

УДК 620.178.4

## МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ РАБОТЫ РЕАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ ИЗНОСОУСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЯХ

С.А. Тюрин, Н.Н. Малык

УО «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Существуют стандартные методы экспериментального определения с достаточной для практических целей точностью характеристик механических свойств материала (пределы текучести, прочности и выносливости и т.д.). Но проблема состоит в том, что в условии прочности

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma] = \sigma_{\text{lim}} / n_{\sigma}$$

действующие напряжения  $\sigma_{\max}$  определяют в *натурных конструкциях*, тогда как в правой его части используют характеристики механических свойств *материала*. А свойства материала и конструкции могут различаться весьма существенно. Так, если предел выносливости гладких образцов (диаметром 10 мм) стали 45 равен  $\sigma_{-1} \approx 300$  МПа, то предел выносливости валов (диаметром 150 мм) с напрессованными втулками снижается до 50 МПа и менее [1].

Один из выходов из создавшейся ситуации состоит в том, чтобы всемерно развивать и осуществлять методы *натурного эксперимента*, результаты которого и позволяют достаточно корректно установить характеристики сопротивления деформации и разрушению конкретных деталей и узлов. Однако такой подход, будучи практически важным, в научном отношении малоэффективен. Натурный эксперимент, как правило, весьма трудоемок, очень дорог и длителен, но дает ограниченные результаты, пригодные лишь применительно, например, к исследованному узлу с деталями заданных типоразмеров. Достаточно изменить всего лишь размеры деталей – и требуется строить новую дорогостоящую испытательную установку и вести новые длительные и трудоемкие испытания, чтобы получить необходимые характеристики работоспособности узла в заданных условиях. Естественно, что конструктивные варианты ответственных деталей и узлов в машиностроении практически неисчислимы, особенно учитывая изменение их размеров. Следовательно, по нашему мнению, натурные испытания целесообразны лишь в весьма ответственных случаях.

Применительно к серийным и массовым изделиям машиностроения перспективным является научный подход, основанный на *моделировании* [2]. Испытания моделей деталей и узлов, уменьшенных в разумных пределах, можно вести на универсальном испытательном оборудовании. Это резко снижает затраты и расширяет возможности испытаний по

количеству испытуемых объектов. Результат – повышение точности оценки служебных свойств изделия, узла, детали.

Преждевременные отказы современных машин, в том числе сельскохозяйственной техники, в значительной мере определяются такими явлениями, как механическая усталость, трение и изнашивание, износоусталостные повреждения (до 80...90 % отказов). Следовательно, целесообразным представляется выполнить моделирование работы узлов этих машин именно применительно к таким повреждающим явлениям.

Анализ показал, что все многообразие типоразмеров систем, содержащихся в механизмах движения кормоуборочного комплекса, можно практически свести всего к двум принципиально различающимся моделям, работающим по трем видам износоусталостного повреждения: вал – втулка (фреттинг-усталость либо фрикционно-механическая усталость) и вал – ролик (контактно-механическая усталость).

Для экспериментальной оценки взаимного и совместного влияния процессов трения и механической усталости на работоспособность материалов и моделей трибофатических систем в сложных условиях нагружения разработаны специальные *методы износоусталостных испытаний*. Один из путей разработки методов комплексных (износоусталостных) испытаний – совмещение известных методов испытания на *механическую усталость* и методов испытания на *трение и изнашивание*. На рисунке 1 в качестве примера показан принцип такого формирования в том случае, когда в качестве базового метода испытания на усталость принимают изгиб с вращением. Заметим, что вращательное движение наиболее характерно для современных машин, поэтому методы, представленные на рисунке 1, являются практически важными.



Рис. 1 – Формирование методов износоусталостных испытаний при главном вращательном движении: КМУ – контактно-механическая усталость; ФМУ – фрикционно-механическая усталость; ФрУ – фреттинг-усталость

Используя подобный подход, достигают той цели, что на машинах, предназначенных для износоусталостных испытаний, можно проводить и обычные испытания либо на механическую усталость, либо на трение и изнашивание в определенных условиях.

Соответствующие методы износоусталостных модельных испытаний в условиях, близких к эксплуатационным, к настоящему времени разработаны и частично стандартизованы [3]. В результате таких испытаний определяют количественные характеристики сопротивления износоусталостным повреждениям. Эти характеристики могут быть использованы, а частности, при выборе конструкционных материалов и обосновании конструктивно-технологических решений, при контроле качества материалов, при расчетах на этапе проектирования и др.

Для испытания таких моделей создано высокотехнологичное испытательное оборудование [4], технические характеристик которого регламентируются требованиями государственного стандарта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Трощенко В. Т. Сопротивление усталости металлов и сплавов : справ. : в 2 т. / В. Т. Трощенко, Л. А. Сосновский. – Киев : Наукова думка, 1987. – Т. 1. – 510 с.; Т. 2. – 825 с.
2. Андрияшин В. А. Износоусталостные испытания: принципы моделирования / В. А. Андрияшин, А. В. Богданович, С. А. Тюрин // Надежность и долговечность машин и сооружений : Междунар. науч.-техн. сб. – Вып. 24. – Киев : ИПП НАНУ им. Г. С. Писаренко, 2005. – С. 21–26.
3. Методы износоусталостных испытаний и их эффективность / Н. А. Махутов [и др.] // Тр. VI Международного симпозиума по трибофатике (ISTF 2010), 25 окт. – 1 нояб. 2010 г., Минск (Беларусь) / редкол. : М. А. Журавков (пред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2010. – Т. 2. – С. 149–162.
4. Машины серии СИ для износоусталостных испытаний / М. С. Высоцкий [и др.] // Тр. VI Международного симпозиума по трибофатике (ISTF 2010), 25 окт. – 1 нояб. 2010 г., Минск (Беларусь) / редкол. : М. А. Журавков (пред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2010. – Т. 2. – С. 41–52.