

## Стандарты в области мониторинга технического состояния оборудования опасных производств



**В.Н. Костюков,**  
д-р техн. наук, проф.,  
ген. директор



**А.П. Науменко,**  
канд. техн. наук, нач.  
НУЦ



**А.В. Костюков,**  
канд. экон. наук,  
первый зам. ген.  
директора



**С.Н. Бойченко,**  
канд. техн. наук, зам.  
ген. директора по науке



**А.В. Костюков,**  
канд. техн. наук, техн.  
директор

НПЦ «Динамика» – НПС «Риском»

Рассмотрены действующие государственные стандарты Российской Федерации и стандарты профессиональных общественных организаций, разработанные авторами, определяющие основные требования к мониторингу состояния оборудования опасных производственных объектов, которые могут лежать в основе перехода к мониторингу рисков опасных производственных объектов.

*The Article reviews the current state standards of the Russian Federation, and the standards of the professional public organizations developed by the authors. These standards define the basic requirements to monitoring of a condition of the equipment at hazardous production facilities which can underlie the transition to risk monitoring of hazardous production facilities.*

**Ключевые слова:** вибродиагностика, мониторинг, техническое состояние, система мониторинга, опасное производство, риск, стандарты.

**Н**изкая наблюдаемость скрытых процессов деградации технического состояния производственных комплексов, протекающих вследствие износа и неадекватных действий технологического, обслуживающего и ремонтного персонала, — фундаментальная причина проблем эксплуатации оборудования опасных производств. Анализ надежности технологических установок современных нефтеперерабатывающих и нефтехимических комплексов (НХК) показывает (табл. 1, 2), что более трех четверей отказов оборудования приходится на машинные агрегаты, высокая концентрация которых на установках нередко служит причиной инцидентов, аварий и производственных неполадок, вызывающих простой установок и снижающих коэффициенты их технического использования и готовности. Часто на отечественных заводах показатель составляет 80 % и ниже, что приводит к высоким

эксплуатационным издержкам и потерям прибыли. Результаты оценки надежности и потока отказов оборудования технологических установок, рассчитанные по  $\lambda$ -характеристикам (см. табл. 1, 2), приведенным в [1], которые суммируются для всех единиц оборудования установки, показывают, что вероятность отказа  $[q = 1 - \exp(-\lambda_{\Sigma} \cdot 24)]$  нефтехимического комплекса может достигать 50 % в сутки для больших установок с проектной мощностью переработки более 6 млн. т нефти в год. Для исправления данной ситуации необходимо обеспечить наблюдаемость и оценку технического состояния агрегатов при изготовлении и приемке на заводах-потребителях, в процессе ремонта в соответствующих подразделениях предприятий, при монтаже агрегатов и их эксплуатации на технологических установках. Чтобы развитие неисправностей стало наблюдаемым, нужна непрерывная диагностика с автоматической доставкой объективных

## Обеспечение безопасности

Таблица 1

№ п/п	Оборудование	Средняя нара- ботка на отказ $T_{cp}$ , ч	Интен- сивность отказов единицы оборуно- вания $\lambda \cdot 10^{-6}$ , ч <sup>-1</sup>	ЭЛОУ-АВТ-6М (АВТ-10) Первичная переработка нефти		43-103 Каталитический кре- кинг и газофракцио- нирование		35/11-1000 Каталитический риформинг	
				Коли- чество оборуно- вания	$\lambda \cdot 10^{-6}$ , ч <sup>-1</sup>	Коли- чество оборуно- вания	$\lambda \cdot 10^{-6}$ , ч <sup>-1</sup>	Коли- чество оборуно- вания	$\lambda \cdot 10^{-6}$ , ч <sup>-1</sup>
1	Колонны, реакторы	35 232	28	7	196	7	196	2	56
2	Холодильники	28 152	36	10	360	6	720	5	576
3	Печи	7 464	134	6	804	3	402	7	938
4	Теплообменники	7 440	134	44	5 896	15	2010	8	1072
5	Аппараты воздушного охлаждения типа АВГТ-(5-16а)	19 653	51	20	1 020	—	—	30	1530
6	Аппараты воздушного охлаждения типа АВЗ-Т-5а	5 816	172	20	3 440	11	1892	—	—
7	Центробежные насосы	4 000	250	80	20 000	39	9750	19	4750

**Примечание.** Интенсивность отказов  $\lambda = 1/T_{cp}$ .

Таблица 2

Характеристики надежности	ЭЛОУ-АВТ-6М (АВТ-10) Первичная пере- работка нефти	43-103 Каталитический креминг и газофрак- ционирование	35/11-1000 Каталитический риформинг
Интенсивность отказов $\lambda \cdot 10^{-6}$ , ч <sup>-1</sup> :			
технологического оборудования (пп. 1–4 из табл. 1)	7256	3328	2642
машинного оборудования (пп. 5–7 из табл. 1)	24 460	11 642	6280
Вероятность отказов установки в течение суток	0,53	0,30	0,19
В том числе из-за машин	0,44	0,25	0,14
Доля отказов из-за машин, %	77	78	71

**Примечание.** Доля отказов из-за машин  $m = \lambda_9 / (\lambda_8 + \lambda_9)$ .

результатов, независимо от воли исполнителей, лицам, ответственным за эксплуатацию оборудования. Система диагностики и мониторинга (СДМ) должна обнаружить эти неисправности, обеспечить наблюдение за их развитием и своевременно предупредить персонал о необходимости вывода оборудования в ремонт или его экстренной остановки.

