



А.Н. Сизов¹, А.В. Старостин², Н.И. Кулева²
¹Санкт-Петербургский государственный
 электротехнический университет,
²Вологодский государственный университет

КВАЛИМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В данной статье рассмотрены вопросы формирования элементов номенклатуры квалиметрических показателей долговечности, износа и износостойкости деталей машин и материалов. Приводится методика расчета квалиметрических показателей износостойкости.

Единичные и комплексные показатели, квалиметрические (оценочные) показатели, методы квалиметрии, надежность, износ, работоспособность машин, долговечность, изнашивание, износостойкость.

Целью настоящей работы является определение и формирование элементов номенклатуры единичных и комплексных квалиметрических (оценочных) показателей и характеристик свойств надежности и долговечности машин, их составных частей, деталей и применяемых для их изготовления материалов для исследования их связи и взаимозависимости, поиска путей улучшения качества машин. В настоящее время можно отметить недостаточную структурированность таких показателей. Обобщенной классификации квалиметрических показателей, отражающей свойства износа (долговечности деталей) и износостойкости, нет. Существует несколько вариантов в зависимости от характерных признаков формирования соотношений единичных показателей. Отсутствуют унифицированные подходы к описанию и формированию номенклатуры квалиметрических показателей долговечности и износа. Имеется необходимость использования широкого комплекса статистических и аналитических мероприятий для описания проблемы [1].

Номенклатура показателей качества зависит от назначения продукции (материала). Продукция многоцелевого назначения может иметь весьма многочисленную номенклатуру.

В машиностроении качество продукции оценивается системами квалиметрических показателей, состоящими, как правило, из 3-х основных групп: единичные, комплексные и обобщающие.

К единичным показателям относятся: показатели назначения, надежности, технологичности, стандартизации и унификации, а также технико-экономические показатели и некоторые другие.

Показатели условной надежности (прежде всего безотказности и восстанавливаемости) и долговечности являются главными при оценке качества деталей машин и материалов [2].

Надежность деталей машин и материалов, в общем смысле, – это свойство изделия (материала изделия) выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени.

Долговечность есть свойство изделия (материала) сохранять работоспособность длительное время, до

перехода в предельное состояние в процессе эксплуатации изделия. Показателями долговечности могут служить, например, характеристики длительной прочности, усталостной прочности, износостойкости и другие. Эти достаточно широкие характеристики, могут, в свою очередь, описываться квалиметрическими единичными показателями. Такую группу можно назвать техническими («физико-техническими») показателями [3].

Другими показателями долговечности является группа (или отдельная номенклатура), условно называемая группой служебных нормативных (нормативно-технических) показателей, характеризующих долговечность по ресурсу и сроку службы. К подгруппе показателей «по ресурсу» относятся следующие: средний ресурс (средний технический ресурс до капитального ремонта) T_p , гамма – процентный ресурс T_{pg} , назначенный ($T_{p.n.}$) и установленный ($T_{p.y.}$) ресурсы. Ко второй подгруппе относятся: средний срок службы ($T_{сл}$), гамма – процентный срок службы ($T_{слg}$), назначенный срок службы ($T_{сл.n.}$), установленный ($T_{сл.y.}$) и предельный сроки службы ($T_{сп}$). Понятие «ресурс» здесь характеризует долговечность по наработке изделия, «срок службы» – долговечность по календарному времени.

Группа или конкретная номенклатура технических показателей связана с процессом изнашивания деталей машин и, соответственно, с износом.

Под изнашиванием обычно понимается процесс постепенного поверхностного разрушения материала деталей машин в результате трения, взаимодействия с ними других деталей, твердых тел или частиц. Сопротивление изнашиванию зависит от многих условий, в том числе свойств материалов, сопряженных тел, температурных характеристик, свойств промежуточных сред. Понятие «износ» имеет несколько значений. В более общем смысле это понятие обычно означает потерю работоспособности, которое является следствием недопустимого отклонения от исходного состояния и, как правило, не зависит от вызывающих это причин. В физическом и чисто техническом смысле под термином «износ» понимается разрушение поверхностного слоя материала, происходящее в результате действия внешних сил, часто

при трении. Силовые воздействия сопровождаются разупрочнением материала, в том числе и под действием газовой или жидкой среды. Именно наличие силовых воздействий отличает износ от других процессов поверхностного разрушения материалов, таких как коррозия, электрическая эрозия, сублимация и некоторых других [4].

Износ является важной составляющей частью (группой) свойства «долговечности» и имеет свои единичные квалитметрические показатели (меры количества), отличающиеся от единичных (общих, номенклатурных) показателей долговечности.

Важнейшей такой количественной мерой износа можно считать суммарную величину разрушения W (размерность – мк, мм), которая может определяться изменением размеров деталей. Это изменение называется линейный износ.

