

УДК 676.056.521.1

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ДИАГНОЗА ОБОРУДОВАНИЯ

Сиваков В.П., Степанова Е.Н., Микушина В.Н., Вураско А.В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург, Россия (620100, Свердловская область, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, д. 37), e-mail ректора: rector@usfeu.ru.

Работоспособное состояние системы циркуляции варочного раствора в устройствах варки целлюлозы контролируется параллельно технологами, энергетиками и механиками, каждая из этих служб применяет свои диагностируемые переменные. На изменение работоспособного состояния одновременно воздействуют технологические, энергетические факторы и факторы технического состояния оборудования системы. Оценка совместного влияния факторов на работоспособное состояние на предприятиях в настоящее время не разрабатывается. Каждая из служб работает автономно без учета оценочных критериев других служб. В данной работе рассмотрим достоверность идентификации подуровня работоспособного состояния «предотказно» при комплексной оценке по трем, двум, а также по одной диагностируемой характеристике.

Ключевые слова: варка целлюлозы, диагностирование, оценка, работоспособное состояние, кластер.

APPLICATION OF COMPREHENSIVE ASSESSMENT EFFICIENT CONDITION TO IMPROVE THE RELIABILITY DIAGNOSIS OF EQUIPMENT

Sivakov V.P., Stepanova E.N., Mikushina V.N., Vurasko A.V.

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia (620100, Yekaterinburg, street Sibirsky tract, 37), e-mail: rector@usfeu.ru.

Operating state of the circulation in the cooking liquor brewing units intact cellulose-controlled parallel technology, energy and mechanics, each of these services applies its diagnosed variables. To change the operating condition at the same time the impact of technological, energy factors and the technical condition of equipment, of the system. Evaluation of the joint effect of factors on the healthy state enterprises is currently being developed. Each service operates autonomously without evaluation criterion-teria other services. In this paper, we consider the accuracy of the identification of sub-level capacity for work in state of "before giving up" in integrated assessment in three, two, as well as one-diagnose my response.

Keywords: pulping, diagnosis, evaluation, operating condition, the cluster.

Работоспособное состояние системы циркуляции варочного раствора в устройствах варки целлюлозы контролируется параллельно технологами, энергетиками и механиками, каждая из этих служб применяет свои диагностируемые переменные. На изменение работоспособного состояния одновременно воздействуют технологические, энергетические факторы и факторы технического состояния оборудования системы. Оценка совместного влияния факторов на работоспособное состояние оборудования на предприятиях в настоящее время не разрабатывается. Каждая из служб работает автономно без учета оценочных критериев других служб. В данной работе рассмотрим достоверность идентификации подуровня работоспособного состояния «предотказно» при комплексной оценке по трем, двум, а также по одной диагностируемой характеристике [1].

Цель исследования: установить зависимость достоверности оценки предотказного состояния от числа диагностируемых переменных.

Материал и методы исследования. В качестве материала применяется варочный раствор и взвешенные вещества варочного раствора. В работе применялись экспериментально-вибрационные, энергетические, а также физико-химические измерения.

Система циркуляции варочного раствора установки периодической варки целлюлозы (УПВЦ), (рис.1) выполняет функцию нагрева сырья равномерного распределения варочного раствора по объему варочного котла и регулирования температурного режима работы.

