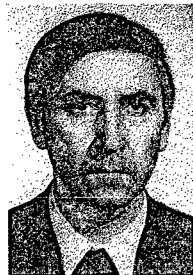


УДК 676.004.86

В.П. Сиваков

Сиваков Валерий Павлович родился в 1942 г., окончил в 1970 г. Уральский государственный лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования целлюлозно-бумажных производств Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет около 100 печатных работ в области виброзащиты и вибродиагностирования оборудования целлюлозно-бумажных производств.



ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ИСПРАВНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ГРАФОВ

Разработаны оценочные критерии состояния исправности машин и оборудования целлюлозного производства.

Оборудование целлюлозного производства эксплуатируется в условиях высоких давлений, температур и химически активных сред. Отказы оборудования целлюлозного производства являются потенциально опасными и сопровождаются длительными простоями. К точности оценки вибрационного диагностирования оборудования целлюлозного производства (ОЦП) предъявляются высокие требования. На предприятиях отрасли в практике технического диагностирования хорошо освоены методы контроля состояния исправности простых узлов и весьма ограничено – сложного оборудования. Для повышения достоверности диагноза состояния технической исправности (СТИ) оборудования, наряду с вибрационно-диагностической оценкой узлов, следует учитывать взаимное влияние СТИ узлов, машин и другого взаимосвязанного технологического оборудования. Анализ сочетаний вибрационно-диагностических оценок взаимосвязанного технологического оборудования является необходимым условием организации ремонтов по СТИ.

Цель приведенного в статье исследования – разработать оценочные критерии состояния исправности машин и оборудования целлюлозно-бумажного производства.

Для оценки взаимного влияния СТИ узлов сложные объекты оборудования целлюлозного производства условно расчленяют на функциональные элементы (далее элементы). В качестве элементов технологической линии периодической варки целлюлозы можно рассматривать ленточный конвейер подачи технологической щепы, варочный котел, насос системы циркуляции варочного раствора, теплообменник. Элементы, в свою очередь, расчленяют на простые узлы, не имеющие резервирования. Для вибрацион-

ного диагностирования выбирают наиболее ответственные узлы элементов: рабочие колеса насосов, роторы дозаторов и питателей, подшипники, муфты, корпуса котлов, теплообменников, уплотнительные узлы соединений.

Например, на рис. 1 для насоса системы циркуляции варочного раствора принято три диагностических узла: рабочее колесо, подшипник приводной стороны, подшипник лицевой стороны. Вибрационное диагностирование узлов производят при трехуровневой оценке СТИ: «допустимо», «неудовлетворительно» и «предотказно». Оценка СТИ элемента формируется из сочетания оценок диагностируемых узлов этого элемента. При формировании оценки элемента учитывают коэффициент обслуживания, иерархическую структуру и интенсивность изменения СТИ элемента, принятые в ремонтной службе предприятия.

Множество СТИ элемента V^n разрабатывают на основе вибрационного диагностирования оценок узлов «допустимо» и «неудовлетворительно». Кортжи множества V^n отличаются сочетаниями возможных СТИ узлов при оценках: 0 – «допустимо», 1 – «неудовлетворительно». Обозначим множество СТИ i -го узла V^i , тогда $V^i = \{V_0^i; V_1^i\}$. Мощность (число состояний узла) $|V^i| = 2$. Множество V^n элемента образуется как декартово произведение множеств узлов V^i , $i=1, n$, где n – число узлов элемента.

Мощность множества определяем по формуле

$$|V^n| = \prod_{i=1}^n |V^i|.$$

Множество V^n с учетом коэффициента обслуживания, иерархической структуры и интенсивностей λ изменения СТИ элемента преобразуем в диагностический граф $G(v, \lambda)$ [1]. Для графа $G(v, \lambda)$ выделяем подмножества допустимых $|V|$ и неудовлетворительных $|VH|$ кортежей СТИ.

