

# ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

УДК 004. 021

## СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ ОБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В. В. Кузьмин, Д. С. Косов, А. Л. Новиков, А. В. Иващенко

### *Введение*

Современные промышленные предприятия задействуют в своих технологических процессах сложное дорогостоящее оборудование, выход из строя которого влечет за собой крупные финансовые потери и остановку производственного цикла. Избежать ситуации выхода из строя можно с помощью интеллектуального программного обеспечения, осуществляющего прогнозирование времени выхода оборудования из строя на основе данных, полученных в процессе мониторинга. В данной статье предлагается решение для сокращения числа отказов оборудования посредством диагностики узлов и агрегатов, а также проводится анализ зависимости экономической деятельности предприятия от отказов.

### *Основная часть*

Главной целью практически любого предприятия является достижение максимальной прибыли при минимальных затратах. В современной экономике выделяют два основных пути максимизации прибыли – увеличение объема производства и сокращение текущих производственных затрат. Наиболее эффективными методами сокращения себестоимости производства практически любого вида продукции являются уменьшение потерь и сокращение затрат на планово-профилактические и ремонтно-восстановительные работы за счет увеличения наработки оборудования на отказ. Нарботка на отказ прямо или косвенно отражает эксплуатационные показатели работы любого оборудования – показатели производительности, экономичности, рентабельности и др. [1]. К числу наиболее актуальных и важных проблем, возникших с развитием техники, относится проблема повышения времени наработки на отказ машин, механизмов и приборов.

Скачок в развитии и усложнении техники и расширение масштабов промышленных производств ведут промышленные предприятия к внедрению передовых методов анализа больших массивов данных на базе инновационных технологий искусственного интеллекта [2]. Это заставляет специалистов уделять больше внимания вопросам организации управления и анализа сложных процессов с точки зрения их структуры и организации.

Эффективность управления предприятием зависит от способности его подразделений своевременно реагировать на изменения во внешних и внутренних условиях. Реакция руководителей этих подразделений на происходящие события должна быть своевременной, соразмерной появляющимся вызовам и направленной на приспособление к новым условиям для извлечения из них

выгоды и снижения издержек. Реакция такого рода должна прослеживаться во всех сферах активности подразделений предприятия – в логистике, управлении ресурсами, кадровой политике, управлении складами, предупреждении аварийных ситуаций и их последствий.

В процессе функционирования и выполнения технологического процесса производства техническое состояние узлов и агрегатов оборудования, подвергающихся непрерывным разрушающим воздействиям, постоянно ухудшается. Это обусловлено результатом воздействия технологических нагрузок и ряда других факторов, которые носят случайный характер в большинстве производственных процессов на каждом предприятии.

Проблема повышения наработки на отказ оборудования, вовлеченного в сложный технологический процесс, трудна и многогранна. Она охватывает широкий круг научных, технических и организационных вопросов и требует для своего решения значительных сил и средств в области научных исследований, проектирования, технологии производства и эксплуатации оборудования.

Отсутствие на предприятиях прогноза выхода оборудования за пределы штатных норм эксплуатации и своевременной реакции на такой прогноз приводит к появлению дефектов агрегатов и узлов изделия [3]. Эти дефекты (отказы) приводят к снижению темпов производства (простоям), повышают риски выпуска продукции ненадлежащего качества, увеличивают вероятность производственного травматизма. Экономическая эффективность учета отказов при планировании как стратегического, так и оперативного уровня предприятия имеет ключевое значение. При этом важное место занимают вопросы эффективного распределения имеющихся ресурсов предприятия с учетом вероятности отказов. Решение данной задачи напрямую связано с прогнозированием основных производственных показателей, в том числе и наработки на отказ.

Ситуация на предприятиях ухудшается тем, что прогноз отказа оборудования редко учитывается при планировании активностей предприятий и их ресурсоснабжения: в решающий момент, когда нужно срочно произвести комплекс ремонтных работ, департаменты организаций оказываются без необходимых комплектующих, а их сотрудники не могут быстро среагировать на возникшую ситуацию, так как заняты на других, возможно, менее приоритетных работах. При этом, как правило, на складе предприятия может существовать излишний запас комплектующих (которые, будучи не востребованными, попросту занимают дорогостоящие складские площади), а занятость сотрудников могла бы быть спланирована более оптимально, если бы заранее было известно о предстоящих работах. Это приводит к тому, что для парирования или предупреждения аварийных ситуаций требуются длительные остановки рабочих циклов и повышенная трата ресурсов (выплата сверхурочных и т.п.), что в конечном итоге выражается в виде простоев предприятий и в виде финансовых потерь.

