

Буданов В.Г., Кутин В.Н., Хохлова М.Н.

# КОГНИТИВНЫЙ КОЛЛЕКТИВНЫЙ КОНВЕРГЕНТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ

## АБСТРАКТ

Мировой тренд и глобальный вызов XXI века – цивилизационный транзит с цифровой трансформацией «Индустрии 4.0».

В статье дан анализ принципиальных проблем производственно-технического развития, сформированы требования к методологии и технологиям пересборки трансдисциплинарного инженерного знания. Предложены альтернативные решения и контринтуитивные подходы трансформации реиндустриализации на основе закрывающих технологий Когнитивного Коллективного Конвергентного Инжиниринга – КЗ-Инжиниринга, графо-центричных платформ Цифрогенеза, инструментов, моделей и систем коллективного интеллектуального труда. Решена проблема конфликта в выборе эндогенного и экзогенного познания, исследования и описания систем, так как обеспечена возможность смотреть внутрь «чёрного ящика» и учитывать любые варианты сборки в целое при экзогенном познании систем. КЗ-Инжиниринг – объёмный социосферичный триалектический подход к инженерному знанию о техносфере. Он обеспечивает комплексную реализацию задач *реверс-инжиниринга, рефакторинга, реинжиниринга; роботизации; трансфера; рециклинга; рациотемпоральности; интеллектуализации; конвергентности мирового инженерного знания.*

Методология и технологии КЗ-Инжиниринга неоднократно успешно применены для широкого круга задач естественно-научного характера и гуманитарной сферы. Предельная компактность знаний, достигаемая предлагаемой семантикой КЗ-Инжиниринга, позволит реализовывать проекты пока недоступные даже в теории.

Предлагаемые Россией закрывающие технологии КЗ-Инжиниринга имеют колоссальный общественно-политический ресурс обеспечения технологического суверенитета с потенциалом глобального технологического присоединения.

**Ключевые слова:** *Когнитивный Коллективный Конвергентный Инжиниринг, КЗ-Инжиниринг, цифровая трансформация, Индустрия 4.0, цифровой двойник, цифровой аналог, барьер сложности, Цифрогенез, инженерное знание, графо-центричная платформа, графо-центричная модель, закрывающая технология, онтологии, семантические сети, промышленная революция.*

**Буданов Владимир Григорьевич**, доктор философских наук, кандидат физико-математических наук, руководитель сектора Междисциплинарных проблем научно-технического развития Института философии РАН, budsyn@yandex.ru

**Кутин Владимир Николаевич**, Генеральный директор «ГиперГрафГрупп» (резидент ИНТЦ «Сириус»), info@gipergraf.ru

**Хохлова Марина Николаевна**, Директор по науке «ГиперГрафГрупп» (резидент ИНТЦ «Сириус»), лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, hmn@gipergraf.ru

## ВЫЗОВЫ

Трансгуманистический проект «Индустрия 4.0» является доминирующим вызовом современности, так как не ограничивается сферой научно-технологического прогресса и экономики, а прямо влияет на политику, безопасность, суверенитет, финансовую систему, демографию, миграцию, экологию, образование и остальные сферы жизни общества, по сути, превратившись в новейшее оружие гибридной войны.

В 2016 г. «Индустрия 4.0» или Четвёртая промышленная революция (The Fourth Industrial Revolution) была концептуально изложена К. Швабом и согласно ей будущее будет определяться широким внедрением киберфизических систем в производство и обслуживание человеческих потребностей, в тоже время эта «революция» несёт в себе *«риски повышения нестабильности и возможного коллапса мировой системы, в связи с чем её наступление воспринимается как вызов, на который человечеству предстоит ответить»*.

Так, ей приписывают: смену социальной парадигмы и культурного кода; правовые преобразования и политические реформы; кардинальные изменения отношений человека с миром, с собой и с другими людьми; предсказуемость и прозрачность экономики, быстрое и системное её развитие; поиск новых архитектур, способов структурирования и отображения информации во времена нарастающего инфовзрыва; социальное расслоение; исчезновение множества профессий; ухудшение положения среднего класса; разбалансирование политических систем и прочее.

Кроме того, США и ряд других стран начали активно реализовывать новое явление «Индустрии 4.0» – парадигму «решоринга», то есть возврата в страну производств, ранее перенесенных в развивающиеся страны с более низкими издержками. Причинами решоринга явились: существенный рост стоимости рабочей силы в странах третьего мира; новые возможности роботизации; оптимизация логистики; защита интеллектуальной собственности и стратегия ограничения доступа к высоким технологиям.

Из прогнозируемых перспектив «Индустрии 4.0» пока сбываются только наихудшие сценарии растущих кризисов национального и глобального масштаба. *Предсказуемость и прозрачность экономики, быстрое и системное её развитие* остаются недостижимыми целями.

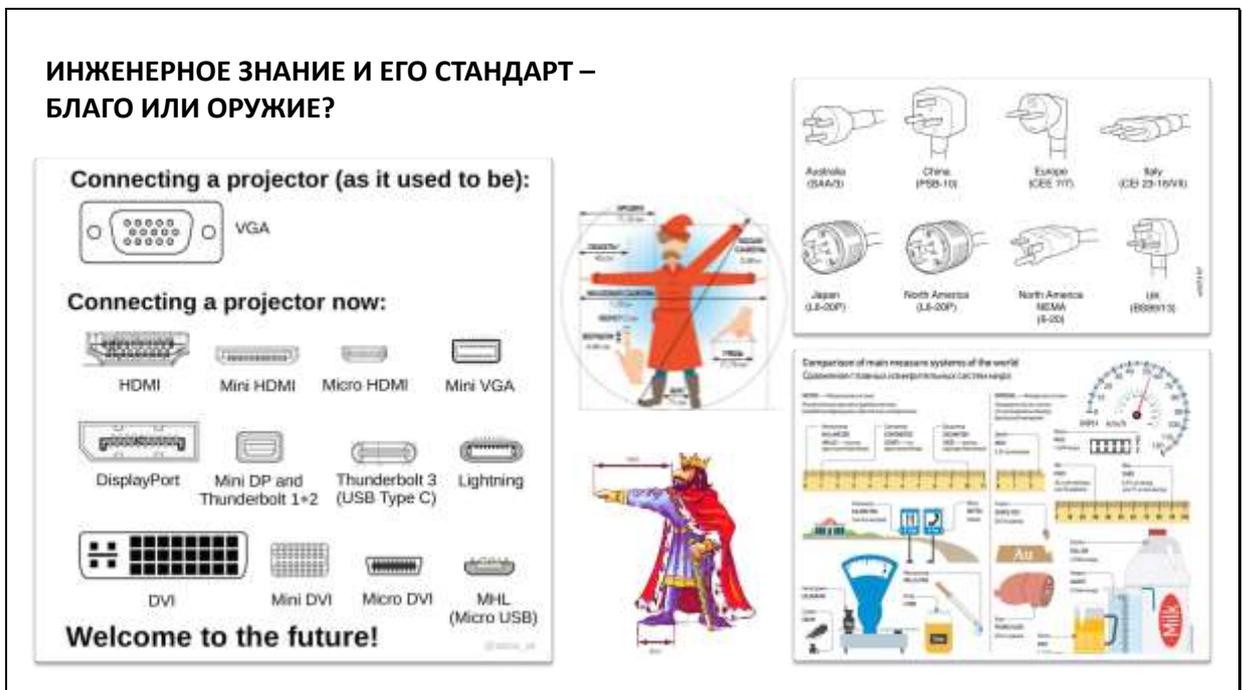
Наше исследование кризисных явлений в промышленном производстве выявило такие комплексные проблемы:

