

УДК 531.781.2

БЕРЕЗНЯК І.Є., асистент (Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова)

## Технологические аспекты прогнозирования работоспособности изделий газового оборудования и трубопроводных систем в процессе производства и ремонта

*Технологический процесс восстановления работоспособного состояния изделий газового оборудования и трубопроводных систем (ГО и ТС) является сложным информационным процессом. Так, например, применительно к технологическим операциям механической обработки и сборки изделий ГО и ТС, следует, что состояние и качество изделия в каждый данный момент определяется не только финишной операцией, но и особенностями предыдущих технологических операций, начиная с получения заготовки. Таким образом, для повышения надежности и долговечности изделий ГО и ТС, необходимо все выполняемые технологические операции рассматривать не изолированно, а во взаимосвязи, так как конечные характеристики сопрягаемых поверхностей изделий формируются под действием всего комплекса выполняемых операций.*

**Ключевые слова:** технологическая наследственность, газовое оборудование, трубопроводные системы, математическая модель, прогноз, дефект, износ.

### Постановка задачи

Технологическая наследственность, как правило, предусматривает взаимосвязь отдельных звеньев системы. При этом под системой понимают как технологический процесс производства или ремонта изделия, так и само изделие. Иногда систему могут составлять, например компоненты вспомогательного материала, определенным образом расположенные на поверхности или в глубинных слоях деталей изделий ГО и ТС, геометрические параметры этих поверхностей, их размер и т.д.

### Основные положения и методы исследования

Для получения надежного прогноза о влиянии технологического процесса на эксплуатационные параметры изделий ГО и ТС, представляется целесообразным разделить его на ряд определяющих этапов, которые можно описать математическими моделями. Такими этапами могут быть черновые, термические или отделочные технологические операции. Последние, как правило, с точки зрения их эксплуатационных характеристик можно описать моделью Фойгта. Для такой модели имеется вполне определенное математическое описание явлений. Поэтому при определенности исходных данных, можно любую отделочную технологическую операцию представить в функции времени [1 - 2].

Описание закономерностей формирования свойств надежности изделий ГО и ТС может быть представлено в виде уравнения

$$\frac{dy}{d\tau} = \pm a(K - y), \quad (1)$$

где  $y$  – численная величина некоторого параметра элемента ГО и ТС;

$K$  – предельное значение параметра;

$a$  – коэффициент пропорциональности.

Знак (+) применяется тогда, когда  $y(\tau)$  представляет собой неубывающую функцию, а знак (-) – в случае, когда  $y(\tau)$  – невозрастающая функция. Решениями представленного уравнения могут быть следующие выражения:

$$y(\tau) = K + Ce^{-a\tau}. \quad (2)$$

Эти выражения описывают изменение параметров, например, ответственных деталей трубной арматуры (ТА) в процессе ее эксплуатации. Кроме того, основными моментами технологической наследственности могут быть установление факта переноса определенного свойства от предшествующей технологической операции к последующим, а также сторона, влияющая на факт и характеристику надежности изделия ГО и ТС.

При установлении прогнозов влияния технологии изготовления или ремонта изделий на их выходные параметры следует учитывать тот факт, что улучшение выходных параметров не может происходить

беспредельно. Однако совершенствование технологических процессов позволяет повысить точность прогноза, особенно при проведении обкаточных испытаний изделий ГО и ТС. Особый интерес здесь представляет графическая модель безотказности нового и отремонтированного изделия в период приработки (рис. 1) [3 - 7].

В начальный период времени изделие или его узел имеет вероятность безотказной работы равную единице. В течение определенного периода времени  $t_3$ , он проходит заводскую обкатку на ремонтно-механическом предприятии. В этот период

проявляются дефекты изготовления, ремонта или сборки, которые могут привести к появлению отказов с интенсивностью  $\lambda_3$ . Кроме того, при изготовлении или ремонте изделия ГО и ТС не всегда выдерживаются технические условия, недостаточно организован контроль при проведении финишных операций, что также приводит к снижению его показателей надежности.

