

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВАРИАТОРОВ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Кухтов В.Г., д. т. н., проф.¹, Лысенко С.В., аспирант¹,
Косухин С.А., магистрант¹, Самарин А.Е., к.т.н., доц.²

¹Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства имени Петра Василенко

²ПАО «Херсонский машиностроительный завод»

В статье изложены основные принципы инженерного анализа при оценках и прогнозировании надежности с использованием компьютерных технологий.

Постановка проблемы. Возрастающие потребности современного рынка и жесткая конкуренция заставляет предприятия – производители уделять большое внимание вопросам обеспечения надежности выпускаемых образцов зерноуборочной техники. Повышение производительности труда разработчиков новых изделий, сокращение сроков проектирования, обеспечение высокого качества разработки проектов - важнейшая задача современного машиностроения.

Основная задача прогнозирования ресурса на стадии проектирования состоит в согласовании ожидаемых показателей долговечности с плановыми, назначенными показателями. На стадии проектирования предметом прогнозирования служит идеализированный объект — расчетная схема, основанная на изучении предшествующего опыта проектирования и эксплуатации сходных объектов [1].

Анализ последних исследований и публикаций. САПР нашли широкое применение в машиностроении. Это связано с ускорением графических работ, со снижением трудоемкости выполнения расчетов и оформления сопроводительной документации.

В настоящее время при сотрудничестве с зарубежными компаниями необходимо представление всей документации в электронном виде. Продаваемый продукт и его производство подлежат международной сертификации, подтверждающей их высокие характеристики. Сертифицирование проходят не только само изделие, но и методы его проектирования, изготовления, способы и формы передачи информации об изделии. Для прохождения сертифицирования необходимо оснастить рабочие места конструктора и технолога компьютерными и программными продуктами.

О внимании, которое уделяется САПР в промышленно-развитых

странах, говорит в частности тот факт, что по рекомендациям ЮНЕСКО в базисном учебном плане по информатике и информационным технологиям (ИТ) предусмотрен факультативный блок «Компьютерное моделирование с использованием ПП (CAD; CAM; CAE;)».

Целью данной работы является поиск решений по обеспечению ресурса вариаторов зерноуборочных комбайнов, повышения их технического уровня, значительное сокращение сроков проектирования и испытаний.

Основной материал. В современных САПР важнейшей составной частью процессов проектирования является виртуальное моделирование на основе универсальных программных комплексов [2-3]. Практически на компьютере создается виртуальная модель изделия и еще до начала производства всесторонне исследуется ее функционирование в рабочих условиях. При этом изделие совершенствуется, улучшаются технико-экономические показатели на основе «компьютерных испытаний». Замена дорогостоящих и длительных натуральных экспериментов вариаторов на быстрое и эффективное компьютерное моделирование обеспечивает создание качественных и конкурентоспособных технических изделий.

Гидроуправляемый вариатор позволяет изменять обороты молотильного барабана в зависимости от культуры и условий уборки в широком диапазоне скоростей, от $n_{\max}=1013 \text{ об}^{-1}$ до $n_{\min}=465 \text{ об}^{-1}$.

Для вариатора молотильного барабана содержащего относительно небольшое число деталей выполнен поэлементный анализ конструкции.

Вариатор молотильного барабана состоит из блока ведущего и блока ведомого (рис. 1). Их масса составляет соответственно 57,3 кг и 73.4 кг. Блок ведущий состоит из 2 сборочных единиц (диск подвижный и диск неподвижный) и 25 деталей, 18 из которых стандартные изделия. Блок ведомый состоит из 2 сборочных единиц (диск неподвижный и диск подвижный) и 91 детали, 47 из которых стандартные изделия.

При эксплуатации вариаторов возникают следующие основные повреждения деталей: разрушения ремней, износ конусной поверхности дисков, износ поверхности под ступицу подвижного диска, износ поверхности отверстия под ступицу приводного шкива, поверхности отверстия под направляющий палец, шлицевых соединений.

Изучению технического состояния подвергались основные детали (табл. 1, табл. 2), оказывающие наибольшее влияние на долговечность и безотказность вариатора молотильного барабана: диск подвижный; диск неподвижный; ступица подвижная; ступица неподвижная; вал полый, ступица приводная.