межпоколенческий знаниевый разрыв и утеря инженерных школ; командно-административное профессиональное невежество; преобладание ажиотажа рекламного хайпа над техническим прогрессом; невозможность натурального воспроизведения рабочей конструкторской документации (РКД) без носителя целостного знания; отсутствие и неполнота РКД; технологические проблемы перезапуска законсервированных или перемещенных производственных мощностей; утрата компетенций и навыков прочтения инженерных знаний в текстах, стандартах, коде программ для ЭВМ, схемах, чертежах, алгоритмах, таблицах, технологических картах; фальсификация инноваций и множество других.

По результатам анализа проблематики планетарного промышленного развития нами были формализованы следующие общие нерешённые приоритетные задачи реиндустриализации:

1. **Реверс-инжиниринг, рефакторинг, реинжиниринг** – восстановление утраченных технологий, инженерных знаний, инженерных школ и компетенций с их оптимизацией и цифровой трансформацией на основе новых подходов: единых универсальных междисциплинарных и межотраслевых.

2. **Роботизация** – дальнейшая алгоритмизация сложных динамических технологических процессов, находящихся в промышленной эксплуатации, максимальное изъятие человека из вредных и особо опасных производственных операций с систематизацией, классификацией и унификацией методов взаимодействия с робототехническими системами и аналогово-цифровыми преобразователями.
3. **Трансфер** – метод сквозного продвижения инновационных технологий для межотраслевого использования на основе создания общего цифрового пространства инженерных знаний и универсализация применимости открытий одной сферы деятельности общества для других сфер.
4. **Рециклинг** – метод управления полным жизненным циклом (ЖЦ) создания конечного продукта, с обеспечением максимальной безотходности, то есть любой материальный объект технологического передела является потенциальным ресурсом, не исключая токсичные выбросы и опасные отходы, а также полевые явления и энергии. Рециклинг невозможен в традиционных подходах к фрагментарной функциональной автоматизации научно-технологических процессов и корпоративного управления предприятием.



5. **Радиотемпоральность** – новый метод работы со временем эксплуатации, модернизации и развития конечного продукта, гармонизация срока жизни, гарантий и ремонтпригодности. Требуется оптимально преодолеть конфликт, где:
  - длительное использование инженерно-пригодного конечного продукта не позволяет динамически совершенствовать и модернизировать его на основе новых инженерных решений,
  - одноразовость (однократность) использования конечного продукта порождает перепроизводство мусора и фальсификацию преимуществ новой версии продукта перед имеющимся с приоритизацией монетарного рыночного подхода.
6. **Интеллектуализация** – новый метод спецификации состава продукции конечного применения с прогнозом времени обновления компонентов и узлов в рамках одного изделия с выделением программной составляющей

(смарт-продукты), которая обеспечивает расширение тактико-технических характеристик (ТТХ) за счёт апдейта «софта» и/или апгрейда «железа».

7. **Конвергентность** – новый метод целостного описания трансдисциплинарного инженерного знания, обеспечивающего сближение, сходимость, слияние в единую компактную непротиворечивую Модель и Базу знаний.

При этом, в проведённом исследовании и сформулированных нами задачах реиндустриализации инженерно-технические науки рассматривались шире – это науки не только в области естествознания, изучающие объекты и явления, важные для создания и развития техники, но и новый подход инжиниринга к гуманитарной и утилитарной деятельности человека. Впервые рассматривается единый системный научный подход, объединяющий «физиков» и «лириков».

Мы поднимаем вопросы о научной рациональности, методологии сложности, трансдисциплинарности. За последние годы наука радикально изменилась, произошёл не только информационный взрыв в жизни общества, но и взрыв проблем в самой науке. На базе всеобщей цифровизации и платформизации возникли огромные междисциплинарные проекты мега-сайнс, сетевые коллективные интеллектуальные сообщества, гибридные человеко-машинные исследовательские комплексы, обострилась проблема социально-гуманитарной и биоэтической экспертизы техники и технологий.

Растёт эрозия науки при её повсеместной коммерциализации, возникают параллельные формы научного, квазинаучного и лженаучного массового контента, обостряются проблемы техногенной цифровой деструкции. Всё это заставляет обратиться к ревизии представлений о научной деятельности и рациональности, методологии работы со сложностью, этическим аспектам технонауки.

Наше переосмысление инженерного знания устраняет традиционное противопоставление практической направленности прикладных научно-технических исследований и фундаментальной науки, они неразрывно связаны.

Предлагается новая парадигма планетарного развития индустриализации и инженерного знания на основе теоретических фундаментальных достижений Цифрогенеза, который вводит представление о единой таксономии семантических пространств:

### **КОГНИТИВНЫЙ КОЛЛЕКТИВНЫЙ КОНВЕРГЕНТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ – КЗ-Инжиниринг, КЗ-И, К<sup>3</sup>И.**

Где:

- **Когнитивный** (лат. *cognitio* – знание, познание) – познаваемый, соответствующий познанию.
- **Коллективный** (лат. *colligere* – собирать) – общественный, общий, совместный (пространственно-распределенный), общинный, коммунальный; групповой, объединенный, соединенный, совокупный, коллегиальный, артельный, основанный на общности труда, интересов; существующий, предназначенный для коллектива.
- **Конвергентный** (лат. *convergo* – сближаю) – обеспечивающий сближение, сходимость, слияние, единство.
- **Инжиниринг** (лат. *ingenium* – способность, изобретательность) – сфера деятельности, связанная с обеспечением системного подхода к созидательной деятельности человека по всему ЖЦ производственного процесса с рациональным технико-экономическим обоснованием.

Кроме того, предлагаемая парадигма КЗ-Инжиниринга должна быть реализована на следующих основных принципах:

- единства и целостности,

- множественности целей,
- эволюционности развития, преемственности и непрерывности,
- «бесшовного» распределенного коллективного взаимодействия,
- междисциплинарности с изоморфизмом законов в различных областях,
- конвергенции с наследованием, инкапсуляцией и полиморфизмом,
- всеобщей транспарентности,
- семантической интероперабельности,
- самоорганизации,
- сетевой сбалансированности,
- измеримости целей и деятельности (процессов и результатов),
- разграничения полномочий и персонификации вклада,
- динамической стандартизации,
- результативности.