Рассмотрим графическую модель безотказности нового и отремонтированного изделия при проведении производственных испытаний, представленную на рис. 1.

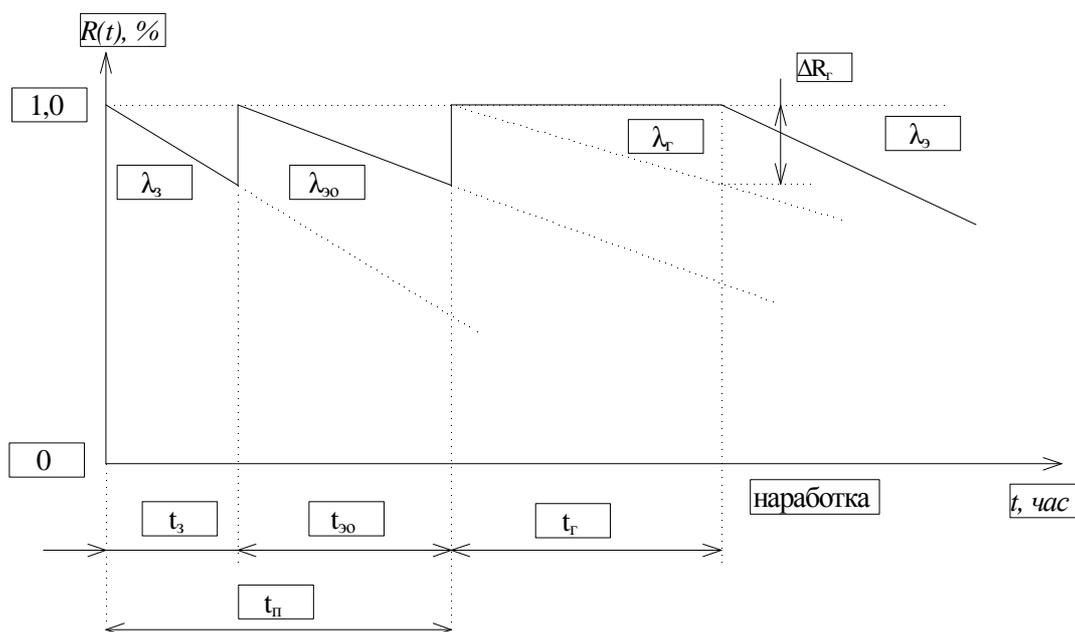


Рис. 1. Графическая модель безотказности нового и отремонтированного изделия в период производственных испытаний:  $t_{30}$  – эксплуатационные испытания;  $t_n$  – период передаточных испытаний (приработка);  $t_r$  – период гарантийной эксплуатации (гарантийная надежность эксплуатации).

Экспериментальный образец изделия испытан при работе с различной частотой циклов «включить-выключить», «пуск-останов» в интервале от 62 до 0,2 цикла/ч. Значительное сокращение продолжительности испытаний было достигнуто также за счет высокой чувствительности метода поверхностной активации.

Для достоверного определения интенсивности изнашивания с точностью  $\pm 8$  мкм достаточно, чтобы износ сопрягаемой пары составлял 10 - 15 мкм. Это означает, что необязательно проводить испытание элементов, по продолжительности эквивалентное межремонтному периоду. Однако применение метода ускоренных испытаний изделий в сочетании с методом поверхностной активации связано с дополнительными расходами трудовых и материальных ресурсов [4].

Применительно к установившемуся порядку комплектования базы ремонтного фонда на ремонтно-

механических предприятиях, устранив дефекты ( $R=1$ ), отремонтированные изделия поступают на склад ремонтного фонда (СРФ). На этих предприятиях должно быть предусмотрено проведение планово-предупредительных испытаний на специальном оборудовании (ППОР), включающих эксплуатационную обкатку ( $t_{30}$ ). Появившиеся в процессе проведения ППОР, дефекты могут привести к появлению отказов при эксплуатации изделия у потребителя с интенсивностью  $\lambda_{30}$ . Устранив их ( $R=1$ ), изделие поступает потребителю.

