

Д. И. ЛОБАЧ

О РАЗВИТИИ ПОДХОДОВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ УПРАВЛЕНИЯ В РЕАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

ОАО «Минский завод шестерен»
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Задача исследования – развитие дополнительных возможностей методологии кибернетики для проведения численных оценок и анализа состояния управления, контроля и обеспечения безопасности технических систем.

Цель исследования – сформулировать и представить элементы методологии анализа количественных закономерностей для эргатических систем, характеристик проектов технических систем, оборудования, устройств, технологий для различных сфер промышленности, атомной энергетики, которые могут быть использованы для описания их состояний, сравнения проектируемых, планируемых или применяемых объектов изучения на основании данных их технических заданий, паспортов и процедур без использования длительной наработки экспериментальных или эксплуатационных данных.

Предложенный на основании модели идеальной технической системы подход анализа количественных закономерностей позволяет провести оценку и анализ преимуществ инновационных технологий, сравнительную оценку состояния управления и безопасности технических комплексов, сформировать обоснования для подготовки оптимальных мероприятий для программ и планов по реализации экспериментальных и коммерческих технических проектов, проведения их контроля, модификаций и модернизаций, разработать рекомендации всестороннего анализа в ходе экспертиз. Представлены особенности применения гипотезы уравнивания состояния для анализа реальных технических систем.

Применение вспомогательных подходов для оценки характеристик технических систем позволяет проводить выработку аргументированных управленческих решений на основании всестороннего анализа большего числа свойств и рассматриваемых величин.

Ключевые слова: техническая система, управление, безопасность, кибернетика, сэйфеометрика, принятие решений

Введение

В современном обществе технологический прогресс происходит как в русле совершенствования возможностей человека, применения его знаний и умений, так и в контексте повышения роли и функциональности используемых человеком *технических систем* (далее – ТС) [1, 2]. В ходе развития человеко-машинных систем изменяются их структура и условия осуществления управления и обеспечения безопасности [3]. Человек может принимать непосредственное участие в управлении ТС как элемент локальной системы «человек-машина» (далее – ЧМ), например, водитель транспортного средства, оператор роботизированного станка или осуществлять работу дистанционно, например, управляя дроном, так и спроектировав и запустив автономную ТС, например, для эксплуатации в космосе.

В целях планирования и распределения средств и ресурсов, требуемых и выделяемых на поддержание, использование ТС по прямому назначению (согласно техническому заданию, проектной документации и др.) необходимо знать и анализировать состояние ТС, ЧМ, уровень старения, износа оборудования и др. Для этого применяются различные методики анализа их элементов, узлов и систем. Использование раз-

носторонних аналитических подходов кибернетики позволяет принимать обоснованные управленческие решения в отношении функционирования техники производств и организаций.

Об оценке управления и безопасности по уравниванию состояния ТС

В инженерной практике, кроме прямых качественных и количественных показателей работоспособности техники, как ориентиров состояния управления и безопасности ТС, для экспертных работ также разрабатываются модели с использованием характеристик проектной документации, нормативных требований, эксплуатационных данных и т.п. [4]. При проведении надзорной, контрольной работы в существующих подходах для анализа и оценки безопасности и управления элементами и системами оборудования, например, в контексте атомной промышленности, имеются возможности цифрового представления и обработки данных (с группировкой по свойствам или в виде разбиения характеристик по диапазонам или интервалам изменения), например, индикаторов безопасности атомных станций [5], 9 индикаторов методик в Канаде и 7 направлений рассмотрения в США [6], 5 классов опасности в нормативах России [7]. Специа-

листы по проектированию, строительству, эксплуатации и контролю техники используют различные рекомендации для проведения оценок планирования и проведения технологических работ с оборудованием. Для успешного управления и обеспечения безопасности в ТС, рассмотрения состояния элементов, систем и связей в ТС планируются и осуществляются различные контрольные мероприятия.

В ходе работ по проведению экспертиз и оценок оборудования специалисты часто сталкиваются с проблемами классификации данных (требуется их оптимизация по каждому свойству и важности для исследования), формирования подборок параметров с одинаковой размерностью (для осуществления их количественного анализа, сравнения), вынужденностью использования универсальных метрик для обработки данных разной размерности (переходят к применению качественных оценок и шкал). Следует заметить, что помимо физических величин, многие характеристики ТС имеют либо размерность количества их единиц (ед.), либо могут быть оценены в относительных единицах (отн. ед.).