Данная постановка задачи в обсуждении с виднейшими учёными мира достигла единогласного консенсуса в её формулировке, своевременности и уместности наших требований. Рассмотрим мировой опыт когнитивности решения коллективного конвергентного инжиниринга и проведём анализ достижений и проблем.

## **АНАЛИЗ МИРОВОГО ОПЫТА. ПРОБЛЕМЫ**

Анализ мировых тенденций описания инженерного знания, на основе которого предполагается проводить глобальную реиндустриализацию показал, что мировые лидеры General Electric (GE), AT&T, Cisco, IBM, Intel, Siemens, Microsoft, Hewlett-Packard, Accenture, Huawei, Bosch, EMC, SAP, SAS и прочие сформировали две слабосходимые траектории в решении поставленной задачи коллективного достижения когнитивности и конвергенции инженерного знания:

1. **Цифровое моделирование** – превалирование теоретического подхода к описанию инженерного знания над практикой применимости.
2. **Цифровые платформы** – превалирование практико-ориентированного подхода к эмпирическому сбору инженерного знания реализованных инженерных решений над исследованием и теоретической систематизацией.

Рассмотрим особенности и проблемы этих подходов.

### **ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Апологеты данного направления работают со следующими категориями:

**Модель** – идеализированный образ, изображение, диаграмма, описание, схема, чертёж, график, план, карта и т.п. или прообраз (образец) какого-либо объекта или явления.

**Моделирование** – исследование объектов познания на их моделях; построение и изучение моделей предметов и явлений (инженерных конструкций, физических, химических, биологических, социальных и т.п. процессов).

**Язык моделирования** – это искусственный язык (графический или текстовый) для описания образа (модели) объектов и явлений.

**Семантическая сеть** – цифровая модель предметной области в виде ориентированного графа, один из способов представления знаний. Вершины графа соответствуют объектам предметной области, а дуги (рёбра) задают семантические направленные отношения между ними.

Средства моделирования семантических сетей: Silverrun, BPwin, ERwin, Oracle Designer, OWL, Rational Rose (UML), ARIS, Microsoft.NET, Paradigm Plus, G2, ReThink, DataRun, RUP, AgentBuilder, BPMN, BPML (XML-форма), DRAGON, EXPRESS, EXPRESS-G,

EEML, FMC, IDEF, JSP, LePUS3, ORM, SDL, SysML, UML, SOMF, ADL, AADL, EAST-ADL, ESL, Gellish Formal English, Gellish Formal Dutch, Gellish English Dictionary-Taxonomy (600 стандартных типов отношений и 40000 понятий), AML, AIMMS, AMPL, GAMS, Gekko, Mosel, OPL, OptimJ, DspM, DSM, DSL, FSML, FSMLS, JSON-LD, RDF, VRML и др.



**Онтология** – формализация некоторой области знаний с помощью концептуальной схемы, ориентированного графа.

Средства моделирования онтологий: OWL (Web Ontology Language, стандарт W3C), KIF (Knowledge Interchange Format), RDF, CL (Common Logic) Cycl, DAML (DARPA Agent Markup Language), OIL (Ontology Interchange Language.), ACL (Agent Communications Language) и др.

### СЕМАНТИЧЕСКИЕ / ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ СЕТИ

**ТИПИЧНАЯ ОНТОЛОГИЯ – ЭТО ТРИПЛЕТ**

**«ТРИПЛЕТ – ЭТО ЭЛЕМЕНТАРНОЕ ВЫСКАЗЫВАНИЕ О НЕКОТОРЫХ ЗНАНИЯХ»**

СУЩЕСТВИТЕЛЬНОЕ      СУЩЕСТВИТЕЛЬНОЕ

●————→●

ГЛАГОЛ (ОТНОШЕНИЕ)

мама → ∞      мыла → ∞      рама → ∞

**ТИПИЧНАЯ ОНТОЛОГИЯ С ТРИПЛЕТНЫМ «РИСОВАНИЕМ» ЗНАНИЯ НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ЯЗЫКОМ, ЭТО – ТРАФАРЕТ, ЧТО ЗАХОТЕЛ, ТО И ВПИСАЛ, ПОЛУЧЕННУЮ КАРТИНКУ ПРОВЕРИТЬ НЕЛЬЗЯ.**

мыло → ∞      рама → ∞      мама → ∞  
рама → ∞      мама → ∞      мыло → ∞

**КРЕАЦИОННЫЙ СУБЪЕКТИВНЫЙ ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ МЕТОД РИСОВАНИЯ ОНТОЛОГИЙ, СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ БЕЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОВЕРКИ!**

То есть в нотации «Цифрового моделирования»: инженерное знание разно-дисциплинарно для различных отраслей, технологических и бизнес-процессов, объектов и явлений *моделируется* на том или

ином искусственном языке моделирования в виде той или иной фрагментарной модели: семантической сети или онтологии.

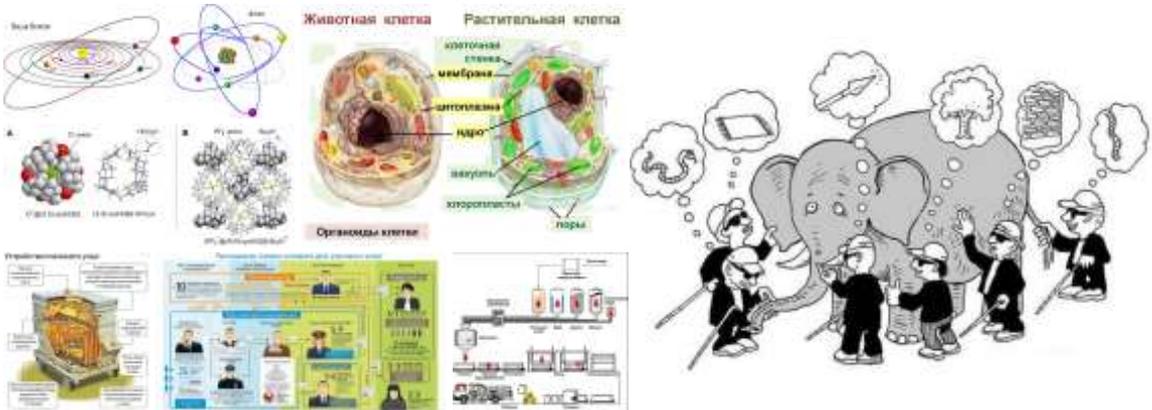
Данный подход применяется сотни лет и накопил следующие проблемы:

- Нет ответа на главный вопрос – что такое целостная адекватная модель системы. Вместо единой модели системы предлагается разрозненный набор «бумажных» и цифровых диаграмм, описывающих различные аспекты структуры и поведения систем.
- Языки моделирования скорее являются трафаретами, в которые можно субъективно вписать любую информацию об объектах и процессах, то есть это языки без слов.

## ЧЕЛОВЕК МЫСЛИТ СИСТЕМАМИ И ИХ МОДЕЛЯМИ

**СИСТЕМА** – множество элементов/объектов/субъектов и процессов, сознательно выделенных и/или организованных для достижения нужной цели. Система – субъективный взгляд – «фокус внимания» на мир (целостный взаимосвязанный динамический) объектов и процессов.