При условии абсолютной надежности изделие ГО и ТС должно отработать гарантийный период  $t_g$  без отказов, то есть  $\lambda_g=0$ . На практике происходит ухудшение его технико-экономических показателей и, следовательно, надежности. Поэтому производитель ремонтно-восстановительных работ должен давать

нормативное число отказов и наработку на отказ в гарантийный период; устанавливать определенное значение уменьшения вероятности безотказной работы  $\Delta R_c$ . Фактические значения этих показателей должны быть меньше или равны нормативным значениям, которые установлены техническими условиями на новые или отремонтированные изделия ГО и ТС.

Таким образом, если бы не проводились производственно-цеховая и эксплуатационная обкатки (испытания), большое число потенциальных отказов интенсивностью  $\lambda_3$  и  $\lambda_{30}$  могли возникнуть в начальный период эксплуатации изделия ГО и ТС у потребителя ( $t_n = t_{30} + t_{30}$ ). При этом следует ожидать, что  $\lambda_3 \ll \lambda_3$  и  $\lambda_3 \ll \lambda_{30}$ .

Известно, что новое или отремонтированное изделие обладает определенным уровнем технического состояния, то есть имеет исходную потенциальную надежность. Значения этих показателей обусловлены конструктивно-технологическими особенностями (размерами, компоновкой, качеством изготовления и т. д.), совершенством технологического процесса (вспомогательными материалами, режимами обработки) и технологической дисциплиной его изготовления или ремонта [6]. Внедрение ускоренных испытаний обусловлено необходимостью проектирования, изготовления и приобретения экспериментального оборудования, контрольно-измерительной аппаратуры, их монтажа и отладки. Они определяются по зависимости вида

$$k_{yi} = k_0 + k_{3д} + k_B + k_T + k_M - k_{выс}, \quad (3)$$

где  $k_0$  – затраты на оборудование и контрольно-измерительную аппаратуру (составляют около 60% капитальных затрат);

$k_{3д}$  – стоимость производственного помещения, занятого под испытательный стенд и аппаратуру (около 27%);

$k_B$  – стоимость вспомогательного оборудования (около 3%);

$k_T$  – транспортно-заготовительные расходы (около 3%);

$k_M$  – расходы на монтаж и отладку оборудования и аппаратуры (около 7%);

$k_{выс}$  – стоимость высвобождающихся трудовых и материальных средств.

Проведенные исследования выявили повторяемость дефектов и отказов новых и отремонтированных изделий ГО и ТС на стадиях производства и в гарантийный период эксплуатации, в зависимости от качества выполнения технологических операций в процессе изготовления или ремонта. Анализ характерных причин позволил выполнить классификацию этих дефектов.

Оценка весомости технологических операций в получении информации о качестве изготовления или

ремонта изделий ГО и ТС позволила выделить три вида работ в технологии производства или ремонта, которые позволяют своевременно выявить дефекты и предупредить возможные отказы. Такими операциями являются: входной контроль, обкатка, техническое обслуживание после обкатки. Поскольку понятие отказа предусматривает нарушение работоспособности изделия при его эксплуатации, то устранение или неустранение скрытых или явных дефектов при изготовлении или ремонте рассматривается как предупреждение отказов.

На основании изложенного, можно считать, что первоначальный износ появляется в первый период приработки двух деталей. Он в значительной степени зависит от первоначального (конструктивного) зазора и первоначального качества рабочих поверхностей новых сопряженных деталей в изделиях ГО и ТС.

Выполненные исследования по установлению факта влияния технологической наследственности при изготовлении и ремонте прецизионных деталей в изделиях ГО и ТС, например, кранов, вентилях и т.д. позволили установить характерные отказы, а также причины снижения надежности в процессе их эксплуатации.

## Выводы

1. Технологическая наследственность предусматривает взаимосвязь отдельных звеньев системы, под которой понимают как технологический процесс производства или ремонта изделия ГО и ТС, так и само изделие.