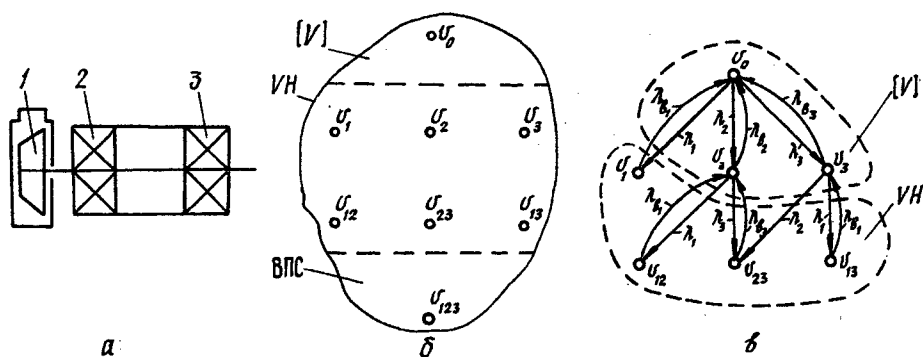


Рис. 1. Формирование диагностического графа $G(v, \lambda)$ изменения состояний технической исправности насоса при полностью ограниченном обслуживании: а – схема насоса; б – множество V^n состояний технической исправности насоса; в – диагностический граф $G(v, \lambda)$ двухуровневой иерархии; 1 – рабочее колесо (узел верхней иерархии); 2, 3 – подшипники (узлы нижней иерархии); $|V|$, VH , $ВПС$ – подмножества кортежей соответственно допустимых, неудовлетворительных и предотказных состояний технической исправности насоса

Из приведенной на рис. 1 схемы следует, что множество V^m и граф $G(v, \lambda)$ содержат одни и те же кортежи V_{ij} сочетаний оценок вибрационного диагностирования узлов для подмножеств $|I|$ и (VH) . Однако в распределении кортежей V_{ij} между подмножествами $|I|$ и (VH) имеются серьезные отличия. Оценочные кортежи множества V^m распределяются между $|I|$ и (VH) в зависимости от числа неудовлетворительных (V_1') оценок СТИ узлов. Распределение оценочных кортежей в графе $G(v, \lambda)$ учитывает, наряду с числом неудовлетворительных оценок, иерархию узлов и коэффициент обслуживания элемента.

Подмножество кортежей, характеризующихся вибрацией предотказного состояния (ВПС), не включается в граф $G(v, \lambda)$, поскольку эксплуатация элемента при $V_{ij} \in \text{ВПС}$ недопустима из-за возможности возникновения отказа или аварии. Подмножество ВПС применяется в качестве оценочного критерия для вывода элемента на внеплановый ремонт.

