

УДК 658.562.0

В.А. Вайсман, канд. техн. наук, доц.,
Я.П. Линчевская, инженер,
В.В. Мазурик, инженер,
 ООО «Холдинговая компания МИКРОН®», г. Одесса

УПРАВЛЕНИЕ ПРОДУКТОМ С БРАКОМ ПРИ ДОВОДКЕ ВИНТОВ ШАРИКО-ВИНТОВЫХ ПЕРЕДАЧ

В.О. Вайсман, Я.П. Линчевська, В.В. Мазурик.
Управління браком при доводці гвинтів кульково-гвинтових передач. Розроблено процеси управління бракованою продукцією. Запропоновано алгоритм статистичного контролю кульково-гвинтових передач і визначено обсяг робіт для доводки гвинтів.

V.A. Vaysman. Ya.P. Linchevskaya, V.V. Mazurik.
Management of reject in refining the screws of ball-and-screw gears. The processes of management of rejects are developed. An algorithm of ball-and-screw gears statistic control is offered. The volume of works to refine screws is determined.

При изготовлении шарико-винтовых передач (ШВП) настоятельно необходимым является учет погрешностей, вызванных случайными факторами и оказывающих негативное влияние на кинематическую точность ШВП. Превышение допустимых отклонений переводит ШВП в группу бракованных изделий. Своевременное обнаружение отклонений, классификация и дополнительная доводка продукта с браком являются обязательными операциями системы менеджмента качества.

В общем случае качество продукта является сложным многогранным понятием. Оно зависит от множества факторов, а от правильной его оценки зависит успех деятельности предприятия [1]. Основным параметром, характеризующим качество ШВП, является кинематическая точность. Стандарты серии ISO 9000 выделяют четыре основных аспекта качества [2]:

— ожидание потребителя — потребительское качество; определяется исследованием рынка, иногда предвосхищается производителем; для продукции машиностроения качество планируется при разработке технического задания, которое, как правило, согласовывается с заказчиком, представляющим интересы потребителя;

— проектные решения; зависят от задач технического задания, квалификации конструктора, учтенных возможностей производства, комплектующих изделий, материалов;

— соответствие изделия, полученного в производстве, показателям, заложенным при проектировании; обеспечивается надлежащим контролем, организацией производства, квалификацией специалистов, состоянием оборудования, построением технологического процесса.

— обусловленное техническим обслуживанием: гарантией производителя; системой сервиса; надежностью, безотказностью оборудования при эксплуатации; ремонтпригодностью изделия и другими факторами.

Назначение процессов управления продуктом с отклонениями, т.е. не соответствующим установленным требованиям, — не пропустить его на рынок, использовать с наименьшим ущербом для производства и (или) потребителя (рис. 1). Распределение ответственности между службами и область распространения приведены в матрице ответственности (см. таблицу, где 1, 0 — ответственный исполнитель, С — соисполнитель, И — информируемый, * — по принадлежности).

Управление продуктом с отклонениями является составной частью цикла Шухарта-Деминга PDCA (Plan — DO — Check — Action) в операционной стадии проекта системы менеджмента качества (СМК). В такой постановке контроль процессов производства и



Рис. 1. Схема процесса управления продуктом с отклонениями

качества продукта позволяет сформировать исходные данные для анализа функционирования СМК с целью совершенствования и внесения изменений в СМК (рис. 2).