Для описания свойств ТС можно использовать данные из технического задания и описания технологии, требований по эксплуатации, обслуживанию, например, как показано в [8] количество *рабочих систем* (далее – РС), количество *систем безопасности* (далее – СБ) для обеспечения управления и безопасности ТС и т.д. Рассмотрение систем можно проводить в разрезе анализа состояния ТС и возможностей связей между элементами ТС (в части их коммутации, прохождения сигналов и информации). Так, например, для оценки уровня управления и обеспечения безопасности будут играть роль критическое (максимальное) количество РС для обслуживания (в контексте способности это сделать), критическое (минимальное) количество СБ – для обеспечения безопасности ТС. При фактическом использовании меньшего количества РС, чем по проекту, оборудование может не справиться с заданным (проектным) функционалом. При большем количестве СБ – в ТС образуется *запас безопасности* (далее – ЗБ) [8], возможность дублирования элементов, при меньшем – систем управления будет недостаточно. Аналогичные оценки можно провести в отношении усиления внутренних свойств ТС (устойчивости к внешним воздействиям, самовосстановлению и др.), уменьшения или усиления эффектов синергии в ходе управления при работе нескольких СБ, формирования в проекте ТС эмерджентных [2] возможностей (для контроля и управления) и т.д.

В статье предлагается эмпирический подход (на основании наблюдений и анализа в производственной среде с параметрами разной размерности) оценки состояния управления и безопасности, вспомогательный к уже существующим методам. Его использование не требует ожидания сбора результатов и данных эксплуатационного опыта. Подход может быть применен для любой сферы промышленно-

сти, в атомной энергетике, используемой техники и технологий. В методе используется количественная корреляция (соотношение) величин (до 10 характеристик) для оценки состояния ТС в контексте концепции сэйфеометрика (подробно в [8]) как для описания свойств оборудования, так и системы ЧМ (в разрезе вопросов *культуры безопасности* (далее – КБ) [9]). Все расчетные величины входят в состав описания модели – *гипотезы уравнения состояния идеальной ТС* (далее – ГУИ) [10]. Здесь не рассматривается влияние связей между элементами. Этот вопрос будет пояснен в контексте анализа состояния реальных ТС.

Методология

Для применения любого аналитического подхода и метода для начала проведения оценки всегда требуется проведение предварительного сбора первичных данных. При указанных для ГУИ предположениях [8, 10] состояние любой ТС в любое время можно гипотетически представить уравнениями следующего вида (уравнения состояния идеальной ТС (структура выражения, его мультипликативность, элементы описаны в [8]), там же пояснены составные величины, параметры):

$$\frac{N_{PC} \times Q}{M_{\Phi}} = \zeta \times L \times R_{CSC} \times R_{ISC}, \quad (1)$$

$$\frac{\alpha \times Q}{\tau} = \zeta \times L \times R_{CSC} \times R_{ISC}, \quad (2)$$

где N_{PC} , ед. – количество РС; N_{CB} , ед. – количество СБ для рассматриваемого технического объекта; M_{Φ} , ед. – количество проектных или запроектных (предписанных событий или отказов и т.п. для этого технического объекта) факторов опасности (на усмотрение эксперта); Q , отн. ед. – уровень безопасности ТС (*негэнтропия* [11] ТС или информация о безопасности или состоянии управления; $\alpha = N_{CB}/M_{\Phi}$, отн. ед. – степень опасности; $\tau = N_{CB}/N_{PC}$, отн. ед. – уровень технической оснащенности СБ; L , отн. ед. – показатель независимости работы ТС от ЧФ, характеризуется степенью автономности, показывает долю автоматизированных процедур; ζ , отн. ед. – запроектный коэффициент, потенциал, который характеризует ЗБ проекта, возможность его улучшения при модификациях или модернизациях; R_{CSC} , отн. ед. – показатель организационной (коллективной) КБ; R_{ISC} , отн. ед. – показатель индивидуальной (персональной) КБ.