В практике управления в последнее время происходит переосмысление значимости ремонтных и обслуживающих подразделений предприятий [4]. Поскольку перед менеджментом современных компаний стоит цель минимизации бюджета ТОиР (Техническое обслуживание и ремонт) без увеличения аварийности оборудования, главной задачей становится правильное распоряжение бюджетом, т.е. четкое и безошибочное определение того, что, когда и как следует обслуживать или ремонтировать.

Минусы отсутствия качественного прогноза аварийных ситуаций и отсутствия учета этого прогноза в планировании деятельности предприятия очевидны. Тем не менее до сих пор большинство российских и зарубежных предприятий реального сектора экономики не имеют качественного решения описанных проблем. При прогнозировании отказов оборудования используются статистические данные наработки на отказ или системы автоматической защиты, не позволяющие образовать взаимосвязи между единицами оборудования и строить консолидированный прогноз. При этом работы по обслуживанию парка техники ведутся по жесткому регламенту либо уже после наступления момента невозвращения, когда ремонт нужно осуществлять в авральном режиме.

При техническом обслуживании оборудования необходимо учитывать специфику отказов и предотказов, осуществлять их прогнозирование и проводить профилактику, предупреждающую отказы и их предпосылки. Прогнозирование отказов укрупненно можно разделить на глобальные группы: отказы постепенные и отказы внезапные.

Прогнозирование вполне осуществимо при наличии постепенных отказов. К таким отказам можно отнести снижение давления в напорных трубопроводах, загрязнение фильтров, увеличение потребления электроэнергии двигателями и т.п. [5]. Осуществлять прогнозирование отказов – значит, определять вероятность того, что контролируемый параметр через определенный промежуток времени выйдет за допустимые пределы.

Для внезапных отказов устанавливать прогнозирование труднее, чем для постепенных, но и здесь возможно установление прогнозирующего параметра: при наличии статистических данных о закономерностях их возникновения определяется ориентировочное время наступления отказа и, следовательно, создаются и мобилизуются необходимые силы для его устранения [6–9].

Для решения задачи прогнозирования постепенных и внезапных отказов предлагается разработать новые методы и алгоритмы, основанные на анализе больших массивов данных на базе искусственных нейронных сетей. В рамках предложенного решения осуществляется оценка следующих показателей:

1) оценка функции надежности, т.е. вероятности того, что узел или агрегат проработает дольше  $t$  времени;

2) оценка функции риска, т.е. вероятности того, что оборудование откажет в какой-то малый интервал времени;

3) сравнение надежности оборудования одной категории, но разных производителей и типов.

Разработанная интеллектуальная система реализует следующие функциональные возможности:

1) мониторинг работы оборудования на предприятии в реальном времени;

2) построение прогноза выхода наблюдаемого оборудования на основе собранных данных.

При этом для прогноза отказа одного устройства должны учитываться и данные всех устройств, связанных с ним;

3) планирование деятельности сотрудников департаментов предприятий, направленной на проведение технического обслуживания и ремонта, совмещающая регламентные и внеплановые работы, основываясь на загруженности персонала, их навыках и компетентности текущего плана и истории выполнения аналогичных работ;

4) планирование активностей ТООИР с учетом данных складской логистики и финансовых потоков, чтобы на складе всегда присутствовали требуемые комплектующие в необходимом количестве, а график работ обеспечивал распределение финансовой нагрузки;

5) поддержка принятия решений диспетчеров службы ТООИР при составлении графиков работ, а также начальников участков для определения перечня необходимых мер для каждой возникающей ситуации.

### *Заключение*

Разработанная интеллектуальная система позволяет решить задачу прогнозирования работки на отказ на основе моделей отказов, которые базируются на закономерностях процессов возникновения дефектов с учетом их вероятностных характеристик [10].