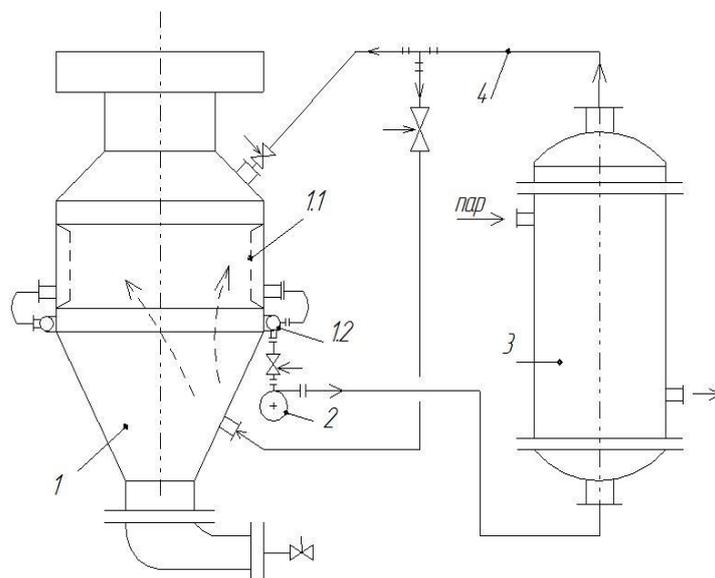


Рис.1. Схема циркуляции варочного раствора УПВЦ, где 1 – котел варочный, 1.1 – сито циркуляционное, 1.2 – коллектор, 2 – насос, 3 – теплообменник, 4 – трубопроводы системы циркуляции

В режиме циркуляции варочный раствор проходит через сито 1.1 и заполняет кольцевое пространство между ситом и корпусом котла 1. Насосом 2 варочный раствор перемещается из кольцевого пространства в коллектор 1.2 и поступает в теплообменник 3. В теплообменнике варочный раствор подогревается и по трубопроводу 4 подается в верхнюю и нижнюю части котла 1. Кратность циркуляции находится в пределах 6...12 раз в час. Объем свободно перемещаемого варочного раствора равен 0,6 объема варочного котла [2]. Циркуляционный насос работает на всех стадиях варки целлюлозы, включающих пропитку, подъем температуры и собственно варку. Однако основные проблемы работы насоса возникают на стадии варки.

За период варки древесного сырья, в виде технологической щепы варочный раствор претерпевает значительные изменения. Из древесины в варочный раствор (жидкая фракция 46...47 %), под действием химикатов, температуры и давления, переходят: фрагментированный лигнин, волокна технической целлюлозы, омыленные смолы и жиры (твердая фаза 47...52 %), летучие соединения (газообразная фракция 3...4 %) [5].

Циркулирующий варочный раствор к концу периода варки превращается в суспензию. Циркулирующая суспензия состоит из жидких продуктов реакции варочного раствора с древесным сырьем, лигнина, волокон целлюлозы и не прореагировавшей при варке части варочного раствора. Наличие в циркулирующей суспензии лигнина, волокон технической целлюлозы и взвешенных веществ увеличивает ее вязкость, что сопровождается ростом нагрузки на насос. К тому же при циркуляции суспензии лигнина целлюлозное волокно и другие продукты варки целлюлозы отлагаются на внутренних стенках трубопроводов системы циркуляции и теплообменника, что также приводит к росту нагрузки привода и к снижению теплопередачи от греющего пара к суспензии в теплообменнике.

Для определения изменения свойств циркулирующего варочного раствора (суспензии) за период варки и влияния их на нагрузку насоса произведены комплексные экспериментальные исследования следующих переменных: содержания сухих веществ y_1 , вибрации насоса y_2 , силы тока электродвигателя насоса y_3 , концентрации ионов водорода y_4 , взвешенных веществ (волокон) y_5 , плотности y_6 , средние арифметические значения и дисперсии переменных приведены в табл.1 [4].

Таблица 1

Значения средних арифметических значений и дисперсий переменных y_i циркулирующего варочного раствора и насоса в период варки целлюлозы

Наименование и размерность переменных	Доверительная вероятность измерений P_i	Значения средних арифметических m_i и дисперсией σ_i переменных y_i	
		m_i	σ_i
Содержание сухих веществ в варочном растворе y_1 , %	0,9	9,34	2,04
Среднее квадратическое значение виброскорости насоса y_2 , мм/с	0,9	0,47	0,1
Сила тока электродвигателя насоса y_3 , А	0,8	102,3	14,5
Концентрация ионов водорода в варочном растворе y_4 , рН	0,9	3,84	0,39
Содержание взвешенных веществ в варочном растворе y_5 , г/см ³	0,8	2,8	0,02
Плотность варочного раствора y_6 , г/см ³	0,8	1,05	0,01

