7. Костюков В.Н. Нормативно-методическое обеспечение диагностики и мониторинга поршневых компрессоров /В.Н. Костюков, А.П. Науменко // Безопасность труда в промышленности. – 2013. – № 5. – С.66–70.

8. Костюков, В.Н. Проблемы и решения безопасной эксплуатации поршневых компрессоров / В. Н. Костюков, А.П. Науменко //Компрессорная техника и пневматика. – 2008. – № 3. – С. 21-28.

9. Костюков, В.Н. Система контроля технического состояния машин возвратно-поступательного действия /В. Н. Костюков, А.П. Науменко // Контроль. Диагностика. – 2007. – № 3 (105). – С. 50-59.

10. Костюков В.Н. Анализ современных методов и средств мониторинга и диагностики поршневых компрессоров. Ч. 1. / В. Н. Костюков, А. П. Науменко // В мире неразрушающего контроля. – 2010. – № 1. – С. 64–70.

11. Костюков В.Н. Анализ современных методов и средств мониторинга и диагностики поршневых компрессоров. Ч. 2. / В. Н. Костюков, А. П. Науменко // В мире неразрушающего контроля. – 2010. – № 2. – С. 28–36.

УДК 622.24

В.Н. Костюков, V.N Kostyukov, e-mail:post@dynamics.ru
А.В. Костюков, A.V. Kostyukov, e-mail:post@dynamics.ru
А.А. Синицын, A.A. Sinichin, e-mail:post@dynamics.ru
Е.В. Тарасов, E.V. Tarasov, e-mail:post@dynamics.ru
ООО "НПЦ «Динамика», г. Омск, Россия
Ltd. "SPC "Dynamics", Omsk, Russia

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АГРЕГАТОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

RELIABILITY ASSESSMENT OF SAFETY OF UNITS PETROCHEMICAL COMPLEX

Решение проблемы безопасной и надежной эксплуатации машинных агрегатов опасных производств нефтехимических комплексов (НХК) напрямую связано с мониторингом рисков в их эксплуатации. Для мониторинга рисков опасных производственных объектов необходимо оценивать характеристики надежности оборудования в реальных условиях его эксплуатации, знать время средней наработки машинных агрегатов до зарождения дефекта и до перехода в опасное техническое состояние. Анализ надежности технологических установок НХК показывает, что на динамическое оборудование приходится более 70% отказов [1, 2, 3]. Решением проблем безопасной и надежной эксплуатации машинных агрегатов непрерывных опасных производств нефтехимических комплексов является определение средней наработки агрегатов с учетом их работы в различных технических состояниях.

Solving the problem of safe and reliable operation of machine units hazardous industries petrochemical complexes is directly related to the monitoring of risks in their operation. To monitor risks of hazardous production facilities need to assess the performance of equipment reliability in real operating conditions , namely, the mean time to know the time machine units to defect nucleation and the transition to a dangerous (emergency) technical condition . In addition, the reliability analysis of technological installations petrochemical complexes shows that dynamic equipment accounts for more than 70 % of failures [1, 2, 3]. Thus the important problems of safe and reliable operation of machine aggre-

gates continuous hazardous industries petrochemical complexes is the definition of an average operating units in accordance with their work in different technical conditions.

Ключевые слова: *безопасность, мониторинг, техническое состояние*

Keywords: *security, monitoring, technical condition*

Целью проводимой в НПЦ «Динамика» работы является разработка моделей и способов оценки среднего времени безопасной и надежной эксплуатации машинных агрегатов опасных производственных объектов НХК путем исследования их наработки при работе в различных технических состояниях.

Исходными данными в представленной работе является накопленная статистика по наработке машинных агрегатов в различных технических состояниях, полученная из баз данных систем мониторинга технического состояния оборудования КОМПАКС, установленных на одном из крупных технологических комплексов нефтехимического предприятия. Машинное оборудование исследуемого технологического комплекса по требованиям стандартов ГОСТ Р 53564-2009, ГОСТ Р 53563-2009 [4, 5, 6] содержит агрегаты трех категорий опасности:

– оборудование первой категории, занимающее ключевые позиции в технологическом процессе, внезапный отказ которого может привести к техногенной аварии и/или существенному снижению технико-экономических показателей (ТЭП) комплекса (> 80-90 % ТЭП);

– оборудование второй категории, не играющее ключевой роли в технологическом процессе, но внезапный отказ которого может привести к снижению безопасности и ТЭП комплекса (< 10-20 % ТЭП);

– оборудование третьей категории – вспомогательное.

По накопленным данным, трендам диагностических параметров, полученным с помощью систем мониторинга технического состояния исследуемого НХК [7], составлены эмпирические модели функций распределения эксплуатации машинного оборудования первой, второй и третьей категории до момента, предшествующего обнаружению неисправности (зарождению дефекта) (Q_D); до момента, предшествующего достижению предельного состояния (Q_{DT}); от момента зарождения дефекта до достижения предельного состояния с последующим остановом агрегата (Q_{TN}).

