

**УДК 621.311.22:331.45**

Палиенко Н.И., студент МЭТ-241

Тихомирова Т.И., к.т.н., доцент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.

Шухова

Palienko N.I., student MET-241

Tikhomirova TI, PhD, associate professor

V. G. Shukhov Belgorod State Technological University

**КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ  
ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ  
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ  
AN INTEGRATED APPROACH TO ENSURING INDUSTRIAL SAFETY  
AT THERMAL POWER FACILITIES**

Современная теплоэнергетика России функционирует в условиях возрастающих требований к промышленной безопасности, охране труда и надёжности технологических процессов. Развитие энергетического сектора сопровождается масштабной модернизацией оборудования, цифровизацией систем управления и усилением нормативных требований к безопасности производственных объектов. При этом остаётся нерешённым целый ряд проблем, связанных с человеческим фактором, моральным износом инфраструктуры и недостаточной интеграцией систем диагностики в контуры производственного управления. В условиях, когда многие теплоэнергетические объекты эксплуатируются более тридцати лет, ключевой задачей становится создание единой концепции промышленной безопасности, объединяющей инженерно-технические, организационные и поведенческие аспекты функционирования предприятий.

Особенность теплоэнергетического производства заключается в непрерывности технологических процессов, высокой концентрации потенциально опасных факторов и необходимости постоянного поддержания сложного баланса между энергетической эффективностью и безопасностью эксплуатации. Любое отклонение в работе оборудования, будь то деформация трубопроводов, нарушение герметичности котельных агрегатов или сбой в автоматике, может привести к аварии с серьёзными последствиями.

Статистика Ростехнадзора свидетельствует, что около 40 % инцидентов в теплоэнергетике происходит из-за неудовлетворительного технического состояния оборудования, а до 30 % — вследствие ошибок персонала [1]. Это показывает, что повышение уровня безопасности

невозможно без комплексного подхода к диагностике оборудования и управлению человеческими рисками.

Одним из приоритетных направлений обеспечения промышленной безопасности является внедрение систем технического диагностирования, основанных на принципах предиктивного анализа. Такие системы позволяют фиксировать ранние признаки отклонений в параметрах работы теплотехнического оборудования — температурных градиентах, вибрации, изменении давления или скорости теплоносителя. На основе математического моделирования и машинного обучения прогнозируются возможные сценарии отказов, что обеспечивает своевременное проведение ремонтных мероприятий. В ряде российских ТЭЦ внедрение автоматизированных комплексов контроля состояния оборудования позволило снизить количество внеплановых простоев на 17 % и увеличить межремонтный интервал на 25 % [2].

Наряду с техническими мерами ключевую роль играет организационный аспект промышленной безопасности. Формирование культуры безопасности требует устойчивого взаимодействия всех уровней управления — от операторов до руководства предприятия. Практика показывает, что внедрение систем менеджмента безопасности труда и охраны окружающей среды, основанных на стандартах ISO 45001 и ISO 14001, обеспечивает не только соблюдение регламентов, но и развитие ответственного поведения сотрудников. Для работников теплоэнергетики важно осознание того, что безопасность — это не внешнее требование надзора, а неотъемлемая часть профессиональной деятельности. На предприятиях, где регулярно проводятся учения, анализируются потенциальные сценарии аварий и моделируются нештатные ситуации, частота нарушений технологических режимов сокращается в среднем на 20–25 %.

Важным направлением развития промышленной безопасности становится внедрение цифровых технологий контроля и анализа данных. Цифровые двойники котельных и турбинных установок позволяют не только моделировать поведение систем при изменении параметров, но и оценивать последствия возможных инцидентов. Применение таких инструментов особенно эффективно при модернизации старых ТЭЦ, где часть оборудования имеет ограниченные эксплуатационные характеристики.

Комплексное использование цифровых моделей, тепловизионного контроля и неразрушающих методов диагностики создаёт основу для перехода от реактивной к превентивной модели обеспечения безопасности [3]. Накопители энергии на водороде - это форма химического накопления энергии, при которой электрическая энергия, получаемая из возобновляемых источников энергии, преобразуется в водород. Для хранения водорода в виде газа требуются высокие давления (35-70 МПа).