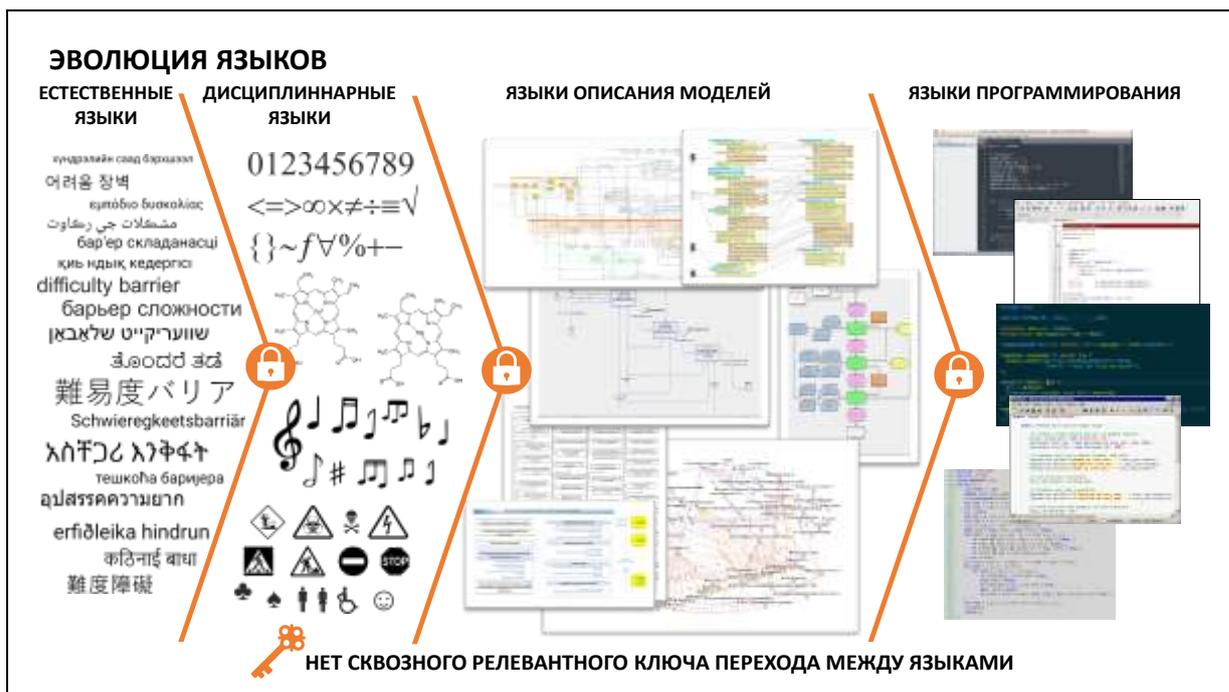
**МОДЕЛЬ** – идеализированный образ, изображение, диаграмма, описание, схема, чертёж, график, план, карта и т. п. или прообраз (образец) какого-либо объекта или явления.



- Моделирование системы опирается на диаграммы прецедентов (use case diagram), которые описывают поведение системы с точки зрения целей её пользователя, ошибочно не понимая, что один и тот же предмет, его свойства и поведение могут быть использованы для разных целей. Это привносит в моделирование неуправляемую избыточность, субъективизм и, в конечном счёте, риск неадекватного отражения существенных свойств системы.
- Созданы предпосылки для порождения многочисленных дублированных интерпретаций одного предмета в несопоставимых нотациях в зависимости от различных рассматриваемых и используемых свойств.
- Модели не совместимы вне зависимости от авторства и описываемой предметной области.
- Конечным продуктом моделирования является рисунок, который сложно проверить практикой.
- Отсутствуют методы релевантной проверки адекватности Модели и Результата при реализации традиционного проектного подхода (представлен на рисунке ниже):

формирование технического задания на естественном языке → разработка технического проекта с использованием специализированных языков (математика, химические формулы,...) → проектирование моделей реализации поставленной задачи (функциональной, организационной, дата-логической, инфо-логической, процессной, событийной, ролевой,...) → реализация

поставленной задачи, например, на языках программирования в приложение конечного пользователя.



«Архивы и библиотеки, бумагой полны картотеки» [1] – эта фраза выразительно и метко характеризует создавшуюся ситуацию с тоннами макулатуры как бы онтологий и семантических сетей описания научно-производственных знаний, которую дорого покупают и бережно хранят все компании, но не могут найти читателей.

Кроме того, эту дорогостоящую услугу из сложившейся практики превращают в стандарт, создав отдельный модный доходный рынок. Но все «художества» моделирования для практикующего инженера оказались неприменимы.

## ЦИФРОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Новый хайп в индустриализации инициировали приверженцы **цифровых платформ** по созданию «*цифровых двойников*».

Так, например, в 2014 году General Electric (GE) с отраслевыми гигантами AT&T, Cisco, IBM и Intel для захвата контроля над глобальной обрабатывающей промышленностью создали Ассоциацию участников промышленного интернета (IIC – Industry IoT Consortium). К 2021 году IIC насчитывала более ста членов, включая: Siemens, Microsoft, Hewlett-Packard, Accenture, Huawei, Bosch, EMC, SAP, SAS и прочие [2].

Управление IIC осуществляла Object Management Group (OMG, Бостон, Массачусетс). Инициатором ассоциации в лице GE поставлены задачи по обеспечению на базе цифровой платформы Predix:

совместного производства с сетевым взаимодействием, совместных исследований и разработок, координации работы и развития других новых моделей транснационального индустриального управления.

Поэтому миссией IIC являлось концептуальное преодоление отраслевых и региональных технических барьеров, ускорение полной интеграции между физическим и виртуально-цифровым миром, разработки новых методик, стандартов и эталонных архитектур; влияние на процессы разработки глобальных стандартов для промышленных систем; проведение открытых форумов для обмена практическими идеями, методиками, опытом и знаниями; укрепление доверия к инновационным методам реализации «Индустрии 4.0» и обеспечение кибербезопасности.

Члены ИС надеялись, что множество цифровых платформ и двойников; наборы приложений и роботов; общие «облака» и библиотеки; «озёра» и другие «водоёмы» данных; сбор «бигдаты» и разработка множества нейросеток ИИ; интеграторы и стандартизованный API; жёсткий KPI специалистов, деньги и лоббистские возможности ИТ-лидеров – панацея для решения поставленных задач.

