

DOI: 10.24000/0409-2961-2021-2-15-19

УДК 620.171:621.039.548

© Н.А. Махутов, А.П. Черепанов, М.В. Лисанов, 2021

# Задачи разработки и реализации системы управления промышленной безопасностью предприятия при эксплуатации технических устройств



**Н.А. Махутов,**  
чл.-кор. РАН, д-р  
техн. наук, проф.,  
гл. науч. сотрудник

ИМАШ РАН,  
Москва, Россия



**А.П. Черепанов,**  
д-р техн. наук,  
проф. кафедры,  
boning89@mail.ru

АнгТУ, Ангарск,  
Россия



**М.В. Лисанов,**  
д-р техн. наук,  
директор центра  
анализа риска

ЗАО НТЦ ПБ,  
Москва, Россия

Рассмотрены разработка и практическая реализация системы управления промышленной безопасностью предприятия с учетом новых требований законодательства по созданию государственной системы мониторинга, дистанционного контроля, технического освидетельствования и диагностирования технических устройств опасных производственных объектов, подконтрольных Ростехнадзору. Предложена основа для создания автоматизированной системы, содержащей базу данных, в которую включены вся техническая документация, сертификаты и заключения экспертизы, ремонтная документация и сопровождающие документы (приказы, распоряжения, заключения аудита и др.) для оперативности отслеживания технического состояния в режиме реального времени с учетом изменения всех контролируемых параметров технологических комплексов предприятия.

**Ключевые слова:** аудит, дистанционный контроль, жизненный цикл, мониторинг, промышленная безопасность, риск, техническое диагностирование, техническое освидетельствование, техническое устройство.

**Для цитирования:** Махутов Н.А., Черепанов А.П., Лисанов М.В. Задачи разработки и реализации системы управления промышленной безопасностью предприятия при эксплуатации технических устройств // Безопасность труда в промышленности. — 2021. — № 2. — С. 15–19. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-2-15-19

## Введение

Проект Федерального закона «О промышленной безопасности» [1], который будет введен взамен федерального закона [2], предусматривает в качестве основы промышленной безопасности (ПБ) техническое освидетельствование (ТО) и техническое диагностирование (ТД), которые ранее являлись составляющими Правил проведения экспертизы промышленной безопасности [3]. Согласно [1] аудит в области ПБ предусматривает независимую оценку организации деятельности лиц, эксплуатирующих опасные производственные объекты (ОПО), передвижные технические устройства (ТУ), на предмет обеспечения соблюдения требований ПБ посредством функционирования системы управления ПБ (СУПБ). Данная система предполагает возможность учета результатов ТО и ТД при формировании ежегодных плановых проверок и подготовки рекомендаций по устранению нарушений ПБ без дополнительных мероприятий надзора и назначения санкций. Проектом федерального закона [1] вводятся государственный мониторинг и дистанционный контроль (ГМиДК) в области ПБ в режиме реального времени, которые отслеживают отклонения технологических параметров от регламентных и иную

информацию, характеризующую риск возникновения аварий на ОПО. Введение аудита требует сбора, обработки и систематизации этой информации комплексными программными, аппаратными, измерительными и другими специальными техническими средствами, обеспечивающими ее достоверность. Предполагается также возможность продления срока эксплуатации ТУ сверх отработанного путем модернизации или замены вышедших из строя деталей.

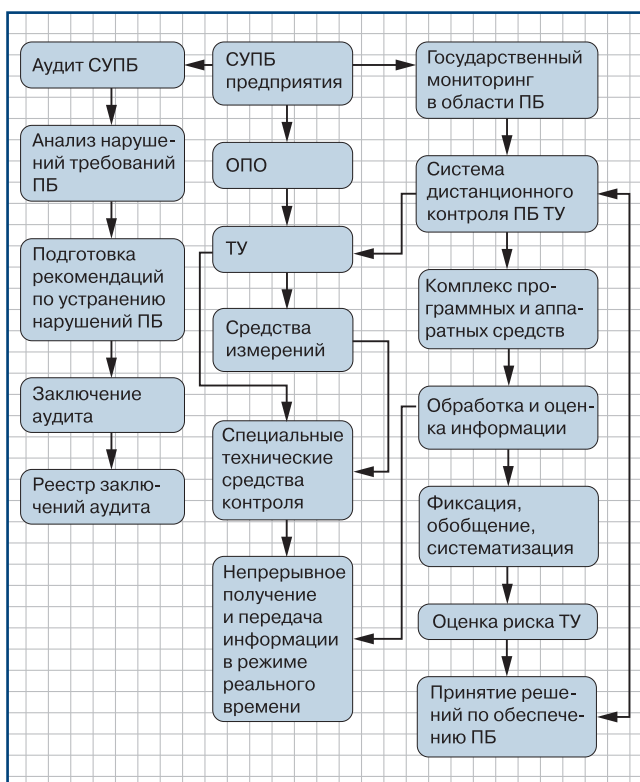
Введение ГМиДК [1] и других мер по снижению риска аварий при эксплуатации ТУ требует совершенствования СУПБ на принципиально новом уровне. Актуальность этой задачи очевидна на фоне продолжающейся эксплуатации стареющего оборудования опасных производств.