ГУИ также позволяет сравнить негэнтропию [11] состояний разных элементов, систем, провести анализ приоритетного внимания для сравнения элемент-элемент, система-система, элемент-система. Исследование проводится для конкретных признаков и характеристик внутренних и внешних свойств ТС (одинаковых или различных). По результатам сравнения можно сформулировать априорные требования и критерии к оптимальным техническим условиям, оценить приемлемые внешние

условия функционирования, определить требования к подготовке персонала (отдельным специалистам и/или группе сотрудников), организационной структуре, а также подходящие или критические требования к автоматизации или диапазону приемлемого влияния *человеческого фактора* (далее – ЧФ) [9]. Предлагаемые изменения необходимо стремиться реализовать в виде изменений проекта ТС, должной подготовки сотрудников.

Для начала использования этого подхода необходимо, как и для существующих методов, произвести идентификацию имеющихся в технологиях проекта ТС элементов, систем, оборудования. Характеристики проекта ТС по ГУИ можно получить из технической документации на технологию, а также с использованием дополнительных методик по оценке КБ в системе ЧМ для конкретной ТС.

Требуется выбрать *основную характеристику* (далее – ОХ) для анализа, например, Q и выразить её из уравнений (1) или (2) через остальные переменные. Расчеты величин следует проводить с установленной экспертом для анализа точностью или в диапазоне измерений. Некоторые характеристики можно зафиксировать с конкретными численными значениями (постоянными), но хотя бы одна характеристика должна быть переменной для получения корреляций. Результатом исследования будет набор ОХ, определенных для различных элементов, систем, оборудования ТС, либо для оценки можно получить изменение ОХ для одного и того же элемента, системы, оборудования ТС (например, для разных состояний Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 отношения: $Q_1/Q_2, Q_2/Q_3, Q_3/Q_4$).

Результаты экспертных априорных оценок должны быть отражены и представлены, как требования или условия ввода в эксплуатацию ТС. До начала эксплуатации следует представить технические возможности компенсации установленных негативных оценок и «слабых звеньев» в проекте ТС. В зависимости от плановых сроков реализации проекта ТС необходимо подготовить план по компенсации выявленных недостатков и устойчивого функционирования с неустраненными замечаниями.

В ходе эксплуатации первоначальный анализ проекта ТС, его реализации, функционала, роли и влияния элементов и систем на состояние управления, безопасности и контроля технологий в ТС необходимо в дальнейшем проверять и проводить переоценки. Полученные аналитические материалы следует использовать для формирования эксплуатационных программ и планов, сроков технологических работ, диагностики, обслуживания, ремонтов и т.д. Для проведения этих работ требуется планировать выделения и расходования финансирования, средств, ресурсов, материалов и т.п. Особое внимание необходимо уделить мероприятиям по работе с персоналом, его подготовке и повышению квалификации, улучшению организационных факторов управления для эргатических систем, проводить повышение уровня взаимодействий и слаживания между работниками, отработку командных действий и др.

Об экспертных оценках реальных ТС

В модели идеальной ТС не рассматриваются связи между ее частями [10]. Однако для реальных объектов анализа изменения структуры в системе оказывают влияние на состояние ТС и могут изменяться со временем. Для проведения экспертных оценок фактических ТС можно далее описать *гипотезу уравнения состояния реальной ТС*, т.е. в реальных условиях (далее – ГУР), ее функционирования с негэнтропией Q' и количеством РС N' . Эффекты синергии (беспорогового усиления, достижения суммарного эффекта, результата) при слаженной работе, уменьшении влияния ЧФ будут определять поправку для повышения (до практического значения) негэнтропии: $Q'=Q+\Delta Q$. Также повышение уровня автоматизации снижает влияние ЧФ при уменьшении количества систем ЧМ. Поскольку с ростом числа РС негэнтропия комплекса понижается, то в реальной ТС из-за влияния связей может проявляться снижение ее возможностей (ЗБ, резервов): $N'=N-\Delta N$. С учетом этих изменений из (1) можно получить для ГУР:

$$Q' \times N' = (Q + \Delta Q) \times (N - \Delta N) = \text{const.} \quad (3)$$

Величины ΔQ и ΔN для каждой системы индивидуальны и зависят от характера адаптации ТС к изменению количества РС. При различных условиях функционирования ТС гипотетические эмпирические случаи для ГУР могут быть схематично представлены в виде, например, кривых 7-го порядка (рис. 1–3). В отличие от гиперболы ГУИ (1), количество «перепадов» (переходов величины из минимума к максимуму) Q для реальной ТС в зоне с *недостатком безопасности* (далее – НБ) [8] будет определяться структурными, организационно-техническими характеристиками и изменениями ТС, организаций работы систем ЧМ и т.п. Это является причиной формирования «слабых звеньев» в ТС (временных или постоянных).