Для математического описания эмпирических функций распределения используется универсальное распределение Вейбулла - Гнеденко (1), которое широко используется для оценки надежности механических и электрических машин [8, 9].

$$Q(t) = 1 - e^{\left[-\left(\frac{t}{T}\right)^a\right]}, \qquad (1)$$

где T и a – положительные постоянные; $Q(t)$ – теоретическая функция распределения случайной величины t; e – число Эйлера, e ≈ 2,718; t – интервал работы машинного оборудования в соответствующем техническом состоянии, в часах.

После математических преобразований и аппроксимации методом наименьших квадратов получаем коэффициенты теоретических моделей законов распределения Вейбулла - Гнеденко для машинного оборудования НХК (представлены в Таблице 1), где R^2 – мера Линдера, показывает долю в сумме квадратов отклонений отклика от его среднего значения, обусловленного регрессией.

Таблица 1

№ п/п	теоретическая функция распределения	$\hat{a}$	$\hat{T}$	$\hat{R}^2$
1	2	3	4	5
Агрегаты первой категории				
1	$Q_D1(t)$	0,7595	246,2595	0,9889
2	$Q_{DT}1(t)$	0,8939	445,6134	0,9992
3	$Q_{TN}1(t)$	1,0471	654,9615	0,9757
Агрегаты второй категории				
4	$Q_D2(t)$	1,207	1896,85	0,9891
5	$Q_{DT}2(t)$	1,274	3039,67	0,9918
6	$Q_{TN}2(t)$	1,4264	1293,22	0,9943
Агрегаты третьей категории				
7	$Q_D3(t)$	1,9474	5573,95	0,9864
8	$Q_{DT}3(t)$	2,1019	6711,32	0,9736
9	$Q_{TN}3(t)$	2,5120	3320,92	0,9903

Таблица 2

№	Наработка машинного оборудования	Вероятность пропуска опасного состояния оборудования (γ), %									
		0,1%	0,5%	1%	3%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Агрегаты первой категории											
1	$T_D1\gamma$, час	0,027	0,23	0,58	2,484	4,94	12,73	22,52	34,2	47,76	63,4
2	$T_{DT}1\gamma$, час	0,18	1,192	2,596	9,01	16,08	35,96	58,4	83,24	110,6	140,64
3	$T_{TN}1\gamma$, час	0,9	4,17	8,1	23,34	38,4	76,36	115,51	156,35	199,28	244,7
Агрегаты второй категории											
4	$T_D2\gamma$, час	6,22	15,46	45	106	164	295	422	550	676	808
5	$T_{DT}2\gamma$, час	15	49	84	196	294	518	728	938	1141	1351
6	$T_{TN}2\gamma$, час	12	32	52	112	162	267	361	451	540	628
Агрегаты третьей категории											
7	$T_D3\gamma$, час	165	375	540	930	1215	1770	2190	2595	2940	3285
8	$T_{DT}3\gamma$, час	255	555	765	1275	1635	2310	2835	3300	3720	4110
9	$T_{TN}3\gamma$, час	210	405	540	825	1020	1350	1620	1830	2025	2205

$T_D\ \gamma$, час – наработка машинного оборудования до момента обнаружения неисправности (зарождению дефекта);

T_{DT} γ, час – наработка машинного оборудования до момента достижения предельного состояния;

T_{TN} γ, час – наработка машинного оборудования от момента зарождения дефекта до предельного состояния с последующим остановом.

Выводы:

1. Получены математические модели законов распределения среднего времени безопасной и надежной эксплуатации машинных агрегатов опасных производств НХК в различных технических состояниях.

2. Определены интервалы периодичности мониторинга агрегатов НХК различных категорий опасности для предотвращения пропуска своевременного распознавания опасного состояния оборудования.

Библиографический список

1. Махутов, Н.А. Нормирование параметров прочности и риска в обеспечении техногенной безопасности / Н.А. Махутов, М.М. Гаденин // Химическая техника. – 2011. – № 1. – С. 12–18.

2. Костюков, В.Н. Мониторинг состояния и рисков эксплуатации оборудования в реальном времени – основа промышленной безопасности // В.Н. Костюков, Н.А. Махутов, А.В. Костюков //Федеральный справочник: Т. 26. – М.: НП «Центр стратегического партнерства», 2012. – 496 с.

3. Костюков, В.Н. Мониторинг безопасности производства / В.Н. Костюков. – М.: Машиностроение, 2002. – 224 с.

7. ГОСТ Р 53563-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Порядок организации / НПЦ Динамика, Ростехэкспертиза, НПС Риском, АНО НИЦ КД. – Введ. 01.01.2011. М.: «Стандартинформ», 2010. - 5 с.

4. ГОСТ Р 53564-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга /НПЦ Динамика, Ростехэкспертиза, НПС Риском, АНО НИЦ КД. – Введ. 01.01.2011. – М.: «Стандартинформ», 2010. - 20 с.