## Система управления промышленной безопасностью предприятия

Рассмотрим некоторые задачи совершенствования процессов управления ПБ применительно к требованиям [1] по снижению риска аварий и разрушений оборудования, как показано в работе [4], и с точки зрения аудита ОПО как формы проверки СУПБ [5].

Формирование новой научной базы СУПБ [1] возможно с использованием закономерностей воз-

никновения и развития аварий на опасных производствах, применением риск-ориентированных методов, в том числе методологии ТО с учетом факторов риска [6]. Создание системы ГМиДК, согласно [1], является следующей задачей эффективного управления ПБ предприятия, элементы СУПБ отображены на рис. 1. Аудит СУПБ проводит организация, аккредитованная органом государственного регулирования ПБ, а его результатом является заключение, представляемое в территориальный орган, который вносит его в реестр заключений аудита СУПБ. Аудит и ежегодный план проверок нарушений ПБ подразумевают подготовку рекомендаций по их устранению [1]. Для оперативного выполнения этой функции, а тем более в автоматическом режиме, прежде всего необходима разработка СУПБ на уровне надзорных органов, а затем на предприятиях, которая должна также сопровождаться созданием всего сопутствующего комплекса оборудования, программных средств технического сопровождения и внедрения.



▲ Рис. 1. Структурная схема системы управления промышленной безопасностью технических устройств

▲ Fig. 1. Block diagram of the industrial safety management system for technical devices

Учитывая опыт экспертизы ПБ, в первую очередь необходима разработка нормативной базы для организации аудита, ГМиДК и технологии его реализации, начиная с проектирования системы передачи показаний каждого значимого параметра технического состояния (ТС) и заканчивая принятием решения по предотвращению не только аварии, но и нарушения технологического режима.

Организация, эксплуатирующая ОПО, согласно [1], обязана осуществлять или прекращать эксплуатацию ТУ на основании результатов ТО и ТД с учетом требований ПБ, проектной или технической документации, обеспечивать в автоматическом режиме передачу информации, обработанной системой ГМиДК, в орган государственного регулирования ПБ или в его территориальный орган. Также она обязана создать СУПБ и обеспечивать ее функционирование, наличие и функционирование приборов и систем контроля за производственными процессами, обеспечивать экспертизу ПБ, а также проводить ТД, ТО, испытания ТУ, передавать информацию, связанную с риском аварии, в контролирующие органы. Система ГМиДК призвана отслеживать технические параметры каждого находящегося в эксплуатации ТУ с помощью штатных и специальных технических средств контроля толщины стенок, механических напряжений, количества циклов, скорости износа, ползучести и других показателей ТС.

Очевидно, что комплексно ГМиДК может реализовываться применением большого числа датчиков, установленных на несущие элементы ТУ, приборов преобразования сигналов этих датчиков, преобразователей и волноводов. Процесс передачи их на узловые устройства идет с последующей обработкой всей поступившей информации и связью ее с системой ГМиДК, которая должна обладать способностью принимать решения по его результатам для предотвращения аварий и разрушений. Оснащение системами ГМиДК технологических комплексов в реальности возможно только для вновь проектируемого оборудования и далеко не всегда осуществимо на находящихся в эксплуатации ТУ. При этом наибольшую сложность представляют сами специальные технические средства контроля, которые должны быть созданы, испытаны и выпускаться серийно. Поэтому создание СУПБ представляет сложную организационную и техническую задачу, а для выполнения требований федеральных норм [1] следует предпринимать постепенные шаги, максимально используя имеющиеся наработки [5] и нормативы [6, 7].

Рассмотрим автоматизированную СУПБ предприятия (рис. 2), которая, охватывая все ТУ, распределенные по цехам и технологическим установкам, позволит отслеживать их ТС в режиме реального времени. Системный подход к контролю ТС, мониторингу ТУ и технологических процессов в режиме реального времени предложен в работе [8]. Согласно этому подходу системы ГМиДК включают автоматические или автоматизированные информационно-телеметрические системы, измерительные комплексы, которые условно можно разбить на четыре уровня. Первый уровень подсистемы состоит из датчиков и контроллеров для регистрации параметров сигналов и их сравнения

с допустимыми пределами; второй — линии связи и диспетчерского управления; третий — получение исходной информации и формирование аварийных сигналов, характеризующих критическое ТС, при котором эксплуатация технологического комплекса должна быть приостановлена из-за вероятности аварии; четвертый — передача информации в режиме реального времени в службы предприятия, отвечающие за его безопасность, и в контролирующие органы.