Производим морфологический анализ для выбора наиболее значимых переменных y_i . Сравнительные характеристики переменных по данным морфологического анализа приведены в табл. 2. Функция h_4 , концентрация ионов водорода в варочном растворе не влияет на работоспособное состояние насоса. Поскольку функции y_1, y_5 и y_6 характеризуют

плотность варочного раствора, ограничимся функцией y_1 , которая имеет более высокую доверительную вероятность измерений. Для обоснования комплексной оценки работоспособного состояния насоса системы циркуляции на основе морфологического анализа, табл. 2, принимаем три наиболее информативные функции y_1 , y_2 , y_3 .

Таблица 2

Морфологический анализ по выбору методов

комплексного диагностирования работоспособного состояния в режиме эксплуатации

Методы диагностирования	Диагностируемая функция	Вид диагностического контроля		Принадлежность фактора к службам предприятия			Измерительные приборы		
		По измерению функции работоспособного оборудования	лабораторный	технологическая	механическая	энергетическая	переносные	лабораторные	стационарный
Измерение нагрузки привода	y_3 -сила тока, А	+	-	-	-	+	-	-	+
Вибрационный	y_2 -значение виброскорости, мм/с	+	-	-	+	-	+	-	-
Измерения свойств варочного раствора	y_1 -содержание сухих веществ, %	-	+	+	-	-	-	+	-

где: «+»- контролируемый параметр, «-»- неприменяемый параметр.

Из табл. 2 морфологического анализа следует, что переменная y_1 характеризует технологическую составляющую, y_2 – техническую, а y_3 – энергетическую составляющую работоспособного состояния насоса системы циркуляции.

Графики измерения переменных в процессе варки целлюлозы приведены на рис. 1,2,3.

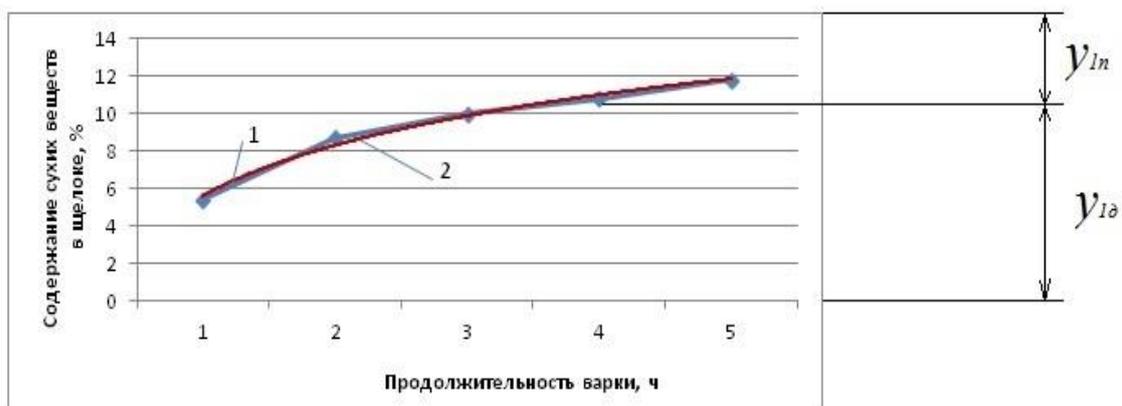


Рис. 1. График изменения содержания сухих веществ в варочном растворе в период варки целлюлозы, где 1 – экспериментальный, 2 – теоретический. y_{1d}, y_{1n} – допустимое и предотказное значение содержания сухих веществ соответственно

