

1989г., 340с.

7. Волков С.Д. - Статистическая теория прочности, М., Машгиз, 1960, 176с.
8. Волков С.Д. К теории макротрещин. Сообщение I. Простейшие модели, М: Проблемы прочности, 1981г.,N 2, стр.44-48.
9. Волков С.Д., Дубровина Г.И., Соковнин Ю.П. Устойчивость сопротивления материала в механике разрушения. М: Проблемы прочности, 1978г.,N 6, стр.65-69.
10. Иванова В.С., Терентьев В.Ф. Природа усталости металлов. М: Metallurgia, 1975г., 456с.
11. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. Москва, Машиностроение, 1977, 232с.
12. Коновалов Л.В. Проектирование с учетом усталости - необходимое условие создания работоспособных механических систем. М: Вестник Машиностроения. N 3, 1993, стр. 3-11.
13. Лисин А.Н. Разработка методологии оценивания характеристик сопротивления усталости и живучести колес транспортных средств. М: МАТИ, Автореферат докторской диссертации. УДК539.422.24/629.735.33, 2012г., 40с.
14. Селихов А.Ф., Чижов В.М. Вероятностные методы в расчетах прочности самолета. Москва, Машиностроение, 1987, 238с
15. Серенсен С.В. Усталость материалов и элементов конструкций. Избранные труды, Том 1,2,3 Киев, Наукова думка, 1985, 256с.
16. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний. Справочник, Москва, Машиностроение, 1985, 230с.
17. Сурков А.И. Вероятностная оценка прочности при переменных нагрузках по медианным пределам выносливости образцов различных типоразмеров. М: Проблемы прочности, 1982г., N12, стр.42-50.
18. Хазанов И.И., Агафонов Ю.А., Мозалев В.В.-Оптимизация моментов проведения регламентных осмотров при эксплуатации авиационных колес по техническому состоянию. М., Труды Гос. НИИГА, 1980, вып. 183, стр.17-22.

Управление качеством технических изделий на стадии технического проекта

Мартишкин В.В.
Университет машиностроения

Аннотация. Рассматриваются методы управления качеством изделий на стадии технического проекта. На стадии технического проекта основное значение в повышении качества имеют показатели стандартизации и унификации. В результате предварительной оценки предполагаемого качества изделий и внесения в документацию соответствующих коррективов, значительно сокращается трудоемкость и себестоимость получения качественных изделий в процессе их производства.

Ключевые слова: качество продукции, управление качеством, параметры качества, технические изделия, базовые изделия, методы оптимизации

Введение

Проектирование начинается с постановки задачи на создание изделия.

ГОСТ 2.103-68* устанавливает разбивку процесса проектирования на определенные стадии. Стадии устанавливают в зависимости от сложности изделия и программы его выпуска. Однако стадии технического и рабочего проектов (далее ТП и РП) проходят практически все изделия независимо от их сложности. В данной работе описан метод управления качеством технических изделий на стадиях ТП и РП.

Требования к выполнению технического проекта устанавливает ГОСТ 2.120-73. Технический проект содержит технические решения и данные, достаточные для полного пред-

ставления об устройстве и принципе работы изделия. На стадии ТП технические изделия (далее ТИ) существуют в виде сборочных чертежей, чертежей общих видов, технических описаний и спецификаций. Рабочих чертежей деталей и сборочных единиц на стадии ТП не разрабатывают. Оценка качества ТИ на стадии ТП осуществляют на основе качественных и количественных оценок. При этом чем больше показателей участвует в получении количественных оценок, тем точнее и объективнее полученные результаты.

Применение качественных оценок на стадии ТП

Цель получения качественных оценок на стадии ТП заключается в сравнении полученных показателей качества оцениваемых изделий с показателями качества базовых (наилучших) изделий на данный момент, и в выработке необходимых управленческих решений по повышению качества оцениваемого изделия.