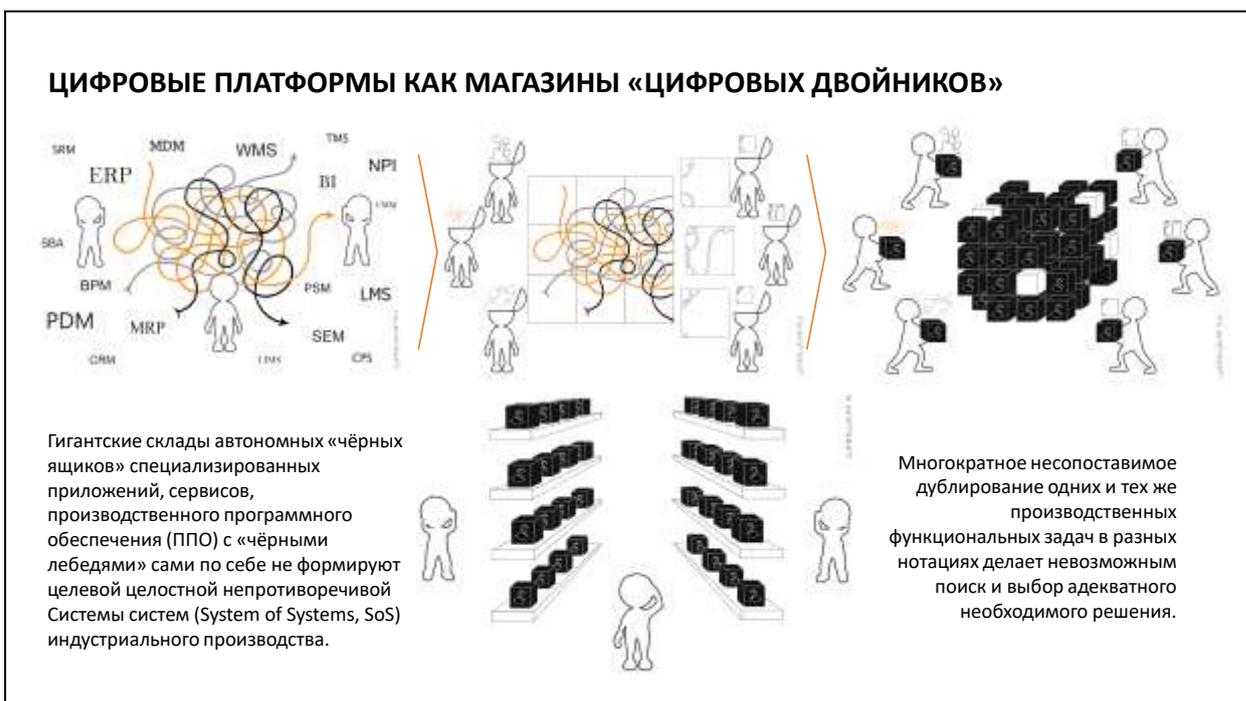
«Обмен данными – главная особенность глобализации XXI века» пишет Ма Хуатен в своей книге «Цифровая трансформация Китая» [3]. То есть, ничего лучше, чем объединить автономные цифровые части методом обмена данными (API) на очередной цифровой платформе (экосистеме), не придумали.

Таким образом, лидеры капиталистического рынка предполагали, что все производственные компании мира отдадут все свои инженерные знания цифровой платформе Predix и в жёсткой конкурентной борьбе «социального дарвинизма» победит сильнейший. А сильнейшим BlackRock заранее планировал сделать именно GE, который сможет на Predix интегрировать все высокоинтеллектуальные технологии и далее будет дорого продавать доступ к мировому инженерному знанию или его выборочно санкционно блокировать.

Анализ проблем того, что помешало Predix by GE повторить в мировой промышленности цифровой взлёт успешных глобальных маркетплейсов Airbnb, Aliexpress, Amazon, AppStore, AviaSales, Avito, Booking.com, Ebay, Expedia, GooglePlay, Netflix, Wildberries, Uber, Яндекс и других приведён в статье [«Эпик фейл ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ БигТеха. ГДЕ КЛЮЧ к Левел ап? Сокрушительный провал цифровой трансформации транснациональных корпораций. Где ключ к новому уровню управления?»](#).

Остановимся на общих проблемах всех создателей цифровых платформ и цифровых двойников:

- Многократное несопоставимое дублирование одних и тех же производственных функциональных задач [4] в разных нотациях делает невозможным поиск и выбор адекватного необходимого решения.
- Гигантские склады автономных «чёрных ящиков» специализированных приложений, сервисов, производственного программного обеспечения (ППО) сами по себе не формируют целевой целостной непротиворечивой Системы систем (System of Systems, SoS) индустриального производства.



- Динамика изменений производственных процессов приводит к нерешаемой задаче «комбинаторного взрыва» релевантного изменения взаимосвязанных сервисов и ППО.
- Инженеры не готовы полагаться на непредсказуемость технологических рисков применения ППО, в котором невозможно спрогнозировать «чёрных лебедей».
- Для технологического процесса «чёрные ящики» с неизвестным неконтролируемым количеством злонамеренных незаявленных возможностей – катастрофичны с точки зрения кибербезопасности.

Итак.

Вернёмся к поставленной глобальной реиндустриализацией задаче – реализовать когнитивный коллективный конвергентный инжиниринг.

Ни традиционное «цифровое моделирование», ни интеграционные «цифровые платформы» с задачами НЕ справились:

- **Когнитивность** – субъективные фрагментарные схемы, графики, диаграммы, сервисы, ППО и т.п. не дали всеобщего понимания инженерного знания, не обеспечили их растущую вероятностную достоверность, отторжимость от автора, логическую обоснованность, доказательность, воспроизводимость, проверяемость, не привели к устранению ошибок и преодолению противоречий, и главное не позволили достичь практической адекватной применимости цифровых моделей и платформ.
- **Коллективность** – традиционный подход к реализации цифровых моделей и платформ не выдержал мультикультурализма, архитипичности и индивидуального инакомыслия Homo Sapiens.
- **Конвергентность** – дисциплинарные и отраслевые знания остались фрагментарными и несходимыми, «бесшовная» семантическая интероперабельность не реализована.

Указанные принципы формирования инженерного знания как современные необходимые требования стали для всех мировых лидеров непреодолимым **Барьером сложности**.

При том, что сама производственная деятельность на текущем этапе стала глобально коллективной, полимодальной, сетевой, с использованием сложнейших средств мониторинга и обработки данных, использования ИИ, сопряженной с технико-технологической и социальной сферой, сферой социологии науки.

## РЕШЕНИЕ

Русская инженерная школа всегда принципиально отличалась от национальных инженерных школ стран мира. Необходимо выделить важнейшие базовые факторы, повлиявшие на мульти- и междисциплинарность наших учёных, универсальность наших инженеров<sup>1</sup>, изобретательность наших рабочих и колхозников:

- Масштабы территориального планирования и симбиоз грандиозных эпохальных научно-технологических проектов.
- Неограниченная диверсификация видов фундаментальной и прикладной научно-производственной деятельности.
- Исключительность масштаба территории, богатства ресурсов и разнообразия климата.

---

<sup>1</sup> «Советский инженер мог профессионально работать за технолога, за конструктора, за проектировщика, за расчетчика, за специалиста по охране труда, за наладчика технологического оборудования по своей специальности и так далее и тому подобное». Виталий Овчинников, Заслуженный изобретатель СССР

- Особенности российской культуры мультикультурности.
- Преимущество образования с упором на логику и образ мышления.
- Самобытность истории побед и социалистического эксперимента новых общественных отношений.
- Ноосферный подход Вернадского.