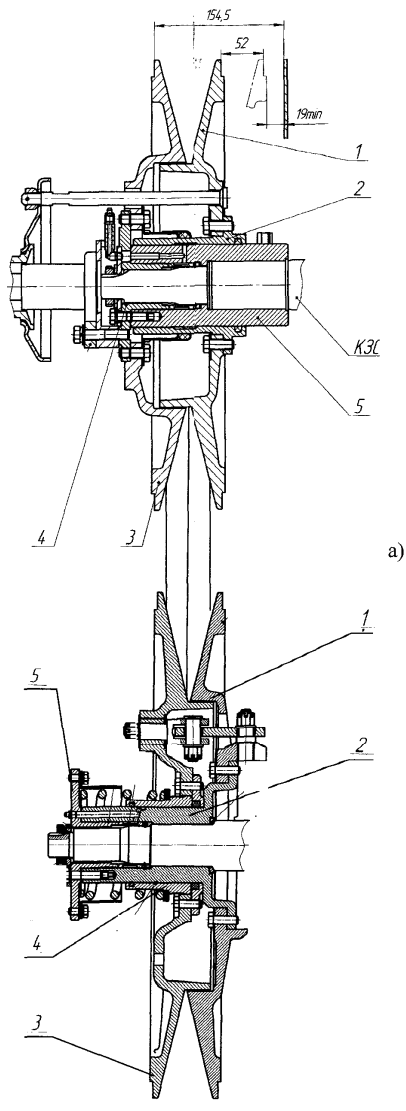


Рис. 1. Вариатор молотильного барабана комбайна КЗС – 9-2 «Скиф -230»: а) Блок ведущий КЗС-9-40400: 1 - диск подвижный; 2 - ступица подвижная; 3 - диск неподвижный; 4 - ступица неподвижная; 5 - вал полый. б) Блок ведомый КЗС-9-40410: 1 - диск неподвижный; 2 - ступица неподвижная; 3 - диск подвижный; 4 - ступица подвижная; 5 - ступица.

Таблица 1. Повреждения деталей блока ведущего вариатора

№	Деталь	Масса, кг	Материал	Размеры, мм			Контролируемый параметр
				По чертежу	Допустимые	Предельные	
1	Диск подвижный КЗС-9-41011	23,7	СЧ 20	-	0,60	0.80	Износ конусной поверхности
3	Диск неподвижный КЗС-9-41009	21,6	СЧ 20	-	0,60	0.80	Износ конусной поверхности
2	Ступица КЗС-46018	2,0	Сталь 40Х	14 ^{+0.11}	14.20	14.32	Износ впадин шлицев по ширине
4	Ступица КЗС-46021	2,4	Сталь 40Х	Размер по роликам			Износ впадин шлицев по ширине
				35.522	36.43	36.85	
5	Вал полый КЗС-9-46019	6,8	Сталь 25 ХГТ	98 ^{-0,072} _{-0,120}	97.81	97.71	Износ поверхности под ступицу подвижного диска
				14 ^{-0,02} _{-0,10}	13.80	13.71	Износ впадин шлицев по ширине
	Ремень 68x24-2600	-	Кордшнуровой, на полихлоропреновых каучуках	Размеры сечения			Износ рабочей (боковой) поверхности: трещины, срывы резины, выступание ниток и расслоений. На поверхностях оснований трапеций (разрывы, трещины)
				W	Wp	T	
				68	65 ^{+1,2} _{-0,8}	24 ^{+0,8} _{-0,8}	

Результатом проведения изучения технического состояния деталей является разработка и внедрение конструкторско-технологических мероприятий по обеспечению ресурса изнашиваемых деталей.

Рассмотрим некоторые особенности изучения динамики изнашивания деталей по разовым измерениям их износов.

Таблица 2. Повреждения деталей блока ведомого вариатора

№	Деталь	Масса, кг	Материал	Размеры, мм			Контролируемый параметр
				По чертежу	Допустимые	Предельные	
1	Диск неподвижный КЗС-9-41012	29,5	СЧ 20	-	0,60	0.80	Износ конусной поверхности
3	Диск подвижный КЗС-9-41017А	21,6	СЧ 20	-	0,60	0.80	Износ конусной поверхности
2	Ступица КЗС-9-46065	7,2	Сталь 40Х	$90_{-0,090}^{-0,036}$	89.86	88.71	Износ поверхности под ступицу подвижного диска
4	Ступица КЗС-9-46064	4,6	Сталь 40Х	$90^{+0,054}$	90.11	90.21	Износ поверхности отверстия под ступицу приводного шкива
5	Ступица КЗС-9-46063	2.2	Сталь 40Х	Размер по роликам			Износ впадин шлицев по ширине
				35,522	36.43	36.85	

В алгоритме оценки долговечности деталей по результатам дефектовки предусмотрено пять блоков[4] (рис. 3).

В первом блоке строится таблица распределений износов по данным разовых измерений, и вычисляются параметры распределений износов. Информация, содержащаяся в таблице, делится на две части: постоянная – включающая сведения о наименовании и обозначении детали и исследуемой поверхности, номинальных и предельных размерах, норме расхода в запчасти, применимости и стоимости, используемом измерителе и точности измерений; оперативная – содержащая данные измерений, сведения о наработке машин и агрегатов, результаты расчетов параметров распределений износов.

