

**Учредители**

- Институт машиноведения им. А.А. Благонравова  
Российской академии наук
- Московский государственный индустриальный университет

**Издатель**

Московский государственный индустриальный университет

Журнал зарегистрирован 30 декабря 2004 г. Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия  
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-19294

# МАШИНОСТРОЕНИЕ И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

## № 4 2005

Выходит 4 раза в год

ISSN 1815-1051

## В номере

**РЕДКОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА****Главный редактор**

**Фролов К.В.**, академик РАН,  
директор Института машиноведения им. А.А. Благонравова  
Российской академии наук (ИМАШ РАН)

**Заместители главного редактора**

**Скопинский В.Н.** (отв. редактор), д.т.н., проф. (МГИУ)  
**Баранов Ю.В.**, д.т.н., проф. (ИМАШ РАН)  
**Овчинников В.В.**, д.т.н., проф. (ФГУП «РСК МИГ»)

**Члены редколлегии**

**Алешин Н.П.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)  
**Асташев В.К.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Беляков Г.П.**, д.э.н., проф. (Красноярск)  
**Бобровницкий Ю.И.**, д.ф.-м.н., проф. (Москва)  
**Вайсберг Л.А.**, д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)  
**Горкунов Э.С.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Екатеринбург)  
**Григорян В.А.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Дроздов Ю.Н.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Индейцев Д.А.**, д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)  
**Колесников А.Г.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Кошелев О.С.**, д.т.н., проф. (Н. Новгород)  
**Лунев А.Н.**, д.т.н., проф. (Казань)  
**Махутов Н.А.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)  
**Пановко Г.Я.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Перминов М.Д.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Петров А.П.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Полилов А.Н.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Поникаров С.И.**, д.т.н., проф. (Казань)  
**Приходько В.М.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)  
**Резчиков А.Ф.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Саратов)  
**Рототаев Д.А.**, д.т.н., проф., акад. РАРАН (Москва)  
**Теряев Е.Д.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)  
**Федоров М.П.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)  
**Хохлов Н.Г.**, д.п.н., проф. (Москва)  
**Чаплыгин Ю.А.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)  
**Шляпин А.Д.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Штриков Б.Л.**, д.т.н., проф. (Самара)

**ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ**

**Александров П.А., Калечиц В.И., Лысов Р.С.,  
Маслаков О.Ю., Хозяшева Е.С., Чечуев А.П.,  
Чечуев П.В., Шахов М.Н.**

Раннее предупреждение аварийных ситуаций  
по мониторингу микрочастиц ..... 2

**МАШИНЫ И СИСТЕМЫ МАШИН**

**Синев А.В., Израилович М.Я.,  
Щербаков В.Ф., Кангун Р.В.**

Анализ цикла свободно-поршневых машин типа Стирлинга  
с учетом динамики подвижных частей ..... 19

**Кузнецов И.В., Шейпак А.А.**

О некоторых путях улучшения экономических  
и экологических показателей форкамерного ДВС ..... 37

**ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**Поляков А.Н., Кравцов А.Г.**

Автоматизированная система диагностирования  
термодеформационного состояния станков ..... 27

**ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**Сердюк А.И.**

К проблеме подготовки инженеров в области  
гибких производственных систем ..... 52

**Макаров В.В., Малыгин В.И.,  
Червко А.И., Чугринов А.А.**

К вопросу сохранения российской школы  
подготовки инженерных кадров ..... 62

**ПОДГОТОВКА И ПЕРЕПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ**

**Лоханский Я.К.**

Компьютерные технологии инженерного анализа  
в промышленности и проблемы подготовки кадров ..... 71

**Валюх Л.В.**

О молодежной политике ФГУП «НПО «МАРС» ..... 84

**ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ!**

Подписка на журнал  
«Машиностроение и инженерное образование»  
проводится в издательстве МГИУ

Тел.: (495) 674-62-50.  
E-mail: mio@msiu.ru

# РАННЕЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПО МОНИТОРИНГУ МИКРОЧАСТИЦ

П.А. Александров, В.И. Калечиц, Р.С. Лысов, О.Ю. Маслаков,  
Е.С. Хозяшева, А.П. Чечуев, П.В. Чечуев, М.Н. Шахов



**АЛЕКСАНДРОВ**  
Петр Анатольевич

Доктор физико-математических наук. Директор Института информационных технологий (ИИТ) РНЦ «Курчатовский институт». Автор более 70 научных трудов, в том числе 2 монографий, ряда изобретений. Неоднократный лауреат премии имени И. В. Курчатова. Специалист в области физики поверхности, нанотехнологии.

## **КАЛЕЧИЦ Вадим Игоревич**

Кандидат физико-математических наук. Начальник лаборатории оптических и аэрозольных приборов ИИТ РНЦ «Курчатовский институт». Автор 49 научных работ и изобретений. Специалист в области лазерной диагностики дисперсных сред, технологии чистых производственных помещений.

## **ЛЫСОВ Роман Сергеевич**

Аспирант лаборатории оптических аэрозольных приборов ИИТ РНЦ «Курчатовский институт». Специализируется в области математического и программно-аналитического обеспечения вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

## **МАСЛАКОВ Олег Юрьевич**

Ведущий электроник лаборатории оптических аэрозольных приборов ИИТ РНЦ «Курчатовский институт». Специализируется в области приборостроения и систем мониторинга параметров дисперсных сред. Автор более 20 научных работ.

