей;

г) если уровень качества оцениваемой оснастки составляет 86...95 % от качества базовой, то это означает, что функциональность оцениваемого изделия не соответствует базовому, поэтому требуется повысить долговечность изделия;

д) если уровень качества оцениваемой оснастки составляет 96...100 % от качества базовой, то корректировка не требуется, т.к. считается, что оцениваемое изделие соответствует по качеству базовой [10, с. 96].

Комплексный показатель качества технологических и организационных операций определяют по формуле [11, с. 110]:

$$Q_{ТП} = \beta_T \cdot Q_T + \beta_{np.} \cdot Q_{np.}, \quad (9)$$

где  $Q_T$  — усредненный показатель качества технологического сопровождения технологий;  $Q_{np.}$  — усредненный показатель качества производственно-организационного сопровождения технологий;  $\beta_T = 0,6$ ;  $\beta_{np.} = 0,4$  — нормированные коэффициенты технологического и организационного сопровождения соответственно.

Известно, что конечное качество готовой продукции зависит не только от качества технологической оснастки, но и от точного соблюдения режимов ТП, качества заготовок и квалификации обслуживающего персонала [12, с. 20]. Если дости-

жение требуемого качества заготовок и качества обслуживающего персонала не вызывает больших затруднений, то обеспечение качества технологической оснастки и точного соблюдения режимов ТП невозможно без специального информационно-технологического сопровождения этой технологии.

Далее представлен перечень единичных показателей технологического сопровождения технологий и метод определения их фактических значений [13, с. 26 – 42].

Перечень и описание единичных показателей технологического сопровождения технологий и метод определения их уровней качества.

$T_1$  — полнота обеспечения технологической оснастки (наличие инструмента и вспомогательных материалов), предусмотренных ТП;

$T_2$  — объем входного контроля;

$T_3$  — состояние комплектности средств измерений;

$T_4$  — соответствие состояния оборудования эксплуатационным документам;

$T_5$  — степень выполнения требований техники безопасности и производственной санитарии;

$T_6$  — соответствие условий хранения и выдачи в работу материалов, деталей, сборочных единиц, комплектующих изделий требованиям нормативно-технической документации;

$T_7$  — сохранность изделий (без повреждений-царапин, забоин и т. д.);

$T_8$  — выполнение транспортно-складских операций;

$T_9$  — правильность выполнения размеров, указанных на планировке расположения оборудования;

$T_{10}$  — соответствие мероприятий по консервации и упаковке готовой продукции требованиям НТД.

Фактические значения единичных показателей определяют как уровень качества относительно нормативных значений [14, с. 38]:

$$T_i = T_{i.ти.ф.} : T_{i.н.}$$

где  $T_{i.ти.ф.}$  — фактические значения  $i$ -х единичных показателей;  $T_{i.н.}$  — нормативные значения  $i$ -х единичных показателей.

Фактический показатель качества технологического сопровождения технологии определяют по формуле:

$$Q_{ср.Т} = \sqrt[10]{T_{ii=1}^{10}} = \sqrt[10]{T_1 \cdot T_2 \cdot T_3 \cdot T_5 \cdot T_6 \cdot T_7 \cdot T_8 \cdot T_9 \cdot T_{10}}, \quad (10)$$

где 10 — количество единичных показателей качества технологического сопровождения;  $T_1 \dots T_{10}$  — значения фактических единичных показателей оцениваемого технологического сопровождения.

Перечень и описание единичных показателей производственно-организационного сопровождения технологий и метод определения их уровней качества [15, с. 12]:

$P_1$  — полнота обеспечения технологической оснастки, инструмента и вспомогательных материалов, предусмотренных технологическим процессом;

$P_2$  — объем входного контроля;

$P_3$  — состояние комплектности средств измерений;

$P_4$  — соответствие состояния оборудования эксплуатационным документам;

$P_5$  — степень выполнимости требований техники безопасности и производственной санитарии;

$P_6$  — соответствие условий хранения и выдачи в работу материалов, деталей, сборочных единиц, комплектующих изделий требованиям нормативно-технической документации;

$P_7$  — сохранность изделий (без повреждений, царапин, забоин и т. д.);

$P_8$  — выполнение транспортно-складских операций;

$P_9$  — правильность выполнения размеров, указанных на планировке расположения оборудования;

$P_{10}$  — соответствие мероприятий по консервации и упаковке готовой продукции требованиям НТД.