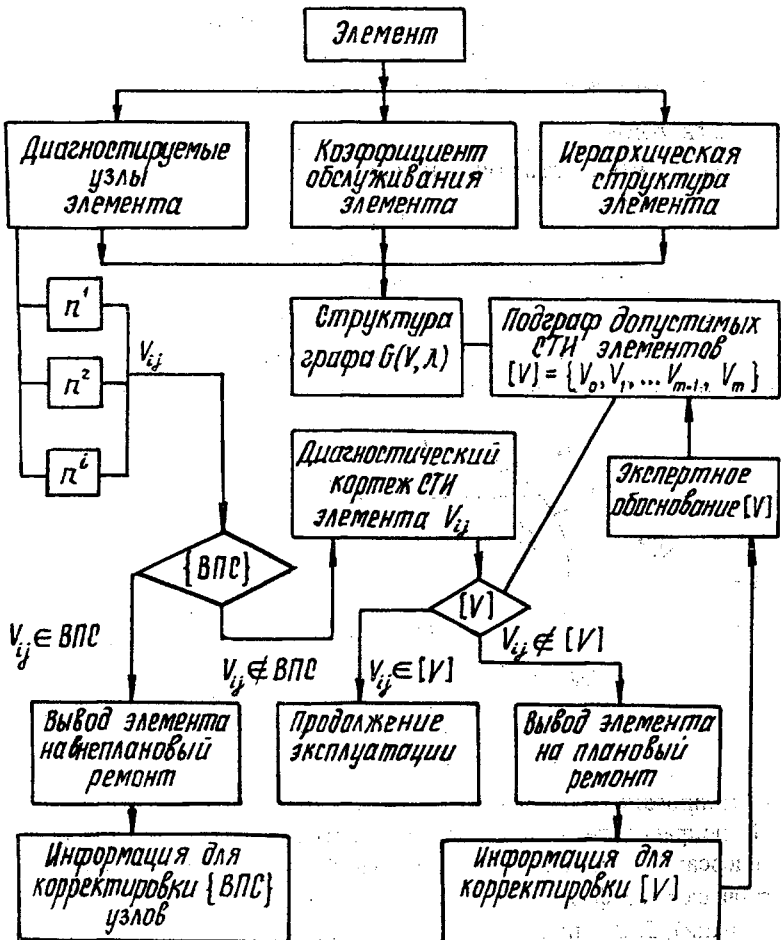


Рис. 2. Схема обоснования ремонта элементов ОПЦ по техническому состоянию на основе вибрационного диагностирования

Система обоснования ремонта элементов сложных объектов оборудования целлюлозного производства на основе диагностического графа приведена на рис. 2. Диагностируемые кортежи СТИ элемента контролируются в двух уровнях. На первом уровне контроля выявляются кортежи элемента, СТИ которых характеризуется вибрацией предотказного состояния $V_{ij} \in \text{ВПС}$. Если диагностируемый кортеж V_{ij} соответствует предотказному состоянию, элемент выводят на внеплановый ремонт при ближайшем останове. Вибрационное диагностирование узлов элемента до останова на ремонт производят с сокращенным периодом времени между измерениями.

Второй уровень контроля применяют для обоснования планового ремонта элемента. Второму уровню контроля подвергаются диагностируемые кортежи $V_{ij} \in \{IVIU(VH)\}$. Диагностируемый кортеж проверяют на принадлежность к подмножеству вершин $|I|$ диагностируемого графа $G(v, \lambda)$. Если кортеж $V_{ij} \in |I|$, то эксплуатация элемента продолжается без изменения режима обслуживания. Плановый ремонт элемента предусматривается при условии $V_{ij} \notin |I|$. Для элементов, планируемых к выводу на ремонт, улучшают по возможности режим обслуживания.

Двухуровневая оценка диагностических кортежей узлов позволяет одновременно выявить элементы, эксплуатирующиеся в СТИ, близком к предотказному, и обосновать формирование плана ремонтов элементов по СТИ. Результаты осмотра узлов элемента при ремонтах используют для корректировки оценочных критериев $|I|$ и ВПС.

По аналогичной схеме разработаны множества H^n и сформированы графы $G(H, D)$ сложных объектов оборудования целлюлозного производства. Для сложных объектов структура множеств и графов $G(H, D)$ основывается на исследовании кортежей СТИ элементов, иерархии, коэффициента обслуживания и резервирования отдельных элементов.

Применение диагностических графов изменения СТИ насосов системы циркуляции варочных котлов при обосновании ремонтов на Камском ЦБК подтверждает целесообразность развития этого направления [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муромцев Ю.А. Безаварийность и диагностика нарушений в химических производствах. – М.: Химия, 1990. – 144 с.
2. Совершенствование технического обслуживания и ремонта, повышение эффективности работы технического оборудования Камского ЦБК на основе разработки и внедрения диагностирования его технического состояния: Отчет о НИР / УЛТИ; руководитель В.П. Сиваков. № ГР 01860006621. – Свердловск, 1986. – 78 с.

V.P. Sivakov

Estimating the Fault-free Running of Pulp-production Equipment Based on the Diagnostic State Graphs

The estimating state criteria have been developed for fault-free running of the machines and equipment of pulp production.