Качественные оценки можно получать только при наличии нескольких однотипных изделий – аналогов. Сначала качественные оценки назначают исходя из результатов визуального изучения сборочных чертежей, чертежей общих видов и спецификаций изделия. При этом оценки представляют собой оценки типа «хорошо - плохо», «лучше - хуже», «технологично - не технологично». Двухзначная логика качественных оценок позволяет отбросить бесперспективные варианты технических решений среди изделий аналогов, тем самым уменьшить объем поиска наилучших вариантов. В результате получается возможность выявить один вариант технического решения, который принимают в качестве базового изделия.

Для конкретизации качественных оценок возможно применение оценок, выраженных в виде процентов. При этом принимают, что параметры базового изделия, принятые для сравнения, оценены в 100 процентов. При назначении оценок в виде процентных отношений для оцениваемого изделия, имеет место естественная субъективность экспертов. В связи с этим качественные оценки, выраженные в виде ориентировочных процентов имеют интервальный характер. Естественная субъективность экспертов при назначении качественных оценок представляет собой методическую погрешность величиной $\pm 5\%$. Составляющие этой погрешности: $\pm 2\%$ - естественная субъективность экспертов при назначении оценок, $\pm 1.5\%$ - возможные ошибки при оценивании изделия с точки зрения конструкции (умение правильно читать чертежи - знание ЕСКД), $\pm 1.5\%$ - возможные ошибки при оценивании изделия с точки зрения технологичности (знание технологии обработки деталей - знание ЕСТД).

Качественные оценки, полученные в результате изучения сборочных чертежей и спецификаций, описывают выражением $A=A_{оц.} \pm 5\%, 0,9$, где $A_{оц.}$ – оценка определяющего параметра оцениваемого изделия в процентах, $\pm 5\%$ - методическая погрешность оценки, 0,9 – вероятность правильности назначения оценок. Таким образом, если получена оценка определяющего параметра оцениваемого изделия величиной 90% относительно базового изделия, то это значит, что оценка этого параметра находится в интервале $A_{оц.}=85...95\%$.

Мероприятия по улучшению качества оцениваемой сборочной единицы на основе качественных оценок начинают обсуждать в случае, если нижняя граница показателя оцениваемого изделия ниже базового более чем на 15%. Если обобщенные оценки оцениваемого изделия и аналога разнятся на 10%, то считается, что качества оцениваемого изделия и аналога адекватны, т.е. приблизительно одинаковы и в этом случае не требуется проводить мероприятия по улучшению качества оцениваемого изделия. Таким образом, при оценке $A=90 \pm 5\%, 0,9$ мероприятий по улучшению качества оцениваемого изделия можно не проводить.

Применение количественных оценок на стадии ТП

На стадии ТП определяют уровень качества изделий и сборочных единиц, который образуется при сравнении обобщенного показателя качества оцениваемого изделия с соответствующим показателем базового, или с показателем, заложенным в техническом задании на изделие. Номенклатура показателей, указанных в техническом задании и методика их определения устанавливаются в зависимости от вида изделия, типа производства и с уче-

том требований ГОСТ 2.120-73.

Количественные оценки качества, полученные с использованием расчетных методов, представляют собой относительные (безразмерные) коэффициенты, которые сравниваются с соответствующими базовыми коэффициентами. В результате определяется степень несоответствия показателей оцениваемого и базового изделий, после чего назначают необходимые управляющие инженерно-технические решения для достижения базовых показателей.

При определении количественных оценок методическая ошибка отсутствует, так как, при получении этих оценок используют точные данные, заимствованные из чертежей и спецификаций. Например, данные по количеству деталей, сборочных единиц, стандартных и покупных изделий, габариты изделия, масса и т.д. – являются точными данными.

Уровень качества оцениваемого изделия относительно базового можно определить по различным квалиметрическим шкалам. При этом получают:

- удельные показатели – $C_y = C_{II}/P$, $T_y = T_{II}/P$
- относительные показатели – $T_O = T_C/T_A$, $C_O = C_{II}/C_A$,
- разностные показатели – $C_{\Delta} = |C_{II} - C_A|$, $T_{\Delta} = |T_{II} - T_A|$,

где: T – трудоемкость, C – себестоимость, C_{II} , T_{II} – показатели соответственно себестоимости и трудоемкости проектируемого изделия, C_A , T_A – показатели себестоимости и трудоемкости базового изделия соответственно, P – технический параметр базового изделия (производительность, мощность, масса и т.п.).