Фактические значения единичных показателей определяют как уровень качества относительно нормативных значений [16, с. 520]:

$$P_i = P_{i.ти.ф.} : P_{i.н.}$$

где  $P_{i.ти.ф.}$  — фактические значения  $i$ -х единичных показателей;  $P_{i.н.}$  — нормативные значения  $i$ -х единичных показателей.

Усредненный показатель качества оцениваемого производственно-организационного сопровождения технологии определяют по формуле [17, с. 6]:

$$Q_{ср.П} = \sqrt[10]{P_{i=1}^{10}} = \sqrt[10]{P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_5 \cdot P_6 \cdot P_7 \cdot P_8 \cdot P_9 \cdot P_{10}}, \quad (11)$$

где 10 — количество единичных показателей качества организационного сопровождения технологии;  $P_1 \dots P_{10}$  — единичные показатели оцениваемого организационного сопровождения технологии.

Определение мероприятий по совершенствованию технологического и организационного сопровождения технологий. Уровень качества ТП определяют по формуле [18, с. 106]:

$$Y_{ТП} = \frac{Q_{ТП.факт.}}{Q_{ТП.баз.}} \cdot 100\%, \quad (12)$$

где  $Q_{ТП.факт.}$  — фактическое качество оцениваемого ТП;  $Q_{ТП.баз.} = 0,96$  — базовое значение ТП.

По результатам определения уровня качества ТП может быть принято одно решение из трех возможных [19, с. 12]:

а) если уровень качества фактических показателей ТП составляет 50 % и ниже от качества базовых значений, то такие показатели ТП считают неприемлемыми, и весь ТП подлежит переработке;

б) если уровень качества фактических показателей ТП составляет 51...94 % от базовых показателей, то выявляют некоторые единичные показатели ТП, не соответствующие нормативным, которые затем подлежат корректировке до достижения базовых показателей;

в) если уровень качества фактических показателей ТП составляет 95...100 % от базовых показателей, то фактический показатель ТП соответствует базовому уровню.

#### Заключение.

1. Описаны единичные показатели качества, имеющие непосредственное отношение к качеству технологических процессов машиностроительной отрасли, на стадии проектирования и составления технической документации.

2. Описаны комплексные показатели качества, на основе которых определяют обобщенный показатель качества оцениваемого технологического процесса.

3. Сформулированы особенности оценки соответствия технологических процессов и связанных с ними обязательных требований:

— наличие документов по стандартизации технологических процессов, регламентирующих порядок проведения работ по оценке соответствия ТП и связанных с ним процессов установленным требованиям;

— обеспечение единства измерений и достоверности результатов испытаний при оценке соответствия ТП, определяемых законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений;

— обязательное наличие систем менеджмента качества на предприятии, а также обязательность оценки их соответствия требованиям внедрения, результативности и другим требованиям нормативной документации;

— наличие аккредитации у организаций, выполняющих работы по оценке и подтверждению соответствия ТП и связанных с ним процессов.

#### Библиографический список

1. Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы. Принципы разработки и программирование / пер. с англ. и ред. К. А. Птицына. 4-е изд. М.: Вильямс, 2007. 1147 с. ISBN 978-5-8459-1156-8.
2. Мартишкин В. В., Алексашина О. В. Создание экспертной системы для выбора базовых образцов на стадии проектирования технических изделий // Страна живет, пока работают заводы: сб. науч. тр. Курск, 2015. С. 206—211. ISBN 978-5-9907150-4-2.
3. ГОСТ 2.102-2013. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Виды и комплектность конструкторских документов. Введ. 2014—06—01. М.: Стандартинформ, 2014. 15 с.