Существенное повышение надежности НХК без замены оборудования и реконструкции, как показывает опыт, можно обеспечить внедрением средств мониторинга на всех этапах жизненного цикла агрегатов. Мониторинг технического состояния агрегатов позволяет перевести большинство отказов из категории внезапных для персонала установок в категорию постепенных за счет раннего их обнаружения и оповещения о развивающейся неисправности, которая уже существует, хотя, может быть, пока не является опасной и не нарушает работоспособ-

ности технологических установок НХК. Эксплуатационные потери можно сократить до минимума, проводя своевременное и целенаправленное техническое обслуживание на основе результатов мониторинга, прежде всего динамического, в реальном времени, используя в полной мере заложенный в оборудовании ресурс, исключив его внеплановую (аварийную) остановку и необоснованный ремонт, обеспечив высокие безопасность и коэффициент технической готовности [2–7].

Существующая нормативная база в виде международных стандартов определяет лишь общие подходы к решению задач мониторинга (ISO 13374) путем измерения как вибрации (ISO 13373, 10816), так и параметров различных процессов (ISO 13379, 13380).

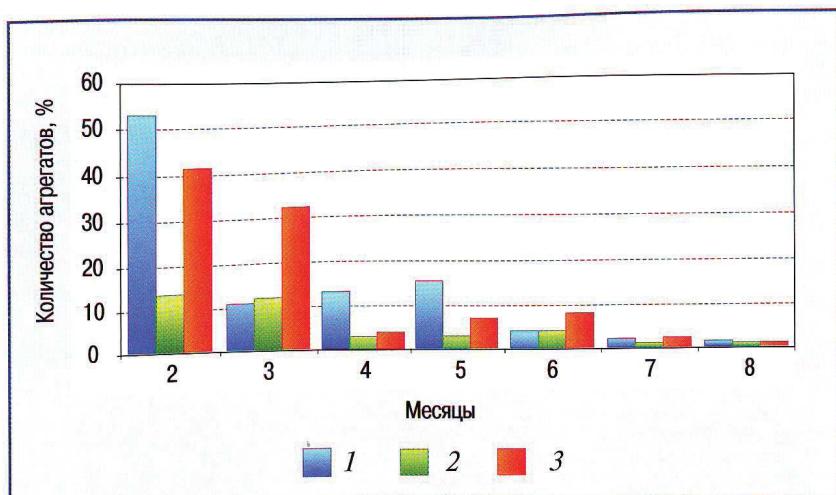
Совместное использование разнообразных методов технической диагностики и неразрушающего контроля для оценки технического состояния,

## Обеспечение безопасности

с одной стороны, — весьма сложная и актуальная проблема по причине необходимости селекции комплекса диагностических признаков, опирающихся на различные параметры разных физических процессов. С другой — различные виды объектов требуют выбора методов диагностики и используемых диагностических признаков.

Многолетний опыт по разработке, внедрению и эксплуатации систем мониторинга (СМ) комплексов агрегатов опасных производственных объектов (ОПО) в реальном времени без их остановки, разборки и вывода из эксплуатации на предприятиях России и за ее пределами [6–9] позволил разработать научно-методологические основы и принципиально новые технические решения и средства, обеспечивающие мониторинг состояния оборудования в реальном времени, как правило, в условиях априорной неопределенности их конструктивно-технологических особенностей; ряд нормативно-методических документов, определяющих классификацию и общие технические требования к системам мониторинга; эксплуатационные нормы вибрации для нескольких типов машин и механизмов нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств; принципы организации мониторинга оборудования опасных производств [3, 10–17].

В феврале 1994 г. после приемки комиссии Минтопэнерго России и Госгортехнадзора России первых 12 систем на основных мощностях Омского НПЗ (36/1-3, АВТ-10, АТ-9, АВТ-7, 43-103, 35/11-1000 и комплексе КТ-1) даны рекомендации к их широкому внедрению [2] и утвержден руководящий документ [3], в котором впервые в мире приведены вектор диагностических признаков и их нормативные значения, обеспечивающие для агрегатов нефтепереработки возможность безаварийной, безопасной ресурсосберегающей эксплуатации по фактическому техническому состоянию. На рисунке представлено снижение количества агрегатов, эксплуатировавшихся со скрытыми дефектами в 1993 г., автоматически обнаруженными при мониторинге технического состояния, благодаря техническому обслуживанию и ремонтам оборудования по указаниям системы КОМПАКС®. Межремонтный пробег увеличился более чем в 6 раз, затраты на ремонт оборудования сократились более чем в 8 раз, сроки ремонта и пуска новых производств — не менее чем на 30 % [4]. За широкомасштабное внедрение систем мониторинга, обеспечивающих высокую безопасность и экономическую эффективность, специалисты Госгортехнадзора России, завода и центра в 1998 г. удостоены премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники.



