

ПАРАМЕТРЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

А.А. Соломашкин, инженер
(ФГБНУ ГОСНИТИ, e-mail: gosniti4@mail.ru, т/ф 8 (499) 174-81-50)

Аннотация. Даны основные понятия о техническом состоянии и его параметрах. Определены структурные, диагностические и ресурсные параметры. Обоснованы свойства ресурсного параметра. Приведены примеры структурных, диагностических и ресурсных параметров. Обозначены перспективы дальнейшего развития методов, средств и технологий диагностирования машин.

Ключевые слова: качество, надежность, диагностика, структурный, диагностический и ресурсный параметры.

Одним из основных определяющих свойств машины является ее качество, качество изготовления, а также качество ее обслуживания и ремонта – группа ИСО 9000 и ИСО 8402, ГОСТ 15467-79 (СТ СЭВ 3519-81). Оно закладывается на заводе-изготовителе и теряется во время его эксплуатации у потребителя.

Обычно под качеством изделия в машиностроении (машины, детали или узла) понимается совокупность специфических, характерных для него свойств, определяющих степень его пригодности к выполнению заданных изначально функций и способов поведения в эксплуатации на протяжении всего срока службы.

Понятие качества менялось на протяжении многих лет. На сегодняшний день у качества насчитывается до десяти показателей [1]. Это – назначение, надежность, безопасность и эргономичность, экологичность и технологичность, стандартизация и унификация, транспортабельность и патентно-правовые показатели, а также эстетичность и экономичность.

В эксплуатации наиболее важную роль играет надежность техники.

Под надежностью, в соответствии с ГОСТ 27-002-89, следует понимать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Отказы в эксплуатации в основном характеризуют безотказность и долговечность.

Для безотказности свойственны такие наиболее важные показатели, как вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, средняя наработка на отказ и поток отказов.

Для долговечности – средний и гамма-процентный ресурс, средний и гамма-процентный срок службы, а также установленный срок службы.

Эти показатели наиболее полно характеризуют отказы и наиболее часто участвуют в расчетах по надежности.

Сбоями, отказами в работе, формируется техническое состояние машины. Ее жизненный цикл разбивается на работу с отказами и без них – отказное, безотказное, а также, при наличии отказов, все же работоспособное или нет.

Другими словами, техническое состояние может быть как исправное и неисправное, так и работоспособное и неработоспособное. Это зависит от конкретной ситуации, в которой находится машина. Например, машина в данный момент может быть неисправной, но еще работоспособной, смотря какую функцию она должна выполнить в данный момент времени.

Такое условное деление определяется параметрами, описывающими это состояние. Если речь идет обо всех параметрах, то говорят об исправности, а если нет – то только о работоспособности объекта. Такие параметры называются параметрами технического состояния. В диагностике эти параметры называются либо структурными, либо диагностическими. В чем их сходство и в чем их отличие друг от друга?

Структурные параметры это – физические (электрические, химические, магнитные и др.) величины, которые непосредственно характеризуют (описывают, задают, устанавливают) структуру объекта, т.е. его форму, размеры, зазоры с другими, рядом расположенными объектами, а также его овальность, эллипсность, бочкообразность, несоосность и неперпендикулярность с соседями по сопряжению, неровность поверхности контакта и т.д.

Все, что отличает его от исходной, первоначальной формы и параметров сопряжения с таким же телом в сборке, узле. Все, что можно непосредственно, тут же, сразу, сейчас, измерить линейкой, микроскопом, лазерным дальномером и т.д. и сравнить с нормативом. Все, что в итоге характеризует повреждение, износ, отказ или отклонение от нормы, является структурным параметром.

Эти параметры свойственны макроперемещениям объекта.

Это – текущие статические параметры, свойства объекта в данный момент времени. Они, в частности, характеризуют текущее техническое состояние объекта.

Сюда же можно отнести и такие статические константы объекта, как, например, его плотность и удельный вес, а также твердость, т.е. параметры, характеризующие не только внешние, но и внутренние характеристики объекта.

Кроме этих, статических, можно указать и динамические характеристики объекта, формирующие показатели макроперемещений. Это – масса и момент инерции тела. Это – совокупные, интегральные структурные параметры объекта.