На стадии ТП определение трудоемкости изготовления изделия так же как и себестоимости, может быть определено только ориентировочно, так как нет рабочих чертежей деталей и сборочных единиц. В этом случае определение трудоемкости оцениваемого изделия может быть определено приблизительно по методу учета изменения масс проектируемого и базового изделий [1]:

$$T_{II} = T_A \times k_M, \quad \text{где} \quad k_M = \sqrt{\left(\frac{\sum M_n}{\sum M_A}\right)^2} - \text{коэффициент учета различия масс сопоставляемых}$$

конструкций; $\sum M_n$ и $\sum M_A$ – суммарные массы оцениваемого и базового изделия соответственно. Тот же принцип сохраняется и при ориентировочном определении себестоимости:

$$C_{II} = C_A \times k_c, \quad \text{где} \quad k_c = \sqrt{\left(\frac{\sum C_n}{\sum C_A}\right)^2}, \quad \sum C_n, \sum C_A - \text{суммарные прогнозируемые показатели себестоимости проектируемого изделия и аналога соответственно.}$$

стоимости проектируемого изделия и аналога соответственно.

Получение показателей качества на стадии ТП

Для получения показателей качества изделий на стадии ТП мы используем показатели стандартизации, типизации, унификации, сборности, нормализации и ряд других показателей, которые можно получить в результате изучения чертежа и спецификации оцениваемого изделия. Эти безразмерные коэффициенты показывают степень «насыщенности» оцениваемых изделий стандартными, типовыми и унифицированными деталями.

В таблице 1 представлены расчетные зависимости для определения указанных коэффициентов. В этой же таблице указаны соответствующие коэффициенты базовых изделий для авто-тракторной отрасли, предложенные авторами. Коэффициенты для базовых изделий получены в результате многолетних исследований вопросов качества в авто-тракторной отрасли. Необходимо также отметить, что предложенные показатели удовлетворяют требованиям ГОСТ Р 1.12-99 «Стандарт с открытыми значениями» (стандарт, содержащий перечень характеристик, для которых должны быть указаны значения или другие данные для конкретизации продукции, процесса или услуги).

Коэффициенты, которые получают по фактическим данным оцениваемого изделия, являются точными и удобными в расчётах, поскольку требуют наличия только сборочного чертежа и спецификации изделия.

Расчет уровня качества оцениваемого изделия на стадии ТП

Для определения уровня качества оцениваемого изделия на стадии ТП необходимо рассчитать коэффициенты, составляющие обобщенное качество изделия, указанные в табли-

це 1. В таблице 2 представлены весовые коэффициенты, отражающие значение (вес) каждого коэффициента в формировании обобщенного показателя качества оцениваемого изделия.