▲ Снижение количества агрегатов, эксплуатировавшихся со скрытыми дефектами в 1993 г.:  
1, 2, 3 — дефекты соответственно крепления к фундаменту и присоединенным конструкциям, центровки и балансировки, подшипников

В конце 90-х годов XX в. в системы мониторинга включено статическое оборудование (ковковые камеры установки замедленного коксования 21-10/3м), которое диагностировалось методами акустической эмиссии, отработана технология мониторинга технического состояния совокупностью стационарных и переносных систем с предоставлением полной информации о состоянии оборудования руководителям производств и служб в реальном времени. Это еще более повысило безопасность ОПО, материальных, финансовых и человеческих ресурсов. В 2003 г. комиссия Госгортехнадзора России со специалистами Минэнерго России участвовала в приемке двух новых типов систем. Комиссия дала рекомендации по широкому внедрению систем и по разработке ряда нормативных документов в области мониторинга состояния оборудования. Высокая эффективность применения систем также постоянно подтверждалась [5].

В 2004 г. разработаны первые стандарты НО Ассоциации «Ростехэкспертиза» и Ассоциации нефтепереработчиков и нефтехимиков, согласованные с Ростехнадзором, которые вышли в свет в 2005 г.: Центробежные насосные и компрессорные агрегаты опасных производств. Эксплуатационные нормы вибрации (СА 03-001—05) [14] и Системы мониторинга агрегатов опасных производственных объектов. Общие технические требования (СА 03-002—05) [13]. Позднее эти стандарты поддержал и НПС «Риском». В декабре 2009 г. данные документы после гармонизации с действующими стандартами Российской Федерации приказом Росстандарта введены в качестве национальных стандартов: ГОСТ Р 53564—2009 [11] и ГОСТ Р 53565—2009 [12]. Таким образом, сегодня в России впервые в мире действуют нормативные документы, определяющие требования к системам комплексного мониторинга (СКМ), предназначенным для оценки технического

состояния (диагностики) оборудования ОПО в реальном времени без их остановки, разборки и вывода из эксплуатации.

ГОСТ Р 53565—2009 и СА 03-001—05 распространяются на центробежные насосные и компрессорные агрегаты с приводом от электродвигателей и (или) паровых турбин с редукторами и другие виды оборудования и устанавливают нормы вибрации для оценки технического состояния при эксплуатации и приемочных испытаниях после монтажа и ремонта. Эти стандарты являются дальнейшим развитием руководящего документа [3]. В документах отражены общие требования к системам мониторинга машинных агрегатов, условия установки датчиков, нормируемые параметры, критерии оценки состояния агрегата, эксплуатационные нормы вибрации центробежных и винтовых насосов, электрических машин, а также вентиляторов, центробежных и винтовых компрессоров, мультипликаторов и пароприводов, представлен перечень машин и агрегатов, вибропараметры которых использованы при разработке настоящих стандартов. Впервые в мире приведены нормативные значения виброускорения и скоростей изменения виброускорения, виброскорости, виброперемещения. Все параметры используются совместно. Кстати, использование данных нормативов заставило бы авторов [18] срочно вывести агрегат, который имеет виброускорение 75,2 м/с<sup>2</sup>, из эксплуатации, поскольку оно более чем в 3 раза превышает предельно допустимый уровень — 24 м/с<sup>2</sup> (табл. 3) [14], и не делать поспешных выводов о переработке всего и вся по более чем скромной статистике в 500 агрегатов [18]. Эти нормативы применяются в отношении нескольких десятков тысяч машин (свыше 1500 типов в России и за рубежом) на отечественных и импортных агрегатах в разных климатических зонах в течение последних 20 лет.

«ДОПУСТИМО» (Д). Допустимо при длительной эксплуатации. Характеризует полностью работоспособное состояние агрегата при малой вероятности отказа. При достижении «Д» контролируют скорость изменения измеряемых параметров;

«ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР» (ТПМ) — при достижении вибрацией уровня «ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ». Допустимо при непродолжительной эксплуатации. Техническое состояние агрегата соответствует «ТПМ», если измеряемый параметр превышает «ТПМ» или скорость роста параметра превышает «ТПМ» при абсолютном значении параметра, превышающем «Д». Предупреждает о приближении технического состояния к предельному, наличии развивающихся дефектов, устойчивой постепенной утрате работоспособности и росте вероятности отказа. Служит основанием для проведения более частого текущего обслуживания и (или) планомерного вывода агрегата в ремонт;

«НЕДОПУСТИМО» (НДП) — при достижении вибрацией уровня «ОСТАНОВ». Недопустимо при эксплуатации. Техническое состояние агрегата соответствует «НДП», если измеряемый параметр превышает «НДП» или скорость роста параметра превышает «НДП» при абсолютном значении параметра, превышающем «Д». Характеризует наличие развитых дефектов либо высокую скорость их развития и достижение агрегатом предельного или опасного состояния с высокой вероятностью отказа. Служит для немедленного останова агрегата и вывода его в ремонт. Продолжительность работы агрегата в состоянии «НДП» должна быть минимальной и определяется регламентом по выводу его из этого состояния.

Для оценки качества монтажа оборудования новых производств целесообразно устанавливать уровень технического состояния «ОТЛИЧНО», которому соответствуют параметры вибрации на 30 % ниже уровней, установленных для оценки «ХОРОШО» [14].

Каждая оценка технического состояния ОПО определяет соответствующую совокупность действий персонала по управлению этим состоянием.

