

УДК 622.331.002.5

И.В. Горлов, Е.В. Полетаева

УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОТКАЗНОСТЬЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МАШИНЫ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СТРУКТУРНОЙ МОДЕЛИ

Предложен новый подход к управлению безотказностью технологических объектов на основе анализа структурных моделей торфяных машин, что обеспечивает наивысшую эффективность их использования в сезон добычи.

Ключевые слова: восстановление, ремонт, диагностика, алгоритм, информационные технологии.

В процессе эксплуатации любая машина взаимодействует с окружающей средой, человеком и объектом работы, при этом теряет свою работоспособность, что требует затрат для её восстановления. Затраты существенно возрастают в случае непредвиденных отказов, когда нарушается технологический процесс, осуществляемый данным оборудованием. Это наиболее актуально для торфяных машин, которые используются сезонно с учётом неблагоприятных погодных факторов. Поэтому в период добычи торфа необходимо максимально использовать благоприятные дни, обеспечивая безотказную работу машин на месторождении.

Предотвращение отказов – одна из основных задач, которые решаются с помощью диагностики и анализа состояния диагностируемого объекта.

Как правило, отказы зависят от большого количества факторов, как объективных (зависящих от состояния и изменения параметров элементов конструкции, влияющих на работоспособность), так и от субъективных факторов (воздействия операторов на объект с целью поддержания его работоспособности). Только на основе диагностики и анализа изменения параметров (элементов технологической

системы в процессе эксплуатации) не всегда можно добиться эффективного использования машин.

В настоящее время традиционных подходов к решению задачи повышения эффективности использования технологического оборудования зачастую бывает недостаточно для обеспечения необходимой конкурентоспособности производства. Поэтому требуются новые подходы к процессу реализации системы восстановления работоспособности машин.

Одним из актуальных направлений повышения эффективности использования торфяных машин является создание системы управления состоянием технологических элементов в зависимости от конкретных условий эксплуатации на основе анализа структурной модели объекта и параметрической оптимизации компонентов, отвечающих за работоспособность.

Объективная составляющая процесса поддержания работоспособности обеспечивается сбором и переработкой информации о состоянии объекта диагностирования на основе выявления недостатков сборочных единиц и деталей, лимитирующих наработку до ремонта. Не менее важно определение динамики изменения контролируемых параметров, что позволяет определить переход диаг-

ностируемого элемента в интервал критического изменения состояния, когда возникновение отказа может произойти спонтанно из-за трудно прогнозируемого момента достижения предельного состояния.

Ещё одним необходимым элементом объективной составляющей является использование современных технологий восстановления и поддержания ресурса машин, позволяющих целенаправленным воздействием осуществлять синтез технического состояния технологического объекта в зависимости от производственной необходимости в конкретных условиях эксплуатации.

Субъективная составляющая зависит от качества анализа состояния объекта и от правильности выбора направления воздействия на элементы системы с целью управления работоспособностью для достижения наивысшей эффективности использования техники и предотвращения внезапных отказов в период добычи торфа.

Наиболее эффективным для этих целей является использование структурных моделей технологических машин, позволяющих за счёт применения информационных технологий существенно повысить качество прогнозирования и, как следствие, эффективность использования оборудования.

Для формализации расчёта параметров технического состояния машины в целом необходимо разложить её как технологическую систему на структурные подсистемы, элементы подсистем таким образом, чтобы на самом нижнем уровне получить объекты с определённым количеством свойств, по которым можно оценивать их состояние с точки зрения безотказности.

Любую технологическую машину можно представить как систему, состоящую из ряда подсистем: несущей подсистемы, энергетической, передающей и преобразующей энергию,

конечных технологических элементов, а также элементов управления.

В свою очередь каждая из этих подсистем состоит из элементов обладающих как общими свойствами, характерными для всей структурной единицы, так и какими-то собственными параметрами. В случае рассмотрения технологической системы (пневмоуборочного комбайна) с точки зрения безотказности такими свойствами являются: периодичность технического обслуживания (ТО), наработка с начала эксплуатации, наработка с последнего ТО и остаточный ресурс, по которым можно оценивать техническое состояние машины и с достаточно высокой точностью прогнозировать изменение этого состояния.

Восстановление и поддержание работоспособности в процессе эксплуатации машины осуществляется с помощью технического обслуживания и ремонтов, проведение которых лучше совмещать с очередным ТО. В этом случае можно существенно сократить простой оборудования вследствие параллельного проведения операций ТО и ремонта, но тогда требуется знать, насколько повысится общая трудоёмкость работ. Таким образом, следует учитывать ещё одно свойство структурного элемента – трудоёмкость выполнения работ по восстановлению его работоспособности. В таблице представлена часть структурной модели пневмоуборочного комбайна, в которой отображены основные свойства несущей подсистемы.