Для состояний ТС на рисунке 1 предположительно продолжительная приработка нового оборудования, из-за чего происходят частые случаи *потери управления* (далее – ПУ) [12], «сброс» уровня негэнтропии до базового уровня. После этого происходит полное возобновление контроля, восстановление рабочих режимов, связей управления. КБ в такой ЧМ системе не увеличивается (неизменна или понижается), заметно проявляется влияние ЧФ. Состояние с $Q_{\min}$ будет соответствовать режиму функционирования самого надежного оборудования в ТС, максимальному влиянию ЧФ, минимальной автоматизации. Также существенное уменьшение негэнтропии могло бы проявляться при включении в ТС удаленных РС и (или) СБ, которые для управления и работы требуют синхронизации, настройки, координации с уже существующей (для проектного распределения СБ) в ТС схемой оборудования *глубокоэшелонированной защиты* (далее – ГЭЗ) [13].

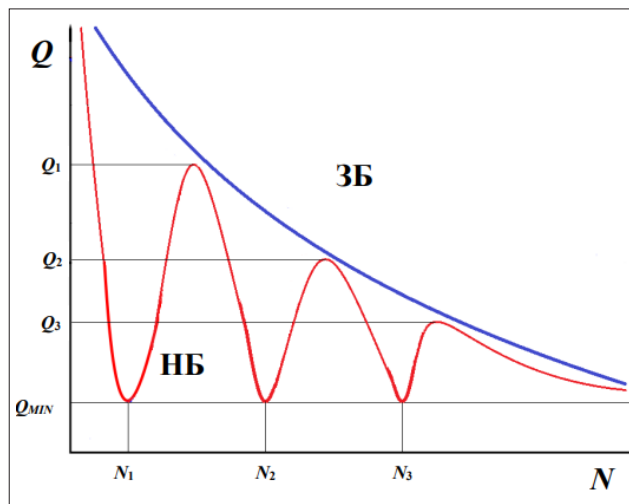


Рисунок 1. Схематичное изменение состояния ТС с проявлением ПУ

ТС на рисунке 2 очевидно будет проявлять наращивание своих функциональных возможностей, потенциала по управлению и обеспечению безопасности (из-за тенденции перехода состояния из зоны НБ в ЗБ) без ПУ и при возможной синергии работы элементов ТС, переход ТС из ЗБ в НБ может происходить из-за низкой или неизменной индивидуальной КБ, при которой персонал не успевает приспособиться к изменению состояния ТС из-за влияния ЧФ, низкой организационной КБ.

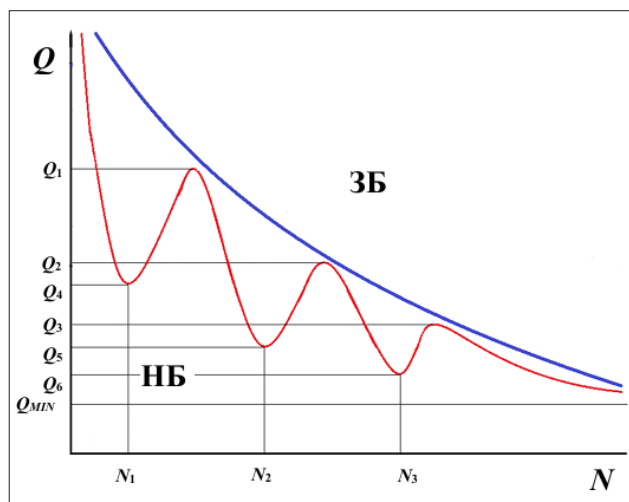


Рисунок 2. Схематичное изменение состояния ТС без ПУ и с низким уровнем КБ

ТС на рисунке 3 предположительно будет демонстрировать усиление свойств управления без необходимости существенной приработки новых элементов и без ПУ, поэтому очевидно наличие в управлении и обеспечении безопасности синергии и (или) эмерджентности из-за увеличения числа и роли связей для контроля, повышения КБ с минимумом влияния ЧФ.