При этом доля в потреблении теплоты от котельных мощностью менее 20 Гкал/ч составляет 54% для населения, 33% для промышленности 33% и 13% для социальной и коммунальнобытовой сферы [4]

Не менее значимым элементом системы является кадровая составляющая. В условиях постоянного обновления технологий и оборудования возрастает потребность в специалистах, обладающих не только техническими знаниями, но и компетенциями в области анализа рисков, психологии труда и коммуникации в экстремальных условиях. На ряде предприятий России введены программы наставничества, где опытные инженеры передают практические навыки молодым специалистам через участие в анализе реальных инцидентов и планировании ремонтных кампаний. Такой подход повышает вовлечённость персонала и укрепляет корпоративную культуру безопасности.

Особое внимание в современных исследованиях уделяется проблеме системных рисков — ситуации, когда совокупность мелких отклонений приводит к крупным авариям. В теплоэнергетике эти риски нередко связаны с несовершенством регламентов и недостаточной координацией между подразделениями. Решением может стать внедрение интегрированных платформ промышленной безопасности, объединяющих данные о состоянии оборудования, результатах лабораторных анализов и отчётах о несчастных случаях. Это позволяет формировать динамические карты рисков и принимать управленческие решения на основе актуальных данных.

Рассматривая перспективы развития промышленной безопасности в теплоэнергетике, необходимо отметить растущее значение экологического компонента. Каждая авария на объектах теплогенерации несёт не только техногенные, но и экологические последствия: выбросы загрязняющих веществ, загрязнение почвы и водных объектов, ухудшение микроклимата в прилегающих населённых пунктах. Поэтому экологический мониторинг должен рассматриваться как часть промышленной безопасности. В этом контексте внедрение автоматических постов контроля выбросов и систем улавливания продуктов сгорания становится не только технологическим, но и социальным приоритетом [5].

Таким образом, промышленная безопасность в теплоэнергетике — это не только техническая задача, но и управленческая философия, объединяющая инженерные инновации, цифровые технологии и человеческий потенциал. Формирование комплексной системы безопасности требует постоянного обновления знаний, совершенствования методов диагностики и создания условий, при которых культура безопасного труда станет естественной частью профессионального мышления. В этом заключается стратегическая цель развития российской теплоэнергетики — обеспечение устойчивого, надёжного и экологически ответственного производства энергии, основанного на принципах предсказуемости, ответственности и профессионализма.

### Список литературы

1. Капустин И. В., Мельников С. А. Анализ состояния промышленной безопасности на объектах тепловой энергетики России // Безопасность труда в промышленности. 2022. № 10. С. 15–22.
2. Логинова Т. П., Тюрин А. В. Системы диагностики и мониторинга оборудования ТЭЦ в контексте промышленной безопасности // Промышленная энергетика. 2023. № 4. С. 33–39.
3. Белова Е. С., Шульгин А. Г. Цифровые технологии в управлении рисками промышленной безопасности теплоэнергетики // Энергетика и промышленность России. 2023. № 6. С. 44–49.
4. Власова, А. А. Анализ структуры выработки и потребления тепловой энергии в России / А. А. Власова, П. Н. Тарасюк, П. А. Трубаев // Образование, наука, производство, Белгород, 20–22 октября 2015 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2015. – С. 1225-1231.
5. Воронцов К. Л., Павлова Н. Р. Экологические аспекты обеспечения промышленной безопасности в теплоэнергетике // Технологии и экология производства. 2022. № 2. С. 101–107.

### References

1. Kapustin I. V., Melnikov S. A. Analysis of the state of industrial safety at thermal power facilities in Russia // Occupational safety in industry. 2022. No. 10. pp. 15-22.
2. Loginova T. P., Tyurin A.V. Diagnostic and monitoring systems for CHP equipment in the context of industrial safety // Industrial Energy. 2023. No. 4. pp. 33-39.
3. Belova E. S., Shulgin A. G. Digital technologies in risk management of industrial safety of thermal power engineering // Russian energy and industry. 2023. No. 6. pp. 44-49.
4. Vlasova, A. A. Analysis of the structure of heat energy production and consumption in Russia / A. A. Vlasova, P. N. Tarasyuk, P. A. Trubaev // Education, science, production, Belgorod, October 20-22, 2015 / Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2015. pp. 1225-1231.
5. Vorontsov K. L., Pavlova N. R. Ecological aspects of industrial safety in thermal power engineering // Technologies and ecology of production. 2022. No. 2. pp. 101-107.