УДК 62-5

В.Н. Костюков, V.N. Kostyukov, e-mail: post@dynamics.ru
Ал. В. Костюков, Al.V. Kostyukov, e-mail: post@dynamics.ru
Ан. В. Костюков, An.V. Kostyukov, e-mil: post@dynamics.ru
ООО «НПЦ «Динамика», г. Омск, Россия
Ltd. «SPC «Dynamics», Omsk, Russia

МОНИТОРИНГ РИСКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

REAL-TIME MONITORINGOF EQUIPMENT OPERATION RISK

В статье кратко представлен механизм мониторинга риска пропуска отказов оборудования в реальном времени, разработкой и совершенствованием которого в течение последних 20 лет занимаются специалисты НПЦ «Динамика», используя данные систем компьютерного мониторинга для предупреждения аварий и контроля технического состояния оборудования КОМПАКС®, созданных в Центре [1] и внедренных на десятках предприятий, эксплуатирующих сотни опасных производственных объектов (ОПО) в России и за рубежом, и контролирующих более 20 000 агрегатов и механизмов свыше 1 700 типов.

The article aimed at a short representation of real-time equipment failures omission risk monitoring mechanism, which, within 20 years, experts of SPC «Dynamics» are developing and improving, using data of computer monitoring systems for accident prevention and control of the equipment condition – COMPACS®, created in the Scientific and Production Center [1] and implemented at dozens of enterprises operating hundreds dangerous manufacturing entities in Russia and abroad, and controlling state of more than 20 000 units, cars and mechanisms of about 1 700 types.

Ключевые слова: *мониторинг, риск, эксплуатация, ресурсоборудование, эксплуатационные затраты*

Keywords: *monitoring, risk, operation, service life, operational expenses*

Все основные факторы, обуславливающие высокие эксплуатационные затраты и потери от аварий, проявляются через ресурс оборудования, а совокупный ущерб напрямую зависит от своевременности обнаружения неисправностей и адекватности действий персонала при разных скоростях потери ресурса вследствие износа элементов оборудования.

Многократный анализ ремонтных работ, проведенных по предписаниям систем, показал, что все остановы агрегатов в состоянии «Недопустимо» были действительно необходимы. В 100% случаев подтверждены не только факты проведения ремонтов, но и дефекты оборудования, которые были выявлены системами КОМПАКС®[2].Системы распределяют состояние подконтрольного оборудования на три категории: «Допустимо» (далее Д), «Требует принятия мер» (далее ТПМ), «Недопустимо» (далее НДП). Каждое из вышеназванных состояний можно интерпретировать в терминах риска пропуска отказа агрегатов, а, учитывая их категории, число агрегатов и длительность их нахождения в различных состояниях, представляется возможным оценить в реальном времени риск пропуска отказа технологического объекта в целом.

Для обоснования связи наработок оборудования в различных состояниях с последствиями, наступающими в результате негативных событий, необходимо специфицировать таковые события и их последствия, а так же рассчитать частоту данных событий в зависимости от наработки.

Благодаря наличию в системах КОМПАКС® режима сохранения трендов построены эмпирические модели функций распределения эксплуатации (наработок) машинного оборудования в технических состояниях Д, ТПМ, НДП. Для аппроксимации функций распределения использовано распределение Вейбулла – Гнеденко.

В результате, получены коэффициенты теоретических моделей законов распределения наработок машинного оборудования, эксплуатирующегося в различных технических состояниях, с довольно высокими значениями мер Линдера (0,96 и выше), что подтверждает соответствие полученных теоретических моделей законов распределения эмпирическим данным.

Все оборудование технологического комплекса распределяется на четыре категории опасности [3], однако, для цели мониторинга риска пропуска отказа достаточно наблюдать состояние оборудования 1 категории, внезапный отказ которого влечет 80-90% технико-экономических потерь.

Не смотря на то, что риск пропуска отказа при эксплуатации агрегатов в состояниях Д и ТПМ присутствует, его величина несущественна с точки зрения ее влияния на размер риска [3]. Погрешности расчета риска определяются рядом факторов, включая ошибку системы мониторинга, однако, для систем 1-го класса, ее расчетом можно пренебречь [4].