Перечисленная специфика русской инженерной школы, формализованные проблемы Барьера сложности, оригинальные неординарные подходы к их решению стали **основой появления новых теории, методологии и технологий Цифрогенеза**, которые определили иную абстракцию, систематизацию, обобщение и структуризацию инженерного знания, включая технологические справочники, РКД, спецификации изделий, технологические процессы, стандарты, автоматические и автоматизированные системы.

На эволюционных принципах и законах некреационного гиперграфа Хохловой устранена проблема сопряжения конфигураторов описания систем. Семантики языков получили универсальный фрактальный уравниватель.

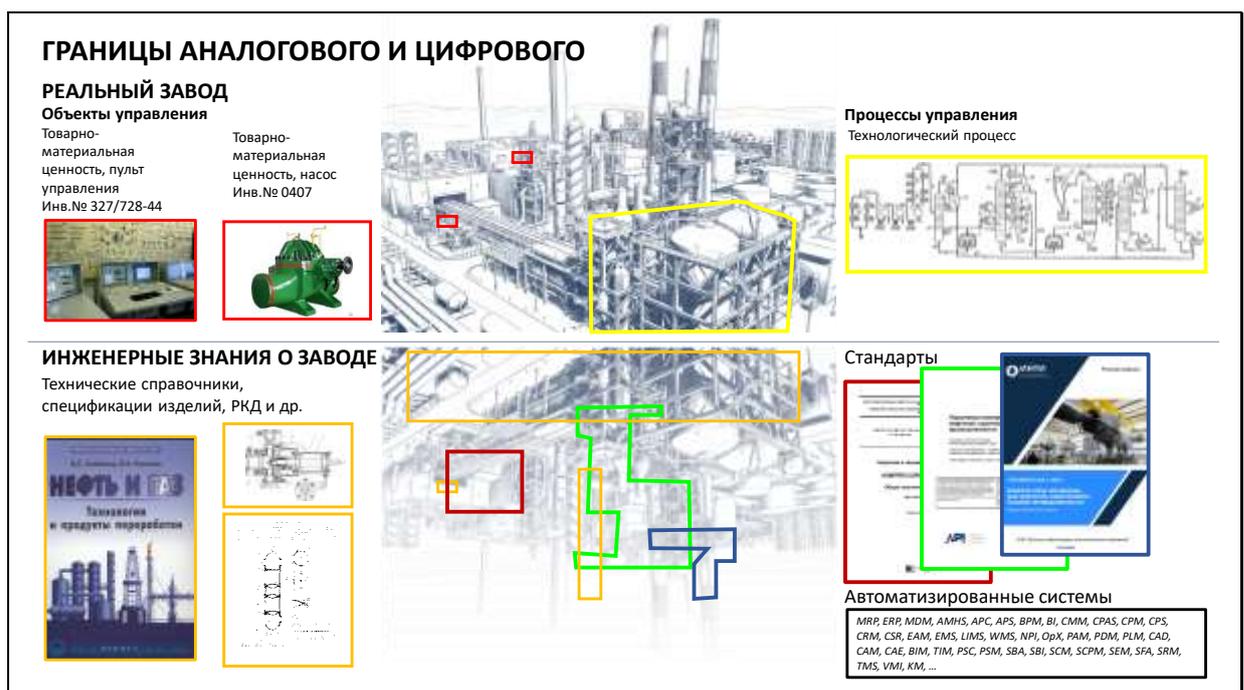
Возможности Цифрогенеза как новой парадигмы цифровой трансформации и фундамента эффективной глобальной реиндустриализации комплексно при опытном и промышленном внедрении обеспечивают взаимоувязанную реализацию поставленных задач:

*реверс-инжиниринга, рефакторинга, реинжиниринга; роботизации; трансфера; рециклинга; рациотемпоральности; интеллектуализации; конвергентности.*

Графо-центричные технологии Цифрогенеза позволили **сделать заявку миру на новый глобальный тренд и приоритетную высокоинтеллектуальную методологию и технологию КЗ-Инжиниринга**, а также практически осуществить разработку и внедрение прикладного программного продукта #Гиперграф:КЗ-Инжиниринг.

По результатам полученного успешного опыта реализации десятков проектов в различных сферах деятельности проведены исследование и анализ следующих свойств Цифрогенеза:

- научной новизны,
- технологических преимуществ,
- эксплуатационных достоинств.



Инновационная графо-центричная архитектура КЗ-Инжиниринга сделала возможным объединить в единой целостной информационно-технологической среде междисциплинарное инженерное знание на принципах коллективного дополнения и обогащения:

1. на концептуальном уровне,
2. на фундаментальном уровне,
3. на прикладном уровне:
  - a. методологическом,
  - b. технологическом,
  - c. фактологическом, полученном на основе практики.

### ЧТО ДЕЛАЕТ БОЛТ БОЛТОМ?

Болт – это не просто слово/текст/определение, а совокупность параметров и методов структурированных по аспектам, определяющим смысл:

- содержание,
- форма,
- поведение

**Идея болта**

**Содержание**  
{параметры; методы}

**Форма**  
{параметры; методы}

**Поведение**  
{параметры; методы}

ФРАКТАЛ

Номинальный диаметр резьбы d	болт M3	болт M3.5	болт M4	болт M5	болт M6	болт M8	болт M10	болт M12	болт M16	болт M20	болт M24	болт M30	болт M36	болт M42	болт M48
Шаг резьбы p	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9
Диаметр стержня d <sub>с</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в стержне d <sub>с1</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в головке d <sub>с2</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в стержне d <sub>с3</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в головке d <sub>с4</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в стержне d <sub>с5</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в головке d <sub>с6</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в стержне d <sub>с7</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в головке d <sub>с8</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в стержне d <sub>с9</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в головке d <sub>с10</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в стержне d <sub>с11</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в головке d <sub>с12</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в стержне d <sub>с13</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в головке d <sub>с14</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в стержне d <sub>с15</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в головке d <sub>с16</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в стержне d <sub>с17</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в головке d <sub>с18</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в стержне d <sub>с19</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в головке d <sub>с20</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в стержне d <sub>с21</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в головке d <sub>с22</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в стержне d <sub>с23</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в головке d <sub>с24</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в стержне d <sub>с25</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в головке d <sub>с26</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в стержне d <sub>с27</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в головке d <sub>с28</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в стержне d <sub>с29</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27
Диаметр стержня в головке d <sub>с30</sub>	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	16	18	20	22	24	27

В настоящее время инженерное знание искусственно усложнено, многократно дублировано, при том, что количество открытых законов, на котором оно строится счётно, базируется на едином пространстве объектов и явлений Вселенной, а каждый объект может принадлежать различным деятельностным активностям, создавая дискурсы и «одевая» смысл вещей.