Стандарты СА 03-002—05 и ГОСТ Р 53564—2009 устанавливают классификацию и общие технические требо-

вания к комплексным системам мониторинга технологического оборудования, включая принципы построения систем, к датчикам и контроллерпригодности оборудования, персоналу, информационной базе данных и знаний, конструкции; метрологические требования и т.д. Один из вариантов СКМ представлен в [19].

Впервые в нормативных документах дано полное, не имеющее двусмысленной интерпретации,

Параметр	Оценка	Насос			Электродвигатель		
		Мощность, кВт			Высота центра, мм		
		<50	<200	>200	<132	<225	<400
A, м/с <sup>2</sup>	X						
	6,5	9	13,5	6,5	9	13,5	
	Д						
	8	12	16	8	12	16	
	ТПМ						
	12	16	24	12	16	24	
НДП							

Согласно указанным нормативным документам устанавливаются четыре оценки технического состояния:

«ХОРОШО» (Х). Допустимо при приемочных испытаниях после монтажа или капитального (среднего) ремонта. Соответствует исправному состоянию агрегата и характеризует высокое качество ремонтных, монтажных работ и обкатки под нагрузкой;

## Обеспечение безопасности

определение понятия «мониторинг технического состояния», под которым подразумевается наблюдение за техническим состоянием агрегата (комплекса агрегатов) для определения и предсказания момента перехода в предельное состояние. Результат мониторинга объекта представляет собой совокупность диагнозов составляющих его субъектов (конструкции, машины, узлы, механизмы), получаемых на неразрывно примыкающих друг к другу интервалах времени, в течение которых состояние агрегата (комплекса агрегатов) существенно не изменяется. Данное понятие коренным образом отличается от понятия «мониторинг параметров», которое подразумевает наблюдение за какими-либо параметрами (вибрация, температура и т.д.). Принципиальным отличием мониторинга состояния от мониторинга параметров является наличие в первом интерпретатора измеренных параметров в терминах технического состояния (экспертной системы поддержки принятия решения о состоянии объекта и дальнейшем управлении) [13].

Весьма важным является определение понятия «система мониторинга состояния оборудования» — система (машина), продуктом которой является текущая информация о техническом состоянии оборудования и его опасности с необходимыми комментариями (прогноз остаточного ресурса, предписания на неотложные действия персонала и т.д.) и заданным риском [13].

Система мониторинга должна обеспечивать получение информации о состоянии оборудования (объекта мониторинга) в необходимых количестве и качестве для наблюдения за его техническим состоянием. По результатам наблюдения СМ должны заранее вырабатывать управляющие воздействия, которые обеспечивают необходимый запас устойчивости технологической системы, качество ее функционирования, создают необходимый запас ее техногенной, экологической и экономической безопасности.

В стандартах представлен рекомендуемый перечень автоматически определяемых неисправностей для динамического (неисправности подшипников, нарушение центровки и балансировки, ослабление крепления агрегата к фундаменту и присоединенным конструкциям и др.) и статического (раковины, несплошности, коррозионные и усталостные микротрешины и т.д.) оборудования, которые должны своевременно распознавать СКМ.

В стандартах впервые приведена классификация систем и определены требования к системам, осуществляющим мониторинг оборудования различных категорий опасности:

системы 1-го класса предназначены для мониторинга оборудования 1-й категории, которое занимает ключевые позиции в технологическом процессе и определяет безопасность производства. Внезапный отказ этого оборудования может привести к техногенной аварии (взрыв, пожар) и (или) существенному снижению технико-экономических показателей производства. Системы 1-го класса обеспечивают эксплуатацию оборудования всех категорий по фактическому техническому состоянию;

системы 2-го класса предназначены для мониторинга оборудования 2-й категории, которое занимает второстепенные позиции в технологическом процессе и влияет на безопасность производства. Его внезапный отказ может снизить безопасность и технико-экономические показатели производства. Системы 2-го класса обеспечивают эксплуатацию оборудования 2-й и 3-й категорий по фактическому техническому состоянию;

системы 3-го класса предназначены для мониторинга оборудования 3-й категории, решающего вспомогательные задачи, и обеспечивают эксплуатацию оборудования 3-й категории по фактическому техническому состоянию;

системы 4-го и более низких классов носят вспомогательный характер.

В указанных стандартах также впервые определены требования к системам мониторинга с точки зрения риска пропуска внезапного отказа, под которым подразумевается совокупность рисков пропуска своевременного распознавания опасного состояния оборудования, вызванного тем, что неисправное состояние оборудования система воспринимает (диагностирует) как исправное (статическая ошибка распознавания), тем, что период мониторинга (диагностирования) превышает интервал развития неисправности от момента ее обнаружения до предельного состояния оборудования (динамическая ошибка распознавания), и влияния человеческого фактора, обусловленного несвоевременным выполнением персоналом предписаний системы мониторинга по устранению обнаруженного системой опасного состояния оборудования. В зависимости от категории опасности оборудования и риска пропуска отказа выбирается класс системы мониторинга.

Серия стандартов «Мониторинг оборудования опасных производств» утверждена Координационным советом НПС «Риском» и аттестована Независимым органом по аттестации методических документов по неразрушающему контролю, аккредитованным в Единой системе оценки соответствия в области промышленной, экологической безопасности, безопасности в энергетике и строительстве [15, 16, 17].