Информация, полученная в первом блоке, является исходной для построения статистических кривых динамики изнашивания и оценки средних ресурсов деталей. Содержание и последовательность выполнения работ во втором расчетном блоке даны на рис.4. Для аппроксимации кри-

вых динамики изнашивания использована степенная функция, которая по данным исследований [4] наилучшим образом учитывает природу процесса изнашивания (период приработки, нормальный и аварийный износ). По данным исследований наилучшую точность аппроксимации дают полиномы второй и третьей степени. Поэтому для повышения точности оценок зависимость для аппроксимации кривых целесообразно определять индивидуально.



Рис.3. Последовательность оценки динамики изнашивания, ресурсов деталей, нормирования и оценки соответствия фактической и нормативной износостойкости.

В третьем расчетном блоке по данным, полученным во втором, о законах распределения износов в различных интервалах наработки, и предельным износам (законам распределения) определяют вероятности безотказной работы (ВБР) поверхностей, теряющих работоспособность из-за износа. А также определяется ВБР дефектных деталей из-за других повреждений, определяются суммарные ВБР, строятся кривые убыли, опре-

деляются гамма - процентные ресурсы поверхностей и деталей.



Рис.4. Содержание и последовательность работ при построении статистических кривых динамики изнашивания.

Наиболее вероятное сочетание при формировании композиций законов распределения будет: – закон распределения Вейбулла (распределение фактических износов) – нормальный закон распределения (распределение предельных износов). Не исключено, что по результатам аппроксимации распределений износов и другие сочетания законов композиций законов распределения.

Четвертый блок содержит работы по нормированию скоростей изнашивания рабочих поверхностей деталей в соответствии с методикой, нормирования износостойкости деталей[4]. Разработку нормативов целесообразно проводить для различных моделей машин в пределах тягового класса. В пятом расчетном блоке выполняется оценка соответствия фактических и нормативных скоростей изнашивания.

Для большинства решаемых задач применительно к вариаторам в качестве примеров виртуального моделирования на основе 3D моделей и метода конечных элементов можно, прежде всего, отметить:

- CAD систему автоматизированного проектирования Solid Works с возможностями трехмерного твердотельного проектирования и конструирования сборочных единиц и деталей, экспресс-анализа массово-инерционных характеристик узлов сложной конфигурации;

- интегрированную в Solid Works систему инженерных расчетов Cosmos Works, которая позволяет на основе МКЭ устанавливать особенности формирования напряженно-деформированного состояния сложных пространственных конструкций (напряжений, деформаций).

Этап планирования вычислительно эксперимента предусматривает определение исходных данных для моделирования, выбор анализируемых и оптимизируемых величин и параметров их реализаций, установление функций и целей, ограничений и граничных условий, разработку плана эксперимента

Выводы. Дана качественная оценка основных видов повреждений типовых деталей вариаторов зерноуборочных комбайнов: разрушения ремней, износ конусной поверхности дисков, износ поверхности под ступицу подвижного диска, износ поверхности отверстия под ступицу приводного шкива, шлицевых соединений.

Рассмотрены и даны методические рекомендации по оценке и прогнозированию долговечности деталей теряющих работоспособность из-за износа. Для количественной оценки долговечности необходим микрометраж деталей.

Список использованных источников

1. Болотин В. В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.
2. Solid Works. Компьютерное моделирование в инженерной практике // А. А. Алямовский и др. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 800с.
3. Виртуальное моделирование и современные методы оценки прочности и ресурса горных машин / В.В. Косарев, Н.И. Стадник, В.А. Дейниченко, 5, В.С. Воскресенский // Горное оборудование и электромеханика. М.: Новые технологии. №5, 2006. - с. 12-16.
4. Кухтов В.Г. Долговечность деталей шасси колесных тракторов. Харьков: РИО ХНАДУ, 2004. - 292 с.

Анотація

ОЦІНКА І ПРОГНОЗУВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВАРІАТОРІВ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

**Кухтов В.Г. проф. д. т. н. Лисенко С.В., Самарин А.Е.,
Косухин С.А.**

В статті викладено основні принципи інженерного аналізу при оцінці і прогнозуванні надійності з використанням комп'ютерних технологій.

Abstract

ESTIMATION AND PROGNOSTICATION OF LONGEVITY OF STRUCTURAL ELEMENTS OF VARIATIONS OF COMBINE HARVESTERS

V. Khuhtov., S. Lysenko, A. Samarin, S. Khosuchin

In the article basic principles of engineering analysis are expounded at estimations and prognostication of reliability with the use of computer technologies.