Вероятность отказа Q (t) обратна вероятности безотказной работы P (t). Вероятность безотказной работы ОПО в простейшем случае равна произведению вероятностей безотказной работы агрегатов 1 категории в состоянии НДП, следовательно:

$$P_{ОПО}(t)=\prod_{i=1}^{n}P_i(t)=\prod_{i=1}^{n}e^{\frac{-(t_i-t_{ni})}{T_N}}=\prod_{i=1}^{n}e^{\frac{t_{Ni}}{T_N}} \quad (1)$$

где: $P_{опо}(t)$ – вероятность безотказной работы агрегатов 1 категории в состоянии НДП; n – число агрегатов 1 категории, эксплуатируемых в техническом состоянии НДП; e – число Эйлера ≈ 2,718; t_i – текущая наработка i-го агрегата в состоянии НДП; t_{ni} – момент перехода i-го агрегата в состояние НДП; t_{Ni} – наработка i-го агрегата 1 категории в техническом состоянии НДП до останова, $t_{Ni} = t_i - t_{ni}$; T_N – средняя наработка агрегатов в состоянии НДП до останова.

Негативными последствиями эксплуатации агрегатов в состоянии НДП, являются, во-первых, крайне высокая вероятность отказа и аварии, которая растет по мере наработки в состоянии НДП, во-вторых, высокая вероятность приостановки выпуска продукции, в-третьих, необходимость устранения неисправности или дефекта агрегата, т.е. его ремонт.

По опубликованным данным [5, 6] имеется возможность на примере нефтеперерабатывающих предприятий России оценить максимально возможные и вероятные последствия отказа агрегатов 1 категории, эксплуатирующихся в техническом состоянии НДП. Так, по наиболее консервативным оценкам, средняя стоимость восстановления после аварии (C_A) составляет около 15% стоимости оборудования ОПО или около 100 млн. руб., а срок восстановления ресурса ОПО составляет до двух месяцев. Средняя стоимость простоя ОПО (C_S) при отказе оборудования составляет около 0,5 млн. руб. в час, а средняя стоимость ремонта агрегата (C_R), выведенного из эксплуатации в состоянии НДП – около 0,2 млн.руб.

Из тех же источников [5,6] известны и частоты некоторых негативных последствий, что позволяет оценить вероятные потери, как сумму вышеперечисленных видов потерь с соответствующими вероятностями:

$$C_{опо}=P_A\times C_A+P_S\times C_S+P_R\times C_R \quad (2)$$

где: $C_{опо}$ – стоимость последствий отказа агрегатов 1 категории ОПО; $P_{A,S,R}$ – вероятность наступления последствий аварии, простоя и ремонта соответственно; $C_{A,S,R}$ – средние потери от аварии, простоя и ремонта соответственно.

В простейшем случае, полагая, что потери от отказа любого агрегата 1 категории опасности [3] приводят к отказу ОПО, риск пропуска отказа оборудования ОПО определяется следующей зависимостью:

$$R_{опо}(t)=C_{опо}\times Q_{опо}(t) \quad (3)$$

где: $R_{опо}(t)$ – риск пропуска отказа агрегатов 1 категории, эксплуатируемых в состоянии НДП; $C_{опо}$ – стоимость последствий отказа агрегатов 1 категории ОПО; $Q_{опо}(t)$ – вероятность отказа агрегатов 1 категории, эксплуатируемых в состоянии НДП.