### Мониторинг оборудования

Мониторинг оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств, задачи которого рассматривались в работе [9], имеет некоторые сложности в связи с увеличением межремонтных периодов работы технологических установок. Это связано с тем, что проведение ТО, ТД и ремонта в сжатые периоды времени не обеспечивает достаточную безопасность производств при увеличивающихся периодах эксплуатации, за которые время от начала появления дефекта до его критического значения оказывается меньше времени межремонтного пробега. В работе [10] ставятся задачи создания структуры мониторинга, выбора методов неразрушающего контроля, состава, периодичности его проведения и определения критериев ТС, а также вывода ТУ из эксплуатации при отрицательных результатах ГМиДК. Результаты этих работ позволяют подойти к созданию СУПБ как отдельных ТУ, так и комплекса оборудования опасных производств в течение всего срока службы путем информационного обеспечения ПБ на объектовом, отраслевом, региональном и федеральном уровнях, результаты оценки показателей ТД использовать для оценки исходного, фактического и прогнозируемого ТС, с помощью которых можно определять исходный, продляемый и остаточный ресурс ТУ, как показано в работе [5].

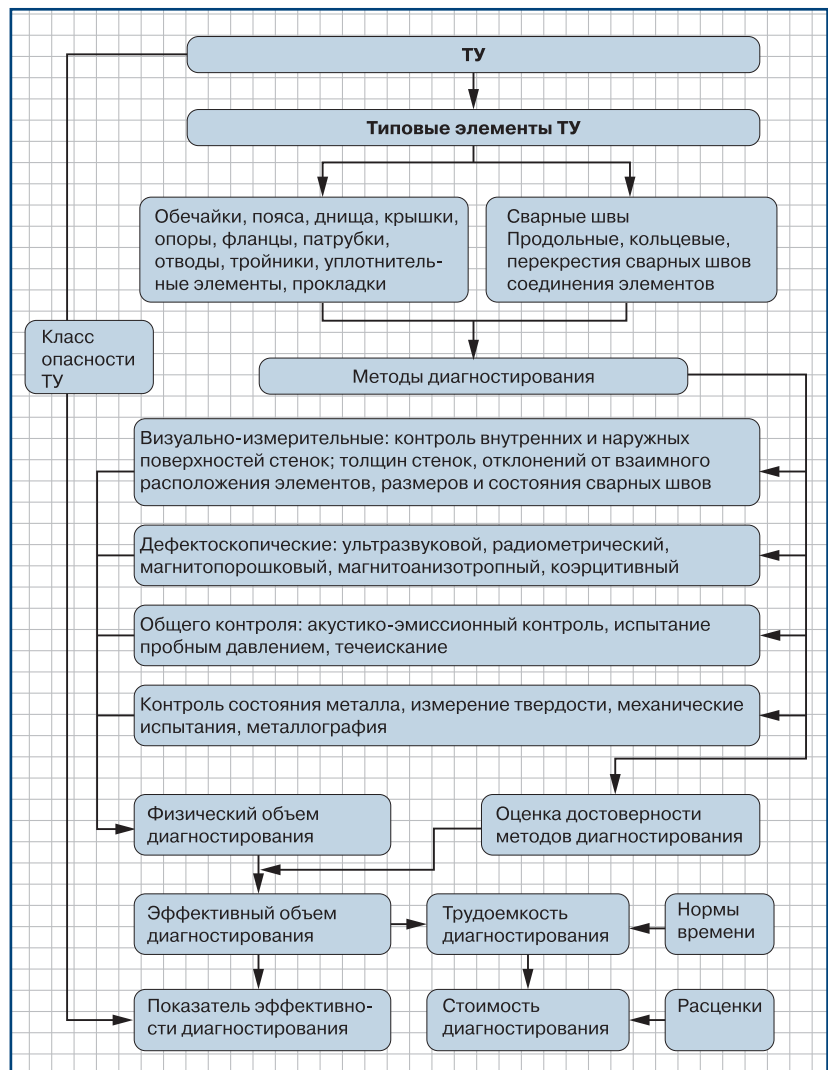
Оценка показателей ТД (рис. 3) может быть выполнена, например, условной дефрагментацией ТУ на отдельные элементы, включая корпусные, штуцерные узлы, уплотнительные детали, крышки, днища, отводы, тройники, сварные швы и т.п., диагностируемые различными методами.

Используя физические объемы, эффективность и достоверность ТД в соответствии с классом опасности ТУ, оснащенность системы ГМиДК, лабораторий дефектоскопического конт-



▲ Рис. 2. Автоматизированная система промышленной безопасности предприятия

▲ Fig. 2. Automated industrial safety system of the enterprise



▲ Рис. 3. Система оценки показателей технического диагностирования технических устройств

▲ Fig. 3. The system of indicators evaluation of technical diagnostics for technical devices

роля и другие показатели, как представлено в работе [11], на основе ресурсно-прочностных исследований возможно определение ресурса ТУ.