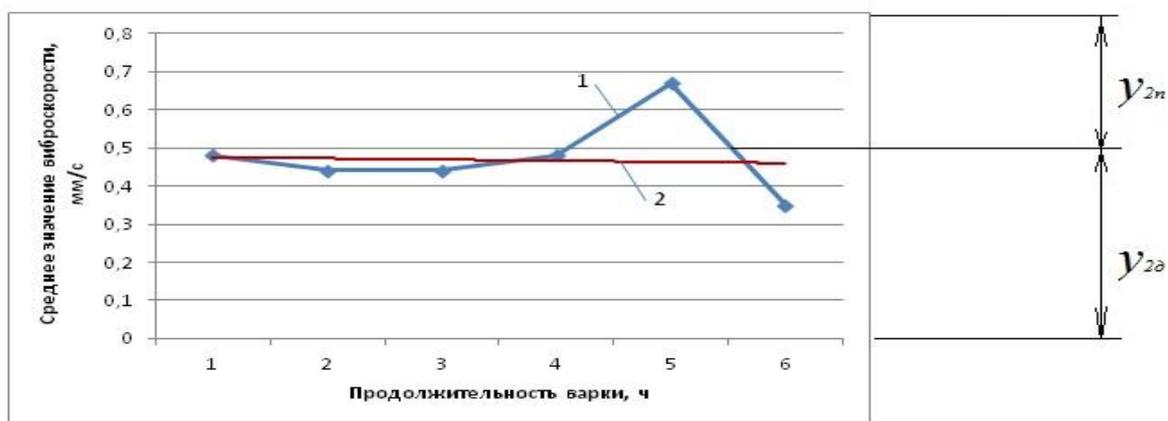


Рис. 2. График изменения виброскорости насоса за период варки целлюлозы, где 1 – экспериментальный, 2 – теоретический. y_{2d}, y_{2n} – допустимое и предотказное значение виброскорости насоса соответственно

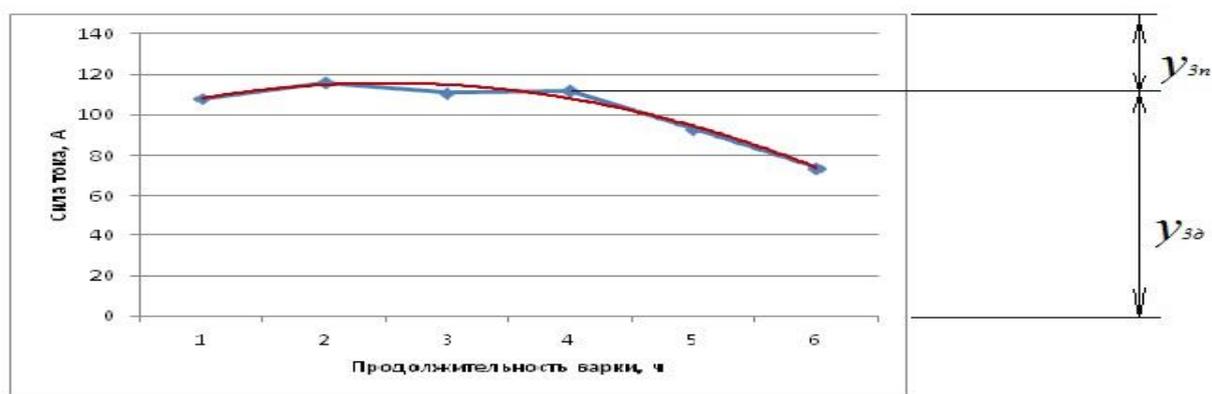


Рис. 3. Изменения силы тока электродвигателя насоса за период варки целлюлозы, где 1 – экспериментальный, 2 – теоретический. y_{3d}, y_{3n} – допустимое и предотказное значение силы тока соответственно

Из рисунков 1,2,3 видно, что переменные функции изменяются монотонно, следовательно, их можно применить для формирования дифференцированных оценок подуровней работоспособного состояния контролируемого насоса.