На рис. 1 приведен тренд риска пропуска отказа агрегатов технологической установки одного из НПЗ с учетом приведенного выше закона распределения вероятности пропуска отказа с учетом числа и длительности наработки агрегатов 1 категории ОПО в техническом состоянии НДП. В частности, отчетливо видно, как в течение первых двух суток после пуска ОПО в эксплуатацию после остановочного ремонта, число агрегатов и длительность их эксплуатации в состоянии НДП были причиной значительного риска пропуска отказа ОПО – на уровне 5 млн. руб. В течение первых двух суток персонал установки целенаправленными и своевременными действиями существенно сократил число агрегатов, эксплуатируемых в состоянии НДП, чем добился приемлемого уровня риска в 0,2 – 0,5 млн. руб. Благодаря мониторингу риска эксплуатации ОПО в реальном времени, руководство НПЗ получило возможность оперативно реагировать на рост риска. Это подтверждается на участке тренда за 3 - 5 сутки эксплуатации комплекса, когда увеличение числа агрегатов в состоянии НДП не сопровождается ростом длительности в НДП, что характеризуется размером риска в такие моменты на уровне 1,5 – 2 млн. руб. В свою очередь, данный факт наглядно демонстрирует, что персонал оперативно выполняет указания руководства, которое в реальном времени видит величину риска пропуска отказа оборудования при эксплуатации ОПО.

Вывод. Автоматический мониторинг риска пропуска отказа агрегатов ОПО в реальном времени может быть осуществлен исключительно стационарными системами мониторинга технического состояния оборудования [6] и представлен на все уровни управления предприятием в виде графика (рис. 1). Это позволяет менеджменту не предполагать, а знать существующий уровень риска и принимать решения по его снижению, т.е. обеспечить наиболее эффективную стратегию риск-менеджмента.

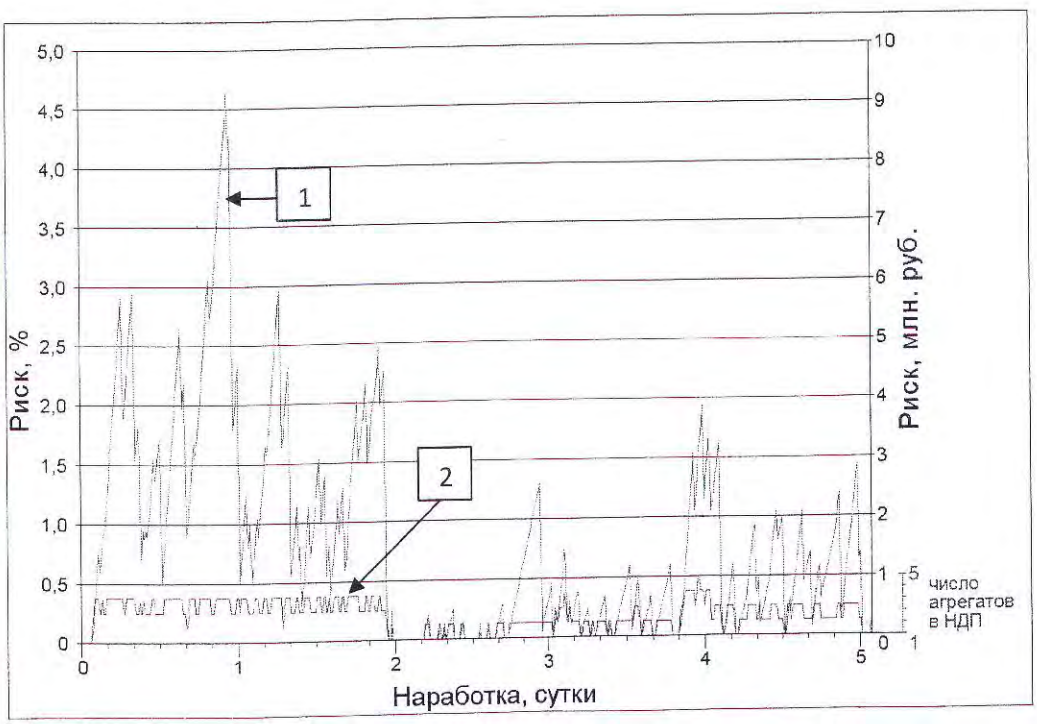


Рис. 1. Уровень риска пропуска отказа агрегатов ОПО в реальном времени:
кривая 1 – риск эксплуатации ОПО в реальном времени,
кривая 2 – число агрегатов 1 категории, эксплуатируемых в НДП

Библиографический список

1. Костюков, В. Н. Автоматизированные системы управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств (АСУ БЭР – КОМПАКС®) / В. Н. Костюков, С.Н. Бойченко, Ал.В. Костюков. – М.: Машиностроение, 1999. – 163 с.