Учитывая, что СУПБ и системы ГМиДК требуют значительных капитальных вложений, длительного времени на их создание и внедрение, в качестве альтернативного варианта предлагается компьютерная система обработки результатов ТД и ресурсно-прочностных исследований ТУ, как показано в работе [12].

#### Обсуждение результатов

Реализация федеральных норм [1] потребует нового подхода к комплексному техническому, программному, компьютерному оснащению автоматизированных СУПБ и ГМиДК в режиме реального времени, а также разработки процедур продления эксплуатации сверх отработанного срока путем модернизации или замены вышедших из строя ТУ [1] в целях обеспечения приемлемого риска.

В качестве альтернативного варианта на период создания СУПБ предприятия может быть применен комплекс компьютерной обработки результатов ТД и проведения ресурсно-прочностных исследований, доступа к необходимым сведениям о фактическом ТС оборудования с помощью компьютерной сети руководителям, специалистам технического надзора, цехов и других подразделений, показанный в работе [12]. База данных комплекса позволяет подготавливать сведения, необходимые для аудита и учета его результатов при формировании ежегодного плана проверок соблюдения требований ПБ, подготовки рекомендаций по устранению нарушений, оперативного управления периодичностью проведения ТО и ГМиДК, принятия решения о возможности сверхнормативного продления срока эксплуатации ТУ, разработки графиков проведения остановочных ремонтов, своевременного составления заявок на замену комплектующих, узлов и деталей, а также изношенных ТУ. Вся информация о ТС ТУ хранится в компьютерной сети предприятия, ее ввод и обработка выполняются специалистами подразделений на различных этапах (от изготовления до завершения эксплуатации и утилизации оборудования, отслужившего свой срок), она направлена на снижение риска инцидентов, аварий и разрушения ТУ опасных производств и может быть принята в качестве начального этапа создания автоматизированной СУПБ.

#### Заключение

Основными задачами организации государственного мониторинга и дистанционного контроля являются выявление мест наиболее вероятного появления и развития дефектов, изучение механизмов их появления и развития до критических размеров, создание моделей для определения их опасности.

Для постепенного ввода системы государственного мониторинга и дистанционного контроля в качестве пилотного проекта предлагается разработать и внедрить компьютерную систему управления промышленной безопасностью для теплообменного

оборудования, сосудов и аппаратов, оборудования, в том числе емкостей, газгольдеров, резервуаров, технологических трубопроводов, работающих в условиях высоких температур, давлений и агрессивных сред, и других технических устройств технологических комплексов предприятий.

Предлагаемый комплекс компьютерной обработки результатов технического диагностирования и проведения ресурсно-прочностных исследований обеспечит доступ к необходимым сведениям о технических устройствах с помощью компьютерной сети руководителям, специалистам управления технического надзора, цехов и других подразделений предприятия.

#### Список литературы

1. Проект Федерального закона «О промышленной безопасности». URL: <http://www.consultant.ru/law/review/207323844.html/> (дата обращения: 28.06.2020).
2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2020. — 56 с.
3. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности: федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности. — Сер. 26. — Вып. 12. — 3-е изд., испр. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2016. — 24 с.
4. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Научные основы промышленной безопасности/ науч. руководитель Н.А. Махутов. — М.: МГОФ «Знание», 2019. — 824 с.
5. Лисанов М.В., Мокроусов С.Н. Аудит опасных производственных объектов как форма проверки Системы управления промышленной безопасностью// Безопасность труда в промышленности. — 2001. — № 7. — С. 57–59.
6. Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах: рук. по безопасности. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200133801> (дата обращения: 28.06.2020).
7. ТР ТС 032/2013. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением». URL: <http://docs.cntd.ru/document/499031170> (дата обращения: 28.06.2020).
8. Винограденко А.М. Моделирование систем мониторинга технического состояния сложных технических объектов на основе методов теории энтропийных потенциалов// Техника средств связи. — 2018. — Вып. 7 (146). — С. 154–161.
9. Комаров А.Г., Толкачев В.Н., Филимонов Е.В. О проблемах мониторинга стационарного оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. URL: <http://www.vniktinho.ru/publications/monitoring/> (дата обращения: 28.06.2020).
10. Зарубежный опыт использования риск-ориентированного подхода при эксплуатации технических устройств на нефтегазовых объектах/ Хайдер Суarez, Марк Финкельштейн, М.В. Лисанов, И.А. Кручинина// Безопасность труда в промышленности. — 2015. — № 8. — С. 24–30.
11. Cherepanov A.P. Selection of indicators for assessment of overall, computed, and remaining service lives of production