Эта группа параметров характеризует кинетическую энергию объекта, его макроперемещения, взаимодействие с другими объектами, входящими в состав узла, системы тел. В пределах этих макроперемещений происходит изменение кинетической энергии объекта, которая затем переходит либо в потенциальную – изгиб, кручение, либо теряется, уходя из сопряжения в виде тепла, т.е. диссипация, рассеивание механической энергии.

Параметрами потенциальной энергии при микроперемещениях являются изгиб или кручение при упругой деформации и, например, ударная вязкость материала объекта.

Для диссипативной составляющей, соответственно, шероховатости контактирующих поверхностей, их твердость, а также скорость скольжения в зоне контакта. Кроме того, теплопроводность и теплоемкость объекта.

Обычно структурный параметр измерить непосредственно не всегда удается. Реальной заменой структурному параметру может стать диагностический параметр. Этот тип параметра отличается от структурного тем, что он не непосредственно характеризует техническое состояние, а косвенно, путем функционального преобразования структурного параметра в диагностический.

Диагностический параметр получают путем преобразования структурного в диагностический с помощью известной функции преобразования f ,

$$ДП = f(СП), \quad (1)$$

где ДП – диагностический параметр;

СП – структурный параметр;

f – функция преобразования.

Например, объемный кпд гидронасоса = $f1$ (износ деталей качающего узла), виброактивность подшипниковой зоны = $f2$ (износ ролика подшипника), расход картерных газов двигателя = $f3$ (износ цилиндропоршневой группы) и т.д.

При этом желательно, чтобы эта связь была однозначной, т.е. одному структурному параметру соответствовал один диагностический [2]. Тогда измерять структурный параметр можно по диагностическому.

Известно, что и структурный и диагностический параметры измеряются каждый со своим режимным параметром. Например, объемный КПД гидронасоса измеряется при заданных оборотах гидронасоса, а износ деталей качающего узла проверяется для данного масла, виброактивность подшипниковой зоны контролируется в определенной точке поверхности, а износ ролика подшипника проверяется при известной температуре, расход картерных газов двигателя диагностируют при известном давлении в картере двигателя, а износ цилиндропоршневой группы проверяют при заданной разности температур между картерным газом и поверхностью блока цилиндров и т.д.

Режимные параметры также участвуют в образовании главной, основной связи – структурного с диагностическим, но как бы на втором плане, в фоновом режиме. Их участие обязательно, но не главное, а второстепенное, их может быть несколько и каждый из них вносит свой вклад в главную связь. Это влияние особенно важно при физическом моделировании износных процессов.

Таким образом

$$ДП = f (СП, РП_i), \quad (2)$$

где $РП_i$ – i -й режимный параметр. Диагностический параметр – это такой же структурный параметр, только получен при заданных режимах контроля путем преобразования его с помощью заданной функции f из структурного в диагностический. Преобразования могут быть функциональные (2), а могут быть и в виде уравнения регрессии, где структурный параметр является одним слагаемым, наравне с другими, которые участвуют в образовании диагностического параметра, которые можно назвать другими, малозначительными параметрами – помехами.

$$ДП = f (СП, РП_i, П_j), \quad (3)$$

где $П_j$ – помехи.

Диагностические параметры как интегральные показатели технического состояния машины используют в диагностических сканерах, когда в машине произошел сбой, отказ и надо найти и затем устранить отказ, а также попытаться спрогнозировать дальнейшее поведение машины.

Каковы же возможности диагностики? Какие диагностические задачи решаются с использованием известных зависимостей?

Диагностические задачи

1. Поиск неисправностей в машине. Информационная задача, необходимая как при заявочном, так и при плановом диагностировании.

2. Оценка текущего технического состояния, т.е. значение параметра (диагностического, а значит и структурного) на данный момент времени, т.е. % износа. Находится ли деталь машины в зоне допуска, в его начале или в конце, и сколько осталось времени до достижения параметром допускаемого значения, когда надо принимать то или иное воздействие на деталь машины.

3. Оценка остаточного ресурса детали машины. Знание величины остаточного ресурса позволит сформировать потребность в запчастях хозяйства и график работы ремонтных предприятий.