### *Список литературы*

1. Боровиков, В. П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов / В. П. Боровиков. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2003. – 688 с.
2. Ивченко, Г. И. Математическая статистика / Г. И. Ивченко, Ю. И. Медведев. – М. : Высшая школа, 1984. – 248 с.
3. Вероятность и математическая статистика : энциклопедия / под ред. Ю. В. Прохорова. – М. : Большая Российская энциклопедия, 2003. – 912 с.
4. Гайдышев, И. А. Анализ и обработка данных / И. А. Гайдышев. – СПб. : Питер, 2001. – 752 с.
5. Маликов, И. М. Надежность судовой электронной аппаратуры и систем автоматического управления / И. М. Маликов. – Л. : Судостроение, 1967. – 316 с.
6. Пряников, В. С. Прогнозирование отказов полупроводниковых приборов / В. С. Пряников. – М. : Энергия, 1978. – 112 с.
7. Белов, П. Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / П. Г. Белов. – М. : Академия, 2003. – 512 с.

8. Гаскаров, Д. В. Сетевые модели распределенных систем / Д. В. Гаскаров, Е. П. Истомин, О. И. Кутузов. – СПб. : Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отделение, 1998. – 353 с.
9. Рябинин, И. А. Логико-вероятностная теория безопасности и ее возможности / И. А. Рябинин // Труды международной научной школы «Моделирование и анализ безопасности, риска и качества в сложных системах» (МА БРК 2001). – СПб. : ООО «НПО Омега», 2001. – С. 23–28.
10. Интеллектуальные технологии диагностики оборудования промышленных предприятий / В. В. Кузьмин, Д. С. Косов, А. Л. Новиков, А. В. Иващенко // Труды Междунар. симп. Надежность и качество. – 2015. – Т. 2. – С. 28–29.

**Кузьмин Виталий Владиславович**

генеральный директор,  
ООО «ХАСКИ КОД»  
(443067, Россия, г. Самара, ул. Гагарина 131А)  
E-mail: kuzmin@husky-code.com

**Косов Дмитрий Сергеевич**

директор по развитию,  
ООО «ХАСКИ КОД»  
(443067, Россия, г. Самара, ул. Гагарина 131А)  
E-mail: kuzmin@husky-code.com

**Новиков Антон Леонидович**

аспирант,  
Самарский государственный национальный  
исследовательский аэрокосмический университет  
имени академика С. П. Королева  
(443086, Россия, г. Самара, Московское ш., 34)  
E-mail: anton.ivashenko@gmail.com

**Иващенко Антон Владиславович**

доктор технических наук, профессор,  
Самарский государственный национальный  
исследовательский аэрокосмический университет  
имени академика С. П. Королева  
(443086, Россия, г. Самара, Московское ш., 34)  
E-mail: anton.ivashenko@gmail.com

**Аннотация.** Проведен анализ влияния отказов оборудования на экономическую и производственную деятельность промышленных предприятий. Обоснована важность прогнозирования отказов оборудования как неотъемлемой части ТОиР, стратегического и оперативного планирования активностей предприятия. Предложено средство прогнозирования отказов (интеллектуальная система) с описанием его функциональных возможностей.

**Ключевые слова:** отказы оборудования, прогнозирование отказов, ТОиР, интеллектуальная система.

**Kuz'min Vitaliy Vladislavovich**

general director,  
«HUSKYCODE» Ltd  
(443067, 131A Gagarina street, Samara, Russia)

**Kosov Dmitriy Sergeevich**

director of development,  
«HUSKY CODE» Ltd  
(443067, 131A Gagarina street, Samara, Russia)

**Novikov Anton Leonidovich**

postgraduate student,  
Samara State National Research Aerospace University  
named after Academician S. P. Korolev  
(443086, 34 Moscow highway, Samara, Russia)

**Ivashchenko Anton Vladislavovich**

doctor of technical sciences, professor,  
Samara State National Research Aerospace University  
named after Academician S. P. Korolev  
(443086, 34 Moscow highway, Samara, Russia)

**Abstract.** Here brought the analysis of the impact of equipment failures on the activities of industrial enterprises. Explained importance of predicting equipment failures as an integral part of the maintenance and repair routine, strategic and operational planning activities of the enterprise. Suggested a means of predicting failures (Intelligent System) with a description of its functionality.

**Key words:** equipment failures, failure prediction, maintenance and repair, intelligent system.

УДК 004. 021

**Система прогнозирования отказов оборудования промышленных предприятий / В. В. Кузьмин, Д. С. Косов, А. Л. Новиков, А. В. Иващенко // Надежность и качество сложных систем. – 2015. – № 3 (11). – С. 87–90.**