УДК 005.63

ТЕОРИЯ ФИЗИЧЕСКИХ АНАЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ СЛОЖНЫМИ СИСТЕМАМИ: ИЗОМОРФИЗМ ТЕХНИЧЕСКИХ, ОРГАНИЗАЦИОННЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

© 2026 В.Н. Козловский

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 31.08.2026

В работе обосновывается вопрос развития новой теории управления сложными системами, которая базируется на фундаментальных законах физики и теории электрических и магнитных цепей.
Ключевые слова: теория физических аналогий, управление качеством, управление организацией, конкурентоспособность.

DOI: 10.37313/1990-5378-2026-28-5-99-103
EDN: PSLUZR

ПРЕАМБУЛА: ЗАЧЕМ НУЖНА НОВАЯ ТЕОРИЯ

Мы живём в странное время. Сложность систем, которыми мы управляем, давно превысила возможности нашего понимания. Предприятие — это уже не цех с проходной, а киберфизическая экосистема с тысячами кросс-функциональных связей. Отрасль — это не набор заводов, а распределённая сеть с волновыми эффектами и скрытой энтропией. Государство — это не аппарат управления, а открытая неравновесная система, в которой циркулируют потоки материалов, денег, информации и доверия.

И при всём этом мы продолжаем управлять этими системами инструментами, разработанными в эпоху, когда слово «компьютер» означало человека с арифмометром. Статистический контроль качества, SWOT-анализ, бюджетирование, экспертные опросы — всё это прекрасные инструменты XX века. Но они работают с симптомами, а не с физикой процессов. Они констатируют факты, а не предсказывают будущее. Они описывают системы разрозненно, а не видят их как единое целое [1 - 3].

«Управлять сложной системой XXI века инструментами века XX — это как лечить пациента с полиорганной недостаточностью пластырем. Помогает только если не смотреть на общую картину.»

Теория физических аналогий в управлении (ТПАУ) — это попытка преодолеть этот разрыв. Не изобрести «ещё один инструмент», а предложить новую онтологию управления — взгляд на предприятие, отрасль, экономику и общество как на физические системы, подчиняющиеся строгим законам сохранения, термодинамики и теории сложных систем [4 - 6].

2. ФИЛОСОФСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ТЕОРИИ

2.1. Главный постулат: принцип вариационного единства

Фундамент теории — принцип вариационного единства сложных потоковых систем. Он утверждает: любая открытая неравновесная система, в которой циркулируют потоки (материальные, финансовые, информационные, социальные), подчиняется единым вариационным принципам, описываемым функционалом действия и уравнениями Эйлера-Лагранжа.

В линейном приближении эти уравнения тождественны уравнениям теории электрических цепей, термодинамики и теории магнитных цепей. Это не метафора. Это математическое следствие единой природы потоковых процессов.

«Когда две разные системы описываются одними и теми же уравнениями — это не совпадение. Это природа намекает, что мы на правильном пути.»

2.2. Три домена единой теории

Теория охватывает три взаимосвязанных домена:

Технический домен — потоки качества, материалов, информации на уровне процессов и предприятий. Здесь работают методы узловых потенциалов, контурных токов, длинных линий качества.

Организационный домен — потоки управленческих воздействий, культурные процессы, сопротивление изменениям. Здесь работают методы термодинамического анализа и теории магнитных цепей культуры.

Экономический домен — потоки стоимости, капитала, транзакционных издержек. Здесь работают методы экономического моделирования на базе тех же физических принципов.

Козловский Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой.
E-mail: Kozlovskiy-76@mail.ru

Ключевое достижение теории — строгое математическое обоснование связи между доменами через систему коэффициентов трансформации, имеющих физическую размерность и рассчитываемых через объективные показатели.

2.3. Законы сохранения для управленческих систем

Теория формулирует три инварианта, которым должна подчиняться любая управленческая модель:

Инвариант 1 (баланс потоков) — аналог первого закона Кирхгофа. Сумма входящих и исходящих потоков в любом узле системы равна нулю. Нельзя создать ценность из ничего и нельзя уничтожить её бесследно.

Инвариант 2 (баланс мощностей) — аналог первого начала термодинамики. Сумма генерируемой мощности равна сумме потребляемой мощности и диссипативных потерь. Нельзя получить результат без затрат.

Инвариант 3 (неотрицательность энтропии) — аналог второго начала термодинамики. Система не может самопроизвольно снижать энтропию без совершения внешней работы. Нельзя улучшить качество без инвестиций.

Эти инварианты — не просто красивые слова. Это аксиоматический фильтр, через который проходит любое управленческое решение. Если решение нарушает хотя бы один инвариант — оно физически невозможное, какие бы красивые слайды его ни сопровождали.

3. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ТЕОРИИ

3.1. Система специализированных единиц измерения

Теория вводит три системы единиц, обеспечивающие размерностную согласованность моделей:

Технические единицы: клн (квалин) — поток качества, клВ (кваливольт) — работа по преобразованию качества, клОм (квалиом) — сопротивление процесса, клГн (квалигенри) — инерционность, клФ (квалифарад) — буферная ёмкость, клК (кваликельвин) — организационная температура, клЭн (квалиэнтроп) — квали-энтропия.

Экономические единицы: эконА, эконВ, эконОм, эконГн, эконФ, эконК, эконЭн — экономические аналоги технических величин.

Отраслевые единицы: брА, брВ, брОм, брГн, брФ, брК, брЭн — масштабированные на макроуровень параметры.

Размерностная согласованность — это не формальность. Это защита от математических манипуляций. Если в расчёте складываются рубли с тоннами — система сразу скажет: «Стоп. Так не бывает».

3.2. Ключевые физические концепции

Организационная температура (Torg) — мера стресса, волатильности, перегрузки системы. При превышении критического порога система переходит в режим необратимой деградации.

Квали-энтропия (σ) — мера накопленного хаоса, скрытого брака, технического долга. Растёт лавинообразно при высокой температуре и недостаточных ресурсах на контроль.

Волновое сопротивление и коэффициент отражения (Zc, Г) — параметры, описывающие распространение возмущений в распределённых системах. Позволяют предсказывать каскадные сбои в цепочках поставок.

Вихревые токи (Peddy) — паразитные потери на бюрократию при частых изменениях стратегии. Математически описываются через теорию магнитных цепей.

Ударный ток коммутации (Imax) — пиковый бросок сопротивления при резком внедрении изменений. Объясняет, почему революционные реформы часто приводят к коллапсу.

Коэрцитивная сила (Hc) — мера сопротивления укоренившихся практик изменениям. Объясняет, почему некоторые организации не способны к трансформации.

Все эти концепции получили строгие математические формулировки и практические инструменты измерения.

3.3. Методы анализа и синтеза

Теория предлагает полный набор методов, адаптированных из теоретической электротехники и термодинамики:

МЗК (метод по законам Кирхгофа) — верификация структурной целостности;

МУП (метод узловых потенциалов) — выявление «узких мест»;

МКТ (метод контурных токов) — анализ кросс-функциональных процессов;

МЭК (метод эквивалентных преобразований) — сценарный анализ;

МПП (метод переходных процессов) — расчёт времени адаптации;

МДЛК (метод длинных линий качества) — моделирование распределённых систем;

МТАК (метод термодинамического анализа) — оценка скрытой деградации;

МАВУТ (метод анализа вихревых и ударных токов) — управление изменениями;

Quality-PINN, Macro-PINN, Econ-PINN, QoL-PINN — физически обоснованный ИИ.

Каждый метод имеет строгое математическое обоснование, практические инструменты применения и верифицируемые результаты.

4. ПРАКТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ: ОТ ТЕОРИИ К ДЕЙСТВИЮ

4.1. Универсальный инструмент диагностики

Методика экспертно-параметрического аудита и трансформации процессов — это «мостик» между теорией и практикой. Она позволяет трём группам экспертов (инженерам, экономистам, организаторам) работать со своими «родными» метриками, но через строгий математический аппарат все оценки сходятся в единые физические параметры.

Каждый параметр имеет три независимых источника измерения, что обеспечивает перекрёстную верификацию. Если расхождение между доменами превышает 15% — это сигнал о скрытом факторе, требующем дополнительного анализа.

4.2. Каталог стандартизированных решений

Теория не просто диагностирует — она предлагает решения. Каталог содержит стандартизированные мероприятия для каждой выявленной аномалии, с расчётом ожидаемого эффекта через изменение физических параметров.

«Диагноз без лечения — это просто констатация факта. Теория даёт и то, и другое.»

4.3. Аксиоматическая верификация результатов

Любое внедрённое решение проходит проверку на соответствие трём инвариантам. Это исключает возможность «приписок» и манипуляций с метриками. Если заявленное улучшение нарушает законы сохранения — оно не будет принято, какими бы красивыми ни были отчёты.

5. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ: ОТ ЦЕХА ДО ГОСУДАРСТВА

5.1. Управление предприятием

Теория обеспечивает сквозную интеграцию технического, организационного и экономического управления. Вместо разрозненных KPI — единая физическая модель предприятия, где каждое решение имеет тройное обоснование.

5.2. Отраслевое управление

Масштабирование на уровень отраслей через введение отраслевых параметров (брОм, брГн, брК и т.д.). Теория позволяет ранжировать отрасли по интегральному индексу устойчивости, прогнозировать их развитие, выявлять скрытые угрозы.