Таблица 1

Система коэффициентов, описывающих качество изделий на стадии ТП

Коэффициенты, описывающие качество сборочных единиц	Описание обозначений, входящих в расчетные формулы	Значения коэффициентов базового изделия
1. Коэффициент стандартизации изделия $k_{cm} = \frac{N_{cm.e} + N_{cm.d}}{N_{об} + N_m}$	$N_{cm.e}$ – число стандартных сборочных единиц, $N_{cm.d}$ – число стандартных деталей не вошедших в состав сборочных единиц, $N_{об}$ – общее число сборочных единиц, N_m – общее число деталей, не вошедших в состав сборочных единиц.	Не менее 0.50
2. Коэффициент унификации изделия $k_{yn} = \frac{N_{y.e} + N_{y.d}}{E_{об} + N_m}$	$N_{y.e}$ — число унифицированных сборочных единиц, $N_{y.d}$ — число унифицированных деталей, не вошедших в состав сборочных единиц, $E_{об}$ – общее число сборочных единиц, N_m – общее число деталей, не вошедших в состав сборочных единиц.	Не менее 0.50
3. Коэффициент применяемости стандартных деталей $k_{np.cm.d} = \frac{D_{cm.}}{D}$	$D_{cm.}$ – количество стандартных деталей в изделии, D – общее количество деталей в изделии.	Не менее 0.60
4. Коэффициент сборности $k_{сб.} = \frac{E}{E + N_{с.оц.}}$	E – число сборочных единиц в изделии; $N_{с.оц.}$ – общее число составных частей изделия (сборочные единицы + детали, не входящие в сборочные единицы)	Не менее 0.30
5. Коэффициент повторяемости $k_{no} = \frac{N_{нов.дет.сб.}}{N_{дет.сб.ед.}}$	$N_{дет.сб.ед.}$ – общее число деталей и сборочных единиц в изделии (общее количество сборочных единиц + количество деталей в сборочных единицах и вне сборочных единиц), $N_{нов.дет.сб.}$ – количество повторяющихся деталей и сборочных единиц в изделии (одинаковых по устройству и назначению).	Не менее 0.30
6. Коэффициент функциональной сложности $k_{сл} = \frac{X}{X_a}$	X – определяющий технический параметр оцениваемого изделия (масса, мощность, производительность и т. д.), X_a – определяющий технический параметр изделия-аналога.	Не менее 0.80
7. Коэффициент новизны конструкции $k_n = \frac{M_n}{M}$	M_n – число новых элементов (оригинальных, т.е. нестандартизированных и унифицированных), M – общее число элементов	Не менее 0.60

Весомость коэффициентов, составляющих обобщенное качество сборочных единиц

№	Коэффициенты, описывающие качество сборочной единицы, k_i	Весомость коэффициента, β_i
1	Коэффициент стандартизации изделия $k_{см}$	0.3
2	Коэффициент унификации изделия $k_{ун}$	0.2
3	Коэффициент применяемости стандартных деталей $k_{пр.см.д.}$	0.2
4	Коэффициент сборности $k_{сб.}$	0.1
5	Коэффициент повторяемости $k_{но}$	0.1
6	Коэффициент функциональной сложности $k_{сл.}$	0.05
7	Коэффициент новизны конструкции k_n	0.05

$$\sum \beta_i = 1.0$$

Обобщенный показатель качества оцениваемого технического изделия на стадии ТП рассчитывают по известной квалиметрической формуле:

$$Q_{ТП} = \sum \beta_i \times k_i = 0.3 \times k_{см} + 0.2 \times k_{ун} + 0.2 \times k_{пр.см.д.} + 0.1 \times k_{сб.} + 0.1 \times k_{но} + 0.05 \times k_{сл.} + 0.05 \times k_n.$$

Где $Q_{ТП}$ – обобщенный показатель качества оцениваемого изделия, k_i – расчетное (фактическое) значение i -го коэффициента, β_i – весомость i -го коэффициента.

Базовый показатель качества рассчитывают по такой же формуле, имея в виду, что весомости коэффициентов у оцениваемого и базового изделий одинаковые, а значения k_i известны (таблица 1):

$$Q_{ТП.б} = \sum \beta_i \times k_{i.б} = 0.3 \times 0.50 + 0.2 \times 0.50 + 0.2 \times 0.60 + 0.1 \times 0.30 + 0.1 \times 0.30 + 0.05 \times 0.80 + 0.05 \times 0.60 = 0.50.$$

Где $Q_{ТП.б}$ – обобщенный показатель базового изделия, β_i – весомость коэффициента, $k_{i.б}$ – фиксированное (табличное) значение i -го коэффициента.

Уровень качества оцениваемого изделия:

$$Y = \frac{Q_{ТП}}{Q_{ТП.б}} \cdot 100\% = \frac{Q_{ТП}}{0.50} \cdot 100\%$$

где: Y – уровень качества,

$Q_{ТП}$ – качество оцениваемого изделия,

$Q_{ТП.б}$ – качество базового изделия.

Мероприятия по улучшению качества назначают в зависимости от уровня качества оцениваемого ТИ относительно базового.