Данные документы направлены на стандартизацию правил и процедур создания, внедрения и эксплуатации СКМ оборудования ОПО, в первую очередь входящих в перечень федеральных законов, в том числе от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», и

определяют основные принципы реализации комплексного мониторинга, категории оборудования, подлежащего мониторингу, оценки состояния диагностируемого оборудования и классы систем мониторинга. Особое внимание уделено организационным мероприятиям — стандарт [15] определяет базовые принципы создания на предприятии службы мониторинга надежности оборудования, а также планирование, поставку и внедрение СКМ.

Сборник стандартов НПС «Риском» включает: СТО 03-002—08 [15]; СТО 03-003—08 [16]; СТО 03-004—08 [17].

Стандарт СТО 03-002—08 получил развитие в ГОСТ Р 53563—2009. Эти документы направлены на стандартизацию правил и процедур создания, внедрения и эксплуатации СКМ и призваны обеспечить надежную и безопасную ресурсосберегающую эксплуатацию оборудования ОПО, а также определяют основные организационно-технические принципы построения и реализации СКМ, категории оборудования, подлежащего мониторингу, в том числе матрицу анализа риска, оценку состояния диагностируемого оборудования, классы СКМ, требования к службе мониторинга надежности оборудования.

Стандарты распространяются на СКМ, предназначенные для обеспечения безопасной ресурсосберегающей эксплуатации оборудования ОПО путем получения в реальном времени оперативной информации о прошлом, текущем и прогнозируемом техническом состоянии оборудования ОПО. Она используется в системе принятия решений по контролю и оценке технического состояния оборудования при приемочных испытаниях и в процессе эксплуатации различными видами (методами) неразрушающего контроля и технической диагностики (виброакустический, акустико-эмиссионный, тепловизионный и др.); по выявлению дефектных узлов оборудования и причин возникновения дефектов и неисправностей; ведению технологического режима объекта мониторинга (ОМ) с учетом его технического состояния; необходимости регулирования параметров технологического процесса для минимизации деструктивных нагрузок, действующих на ОМ, в целях обеспечения максимально го ресурса безопасной эксплуатации оборудования ОПО; изменению периодичности проведения регламентных работ (для оборудования находящегося в эксплуатации); эксплуатации оборудования ОПО по фактическому состоянию, подразумевающей, что объемы и содержание штатных периодических осмотров и обследований объектов, снабженных СКМ, могут быть изменены в зависимости от текущего технического состояния; условиям дальнейшей эксплуатации оборудования ОПО сверх нормативного срока эксплуатации.

На основе стандартов [10—17] разрабатывается регламент предприятия по проведению мониторин-

га технического состояния, учитывающего специфику работы и конструктивные особенности оборудования.

Комплексный мониторинг базируется на системе программно-технических средств и организационно-технических мер, обеспечивающих непрерывное получение в реальном времени информации о техническом состоянии оборудования ОПО.

Цель оснащения оборудования ОПО СКМ — обеспечение безопасной ресурсосберегающей эксплуатации оборудования путем заблаговременной выработки управляющих воздействий, которые должны создать необходимый запас устойчивости технологической системы, ее техногенной, экологической и экономической безопасности, качество ее функционирования. Такие свойства СКМ делают их производственными исполнительными системами реального времени — MES-системами [20].

Периодичность получения информации о техническом состоянии оборудования ОПО определяется скоростью развития в нем неисправностей и для обеспечения наблюдаемости она должна быть в несколько раз меньше продолжительности развития неисправности в ОМ до предельного состояния.

Категория оборудования при выборе объектов мониторинга устанавливается на основе анализа матрицы риска согласно [10, 15, 21]. Количественная оценка риска требует анализа частот (вероятности) отказов оборудования и вызываемых этим последствий (потерь). Для оценки частоты отказов используют, как правило, статистические данные эксплуатации, приведенные в справочниках, нормативных документах, эксплуатационных журналах или отчетах по надежности оборудования конкретного предприятия или компании, на которых планируется установить СКМ. Анализ последствий (потерь) в результате отказа оборудования включает потери, связанные с полной или частичной утратой объекта (экономические), существенным или незначительным нанесением вреда окружающей среде (экологические), нанесением ущерба жизни и (или) здоровью людей (нарушение безопасности жизнедеятельности).

Для управления действиями в сфере мониторинга надежности оборудования, оснащенного СКМ, предприятию следует создать подразделение (службу) мониторинга, которое должно быть неотъемлемой частью его общей системы менеджмента.

Цель службы мониторинга — обеспечение неуклонного повышения надежности оборудования ОПО и снижения затрат на его эксплуатацию и ремонт путем необходимых организационно-технических мероприятий и мониторинга состояния в реальном времени.

Стандарт НПС «Риском» СТО 03-003—08 в соответствии с областью применения описывает сокращения, термины и определения, касающиеся мониторинга технического состояния ОПО, с учетом

## Обеспечение безопасности

нормативных и справочных документов. Даются определения мониторинга технического состояния агрегата и производственного комплекса, опасности технического состояния производственного комплекса, агрегата, его субъекта, статической и динамической ошибок мониторинга первого и второго рода, риска пропуска отказа и т.д.

Стандарт НПС «Риском» СТО 03-004—08 [17] устанавливает основные требования к процедурам применения СКМ, их внедрения, приемки и ввода в эксплуатацию. Он распространяется на СКМ, предназначенные для обеспечения возможности эксплуатации и (или) ремонта оборудования ОПО по фактическому техническому состоянию.