Другими критериями оценки износа служат показатели уменьшения объема W_o (размерность – куб. мк, куб. мм) или веса W_b (размерность – г, мг) детали, соответственно объемный и весовой износ. Износ, в описываемых случаях, представляется функцией времени, поэтому его количественной характеристикой служит скорость изнашивания W' (размерность – мк/ч, куб. мм/ч, мг/ч). В качестве вспомогательных показателей применяют темп (W_T) и интенсивность изнашивания ($W_{ин}$). Первый из этих показателей характеризует величину износа, отнесенную к единице работы, которая выполнена машиной к моменту оценки темпа изнашивания данной детали, второй – к единице пути трения детали. Примеры размерности первого показателя – мк/т, куб. мм/т, мг/га; второго – мк/км, куб. мм/км, мг/км.

К группе квалитметрических показателей износа можно также отнести квалитметрические показатели износостойкости. Под износостойкостью материала (деталей машин) понимается характеристика способности сопротивляться изнашиванию в определенных условиях внешнего воздействия. Основными показателями износостойкости считаются просто износостойкость S_w (размерность – ч/мк, ч/куб.мм, ч/мг) и относительную износостойкость $S_{w/x}$ (1). Относительная износостойкость является безразмерным показателем, характеризующим соотношение абсолютных величин износа, материалов/деталей, один из которых принят за эталон/базовый образец, а второй является оцениваемым. В основе формирования таких соотношений лежит дифференциальный метод квалитметрии.

$$S_{w/3} = W_3/W_o, \quad (1)$$

где W_3 относится к эталону (или базовому образцу),

W_o – к оцениваемому образцу.

Величина $S_{w/3}$ показывает, во сколько раз износостойкость оцениваемого (исследуемого) материала/детали больше или меньше износостойкости эталонного материала (Э).

Износостойкость определяется также с помощью абсолютного (безотносительного) показателя S_w (2), (3), вычисляя его как величину, обратную износу или скорости изнашивания:

$$S_w = 1/W, \quad (2)$$

$$S_w = 1/W'. \quad (3)$$

Величина износа W приводится к единице времени испытаний и площади образца, если испытания ведутся в течение неодинакового времени и на разных образцах. Износостойкость характеризует время (ч, мин, с), потребное для образования единицы износа (мк, куб. мм, мг).

Величины относительной и абсолютной износостойкости дают качественно одинаковую оценку износостойкости материалов/деталей и связаны между собой (4):

$$S_{w/3} = W \times S_w. \quad (4)$$

Кроме показателей, перечисленных выше, применяется ряд вспомогательных, удельных показателей износа, например при соотнесении величин износа к работе трения, расходу горючего для двигателей внутреннего сгорания и пр. [5].

Результаты испытаний в определенных условиях внешнего воздействия дают возможность расположить материалы по абсолютным или относительным значениям износостойкости (возрастанию/убыванию) в ряд. Такие последовательно расположенные материалы представляют собой ряды износостойкости. Если происходит изменение воздействий, то имеет место качественное изменение ряда, называемое инверсией износостойкости. Если меняются только количественные соотношения износостойкости, без нарушений последовательности расположения, то ряд считается неизменным.

Известным рядом является классификация износостойкости по показателю J (один из случаев $W_{ин}$) – интенсивности линейного изнашивания (отношение линейного износа к пути трения). Классификация определяет 10 классов износостойкости (от 0 до 9-го) [6, 7].

Литература

1. Елохов, А. М. Управление качеством. Учебное пособие. В 2 частях. Часть 1. Основы квалитметрии / А. М. Елохов, Г. А. Арбузова ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Пермь, 2020. – 111 с.
2. Основы технологии машиностроения : учебник и практикум для вузов / А. В. Тотай [и др.] ; под общей редакцией А. В. Тотая. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 300 с. – ISBN 978-5-534-12954-0.
3. Технологические основы обеспечения качества машин / К. С. Колесников, Г. Ф. Баландин, А. М. Дальский [и др.] ; под общей редакцией К. С. Колесников. – Москва : Машиностроение, 1990. – 254 с.
4. Защита от коррозии : сборник стандартов. – Москва : Издательство стандартов, 1990. – Ч. 1, 1991. – Ч. 2.
5. Петровский, Э. А. Управление качеством производственных и технологических систем / Э. А. Петровский. – Старый Оскол : Тонкие наукоемкие технологии, 2017. – 352 с.
6. Зубарев, Ю. М. Математические основы управления качеством и надежностью изделий : учеб. пособие / Ю. М. Зубарев. – Москва : Лань, 2017. – 176 с.
7. Рожков, Н. Н. Квалитметрия и управление качеством. Математические методы и модели : учебник и практикум для вузов / Н. Н. Рожков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2022. – 167 с. – ISBN 978-5-534-07048-4.

A.N. Sigov¹, A.V. Starostin², N.I. Kuleva²
¹Saint Petersburg State Electrotechnical University,
²Vologda State University

QUALIMETRIC INDICATORS OF DURABILITY AND WEAR OF MACHINE PARTS

This article discusses the issues of forming elements of the nomenclature of qualimetric indicators of durability, wear and tear resistance of machine parts and materials. A method for calculating the wear indicators of a qualimetric group is given.

Single and complex indicators, qualimetric (estimated) indicators, qualimetry methods, reliability, wear, machine performance, durability, wear, wear resistance.