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

3. ГОСТ Р 53563-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Порядок организации. – 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. – Введ. 01.01.2011. – М.: «Стандартинформ», 2010. – 20 с.

5. Костюков, В. Н. Повышение операционной эффективности предприятий на основе мониторинга в реальном времени (монография) / В. Н. Костюков, Ан.В. Костюков. – М.: Машиностроение, 2009. – 192 с.

6. Отчет о деятельности Ростехнадзора. URL: //http://www.gosnadzor.ru/activity/control/folder/index.php?sphrase_id=10357 (дата обращения: 01.06.2014)

УДК 681.518 + 620.19

В.Н. Костюков, V.N. Kostyukov, e-mail: v0650@mail.ru
ООО «НПЦ Динамика», г. Омск, Россия
Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия
Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, Россия
Ltd. «SPC «Dynamics», Omsk
Omsk State Technical University, Omsk, Russia
Omsk State Transport University, Omsk, Russia

ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

VIBRATION ANALYSIS MONITORING OF PRODUCTION-AND-TRANSPORT COMPLEX EQUIPMENT

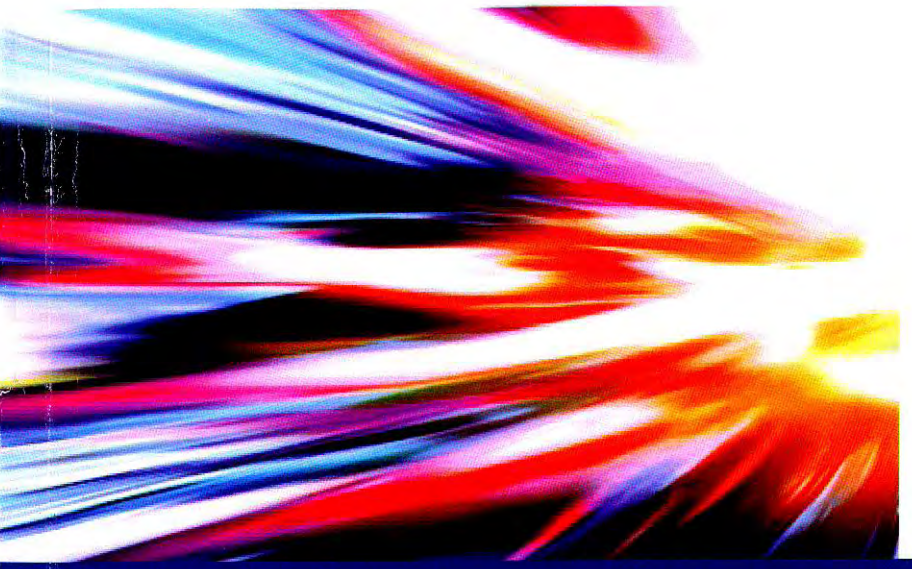
Безопасная ресурсосберегающая эксплуатация оборудования в промышленности и на транспорте является весьма актуальной задачей. Мониторинг технического состояния оборудования обеспечивает наблюдаемость и позволяет реализовать безопасную ресурсосберегающую технологию эксплуатации и ремонта оборудования. В работе рассматривается опыт эксплуатации систем мониторинга технического состояния оборудования опасных производств энергетического комплекса и железнодорожного транспорта.

Resource-safe operation of the equipment in the industry and transport is a very urgent task. Equipment condition monitoring provides observability and allows for secure resource-saving technology maintenance and repair of equipment. This paper considers the experience of operating systems for monitoring the technical condition of the equipment hazardous industries and energy sector and rail transport.

Ключевые слова: вибрационная диагностика, мониторинг состояния, оборудование опасных производств, энергетики, транспорта, оценка рисков

Keywords: vibration diagnostic, condition monitoring, equipment hazardous industries, energy sector, rail transport, error monitoring, the risk decision, risk assessment

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