Изложенный подход реализован и полученные результаты достигнуты благодаря инвестициям предприятий в модернизацию производства и в эффективные, безопасные, экологически чистые технологии, не взирая на кризисы и экономические трудности, поэтому представляются важными для страны. Достигнутые показатели безопасной ресурсосберегающей эксплуатации оборудования ОПО, подтвержденные результатами внедрения свыше 500 систем в 12 отраслях промышленности и транспорта, свидетельствуют о многократной окупаемости этих инвестиций [4, 5]. Разработанная методология и совокупность стандартов обладают мировой новизной и, по нашему мнению, могут служить основой для разработки стандартов по мониторингу рисков и оценки показателей защищенности стратегически и критически важных объектов [22] в соответствии с концепцией [23] и риск-ориентированным подходом [24].

### Список литературы

1. Муромцев Ю.Л. Безаварийность и диагностика нарушений в химических производствах. — М.: Химия, 1990. — 144 с.
2. Внедрение систем «Компакс» — обеспечение безаварийной работы непрерывных производств/ Е.А. Малов, И.Б. Бронфин, В.Н. Долгопятов и др. // Безопасность труда в промышленности. — 1994. — № 8. — С. 19–22.
3. Руководящий документ. Центробежные электроприводные насосные и компрессорные агрегаты, оснащенные системами компьютерного мониторинга для предупреждения аварий и контроля технического состояния КОМПАКС. Эксплуатационные нормы вибрации. — НПЦ «Динамика», 1994. — 7 с.
4. Эффективность внедрения стационарных систем вибродиагностики «Компакс» на Омском НПЗ / Е.А. Малов, А.А. Шаталов, И.Б. Бронфин и др. // Безопасность труда в промышленности. — 1997. — № 1. — С. 9–15.
5. Безаварийность производства — путь к повышению рентабельности. Внедрение систем мониторинга КОМПАКС® / А.А. Шаталов, Ф.И. Сердюк, В.Н. Костюков и др.// Химия и технология топлив и масел. — 2000. — № 3. — С. 9–13.
6. Костюков В.Н., Бойченко С.Н., Костюков А.В. Автоматизированные системы управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств (АСУ БЭР КОМПАКС®). — М.: Машиностроение, 1999. — 163 с.
7. Костюков В.Н. Мониторинг безопасности производства. — М.: Машиностроение, 2002. — 224 с.
8. Костюков В.Н., Науменко А.П. Основы виброакустической диагностики и мониторинга машин: Учеб. пособие. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. — 360 с.
9. Костюков А.В., Костюков В.Н. Повышение операционной эффективности предприятий на основе мониторинга в реальном времени. — М.: Машиностроение, 2009. — 192 с.
10. ГОСТ Р 53563—2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Порядок организации. — М.: Стандартинформ, 2010. — 8 с.
11. ГОСТ Р 53564—2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга. — М.: Стандартинформ, 2010. — 20 с.
12. ГОСТ Р 53565—2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Вибрация центробежных насосных и компрессорных агрегатов. — М.: Стандартинформ, 2010. — 8 с.
13. СА 03-002—05. Системы мониторинга агрегатов опасных производственных объектов. Общие технические требования. — М.: Химическая техника, 2005. — 42 с.
14. СА 03-001—05. Центробежные насосные и компрессорные агрегаты опасных производств. Эксплуатационные нормы вибрации. — М.: Химическая техника, 2005. — 24 с.
15. СТО-03-002—08. Мониторинг оборудования опасных производств. Порядок организации: Сб. стандартов НПС «Риском». — М., 2008. — С. 25–63.
16. СТО 03-003—08. Мониторинг оборудования опасных производств. Термины и определения: Сб. стандартов НПС «Риском». — М., 2008. — С. 5–24.
17. СТО 03-004—08. Мониторинг оборудования опасных производств. Процедуры применения: Сб. стандартов НПС «Риском». — М., 2008. — С. 65–77.
18. Сушко А.Е., Грибанов В.А. Проблемы оценки технического состояния динамического оборудования опасных производственных объектов// Безопасность труда в промышленности. — 2011. — № 10. — С. 58–65.
19. 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.
20. Костюков В.Н., Бойченко С.Н., Костюков А.В. MES-система управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования на основе АСУ БЭР КОМПАКС® // Мир компьютерной автоматизации. — 2004. — № 4. — С. 35–44.
21. ГОСТ Р 51901.1—2002. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем. — М.: Госстандарт России, 2003. — 28 с.
22. Ферапонтов А.В. Оптимизация надзорной деятельности по критериям риска возникновения аварий // Безопасность труда в промышленности. — 2010. — № 8. — С. 3–6.
23. Концепция совершенствования государственной политики в области обеспечения промышленной безопасности до 2020 г. URL: <http://safeprom.ru/articles/detail.php?ID=15177> (дата обращения 31.05.2012).
24. API 580. Recommended Practice. Risk Based Inspection. [post@dynamics.ru](mailto:post@dynamics.ru)