## **ХОЗЯШЕВА Екатерина Сергеевна**

Научный сотрудник лаборатории оптических аэрозольных приборов ИИТ РНЦ «Курчатовский институт», аспирант. Лауреат премии имени И.В. Курчатова. Специализируется в области физики и диагностики аэродисперсных сред. Автор нескольких научных работ.

## **Концепция раннего обнаружения аварийных и предаварийных состояний по мониторингу аэрозолей**

С ростом сложности используемых в промышленности технических и технологических систем неминуемо возрастает вероятность отказов и поломок оборудования вплоть до возникновения аварийных ситуаций. Соответственно все более актуальной становится задача разработки средств контроля и диагностики аварийных состояний. В настоящее время для обнаружения аварийных ситуаций применяются системы, действие которых основано на регистрации последствий аварии. Как правило, в состав такой системы входит датчик, фиксирующий отклонение от нормально-

## **ЧЕЧУЕВ Артемий Павлович**

Аспирант лаборатории оптических аэрозольных приборов ИИТ РНЦ «Курчатовский институт». Специализируется в области микроэлектроники и программного обеспечения систем мониторинга и анализа данных.

## **ЧЕЧУЕВ Павел Валентинович**

Главный специалист лаборатории оптических аэрозольных приборов ИИТ РНЦ «Курчатовский институт». Специалист в области физики аэродисперсных сред. Автор более 25 научных трудов.

## **ШАХОВ Михаил Николаевич**

Младший научный сотрудник лаборатории оптических аэрозольных приборов ИИТ РНЦ «Курчатовский институт». Лауреат премии имени И.В. Курчатова. Специализируется в области физики поверхности. Автор нескольких научных работ.

го хода процесса (отсутствие давления, снижение или повышение температуры, прекращение подачи электропитания или отклонение в параметрах электрических цепей, падение уровня жидкости и т.п.). При этом последствия развития аварий будут тем тяжелее, чем на более поздней стадии она обнаружена. В этом смысле существенное преимущество имеют системы контроля, способные зафиксировать нештатную работу оборудования на самой ранней, предаварийной стадии и тем самым предотвратить возникновение аварийной ситуации.

В работах, выполненных в Институте информационных технологий Российского научного центра «Курчатовский институт», предложена принципиально новая разработка – система раннего обнаружения аварийных и предаварийных состояний (**система РОАП**), которая базируется на мониторинге микрочастиц в технологических средах и в воздухе производственных помещений и использует принцип регистрации отдельных частиц в широком диапазоне размеров [1, 2].

В данном случае микрочастицы – это детектируемые оптическими способами объекты размером 0,1-100 мкм в прозрачном веществе (воздух, вода, масло и пр.). Принцип регистрации **отдельных** частиц в указанном диапазоне размеров представляет уникальные возможности обнаружения аварийных ситуаций различной природы. Эта возможность связана с тем, что практически любое значительное изменение режима работы установок или оборудования, нарушение хода технологического процесса и другие аварийные ситуации сопровождаются резкими колебаниями (как правило, в сторону усиления) процессов генерации микрочастиц. Так, например, значительное количество аэрозольных (т.е. взвешенных в воздухе) частиц выделяется при горении любых материалов, искрении электроконтактов, нагревании и термической деструкции веществ, механической эрозии материалов, испарении и кипении жидкостей, туманообразовании и т.д.

Проведенные эксперименты позволяют с уверенностью констатировать, что изменения счетной концентрации частиц (количества аэрозольных частиц в единице объема воздуха) в замкнутом пространстве сопровождают все перечисленные явления, причем регистрация указанных изменений происходит на очень ранней стадии, часто до появления каких-либо визуальных признаков процесса, что даёт возможность не только фиксировать факт возникновения аварийной ситуации, но и предотвратить ее.

Аналогичные явления наблюдаются и в других технологических средах. Износ пар трения вызывает рост концентрации механических примесей в масле редукторов и двигателей, локальные пробои и разрушение изоляции приводят к увеличению числа микрочастиц в масляных трансформаторах, загрязнение гидравлических жидкостей указывает на развивающуюся неисправность, которая может привести к выходу из строя силовых механизмов.

Привлекает внимание также и то, что поскольку приборы контроля микрозагрязнений измеряют не просто счетную концентрацию, но и дисперсный состав частиц (распределение частиц по размерам), во многих случаях удаётся сопоставить характерные изменения функции распределения микрочастиц по размерам с характером развивающейся неисправности. Таким образом, появляется возможность инструментальными методами обнаружить возникновение нежелательных процессов и даже диагностировать их в ходе работы практически любого оборудования.

Кроме обеспечения безопасности работы оборудования, с качеством диагностики тесно связаны такие важнейшие показатели, как коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) и возможность продления срока эксплуатации [1]. Естественными требованиями к системам диагностики являются высокая чувствительность и избирательность, позволяющие зарегистрировать самое начало развития аварийной ситуации, чтобы иметь возможность предотвратить аварию. Кроме того, диагностика должна по возможности не нарушать