Принимаем, что диагностируемые переменные $y_i, i=1,2,3$ изменяются у контролируемого насоса независимо друг от друга. Вероятность одновременного нахождения параметров y_i в пределах кластеров рассматриваем по формуле [3]:

$$P(h_1 h_2 h_3) = P(h_1) \cdot P(h_2) \cdot P(h_3), (1)$$

Для безаварийной работы насоса наибольший интерес представляет достоверность идентификации подуровня работоспособного состояния «предотказно». При комплексном диагностировании системы УВЦ вероятность того, что все диагностируемые переменные функций (h_1, h_2, h_3) соответствуют оценке «предотказно»:

$$P(\overline{h_1 \overline{h_2} \overline{h_3}}) = 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,2 = 0,004, (2)$$

где $\overline{h_i}, i = \overline{1,2,3}$ – вероятность отказа по i -ой переменной.

$$h_i = 1 - P_i, (3)$$

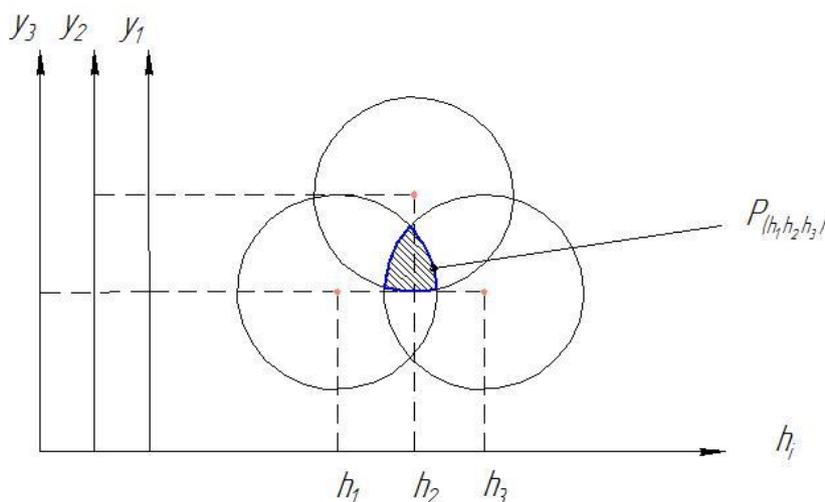


Рис. 4. Вероятность нахождения насоса в предотказных подуровнях кластера, где $h_i, i = \overline{1,2,3}$ – вероятность i -го отказа; $y_i, i = \overline{1,2,3}$ – переменная i -ой функции; P – вероятность оценки «предотказно»

Из (2) по данным табл. 1 следует, что погрешность идентификации предотказного состояния вероятность отказа одновременно по двум диагностируемым переменным равна:

$$P(\overline{h_1 \overline{h_2} \overline{h_3}}) = 0,8 \cdot 0,1 \cdot 0,2 = 0,016, (4)$$

где h_1 – вероятность нормального работоспособного состояния переменной h_1 , из табл.1 $h_1=0,8$.

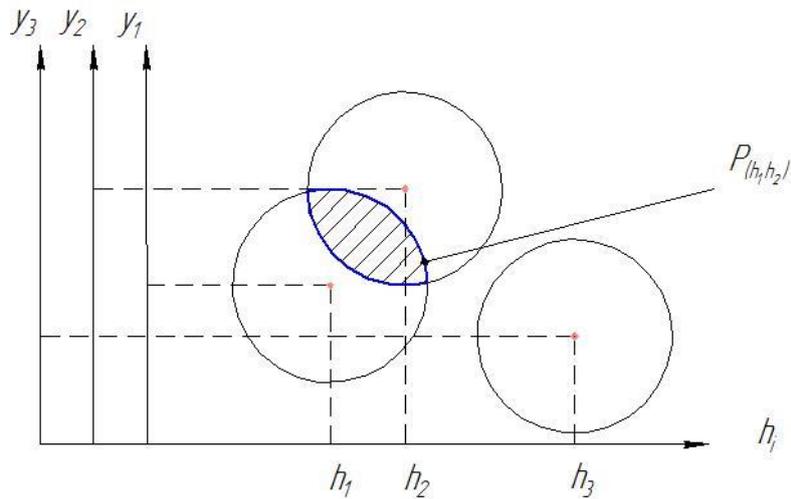


Рис. 5. Вероятность нахождения насоса в предотказном состоянии одновременно по двум диагностируемым переменным