Рейтинг отраслей России показал, что атомная энергетика, ОПК, авиастроение и IT имеют максимальный потенциал применения теории, а микроэлектроника и станкостроение требуют мобилизационного подхода.

5.3. Макроэкономическое управление

Теория масштабируется на уровень государства через введение национальных параметров (Rnat, Lnat, Cnat, Tnat, σnat). Это позволяет строить рейтинги стран, свободные от идеологической предвзятости традиционных индексов.

Сравнительный анализ 50 стран показал, что традиционные рейтинги (WEF, HDI, WGI) страдают ретроспективностью и субъективизмом, тогда как теория физических аналогий даёт предиктивную, физически обоснованную оценку.

5.4. Качество жизни

Теория применяется для оценки качества жизни через интегральный индекс ИКЖ, учитывающий поток возможностей, барьеры доступа, социальный стресс и энтропию. Рейтинг качества жизни показывает парадоксы, невидимые для традиционных индексов.

5.5. Новые сферы применения

Теория нашла неожиданные применения в:

Логистике — предиктивное управление трансконтинентальными коридорами;

Энергетике — предотвращение каскадных аварий в Smart Grid;

Финансах — стресс-тестирование макропруденциальными методами;

Урбанистике — управление мегаполисами как физическими системами;

Здравоохранении — предиктивное управление сетями клиник;

Экологии — физика «зелёного» перехода;

Социологии — «социальный термометр» через цифровые следы.

6. МЕСТО В СИСТЕМЕ МИРОВЫХ ТЕОРИЙ

6.1. Сравнение с существующими подходами

Теория не заменяет существующие подходы (Lean, Six Sigma, TOC, системную динамику), а надстраивается над ними, обеспечивая физический фундамент, которого им не хватало (Таблица 1).

Таблица 1. Отличительные особенности предлагаемых решений

Подход	Что даёт	Чего не даёт	Вклад ТПАУ
Lean/TPS	Локальная эффективность	Распределённые системы	Волновой анализ
Six Sigma	Снижение вариации	Предикция	Физическая предикция
TOC	Выявление узких мест	Количественная оценка	Математический аппарат
Системная динамика	Поведение систем	Физическая строгость	Законы сохранения
Традиционный AI	Прогнозы	Объяснимость	Quality-PINN

6.2. Научная новизна

Теория содержит несколько принципиально новых положений: принцип вариационного единства сложных потоковых систем; система специализированных единиц для управленческих систем; концепция квали-энтропии и организационной температуры; теория длинных линий качества для распределённых систем; теория магнитных цепей культуры для управления изменениями; архитектура физически обоснованного ИИ (PINN-семейство); система коэффициентов трансформации между доменами; аксиоматическая верификация управленческих решений

7. КРИТИЧЕСКИЙ ВЗГЛЯД: ОГРАНИЧЕНИЯ ТЕОРИИ

Научная добросовестность требует честно признать ограничения:

Редукционизм. Социальные системы обладают эмерджентными свойствами, не всегда сводимыми к физическим аналогиям. Творческие прорывы, корпоративная мифология, неформальные лидерства плохо описываются через индуктивность или энтропию.

Проблема параметризации. Первичные параметры зависят от экспертных оценок, что вносит систематическую погрешность. Требуется калибровка по историческим данным.

Отсутствие масштабной эмпирической верификации. Теория прошла математическую и логическую верификацию, но требует масштабных пилотных внедрений с независимой оценкой результатов.

Высокий порог входа. Требует знания теоретической электротехники и термодинамики. Решение — продуктизация в виде ПО с интуитивным интерфейсом.

Стохастическая природа некоторых процессов. Рыночные шоки, геополитические события плохо описываются детерминированными уравнениями. Требуется развитие стохастической термодинамики.

«Хорошая теория не боится критики. Она боится догматизма. Поэтому мы честно говорим о границах применимости — это не слабость, а зрелость.»

8. РАЗВИТИЕ

8.1. Научное развитие: развитие нелинейных моделей для описания пороговых эффектов; интеграция стохастической термодинамики; развитие агентного моделирования для эмерджентных явлений; создание гибридных моделей: детерминированных + стохастических + агентных

9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ: ФИЗИКА КАК НОВЫЙ ЯЗЫК УПРАВЛЕНИЯ

Теория физических аналогий в управлении — это не «ещё одна методология». Это новая парадигма, предлагающая взгляд на управление сложными системами как на раздел прикладной физики.

Её главное достижение — создание единого языка, на котором могут говорить инженеры, экономисты, организаторы, социологи, военные стратеги. Языка, основанного не на субъективных мнениях, а на строгих физических законах.

Её главная ценность — предиктивность. Теория позволяет не констатировать факты, а предсказывать будущее. Не реагировать на кризисы, а предотвращать их. Не оптимизировать локально, а проектировать глобально.