На самом нижнем уровне модели представлены сопряжения, которые обеспечивают функционирование подсистемы в целом, и именно от них зависит работоспособность технологического объекта. Единица на пересечении i -той строки и j -того столбца обозначает, что i -тый структурный элемент обслуживается при j -том ТО, в противном случае ставится 0. При этом необходимо учитывать, что обслуживание с большей

Свойства структурных элементов несущей подсистемы

Подсистема		Элемент подсистемы		Сопряжения					
				Обозначение элемента					
Несущая	A			A					
Рама главная	A1			A1					
			Рама и опорная ось	A11	0	0	0	0	8000
Гусеничный ход	A2			A2					0,5
		Опорная каретка	A21	A21					3840
			Корпус каретки и втулка	A211	0	0	0	1	1920
			Втулка и опорная ось	A212	1	0	0	0	1920
			Корпус каретки и ось колеса	A213	0	1	0	0	3840
		Колесо опорное	A22	A22					0,25
			Колесо опорное и подшипник	A221	0	0	0	1	3840
			Подшипник и ось опорного колеса	A222	0	0	0	1	3840
			Подшипник качения опорного колеса	A223	0	1	0	0	1920
			Уплотнение подшипника опорного колеса	A224	0	0	0	1	1920
		Колесо поддерживающее	A23	A23					0,5
			Поддерживающее колесо и подшипник	A231	0	0	0	1	3840
			Подшипник и ось поддерживающего колеса	A232	0	0	0	1	3840
			Подшипник поддерживающего колеса	A233	0	1	0	0	1920
			Уплотнение подшипника поддерживающ. колеса	A234	0	0	0	1	1920
		Колесо натяжное	A24	A24					0,5
			Колесо натяжное и подшипник	A241	0	0	0	1	3840
			Подшипник и ось натяжного колеса	A242	0	0	0	1	3840
			Ось натяжного колеса и натяжителя	A243	0	0	0	1	1920
			Натяжитель и рама	A244	0	1	0	0	1920
			Подшипник натяжного колеса	A245	0	1	0	0	1920
			Уплотнение подшипника натяжного колеса	A246	0	0	0	1	1920
		Звёздочка ведущая	A25	A25					0,5
			Звёздочка ведущая и ступица	A251	0	0	0	1	1920
			Звёздочка ведущая и гусеница	A252	0	0	0	1	1920

периодичностью, включает работы, проводимые с меньшей периодичностью (то есть, при проведении ТО-2 проводятся все работы ТО-1). Каждая строка матрицы, описывающей свойства сопряжений, представляет собой булев вектор, логические операции с которыми обеспечивают возможность автоматизации процессов принятия решения на основе алгебры логики. Такая модель позволяет в любой момент времени точно определять текущее состояние технологического объекта и в зависимости от него планировать восстановление работоспособности с расчетом трудоёмкости операций в каждом конкретном случае.

Представленная модель позволяет решить задачу управления техническим состоянием технологической машины, а именно, выявление факторов, влияющих на увеличение цикла обслуживания машины за счёт их анализа и синтеза технического решения.

Анализ свойств представленных структурных элементов показал, что только один элемент A_{212} (сопряжение втулки опорной каретки и оси рамы несущей) имеет периодичность 60 моточасов. Следовательно, для оптимизации всей подсистемы выгодно воздействовать на этот элемент с целью увеличения его цикла обслуживания, т.е. выявить его основные триботехнические свойства и предложить способ решения поставленной задачи (синтезировать трибоузел с соответствующими

свойствами). Возможным способом увеличения цикла обслуживания является использование в качестве материала для втулки опорной каретки самосмазывающегося полимера – графитонаполненного капролона.

Физико-механические свойства капролона (полиамида) позволяют использовать его вместо цветных металлов и сплавов (меди, бронзы, баббита). Для повышения антифрикционных свойств полимера капролон насыщают графитом (около 2 % по массе). Графитонаполненный капролон сохраняет практически все свойства обычного капролона, но имеет значительно меньший коэффициент трения, который при трении по стали составляет около 0,015. Особенno хорошо зарекомендовал себя графитонаполненный капролон при высоких нагрузках. Использование такого материала, не требующего обслуживания, обеспечивает существенное сокращение трудоёмкости ТО, и повышает надёжность трибоузла. По результатам расчётов экономия трудозатрат при обслуживании только этого сопряжения может составить свыше 8 ч. часов за сезон добычи.

Таким образом, выявляя и изменяя свойства элементов на основе построенной модели, можно управлять изменением технического состояния узлов и машины в целом, что позволяет оптимизировать параметры эксплуатации и повысить экономическую эффективность всей технологической системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максименко А.Н. Диагностика строительных, дорожных и подъёмно-транспортных машин [Текст]: учеб. пособие / Максименко А.Н., Антиценко Г.П., Лягушев Г.С.; «БХВ-Петербург», Санкт-Петербург, 2008. 302 с.
2. Павлов В.В. CALS – технологии в машиностроении (математические модели) [Текст] / В.В. Павлов М.: Издательский центр МГТУ «СТАНКИН», 2002. 328 с. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Горлов Игорь Васильевич — кандидат технических наук, доцент, gorloviv@yandex.ru,
Полетаева Елена Валентиновна — кандидат технических наук, доцент,
Тверской государственный технический университет.