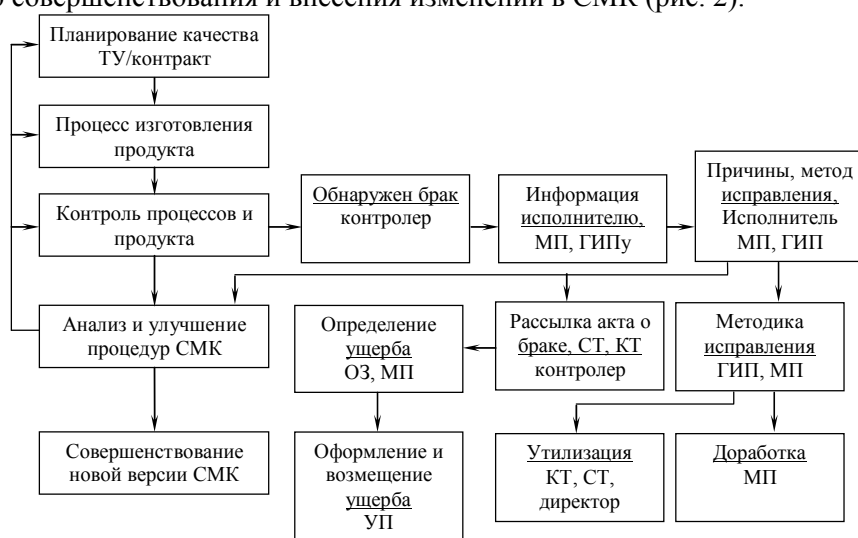


Рис. 2. Цикл PDCA в схеме управления: ОЗ — отдел затрат, МП — менеджер продукта, ГИП — главный инженер проекта, УП — управление персоналом, КТ — контрольный талон, СТ — сигнальный талон

Матрица ответственности управления продуктом, несоответствующим установленным требованиям

Процессы управления продуктом, несоответствующим установленным требованиям	Службы					
	Управление качеством (УК)	Менеджер продукта (МП)	Главный инженер проекта (ГИП)	Главный бухгалтер (ГБ)	Главный аудитор (ГА)	Отдел продаж (ОП)
Выявление продукта с отклонениями	О	С	И	И	С	-
Маркировка, учет	О	С	-	-	-	-
Изоляция продукта	-	О	-	-	-	-
Оформление акта о браке	О	С	С	С	-	-
Решения о дальнейших действиях	И	С	О*	И	-	-
Разрешение на отклонение от требований ТУ	И	И	О*	-	-	И
Исправление продукта	И	О	-	-	-	-
Использование продукта по более низкому классу	И	И	О	И	-	С
Утилизация продукта	И	О	-	С	-	И
Анализ причин брака	О*	О*	О*	-	С	-
Разработка контрольно-предупредительных мероприятий (КПМ)	-	С	О*	-	С	-
Выполнение КПМ	С	О	С	-	И	-
Контроль выполнения КПМ	С	С	С	-	О	-

Описание процессов управления продуктом, несоответствующим установленным требованиям, и формы необходимых документов приведены в стандарте предприятия — «Положение о ведении претензионно-исковой работы», в котором также определен уровень ответственности служб предприятия в операциях управления продуктом (см. таблицу).

Оценка кинематической точности ШВП, осуществляемая методами прямых измерений, является весьма трудоемкой операцией. Поэтому предложено использовать статистическую оценку кинематической точности с использованием модельных зависимостей.

Для решения конкретных практических задач исследования кинематической точности ШВП привлечена теория выбросов аппарата случайных функций, опирающаяся на использование вероятностных характеристик функций $E(s)$, принятых в качестве математической модели винта и представляющих собой зависимость отклонений от линейной координаты s случайного отклонения $e(s)$ действительного перемещения точки касания шарика с канавкой винта от номинального [3].

Функция $E(s)$ является стационарной, имеет нормальный закон распределения с известными дисперсией $D_E(s) = const$ и корреляционной функцией $K_E(\tau)$. Считается, что винт не требует доводки, если соответствующее ему случайное отклонение $e(s)$ удовлетворяет требованию $-\varepsilon \leq e(s) \leq \varepsilon$, $s \in [0, T]$, где ε — заданное из практических соображений малое положительное число, T — длина винта. При $e(s) \geq \varepsilon$ винт направляется на дополнительную обработку, направленную в первую очередь на повышение кинематической точности винта по всей длине. Если же имеет место отклонение за нижний предел, т.е. $e(s) \leq (-\varepsilon)$, можно разрезать винт на винты меньшей длины, состоящие из участков, где случайное отклонение $e(s)$ удовлетворяет требованию $-\varepsilon \leq e(s) \leq \varepsilon$, $s \in [0, T]$.

Требуется найти:

— вероятность p того, что при произвольно выбранном значении $s_0 \in [0, T]$, т.е. в произвольно выбранном месте винта будет выполняться условие $|e(s_0)| \leq \varepsilon$;

— закон распределения длины T^* участка винта, отсчитываемой от точки $s_0 = 0$, для которого будет выполнено соотношение $-\varepsilon \leq e(s_0) \leq \varepsilon$, $s \in [0, T^*]$;

— среднюю длину $\overline{s^*}$ участка винта, который должен быть дополнительно обработан.

Вероятность p находится следующим образом:

$$P = P(-\varepsilon \leq E(s) \leq \varepsilon) = p(|E(s)| \leq \varepsilon).$$

Поскольку функция $E(s)$ имеет нормальное распределение, то $p = 2\varphi(\varepsilon/\sigma_E)$, где $\varphi(\varepsilon/\sigma_E)$ — функция Лапласа [4]. Определив отношение $\varepsilon/\sigma_E = \varepsilon/\sqrt{D}$ по табличным данным, можно найти значения функции Лапласа и вероятности p [4].