Её главный вызов — внедрение. Теория требует институциональных изменений, подготовки кадров, политической воли. Это не вопрос нескольких месяцев — это вопрос нескольких лет.

«Управление — это не искусство. Это инженерия. И как в любой инженерии, здесь важны не красивые слова, а точные расчёты. Теория физических аналогий даёт нам эти расчёты. Остальное — дело политической воли, управленческого мастерства и, чего уж греха таить, простой человеческой смелости менять то, что не работает.»

Для России, находящейся в условиях структурной трансформации и беспрецедентного внешнего давления, внедрение теории — это не просто техническая инновация. Это стратегический императив обеспечения технологического суверенитета и опережающего развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Козловский, В.Н.* Обеспечение качества и надежности системы электрооборудования автомобилей: автореф. дисс. … докт. техн. наук / В.Н. Козловский. – Моск. гос. автомобил.-дорож. ин-т (техн. ун-т). – Тольятти, 2010.
2. *Козловский, В.Н.* Цифровая среда поддержки управления конкурентоспособностью / В.Н. Козловский, Д.В. Айдаров, Д.И. Панюков, М.М. Васильев // Стандарты и качество. – 2018. – № 6. – С. 86-89.
3. *Козловский, В.Н.* Стратегическое планирование конкурентоспособности с точки зрения качества / В.Н. Козловский, С.А. Шанин, Д.И. Панюков // Стандарты и качество. – 2017. – № 3. – С. 76-80.
4. *Немцев, А.Д.* Моделирование - инструмент управления качеством продукции / А.Д. Немцев, В.Н. Козловский // Автомобильная промышленность. – 2003. – № 10. – С. 1
5. *Козловский, В.Н.* Концепция методологии комплексной программы улучшений / В.Н. Козловский, Д.И. Благовещенский, Д.В. Айдаров, Д.И. Панюков, Р.Д. Фарисов // Стандарты и качество. – 2022. – № 7. – С. 36-42.
6. *Козловский, В.Н.* Аналогии применения теории электрических цепей в управлении качеством продукции / В.Н. Козловский, И.А. Беляева, А.С. Клентак, В.Г. Мосин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 8. – С. 104-106.

THEORY OF PHYSICAL ANALOGIES IN COMPLEX SYSTEMS MANAGEMENT: ISOMORPHISM OF TECHNICAL, ORGANIZATIONAL, AND ECONOMIC PROCESSES

© 2026 V.N. Kozlovsky

Samara State Technical University, Samara, Russia

This paper explores the development of a new theory of complex systems management based on the fundamental laws of physics and the theory of electric and magnetic circuits.

Keywords: theory of physical analogies, quality management, organizational management, competitiveness.

DOI: 10.37313/1990-5378-2026-28-5-99-103
EDN: PSLUZR

REFERENCES

1. *Kozlovskij, V.N.* Obespechenie kachestva i nadezhnosti sistemy elektrooborudovanija avtomobilej: avtoref. diss. … dokt. tehn. nauk / V.N. Kozlovskij. – Mosk. gos. avtomobil.-dorozh. in-t (tehn. un-t). – Toljatti, 2010.
2. *Kozlovskij, V.N.* Tsifrovaja sreda podderzhki upravlenija konkurentosposobnostju / V.N. Kozlovskij, D.V. Ajdarov, D.I. Panjukov, M.M. Vasilev // Standarty i kachestvo. – 2018. – № 6. – S. 86-89.
3. *Kozlovskij, V.N.* Strategicheskoe planirovanie konkurentosposobnosti s tochki zrenija kachestva / V.N. Kozlovskij, S.A. Shanin, D.I. Panjukov // Standarty i kachestvo. – 2017. – № 3. – S. 76-80.
4. *Nemtsev, A.D.* Modelirovanie - instrument upravlenija kachestvom produktsii / A.D. Nemtsev, V.N. Kozlovskij // Avtomobilnaja promyshlennost. – 2003. – № 10. – S. 1
5. *Kozlovskij, V.N.* Kontseptsija metodologii kompleksnoj programmy uluchshenij / V.N. Kozlovskij, D.I. Blagoveschenskij, D.V. Ajdarov, D.I. Panjukov, R.D. Farisov // Standarty i kachestvo. – 2022. – № 7. – S. 36-42.
6. *Kozlovskij, V.N.* Analogii primenenija teorii elektricheskih tsepej v upravlenii kachestvom produktsii / V.N. Kozlovskij, I.A. Beljaeva, A.S. Klentak, V.G. Mosin // Izvestija Tulskogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki. – 2024. – № 8. – S. 104-106.

Vladimir Kozlovsky, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department. E-mail: Kozlovskiy-76@mail.ru