При этом могут быть приняты следующие управляющие решения:

а) если уровень качества оцениваемого ТИ относительно базового составляет 30...50%, то требуется корректировка функциональной схемы оцениваемого изделия (корректировка принципов работы изделия),

б) если уровень качества оцениваемого ТИ относительно базового составляет 50...70%, то требуется корректировка структурной схемы оцениваемого изделия (изменение конструкции и некоторых технологических параметров деталей или сборочных единиц),

в) если уровень качества оцениваемого ТИ относительно базового составляет 70...90%, то требуется изменение параметров некоторых деталей, которые наиболее ответственны за работоспособность и надежность изделия (параметры точности, шероховатости, качества материала и др.),

д) если уровень качества оцениваемого ТИ относительно базового составляет 90...100%), то не требуется ни какой корректировки, считают, что оцениваемое изделие приблизительно соответствует по качеству базовому изделию.

Совершенствование конструкции изделия осуществляют на основе имеющегося опыта и знаний, так же с использованием соответствующей литературы:

- если доработку оцениваемого ТИ ведут по признаку a , то для доработки структуры и функциональности (кроме предложений по совершенствованию самого конструктора) используют схемы, предложения и рекомендации систематизированные и классифицированные в каталогах А.А.Артоболевского и К. Рота [1,2].

- если доработку оцениваемого ТИ ведут по признакам b и c , то для доработки конструктивных параметров отдельных деталей (кроме предложений по совершенствованию самого конструктора) используют схемы, предложения и рекомендации, систематизированные и классифицированные в монографиях А.Ф. Крайнева и П.И.Орлова [3,4]. Для доработки метрологических характеристик деталей и сборочных единиц используют рекомендации, изложенные в [5,6].

В таблице 3 показан порядок определения коэффициентов, требующих повышения с целью достижения значений базовых коэффициентов. В раздел 6 вносят наименования коэффициентов, требующих повышения (т.е. коэффициентов, отличающихся от базовых более чем на 15%), а в разделе 7 указывают возможные управляющие решения, которые могут улучшить качество оцениваемого изделия или сборочных единиц.

Таблица 3

Определение коэффициентов, требующих улучшения и описание мероприятий по повышению качества изделий

Изделие	Наименование коэффициента	Значение базового коэффициента $k_{баз.}$	Значение коэффициента оцениваемого изделия $k_{оц.}$	Разница в % $\Delta = (k_{баз.} - k_{оц.}) \times 100$	Наименование коэффициентов, нуждающихся в улучшении	Мероприятия по повышению качества изделия
1	2	3	4	5	6	7

Заключение

При управлении качеством на стадии ТП используют качественные и количественные оценки для определения качества технических изделий. С помощью качественных оценок добиваются уменьшения количества изделий – аналогов, из которых выделяют базовое изделие. С помощью количественных оценок добиваются максимального «насыщения» оцениваемого изделия стандартизованными и унифицированными деталями и сборочными единицами. Повышение коэффициента новизны конструкции позволяет оцениваемому изделию приблизиться к уровню базового изделия по показателям конструктивности и функциональности. В зависимости от найденного уровня качества определяют инженерно – технические мероприятия по повышению качества оцениваемого технического изделия.

Литература

1. Артоболевский А.А. Механизмы в современной технике. В семи томах, издание второе, М., изд. «Наука», 1980 г.
2. Рот К. Конструирование с помощью каталогов (перевод с немецкого). Изд. «Машиностроение», М., 1995 год.
3. Крайнев А.Ф. Идеология конструирования. М., изд. «Машиностроение», 2003 г.
4. Орлов П.И. Основы конструирования. Справочник в 2-х томах. М., изд. «Машиностроение», 1988г.
5. Зайцев С.А. и др. Метрология, стандартизация и сертификация в машиностроении. Учебник. М., изд. «Академия», 2009г., 280 стр.
6. Метрология. Учебник. Под общей редакцией Зайцева С.А. М., Изд. «Форум», 2009г. 460 стр.