Все это становится возможным, если у диагноста есть т.н. ресурсный параметр, параметр, значение которого за срок службы детали машины изменяется от номинального до предельного. При этом это изменение происходит на фоне заданной для него системы допусков, а также заранее известного графика проведения проверок параметров, например, заданной периодичности проверок.

Тогда можно будет планировать операции ТО и ремонта (виды, периодичность, нормы расхода запчастей и т.д.).

Какими свойствами должен обладать ресурсный параметр?

ТАБЛИЦА СТРУКТУРНЫХ, ДИАГНОСТИЧЕСКИХ И РЕСУРСНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Структурные, диагностические и ресурсные параметры												
№	Структурный параметр		Диагностический параметр			Ресурсный параметр						
	Наименование	Способ контроля и инструменты. Режимные параметры	Наименование	Связь структурного и диагностического параметров	Режимные параметры	Структурный параметр. Диагностический параметр. Новый параметр	Наименование	Режимные параметры	Возможность контроля, оцифровка	Наличие системы допусков	Наличие закона распределения ресурса одноименных деталей	
Двигатель												
1	Зазор в ЦПГ	Непосредственный контроль. Нутромер. Дефектоскоп. Износы в ЦПГ и ГРМ	Расход картерных газов	$Q = f1 (z)$	-	Давление масла в ГММ. Обороты коленчатого вала. Температура жидкости и масла	Структурный	Зазор в ЦПГ	Давление масла в ГММ. Обороты коленчатого вала. Температура жидкости и масла	+	+	+
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Трансмиссия												
4	Износ зубчатых зацеплений в заднемосту	Непосредственный контроль. Штангель зубомер	Кинематомер	$W = f2 (z)$	-	Частота вращения заднего колеса. Момент сопротивления на колесе	Структурный	Износ зубчатых зацеплений в заднемосту	Частота вращения заднего колеса. Момент сопротивления на колесе	+	-	-
Гидросистема												
5	Низкий КПД насоса НШ-32	Микрометр. Расход на заданных оборотах	Гидротестр	$Y = f3 (z)$	-	Обороты вала. Момент сопротивления на валу насоса. Температура масла	Диагностический	Износ подшипников насоса НШ-32	Обороты вала. Момент сопротивления на валу насоса. Температура масла	+	+	-
Электрооборудование												
6	Емкость АКБ	Плотномер. Короткое замыкание	Дифференциальный термометр	$U = f3 (r)$	-	Время зарядки. Температура поверхности АКБ	Новый	Тепловизор для АКБ	Время зарядки. Плотность электролита	+	-	-

Ресурсный параметр, кроме своих режимных параметров, должен дополнительно иметь:

- возможность контроля этого параметра – оцифровка параметра;
- система допусков и график проверок параметра;
- закон распределения ресурса одноименных деталей.

Такая информация переводит ресурсный параметр в разряд главного, основного параметра, который может быть использован в качестве диагностического параметра, несущий информацию об основных показателях надежности деталей машин.

Данный подход к выбору диагностической информации может послужить основанием, для дальнейшего развития новых методов, средств и технологий диагностирования различных деталей машин.

Пример применения ресурсного параметра приведен в таблице.

Литература

1. Пучин Е.А. Новиков В.С. Очковский Н.А. и др. Технология ремонта машин. – М.: Колос. 2007. – 488 с.
2. Соломашкин А.А. Диагностическая задача. – Труды ГОСНИТИ. – 2014. – Т.115. – С. 25-29.

Parameters of the technical state of machine parts

*A.A. Solomashkin engineer,
GNU of the STATE THREAD of Rosselkhozakademiya
E-mail: gosniti4@mail.ru
t. 8 (499) 174-81-50*

***Annotation.** The main concepts of the technical condition and its parameters. Defined structural diagnostic and resource parameters. Substantiated properties of the resource parameter. Are examples of structural, diagnostic and resource parameters. The prospects for the further development of methods, tools and techniques of diagnosing machines.*

***Keywords:** quality, reliability, maintenance, structural, diagnostic and resource parameter.*

References

1. Puchin E.A. Novikov V.S. Ochkovsky N.A. etc. Technology and other repair machines. Moscow: Kolos. 2007. - 488 p.
2. Solomashkin A.A. Diagnostic task. - Proceedings GOSNITI. - 2014. - T.115. - Pp.25-29