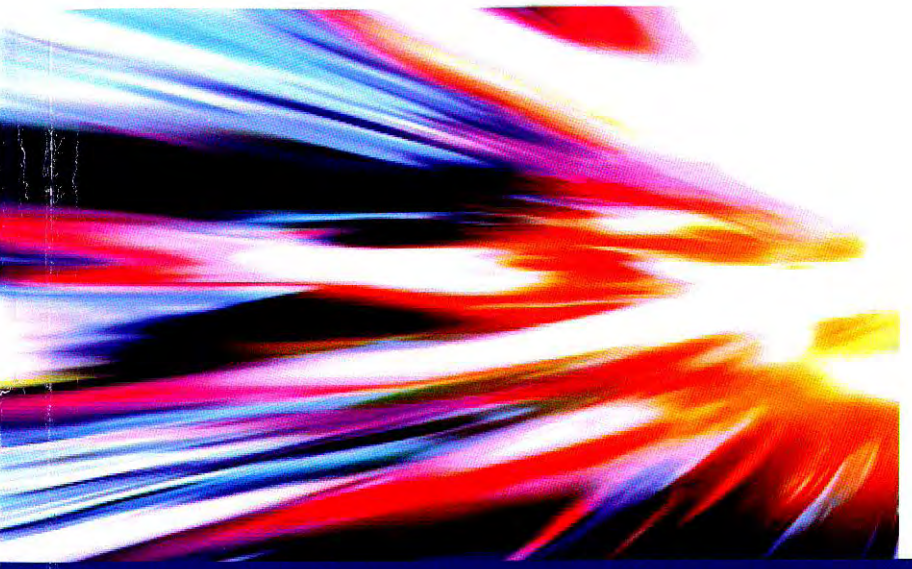
5. Стандарты в области мониторинга технического состояния оборудования опасных производств / В. Н. Костюков, А. П. Науменко, А. В. Костюков, С. Н. Бойченко . – 2012 // Безопасность труда в промышленности . – 2012 . – № 7 . – С. 30–36.

6. Комплексный мониторинг технологических объектов опасных производств / В. Н. Костюков, С.Н.Бойченко, А.П. Науменко, Е.В. Тарасов // Контроль. Диагностика. – 2008. – № 12. – С.8-18.

7. Сборник задач по теории вероятностей, математической статистике и теории случайных функций: учеб. для втузов / Под ред. А. А. Свешникова. – М.: Наука, 1970. – 656 с.

8. Шор, Я. Б. Таблицы для анализа и контроля надежности / Я. Б. Шор, Ф. И. Кузьмин. – М.: Сов. радио, 1968. – 284 с. : ил.

ISSN 2310-9793



Омский
государственный
технический
университет

ДИНАМИКА СИСТЕМ, МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

№ 4, 2014

Радиотехнические системы, устройства и СВЧ-технологии, информационно-телекоммуникационные системы и безопасность

Вибродиагностика, мониторинг, риски

Техносферная безопасность

ISSN 2310-9793

ДИНАМИКА СИСТЕМ, МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

DYNAMICS OF SYSTEM, MECHANISMS AND MASHINES (DYNAMICS)

Шесть номеров в год
с периодичностью один раз в два года

№ 4, 2014

Учредитель:

Омский государственный технический университет

Редакционная коллегия:

В. В. Шалай, доктор технических наук
Е. А. Андреева, доктор технических наук
П. Д. Балакин, доктор технических наук
С. В. Бирюков, доктор технических наук
А. В. Бубнов, доктор технических наук
Ю. А. Бурьян, доктор технических наук
В. Н. Горюнов, доктор технических наук
А. А. Колоколов, доктор физ.-мат. наук
А. В. Косых, доктор технических наук
В. И. Левченко, доктор технических наук
Ю. К. Машков, доктор технических наук
А. П. Моргунов, доктор технических наук
В. И. Потапов, доктор технических наук
В. Ф. Фефелов, кандидат химических наук

Главный редактор:

А. В. Косых,
первый проректор –
проректор по научной работе ОмГТУ

© ОмГТУ, 2014

Технические редакторы:

О. И. Бабенко
Р. Х. Багаутдинова
М. А. Галега
М. С. Романовская
М. А. Федорова
И. М. Чумаченко
И. В. Шукшина

Язык публикаций:
русский, английский

Дата и номер договора о включении рецензируемого научного издания в систему Российского индекса научного цитирования:
213-04/2014 от 14.04.2014

Адрес в РИНЦ:
http://elibrary.ru/title_about.asp?id=50500

Адрес редакции:
644050, г. Омск, пр. Мира, 11, каб. 203а
Контактный телефон:
8 (381-2) 65-35-36
e-mail: fap_omsk@omgtu.ru
Телефон для рекламодателей: 65-35-36

В журнал вошли материалы конференции «Динамика систем, механизмов и машин», которая проводится в ОмГТУ с 1995 г.

Дата создания журнала 2014 г.

Печатается в авторской редакции

Компьютерная верстка *О. Г. Белименко*

Подписано в печать 16.10.14. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.
Отпечатано на дупликаторе. Усл. печ. л. 18,00. Уч.-изд. л. 18,00.
Тираж 200 экз. Заказ 594.

Издательство ОмГТУ. 644050, г. Омск, пр. Мира, 11; т. 23-02-12.
Типография ОмГТУ