Обычно мы предполагаем наличие локальных наблюдателей – участников конкретных форм деятельности, а также и мета-наблюдателя или наблюдателя сборки, от лица которого мы говорим о целостности процесса [5]. В современной же научно-производственной деятельности, носящей коллективный характер многих её участников, естественно возникает коммуникативная сеть внешних наблюдателей, которые должны обеспечивать взаимодействие результатов и согласование коллективных намерений, образовывать когерентные формы взаимодействий и принятия решений, то есть обеспечивать интерсубъективность полученных знаний [6].

Необходима семантическая параметрическая и алгоритмическая свёртка с обеспечением предельной компактности инженерного знания об объектах и процессах. Поставленная задача была решена формализацией и выделением фрактала, который «живёт» на принципах наследования, инкапсуляции и полиморфизма.

Предложены альтернативные решения и контринтуитивные подходы трансформации реиндустриализации на основе закрывающих технологий КЗ-И, графо-центричных платформ Цифрогенеза, инструментов, моделей и систем коллективного интеллектуального труда.

Решена проблема конфликта в выборе *эндогенного и экзогенного познания*, исследования и описания систем, так как обеспечена возможность смотреть внутрь «чёрного ящика» и учитывать любые варианты сборки в целое при экзогенном познании систем. «Ползунок обобщения» целого может быть остановлен в любой точке не зависимо от количества элементов и связей гиперграфа знаний. КЗ-Инжиниринг – объёмный социосферичный триалектичный подход к инженерному знанию о техносфере.

Одним из новых понятий с которого начинается работа по моделированию инженерного знания в графо-центричной среде Цифрогенеза является новый метод описания **Модели цифровых динамических стандартов**.

**Стандарт** – нормативно-технический документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации и утвержденный компетентным органом.

В Новой Концепции Цифрогенеза стандарты отвечают следующим требованиям:

- обеспечивают единую «бесшовную» модель пространства инженерных знаний и правил,
- обеспечивают динамику исторического, актуального и прогнозного состояния,
- формируют жизненный цикл объектов и процессов стандартизации,
- имеют возможность высокой адаптации к инновационным изменениям,
- учитывают функциональные роли разработчиков и пользователей,
- другие.

КЗ-Инжиниринг включает: разработку, принятие и исполнение стандартов, снятие правовых и технологических барьеров, препятствующих реиндустриализации. Планируется урегулировать сквозные для различных отраслей технологические вопросы, связанные с идентификацией объектов, субъектов и явлений в единой информационно-функциональной цифровой среде обсуждения и принятия, учёта и упорядочения, толкования и реализации технических норм, изучения практики их применения.

Именно стандарты определяют основной массив тесно связанных справочных, нормативно-технических данных и применяемых алгоритмических методов, охватывающих высокотехнологичную область инженерных знаний.

Инновационная приоритетная цифровая технология КЗ-Инжиниринг реализует переход от командно-организационных, «ручных» методов контроля исполнения стандартов к технологическому объективному методу управления ЖЦ стандарта.

### ПРИМЕРЫ РОЛЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ЗНАНИЯ

Конфигурации моделей (графы связности) для разных ролей потребителей и их функционального использования, например, могут включать:

**Фокус на насос**

- Набор стандартов, где формируются требования к насосу в ЖЦ
- Совокупность определений понятия «насос»
- Параметры насоса
- Технические требования
- Спецификация
- Чертеж
- Требования к проектированию
- Требования к производству
- Требования к материалам
- Требования к средствам производства
- Требования к инструментам и оснастке
- Требования к измерительному оборудованию
- Требования к управлению качеством
- Требования к сертификации
- Требования к транспортировке
- Требования к монтажу
- Требования к испытаниям
- Планово-предупредительные ремонты
- Проверки
- Эксплуатационные требования
- Гарантийное обслуживание
- Брак, инциденты, рекламации
- Аварийный ремонт
- Капитальный ремонт
- Модернизация
- ...
- Утилизация

**Фокус на один стандарт по насосу**

- Глоссарий определений, используемых в стандарте
- Перечень объектов, подлежащих стандартизации
- Параметрический состав по каждому объекту
- Технические требования по каждому объекту
- Технические требования по каждому процессу
- Спецификация по каждому объекту
- Чертежи объектов
- Требования к монтажу
- Чертежи в сборе
- Алгоритмы поверки
- ...

**Фокус на процесс эксплуатации насоса**

- Набор стандартов, где формируются требования к насосу в ЖЦ
- Параметры насоса
- Спецификация
- Чертеж
- Требования к монтажу
- Требования к измерительному оборудованию
- Требования к материалам
- Планово-предупредительные ремонты
- Проверки
- Эксплуатационные требования
- Гарантийное обслуживание
- Брак, инциденты, рекламации
- Аварийный ремонт
- Капитальный ремонт
- Модернизация
- ...














ЖЦ → Время, t

Предлагаемые Россией методологии и технологии КЗ-Инжиниринга являются закрывающими технологиями и имеют колоссальный общественно-политический ресурс.

Программное обеспечение #Гиперграф:КЗ-Инжиниринг прошло испытания по программе и методике, включающей:

- перечень функций, подлежащих испытаниям;
- описание взаимосвязей объекта испытаний с другими частями Системы;
- условия, порядок и методы проведения испытаний и обработки результатов;
- критерии приемки функций Системы по результатам испытаний.

Подготовленные и согласованные тесты (контрольные примеры) в ходе испытаний обеспечили:

- полную проверку состава предъявляемой документации;
- полную проверку функций и процедур по базовому перечню;
- проверку основных временных характеристик функционирования программных средств;
- проверку надёжности и устойчивости функционирования программных и технических средств.

Все испытания проведены в соответствии с рекомендациями ГОСТ 34.603-92.

В настоящее время имеются следующие эксплуатационные документы:

- руководство пользователя;
- руководство системного аналитика по настройке и адаптации;
- руководство системного администратора.

Документация выполнена на русском языке и с учётом требований национальных стандартов ЕСКД в частях касающихся (ГОСТ 2.102-68, ГОСТ 2.601-68), ЕСПД (ГОСТ 19.101-77, ГОСТ 19.202-78, ГОСТ 19.503-79, ГОСТ 19.505-79), ЕКС АС (ГОСТ 34.201-89, РД 50-34.698-90), СПДС (ГОСТ Р 21.1101-2009).

Более детально с новыми методами коллективного междисциплинарного моделирования динамических стандартов можно ознакомиться в документации к платформе #Гиперграф:КЗ-Инжиниринг [7].