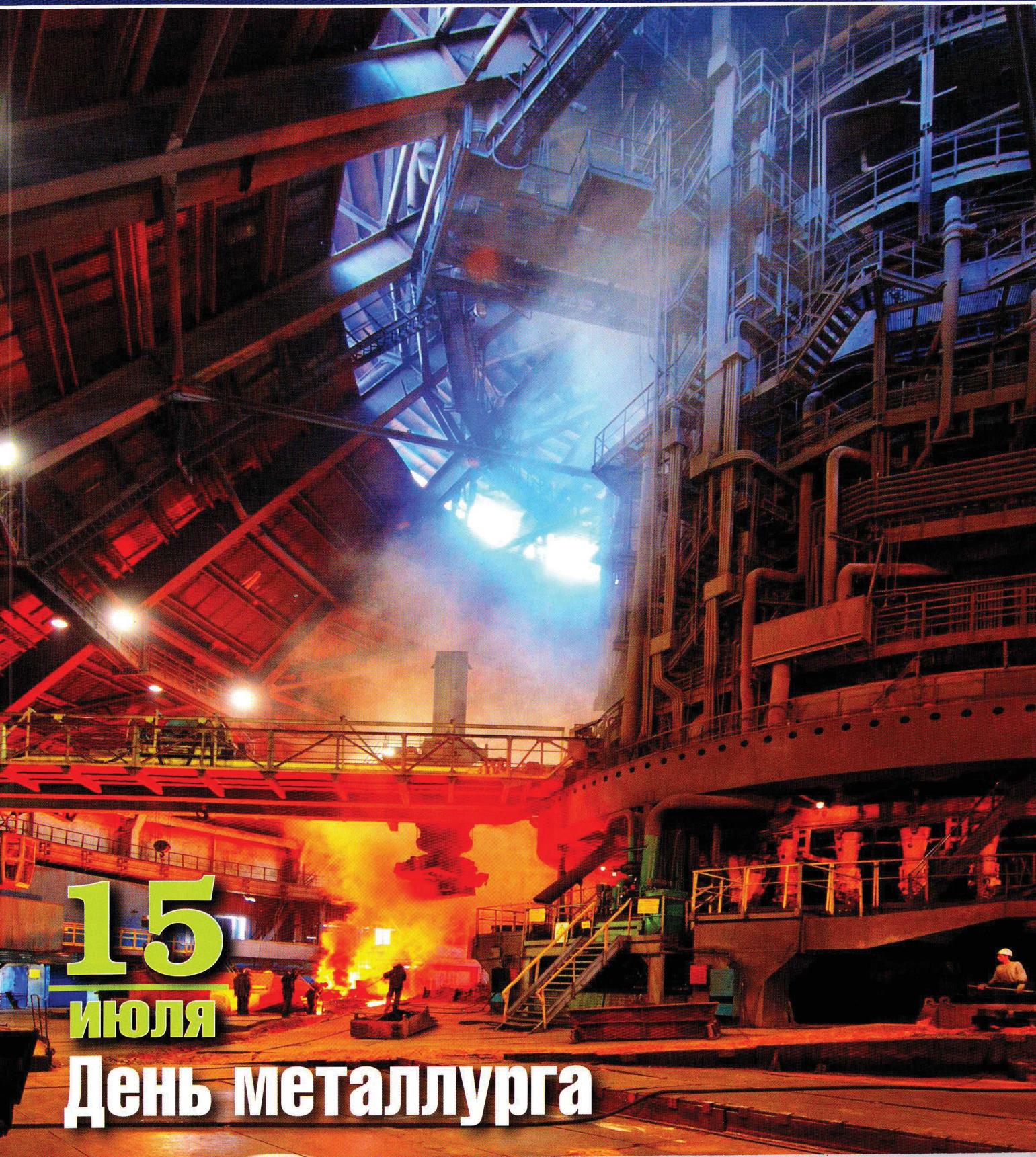
# БЕЗОПАСНОСТЬ

## труда в промышленности

№ 7  
2012

Ежемесячный научно-производственный журнал [www.btpnadzor.ru](http://www.btpnadzor.ru)