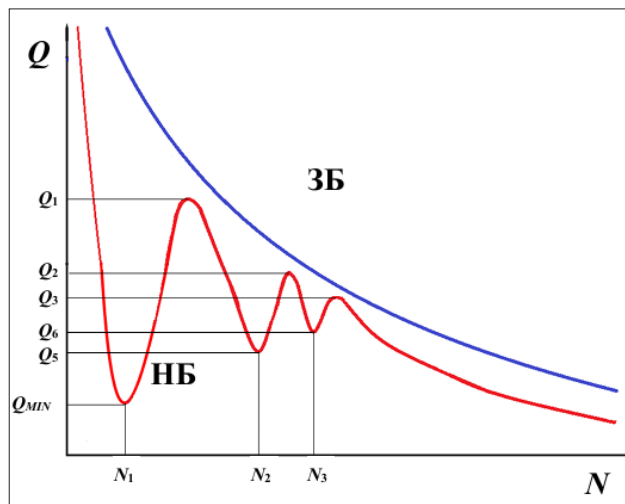


Рисунок 3. Схематичное изменение состояния ТС без ПУ и с высоким уровнем КБ

Наиболее простым для рассмотрения и интерпретации будет случай единичного «перепада» Q (с одним минимумом и одним максимумом) при изменении количества РС в техническом комплексе. Для этого (3) можно записать в виде эмпирического уравнения 3-го порядка:

$$(Q + \rho_Q/N^2) \times (N - \rho_N) = \text{const}. \quad (4)$$

Размерности ΔQ и ΔN : $[\rho_Q/N^2] = [Q]$, $[\rho_N] = [N]$ (коэффициенты ρ_Q и ρ_N (в общем случае для уравнений i -го порядка ($i=3,5,7,\dots$)) для каждого комплекса (структуры) определяются особенностями каждой системы).

Причиной представленного изменения состояний ТС может быть, например, и то, что в ГЭС ТС ближайшие и дальние связи с РС (и/или) СБ не будут эквивалентными из-за пространственного распределения элементов систем, неидентичного их включения в систему управления ТС (по виду коммуникации, приоритетности, различий в снабжении, обеспечении работы и т.п.). Это будет влиять на возможности проведения замен, использования резервов, дублирования, путей технологического обхода (байпаса). Следствие этого – влияния между РС в реальных ТС могут быть неважными.

Заключение

Применение в кибернетике разных подходов для оценки и анализа уровня управления и обеспечения безопасности ТС позволяет создать аргументированное, обоснованное информационное поле для формирования всестороннего компетентного мнения и принятия решения по вопросам использования и функционирования технологий, систем ЧМ. Новизной исследования (новой методологией в кибернетике) является рассмотрение управления техникой, эргати-