2. Для получения прогноза о влиянии технологического процесса изготовления или ремонта изделия на его эксплуатационные параметры, целесообразно разделить его на ряд определяющих этапов, которые можно описать математическими моделями.

3. При установлении прогнозов влияния технологии изготовления или ремонта изделий ГО и ТС на их выходные эксплуатационные параметры следует учитывать тот факт, что их улучшение не может происходить беспредельно.

4. Применение метода ускоренных испытаний узлов изделий ГО и ТС в сочетании с методом поверхностной активации, связано с дополнительными расходами трудовых и материальных ресурсов.

5. В случае отсутствия производственно-цеховых и эксплуатационных испытаний, большое число потенциальных отказов интенсивностью  $\lambda_3$  и  $\lambda_{30}$  может возникнуть в начальный период эксплуатации изделий ГО и ТС у потребителя.

6. Проведенные исследования выявили повторяемость дефектов и отказов новых и отремонтированных изделий ГО и ТС на стадиях производства и в гарантийный период.

7. Оценка весомости технологических операций в получении информации о качестве изготовления или ремонта изделий ГО и ТС позволила выделить три вида работ в технологии их производства или ремонта, позволяющих своевременно выявить дефекты и предупредить возможные отказы. Это: входной контроль, обкатка и техническое обслуживание после обкатки.

#### Литература

1. Miroschnik Marina, Zaichenko Olga. Model of influences of sensor reflections on the accuracy of microwave reflectometer. РАК (Pomiary Automatyka Kontrola) vol. 60, nr /2014, p.223-225.
2. Ящерицын П.И., Скорынин Ю.В. Работоспособность узлов трения машин. Минск: Наука и техника, 1994. - 288 с.
3. Тененбаум М.М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей. М.: Машиностроение, 1966. – 327 с.
4. Масловский В.В. Разработка и использование абразивно-доводочных материалов. Автомобильная промышленность, 1970, №1, с. 33-34.
5. Масловский В.В., Капцов И.И., Сокурова И.В. Основы технологии ремонта газового оборудования и трубопроводных систем. М.: Высш. шк., 2007. – 320 с.
6. Технологические процессы пластического деформирования в машиностроении. (А.В. Алифасов, Л.В. Захарович и др.) Минск, Наука и техника, 1990. – 208с.
7. Ящерицын П.И., Рыжов Э.В., Аверченков В.И. Технологическая наследственность в машиностроении. Минск: Наука и техника, 1977. – 256 с.

**Березняк І.Є. Технологічні аспекти прогнозування працездатності виробів газового обладнання та трубопровідних систем в процесі виробництва і ремонту.** Технологічна спадковість передбачає взаємозв'язок окремих ланок системи, включаючи технологічний процес виробництва або ремонту виробу, а також сам виріб. Наведені рівняння, які дозволяють описати закономірності формування властивостей надійності виробів ГО і ТС. Отримана графічна модель безвідмовності нових та відремонтованих виробів при проведенні виробничих випробувань. Визначено три види робіт у технології виробництва або ремонту виробів, що дозволяють своєчасно виявити дефекти і попередити можливі відмови.

**Ключові слова:** технологічна спадковість, газове обладнання, трубопровідні системи, математична модель, прогноз, дефект, знос.

**Berezniak I. Technological aspects of forecasting gas equipment and piping systems operational integrity in the process of production and repair.** Technological process of gas equipment and piping systems performance restoration is a complicated information process. For example, when it comes to technological operations of mechanical treatment and assembling GE and PS products, it follows that the condition and the quality of a product at each given moment is determined not only by final operation but by special features of the preceding technological operations, starting with half-finished material reception. As can be seen from the above, to improve the reliability and durability of the GE and PS products it is necessary to consider all the performed operations not isolated but interconnected, as final behavior of mating surfaces is developed under the effect of all the complex of performed operations.

**Key words:** technological heredity, gas equipment, piping systems, mathematical model, forecast, defect, wear.

Рецензент Капцов И.И., д.т.н., профессор (Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова)

*Поступила 01.12.2014г.*