

УДК 629.456

## УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСОМ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

А.В. Пуцято<sup>1</sup>, Е.Н. Коновалов<sup>2</sup>, В.Б. Попов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>УО «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

<sup>2</sup>УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель, Республика Беларусь

В процессе эксплуатации сельскохозяйственных машин при оценке параметров надежности наибольшее внимание уделяется различным узлам трения и силовым агрегатам (двигатель и др.). Однако такие узлы являются сменными и могут быть заменены в процессе ремонта при условии экономической целесообразности. Ресурсоопределяющим конструктивным узлом является несущая конструкция, в частности рама мобильной машины, замена которой не представляется возможной, а ремонт может быть экономически невыгоден. Зачастую списание сельскохозяйственной техники производится при утрате производственного назначения из-за физического износа отдельных узлов или моральном износе, при этом базовые (несущие) элементы находятся в удовлетворительном состоянии. Для эффективного использования конструктивного потенциала сельскохозяйственной машины возможно выполнение капитального ремонта с модернизацией устаревших узлов и систем, при выполнении важного условия: наличия остаточного ресурса несущих конструкций.

Таким образом, целью работы является разработка алгоритма определения остаточного ресурса несущей конструкции сельскохозяйственной уборочной машины.

Для определения остаточного ресурса несущих конструкций после длительной эксплуатации предлагается алгоритм, включающий в общем виде пять этапов.

На первом этапе производится изучение особенности конструкции машины, устанавливаются материалы, из которых изготовлены несущие элементы, выполняется анализ информации по проведению ТО и ремонтов, изучаются условия эксплуатации (интенсивность, загруженность).

В рамках второго этапа выполняется разработка методики контроля технического состояния несущих элементов с помощью методов неразрушающего контроля, а также на основе результатов выполнения первого этапа устанавливается объем диагностических мероприятий. Определяются зоны, наиболее подверженные деградации материала (интенсивный коррозионный износ, зоны приложения внешних нагрузок и т.п.). При контроле технического состояния применяются следующие методы неразру-

шающего контроля: визуально-оптический; ультразвуковая толщинометрия; капиллярная дефектоскопия; измерение твердости. По результатам контроля технического состояния партии машин отбирается типовой представитель с наихудшими характеристиками для проведения теоретических и экспериментальных контрольных испытаний на заданные режимы нагружения.

На следующем этапе с учетом фактического технического состояния разрабатывается компьютерная трехмерная модель металлоконструкции машины, реализующая, как правило, метод конечных элементов, учитывающая фактическое техническое состояние металлоконструкции. Положительные результаты виртуальных прочностных испытаний являются критерием перехода к 4 этапу алгоритма.

По результатам реализации второго и третьего этапов разрабатываются схемы расклейки тензометрических датчиков для проведения натуральных испытаний типового представителя (отобранного образца).

В процессе длительной эксплуатации несущие конструкции сельскохозяйственных машин подвергаются воздействию циклически изменяющейся нагрузки, что может привести к зарождению и аккумуляции в данной области дефектов, снижающих механические характеристики материала. Поэтому необходимо знать фактические физико-механические характеристики материалов, из которых изготовлены несущие элементы конструкции машин.

Таким образом, на пятом этапе проводится изучение материала на образцах, вырезанных из наиболее нагруженных зон металлоконструкции машины. К контролируемым параметрам, наряду с химическим составом, следует отнести: предел текучести  $\sigma_Y$ , предел прочности  $\sigma_t$ , предел выносливости  $\sigma_{-1}$ , относительное удлинение  $\delta$ , относительное сужение  $\psi$ , твердость металла  $HB$ , ударная вязкость  $KCU$  [1, 2].

На заключительном этапе выполняется оценка ресурса несущей конструкции из условия циклической прочности. Коэффициент запаса сопротивления усталости определяется по формуле:

$$n = \frac{\sigma_{a,N}}{\sigma_{a,\varepsilon}} \geq [n],$$

где  $\sigma_{a,N}$  – предел выносливости (по амплитуде) для контрольной зоны при симметричном цикле и установившемся режиме нагружения при базовом числе циклов  $N_0 = 10^7$ , который, определяется с учетом фактического предела выносливости материала после длительной эксплуатации и коэффициента снижения предела выносливости в выбранной контрольной зоне, МПа.

$\sigma_{a,\varepsilon}$  – величина амплитуды динамического напряжения условного симметричного цикла, приведенная к базовому числу циклов  $N_0$ , эквивалентная повреждающему воздействию реальному режиму эксплуатационных напряжений за расчетный срок службы, МПа;

$[n]$  – минимально допустимый коэффициент запаса сопротивления усталости за выбранный срок службы.

Остаточный срок службы несущей конструкции определяется по формуле:

$$T_p = N_0 \frac{\left( \frac{\sigma_{a,N}}{[n]} \right)^m}{\sum_k \left[ K^k \sum_i (\sigma_{ai}^k)^m \cdot p_i^k \right]},$$

где  $m$  – показатель степени в уравнении кривой усталости;

$K^k$  – коэффициент, связывающий суммарное число циклов динамических напряжений с расчетным суммарным сроком службы для  $k$ -го режима нагружения;

$\sigma_{ai}^k$  – уровень амплитуд напряжений в  $i$ -ом интервале  $k$ -го режима нагружения, МПа;

$p_i^k$  – вероятность (частота) действия уровня амплитуд  $\sigma_{a,\varepsilon}$  в  $i$ -ом интервале  $k$ -го режима нагружения.

Важно отметить, что принятие решения о возможности дальнейшей эксплуатации несущей конструкции на основе предложенного алгоритма применимо относительно машин одного назначения (типовой группы), эксплуатируемых со схожими условиями (нагрузки, климат, техническое обслуживание, система ремонтов и др.).

Предлагаемая методика апробирована при проведении работ по продлению срока службы железнодорожного подвижного состава.

Методика позволяет установить закономерности и определить зависимости остаточного ресурса конструктивных элементов от их геометрических характеристик, что может быть использовано как на этапе модернизации, так и при поиске рациональных конструктивных решений на этапе проектирования мобильной техники.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Путьто, А. В. Прогнозирование остаточного ресурса вагона хоппер-дозатора после длительной эксплуатации с учетом фактических физико-механических характеристик материала несущей конструкции / А.

В. Путято, Е. Н. Коновалов, П. М. Афанаськов // Механика машин, механизмов и материалов. – 2016. – № 1 (34). – С. 26–35.

2. Путято, А. В. Прогнозирование ресурса несущих конструкций вагонов специального подвижного состава с различным техническим состоянием / А. В. Путято, Е. Н. Коновалов // Актуальные вопросы машиноведения. – 2017. – Т. 6. – С. 194–197.