ческих систем в разрезе анализа их характеристик с учетом реальных ТС, что предоставляет дополнительные возможности для экспертных оценок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хубка, В. Теория технических систем / В. Хубка. Москва : Мир, 1987. 208 с.
2. Качала, В. В. Основы теории систем и системного анализа / В. В. Качала. Москва : Горячая линия – Телеком, 2012. 210 с.
3. Колешко, В. М. Значение фактора неопределенности цели в интеллектуальных технологиях научного поиска / В. М. Колешко, А. В. Гулай, В. А. Гулай // Вестник БНТУ. 2008. № 6. С. 72–80. URL: <https://rep.bntu.by/handle/data/7390> (дата обращения: 27.02.2026).
4. Кириллов, Н. П. Концептуальные модели технических систем с управляемыми состояниями: обзор и анализ / Н. П. Кириллов // Искусственный интеллект и принятие решений. 2011. № 4. С. 81–91. URL: <https://www.mathnet.ru/rus/iipr480> (дата обращения: 27.02.2026).
5. Operational safety performance indicators for nuclear power plants. International Atomic Energy Agency. TECDOC Series. Vol. 1141. Vienna : IAEA, 2000. 84 p. URL: <http://www.iaea.org/publications/5945/operational-safety-performance-indicators-for-nuclear-power-plants> (date of access: 27.02.2026).
6. Шарафутдинов, Р. Б. Использование систем индикаторов безопасности зарубежными органами регулирования ядерной и радиационной безопасности / Р. Б. Шарафутдинов, Л. А. Кузнецов, Т. Ю. Богданова // Ядерная и радиационная безопасность. 2008. № 2. С. 5–9. URL: <https://nrs-journal.ru/sections/articles/ispolzovanie-sistem-indikatorov-bezopasnosti-zarubezhnymi-organami-regulirovaniya-yadernoy-i-radiats/> (дата обращения: 27.02.2026).
7. Хамаза, А. А. Предложения по внедрению риск-ориентированного подхода в контрольно-надзорной деятельности в области использования атомной энергии / А. А. Хамаза // Ядерная и радиационная безопасность. 2016. № 1. С. 1–6. URL: <https://nrs-journal.ru/sections/articles/predlozheniya-po-vnedreniyu-risk-orientirovannogo-podkhoda-v-kontrolno-nadzornoj-deyatelnosti-v-obla/> (дата обращения: 27.02.2026).
8. Лобач, Д. И. О развитии подходов оценки безопасности технических систем / Д. И. Лобач // Cifra. Информационные технологии и телекоммуникации. 2025. № 4 (8). DOI: <https://doi.org/10.60797/itech.2025.8.3>.
9. Абрамова, В. Н. Организационная психология, организационная культура и культура безопасности в атомной энергетике / В. Н. Абрамова. Москва ; Обнинск : ИГ–СОЦИН, 2009. Ч. 1 : Психология и методы оценки организационной культуры и культуры безопасности на атомных станциях. 257 с.
10. Лобач, Д. И. О гипотезе уравнивания состояния технической системы / Д. И. Лобач // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2024. Т. 51, №4. С. 112–122. DOI: 10.21822/2073-6185-2024-51-4-112-122.
11. Лотоцкий, В. Л. Энтропия и неэнтропия / В. Л. Лотоцкий // Перспективы науки и образования. Международный электронный научный журнал. 2017. № 1 (25). С. 20–23. URL: <https://pnojurnal.wordpress.com/archive/17-01/> (дата обращения: 27.02.2026).
12. Лобач, Д. И. Онтология дуализма безопасности технической системы / Д. И. Лобач // Онтология проектирования. 2025. Т. 15, № 3 (57). С. 309–323. DOI: 10.18287/2223-9537-2025-15-3-309-323.
13. IAEA Nuclear Safety and Security Glossary. Terminology Used in Nuclear Safety, Nuclear Security, Radiation Protection and Emergency Preparedness and Response. IAEA/NSS/GLO. Vienna : IAEA, 2022. 246 p. DOI: [org/10.61092/iaea.rrxi-t56z](https://doi.org/10.61092/iaea.rrxi-t56z).

REFERENCES

1. Hubka V. Teoriya tehniceskikh sistem [Theory of technical systems]. Moscow: Mir; 1987. 208 p. (in Russian).
2. Kachala V.V. Osnovy teorii sistem i sistemnogo analiza. [Fundamentals of systems theory and system analysis]. Moscow: Goryachaya liniya – Telekom; 2012. 210 p. (in Russian).
3. Koleshko V.M., Gulaj A.V., Gulaj V.A. Znachenie faktora neopredelennosti celi v intellektnyh tehnologiyah nauchnogo poiska [The importance of the goal uncertainty factor in intelligent scientific research technologies]. Vestnik BNTU [Bulletin of the BNTU]. 2008;6:72–80 (in Russian). Available at: <https://rep.bntu.by/handle/data/7390> (accessed 27 February 2026).
4. Kirillov N.P. Conceptual models and properties of technical systems with operated conditions (the review and the analysis). Artificial Intelligence and Decision Making. 2011;4:81–91 (in Russian). Available at: <https://www.mathnet.ru/eng/iipr480> (accessed 27 February 2026).
5. Operational Safety Performance Indicators for Nuclear Power Plants. International Atomic Energy Agency. TECDOC;1141. Vienna: IAEA; 2000. 84 p. Available at: <http://www.iaea.org/publications/5945/operational-safety-performance-indicators-for-nuclear-power-plants> (accessed 27 February 2026).