4. Просветов Г. И. Управление качеством. Задачи и решения. М.: Альфа-пресс, 2009. 166 с. ISBN 978-5-94280-398-8.
5. Амиров Ю. Д., Алферова Т. К., Волков П. Н. [и др.]. Технологичность конструкции изделия: справочник / под общ. ред. Ю. Д. Амирова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1990. 768 с. ISBN 5-217-01121-1.
6. Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Сулова, А. Г. Косиловой [и др.]. 5-е изд., переб. и доп. М.: Машиностроение, 2001. Т. 1. 910 с.
7. ОК 021-95. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения (ОТКД) (с Изменением № 1). Введ. 1996–01–01. М.: Стандартинформ, 1995. 250 с.
8. Мартишкин В. В., Задорнов К. С. Алгоритм управления качеством технических изделий на стадии рабочего проектирования // Технология машиностроения. 2014. № 5. С. 58–62.
9. Хунузиди Е. И., Благовещенский Д. И. Управление качеством изделий, используемых в сборочном производстве // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2019. № 1. С. 7–11.
10. Кане М. М., Сулов А. Г., Горленко О. А. Управление качеством продукции машиностроения. М.: Машиностроение, 2010. 416 с. ISBN 978-5-94275-493-8.
11. Вяткин Р. В., Зеленцов Н. М., Землякова А. А. Управление качеством товаров на предприятии // Молодые ученые — развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). 2020. № 1. С. 110–112.
12. ПАО «Промтрактор». СП 131-2009-001-2005. Система менеджмента качества. Проведение постоянных, периодических наблюдений, разовых обследований тракторов в реальной эксплуатации. Сбор и обработка информации о надёжности. 2005. 20 с.
13. Грибанов Д. Д., Мартишкин В. В. Обеспечение качества технических изделий путем контроля проекта // Качество и жизнь. 2016. № 1 (9). С. 26–41.
14. Бирюкова Е. А., Козлова А. А. Система менеджмента качества на ООО «Уральский дизель — моторный завод» в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001 // Научное образование. 2019. № 2 (3). С. 38–41.
15. ПАО «Промтрактор». СП 131-030-003-2007. Система менеджмента качества. Обеспечение качества проектирования изделия. 2007. 12 с.
16. Попова А. П., Дубровина И. А. Менеджмент качества в машиностроении // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2016. Т. 2, № 12. С. 520–521.
17. Мартишкин В. В., Зайцев С. А., Сепесева Ю. А. Определение качества технических изделий. Часть 1. Использование свойств нормального распределения при расчетах качества технических изделий // Машиностроение и инженерное образование. 2017. № 4 (53). С. 2–10.
18. Даринская В. В. Управление качеством в сбалансированной системе показателей // Russian Journal of Management. 2019. Т. 7, № 2. С. 106–110. DOI: 10.29039/article\_5d4846bcf28ab0.80956136.
19. ООО «Концерн «Тракторные заводы». Гарантийное обслуживание продукции, эксплуатируемой на территории РФ и за её пределами. Сбор, обработка и анализ информации об отказах: регламент. 2010. 62 с.

**ЗИМИН Егор Максимович**, аспирант кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация».

Адрес для переписки: zimin\_em@mail.ru

**МАРТИШКИН Владимир Васильевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация».

SPIN-код: 3781-7849

AuthorID (РИНЦ): 688361

Адрес для переписки: vmartishkin@mail.ru

#### Для цитирования

Зимин Е. М., Мартишкин В. В. Определение качества технологий с учетом основных производственно-организационных мероприятий // Омский научный вестник. 2020. № 6 (174). С. 22–26. DOI: 10.25206/1813-8225-2020-174-22-26.

Статья поступила в редакцию 22.07.2020 г.

© Е. М. Зимин, В. В. Мартишкин