Вероятность обнаружения отказа насоса по одной из диагностируемых переменных:

$$P(h_1 h_2 \bar{h}_3) = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,2 = 0,144, \quad (5)$$

где h_2 – вероятность нормального работоспособного состояния h_2 , из табл.1 $h_2=0,9$.

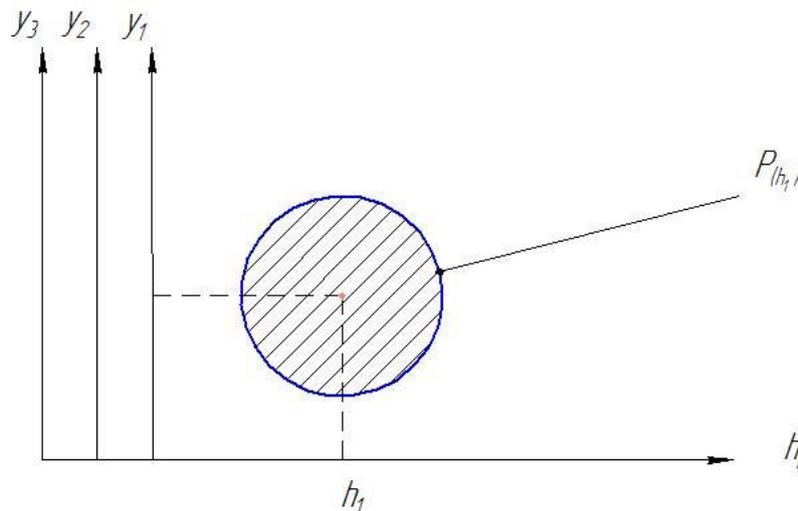


Рис. 6. Вероятность нахождения насоса в предотказном состоянии по одной диагностируемой переменной

Заключение

Из расчетов по формулам 1,2,3,4,5 следует, что при увеличении числа диагностируемых переменных достоверность идентификации предотказного состояния возрастает на порядок и более. Комплексное диагностирование оценок работоспособного состояния способствует предотвращению отказов оборудования в режиме эксплуатации.

Список литературы

1. Азовцев Ю.А., Баркова Н.А., Доронин В.А. Диагностика и прогноз технического состояния оборудования целлюлозно-бумажной промышленности в рыночных условиях // Бумага, картон, целлюлоза. – 1999. – № 5.
2. Вураско А. В., Вихарев С. Н., Сиваков В. П., Мешков А. Д. Исследование технологических характеристик полотна бумаги и вибрации оборудования для обеспечения качества продукции // Вестник КНИТУ. – 2013. – Т.16, № 23. – С. 248-251.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов / В.Е. Гмурман. – 9-е изд., стер. – М.: Высш.шк., 2003. – 479 с.
4. Сиваков В.П. Обоснование технического обслуживания оборудования целлюлозно-бумажного производства диагностированием. / В.П. Сиваков, В.И. Музыкантова, С.Н. Вихарев, С.А. Мишин // Лесн. журн. – 2009. – № 3. – С. 118–125. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Ящура А.И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования: справочник. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006 с.

Рецензенты:

Черемных Н.Н., д.т.н., профессор, зав. кафедрой начертательной геометрии и машиностроительного черчения ФГБОУ ВПО «Уральского государственного лесотехнического университета», г. Екатеринбург;

Санников А.А., д.т.н., профессор кафедры технической механики и оборудования целлюлозно-бумажных производств ФГБОУ ВПО «Уральского государственного лесотехнического университета», г. Екатеринбург.