6. Sharafutdinov R.B., Kuznecov L.A., Bogdanova T.Yu. Ispol'zovanie sistem indikatorov bezopasnosti zarubezhnymi organami regulirovaniya jadernoj i radiacionnoj bezopasnosti [The use of safety indicator systems by foreign regulatory bodies of nuclear and radiation safety]. Nuclear and Radiation Safety Journal. 2008;2:5–9 (in Russian). Available at: <https://nrs-journal.ru/sections/articles/ispolzovanie-sistem-indikatorov-bezopasnosti-zarubezhnymi-organami-regulirovaniya-yadernoy-i-radiats/> (accessed 27 February 2026).
7. Khamaza A. Proposals on the implementation of risk-informed approach for control and supervision in the field of use atomic energy. Nuclear and Radiation Safety Journal. 2016;1:1–6 (in Russian). Available at: <https://nrs-journal.ru/sections/articles/predlozheniya-po-vnedreniyu-risk-orientirovannogo-podkhoda-v-kontrolno-nadzornoy-deyatelnosti-v-obra/> (accessed 27 February 2026).
8. Lobach D.I. On the development of approaches to assessing the technical systems safety. Cifra. Information technology and telecommunications. 2025;4(8) (in Russian). <https://doi.org/10.60797/itech.2025.8.3>.
9. Abramova V.N. Organizacionnaja psihologija, organizacionnaja kul'tura i kul'tura bezopasnosti v atomnoj energetike [Organizational psychology, organizational culture and safety culture in atomic energy]. Part 1. Moscow; Obninsk: IG–SOCIN; 2009. 257 p. (in Russian).
10. Lobach D.I. On the hypothesis of the equation for technical system state. Herald of Dagestan State Technical University. Technical Sciences. 2024;51(4):112–122 (in Russian). <https://doi.org/10.21822/2073-6185-2024-51-4-112-122>.
11. Lototsky V.L. Entropy and negentropy. Perspectives of Science & Education. International Scientific Electronic Journal. 2017;1(25):20–23 (in Russian). Available at: <https://pnojurnal.wordpress.com/archive/17-01/> (accessed 27 February 2026).
12. Lobach D.I. An ontological model of the dual nature of safety in technical systems. Ontology of designing. 2025;15(3):309–323 (in Russian). <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2025-15-3-309-323>.
13. IAEA Nuclear Safety and Security Glossary. Terminology Used in Nuclear Safety, Nuclear Security, Radiation Protection and Emergency Preparedness and Response. 2022. <https://doi.org/10.61092/iaea.rrxi-t56z>.

D. I. LOBACH

ON THE DEVELOPMENT OF APPROACHES TO ASSESSING THE STATE OF MANAGEMENT IN REAL TECHNICAL SYSTEMS

OJSC «Minsk Gear Plant»
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The purpose of the research is to develop additional capabilities of the cybernetics methodology for conducting numerical assessments and analyzing the state of management, control and safety of technical systems.

The purpose of the study is to formulate and present elements of a methodology for analyzing quantitative patterns for ergatic systems, characteristics of projects of technical systems, equipment, devices, technologies for various fields of industry, nuclear energy, which can be used to describe their conditions, compare projected, planned or applied objects of study based on data from their technical specifications, passports and procedures., without using long-term experimental or operational data.

The quantitative pattern analysis approach proposed on the basis of the ideal technical system model makes it possible to evaluate and analyze the advantages of innovative technologies, to make a comparative assessment of the state of management and safety of technical complexes, to form justifications for the preparation of optimal measures for programs and plans for the implementation of experimental and commercial technical projects, their control, modifications and upgrades, to develop recommendations for a comprehensive analysis in during the examinations. The features of the application of the equation of state hypothesis for the analysis of real technical systems are presented.

The use of auxiliary approaches to evaluate the characteristics of technical systems allows for the development of reasoned management decisions based on a comprehensive analysis of a larger number of properties and quantities under consideration.

Keywords: technical system, management, safety, cybernetics, safeometrics, decision-making

**Лобач Дмитрий Иосифович**

Кандидат технических наук, ведущий инженер по промышленной безопасности, отдел охраны труда. С 2004 по 2024 – работа в Департаменте по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, Национальном банке Республики Беларусь, ОАО «Минский завод шестерен». Принимал участие в рассмотрении технических проектов ядерных установок по вопросам их безопасности, функционирования систем безопасности. В списке научных трудов более 90 работ.

Dmitry I. Lobach

PhD of Engineering, leading engineer on industrial safety, division on labour protection. Since 2004 upon 2024 – working in the Department on Nuclear and Radiation Safety of the Ministry on Emergency Situations of the Republic of Belarus, the National Bank of the Republic of Belarus, OJSC «Minsk Gear Plant». Participated in the reviews of technical projects of nuclear installations on their safety, the functioning of safety systems. Author of more than 90 publications.

E-mail: lobachd@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-5512-0032

ResearcherID: HKN-7220-2023

SPIN 8838-3030

Author ID (РИНЦ): 1177269