ISSN 0409-2961



15  
июля

День металлурга

<b>Обеспечение безопасности</b> <i>Safety Issues</i>	30
<b>Костюков В.Н., Науменко А.П., Костюков А.В., Бойченко С.Н., Костюков А.В.</b> Стандарты в области мониторинга технического состояния оборудования опасных производств <i>Standards in the Field of Monitoring of Technical Condition of the Equipment at Hazardous Production Facilities</i>	30
<b>Баратов А.Н., Богман Л.П., Бухтаяров Д.В.</b> Особенности огнетушащего действия порошковых составов <i>Specifics of Powder Composition Fire Extinguishing Effect</i>	39
<b>Тарасова Н.И., Козлов В.И.</b> Методика расчета комплексного показателя безопасности труда <i>Method of Calculation of the Labor Safety Complex Indicator</i>	42
<b>Подготовка рабочих и специалистов</b> <i>Training Workers and Specialists</i>	47
<b>Гитман Е.К., Гитман М.Б.</b> Концентрированное обучение как эффективный метод подготовки рабочих кадров <i>Concentrated Training as an Effective Method of Regular Labor Force Education</i>	47
<b>Страхование</b> <i>Insurance</i>	51
<b>Тимофеев В.И.</b> Страхование имущественных комплексов. Поиск решений <i>Insurance of Property Complexes. Search of Solutions</i>	56
<b>Рыжкин И.И.</b> Строительные риски и страхование <i>Construction Risks and Insurance</i>	60
<b>Проблемы, суждения</b> <i>Views and Opinions</i>	60
<b>Козлов С.Н., Жаринов Ю.Б., Жигульский П.А., Лебедев А.В.</b> Дерево отказов при анализе безопасности теплоэнергетических котельных установок <i>Fault Tree at Safety Analysis of Heat and Power Boiler Plants</i>	64
<b>Шлапаков П.А., Потапов П.В.</b> О проблемах тушения эндогенных пожаров при отработке мощных пологих и наклонных пластов на шахтах Кузбасса <i>On the Problems of Endogenous Fires Extinguishing at Development of Thick Flat and Steep Beds in Kuzbass Mines</i>	69
<b>Мазеин С.В.</b> Методология обеспечения устойчивости природно-технических геосистем щитовой проходки тоннелей <i>Methodology of Ensuring Natural and Technical Geosystems Stability of Shield-Driven Tunnelling</i>	73
<b>Бирюков Ю.М.</b> К вопросу о классификации газодинамических явлений <i>To the Issue on Gas-Dynamic Phenomena Classification</i>	78
<b>Забурдяев В.С., Бухны Д.И.</b> Особенности проектирования дегазационных систем на протяженных шахтных полях <i>Specifics of Designing of Degassing Systems at the Extended Mine Fields</i>	85
<b>Гражданкин А.И., Печеркин А.С., Сидоров В.И.</b> Мнимый конфликт промышленной безопасности и технологической модернизации в российской нефтегазопереработке <i>Imaginary Conflict between Industrial Safety and Technological Refurbishment in the Russian Gas and Oil Refining Sector</i>	93
<b>Информация</b> <i>Information</i>	93
<b>К 75-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России</b> <i>To 75-Year of FGBU VNIIPO of EMERCOM of Russia</i>	93
<b>Обсуждены</b> проекты нормативных правовых актов в области промышленной безопасности <i>The Drafts of the Normative Legal Acts in the Field of Industrial Safety were Discussed</i>	94
<b>Основа</b> — долгосрочные контракты <i>Basis — long-Term Contracts</i>	95

## Главный редактор

БУЙНОВСКИЙ Станислав Николаевич,  
д-р техн. наук

## Редакционная коллегия:

БОЖКО Дмитрий Ильич,  
канд. техн. наук  
ГОРЛОВ Александр Николаевич  
ЕРМАК Геннадий Павлович,  
канд. техн. наук  
ЗУБИХИН Антон Владимирович,  
канд. техн. наук  
КАДУШКИН Юрий Викторович  
КАПИНУС Николай Иванович,  
д-р юр. наук, проф.  
КАРПЕНКО Сергей Пантелеевич  
КЛОВАЧ Елена Владимировна,  
д-р техн. наук, проф.  
КРУЧИНИНА Ирина Антоновна,  
д-р техн. наук  
КРЫЛОВА Анна Петровна  
ЛИСАНОВ Михаил Вячеславович,  
д-р техн. наук  
ЛОЦМАНОВ Андрей Николаевич  
ЛУНЯКОВ Михаил Александрович,  
канд. экон. наук  
МАХУТОВ Николай Андреевич,  
д-р техн. наук, чл.-кор. РАН  
МИЛЛЕР Сергей Владимирович,  
канд. хим. наук  
ПЕРЕПЕЛИЦЫН Александр Иванович,  
канд. техн. наук  
ПЕЧЁРКИН Андрей Станиславович,  
д-р техн. наук, проф.  
ПИЛЯЕВ Николай Алексеевич,  
зам. главного редактора  
РЯБОВ Александр Алексеевич,  
зам. главного редактора по связям  
с общественностью  
СЕЛЕЗНЁВ Григорий Максимович  
СИДОРОВ Вячеслав Иванович,  
д-р техн. наук, проф.  
СОЛЕННИКОВА Наталья Юрьевна,  
ответственный секретарь  
СОРОКИН Александр Николаевич,  
канд. техн. наук  
ФЕОКТИСТОВ Александр Анатольевич,  
канд. техн. наук  
ФРОЛОВ Дмитрий Иванович  
ХАМАЗА Александр Александрович  
ШАЛАЕВ Валерий Константинович,  
д-р техн. наук  
ШАТАЛОВ Анатолий Алексеевич,  
канд. техн. наук

Компьютерная подготовка и верстка —  
С.В. Косторнова (ЗАО НТЦ ПВ)

Подписано в печать 18.07.12

Формат 60x90/8

Бумага мелованная

Печать офсетная

Тираж 10 010 экз.

Зак. 071155

Цена 455 руб.

Отпечатано в ЗАО «Алмаз-Пресс».  
121471, Москва, Рябиновая ул., д. 46.

Эл. почта: mgt@almaz-press.com.

Тел.: (495) 781-19-90; факс: (495) 781-19-70.

Редакция не несет ответственности за достоверность и точность приведенных фактов, экономико-статистических данных и прочих сведений, содержащихся в авторских публикациях. Редакция может публиковать статьи в порядке обсуждения, не разделяя точку зрения автора. Перепечатка материалов, опубликованных в журнале «Безопасность труда в промышленности», только с разрешения редакции.

Материалы, представленные в редакцию, авторам не возвращаются.

За содержание рекламы ответственность несет рекламирующий.