Известно среднее число выбросов на участке винта $s \in [0, T]$ за уровень $a = \varepsilon$ [3]

$$\overline{N}_a = \frac{T}{2\pi} \exp\left(-\frac{(a - m_E)^2}{2\sigma_E^2}\right) \frac{\sigma'_E}{\sigma_E},$$

где m_E — математическое ожидание $E(s)$, $m_E = m(s) = M[E(s)]$;

σ_E — корень квадратный из величины дисперсии D_E ;

σ'_E — производная, $\sigma'_E = \sqrt{D'_E} = \sqrt{K'_E(\tau)} = \left(-\frac{d^2}{d\tau^2} K_E(\tau)\Big|_{\tau=0}\right)^{0,5}$.

Сопоставление рассматриваемой задачи с аналогичными техническими задачами, в частности, с задачами теории надежности, например, для автоматического регулятора, на вход которого подается случайное напряжение, представляющее собой нормальный стационарный случайный процесс [4], дает основание считать, что закон распределения случайной величины — T^* близок к показательному закону с математическим ожиданием $m_{T^*} = 1/2\overline{N}_a$.

Непрерывная случайная величина x называется распределенной по показательному закону, если для нее функция распределения и плотность распределения представляются соответственно следующим образом [5]:

$$F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad \text{и} \quad f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases},$$

где $\lambda = const$.

Математическое ожидание x и дисперсия, соответственно: $M[X] = 1/\lambda$; $D[X] = 1/\lambda^2$.

Тогда вероятность того, что на длине винта между $\alpha = s_0$ и $\beta = s_i$ будет участок длиной T^* , удовлетворяющий требованию $-\varepsilon \leq e(s) \leq \varepsilon$, $s \in [\alpha, \beta]$, определяется из выражения

$$P(\alpha < T^* < \beta) = F(\beta) - F(\alpha) = e^{-\frac{\alpha}{m}} - e^{-\frac{\beta}{m}}.$$

В частности, если эта вероятность по всей длине винта $P(0 < T^* < T) = 1 - e^{-\frac{T}{m}}$ окажется близкой к нулю, то можно считать, что винт не потребует дополнительной обработки.

Величина $\overline{s^*}$ находится из следующих соображений. Очевидно, $\overline{T^*} + \overline{s^*} \approx T$, т.е. средняя длина участка винта, который не должен подвергаться дополнительной обработке, и средняя длина участка винта, который нужно дополнительно обработать, в сумме составляют полную длину винта.

Из геометрического определения вероятности события следует $p = \overline{T^*} / T$, отсюда $T = \overline{T^*} / p$. Следовательно, $\overline{T^*} + \overline{s^*} \approx \overline{T^*} / p$, откуда

$$\overline{s^*} \approx \overline{T^*} \frac{1-p}{p} = m_{T^*} \frac{1-p}{p} = \frac{1}{2N_a} \frac{1}{1-p}.$$

Таким образом, найдена средняя длина участка винта, который должен быть дополнительно обработан.

Полученные зависимости позволяют оценить дополнительные затраты, связанные с доработкой винтов для прецизионных шарико-винтовых передач. При этом трудоемкость оценки кинематической точности ШВП на основе предложенных статистических методов с использованием модельных зависимостей существенно уменьшается.

Литература

1. Аронов И.З. Управление проектами и всеобщее управление качеством / Аронов И.З., Мирющенко Е.Е., Мирющенко Е.Е. // Стандарты и качество. — 1996. — № 9. — С. 43 — 48.
2. ДСТУ ISO 9001 — 2001. Системи управління якістю. Вимоги. — К.: Держстандарт України, 2001. — 24 с.
3. Вайсман В.А. Определение геометрических характеристик контакта тел качения // Проблемы легкой и текстильной пром. Украины. — Херсон: ХГТУ, 2005. — № 1(10). — С. 58 — 64.
4. Сборник задач по теории вероятностей, математической статистике и теории случайных функций / Под ред. А.А. Свешникова. — М.: Физматгиз, 1965. — 632 с.
5. Вентцель Е.С. Прикладные задачи теории вероятностей / Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. — М.: Радио и связь, 1983. — 416 с.

Поступила в редакцию 19 июня 2007 г.