Модель цифровых динамических стандартов КЗ-Инжиниринга является основой обеспечения интеграции и семантической интероперабельности следующих традиционных классов автоматизированных систем:

*MRP – Material Requirements Planning, ERP – Enterprise Resource Planning, MDM – Master Data Management, AMHS – Automated Material Handling System, APC – Advanced Process Control, APS – Advanced Planning & Scheduling, BPM – Business Process Management, BI – Business Intelligence, CMM – Collaborative Manufacturing Management, CPAS – Collaborative Process Automation System, CPM – Collaborative Production Management, CPS – Collaborative Planning & Scheduling, CRM – Customer Relationship Management, CSR – Customer Service Representative, EAM – Enterprise Asset Management, EMS – Electronic Manufacturing Services, LIMS – Laboratory Information Management System, WMS – Warehouse Management System, NPI – New Product Introduction, OpX – Operational Excellence, PAM – Plant Asset Management, PDM – Plant Data Management, PLM – Product Lifecycle Management, PSC – Plant Services Connector, PSM – Product Service Management, SBA – Service-Based Architecture, SBI – Service-Based Infrastructure, SCM – Supply Chain Management, SCPM – Supply Chain Process Management, SEM – Strategic Enterprise Management, SFA – Sales Force Automation, SRM – Supplier Relationship Management, TMS – Transportation Management System, VMI – Vendor Managed Inventory, KM – Knowledge Management и другие.*

## ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ КЗ-ИНЖИНИРИНГА

Методология и технологии КЗ-Инжиниринга неоднократно успешно применены для широкого круга задач естественно-научного характера и гуманитарной сферы. Приведём ряд примеров достигнутых эффектов для различных отраслей.

На рисунке ниже, представлен проект по формированию модели инженерного знания, его качественные и количественные характеристики для создания корпоративной системы управления холдинговой структурой со следующими параметрами:

19 рудников (цветная металлургия), 4 металлургических завода (46 технологических переделов), механический завод, предприятия социальной сферы (15 предприятий: образование, медицина, культура и отдых, питание, транспорт и другие), штатная численность 40000 чел. (около 200 видов начислений и около 100 видов удержаний).

Ключевые характеристики единого функционального графо-центричного пространства знаний, включая инженерные:

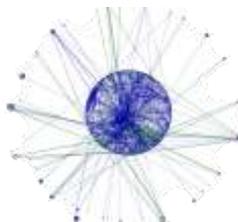
- количество уникальных параметров (атрибутов БД) – более 70 000 параметров,
- количество таблиц СУБД – более 27 000 таблиц,
- количество форм ввода/корректировки/отображения – более 54 000 форм,
- количество методов обработки данных – более 18 000 методов,
- количество актуальных записей в БД в оперативной работе – более 5 000 000 000 записей,
- количество связей в гиперграфе модели завода – более 1 900 000 000 связей,
- количество системных аналитиков, которые обеспечивают полное сопровождение и развитие модели, – 98 чел.;

### ИНЖЕНЕРНОЕ ЗНАНИЕ КАК ОСНОВА КОРПОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

#### ПРОЕКТ:

**Создание корпоративной графо-центричной системы управления холдинговой структурой:**

19 металлургических заводов (46 технологических переделов), механический завод, предприятия социальной сферы (15 предприятий: образование, медицина, культура и отдых, питание, транспорт и другие), штатная численность 40000 чел. (около 200 видов начислений и около 100 видов удержаний).



В ходе реализации проекта с применением графо-центричных подходов на единой цифровой функциональной платформе была принципиально изменена система управления, организационная и технологическая структура холдинга, которая трансформирована в соответствии с управлением жизненным циклом создания готовой продукции. Все юридические лица стали структурными подразделениями одного общества.

#### Ключевые характеристики единого функционального графо-центричного управленческого пространства:

- количество уникальных параметров о деятельности завода (атрибутов БД) – более 70 000 параметров,
- количество таблиц СУБД (ORACLE) – более 27 000 таблиц,
- количество форм ввода/кор/отображения – более 54 000 форм,
- количество методов обработки данных – более 18 000 методов,
- количество актуальных записей в БД в оперативной работе – более 5 000 000 000 записей,
- количество классов в гиперграфе модели завода – около 57 000 классов,
- количество связей в гиперграфе модели завода – более 1 900 000 000 связей,
- количество системных аналитиков, которые обеспечивают полное сопровождение и развитие программного обеспечения системы без привлечения сторонних организаций, – 98 чел.;
- количество системных администраторов, которые обеспечивают полное сопровождение и развитие технических средств системы без привлечения сторонних организаций, – 17 чел.;
- количество программистов – 3 чел.;
- количество изменений модели и системы (классы, связи, свойства гиперграфа) в месяц, адаптивность системы, управление изменениями требований к системе при изменении законодательства, бизнес-процессов, отраслевой и корпоративной политики, развития функций, ... – более 1 000 изменений в месяц;
- количество обращений к разработчику (технологическая независимость) – 0;
- интеграция внутренних подсистем (приложений, модулей, сервисов, агентов и т.п.) – в сетцентрической системе не требуется (обеспечивается «бесшовное» сетевое взаимодействие функциональных задач в реальном времени);
- дополнительные программные системы обеспечения межведомственного взаимодействия, синхронизации данных и т.п. – не требуются;
- интеграция с внешними системами: 10-15 систем.

**Результат: существенное увеличение выпуска готовой продукции при сокращении затрат, двукратное увеличение прибыли и другие эффекты.**



- количество системных администраторов, которые обеспечивают полное сопровождение и развитие технических средств системы без привлечения сторонних организаций, – 17 чел.;
- количество изменений модели и системы (классы, связи, свойства гиперграфа) в месяц, адаптивность системы, управление изменениями требований к системе при изменении законодательства, бизнес-процессов, отраслевой и корпоративной политики, развития функций – более 1 000 изменений в месяц;
- количество обращений к разработчику (технологическая независимость) – 0;

- интеграция внутренних подсистем (приложений, модулей, сервисов, агентов и т.п.) – в графо-центричной системе не требуется (обеспечивается «бесшовное» сетевое взаимодействие функциональных задач в реальном времени);
- интеграция с внешними системами: 10-15 систем.

Также можно ознакомиться с результатами реализации проекта в машиностроении на ФКП «ВГКАЗ» (в настоящее время дочернее общество АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей») в [Протоколе демонстрации решения для Концерна «Калашников»](#) [8].

Примером оригинального использования технологий Цифрогенеза и КЗ-Инжиниринга является проект: [«Таксономический анализ обязательной отчетности кредитных организаций ЦБ РФ»](#) (планирование перехода с «Базель II» на «Базель III»).

По результатам коллективного инжиниринга была сформирована графо-центричная таксономическая модель, содержащая: более 80 форм отчётности (526 разделов, в том числе таблиц различной структуры и правил заполнения).

Инженерная экспертиза и анализ параметров показали, что обязательная отчётность кредитных организаций перед ЦБ РФ содержит более 28 000 показателей, в том числе:

- около 600 повторяющихся (для каждой формы) показателей, идентифицирующих кредитную организацию, которая сдаёт отчетность,
- 22 529 числовых показателей,
- 17 612 числовых показателей, которые определяют сальдо, остаток(ки) на начало и/или конец различных отчётных периодов,
- 404 показателя – даты,
- 6 162 - расчетный показатель «итога»,
- 1 702 - расчетный показатель «всего»,
- 510 показателей рассчитываются в формах по регламентированным формулам,
- 2 698 показателей «в том числе»,
- 101 показатель «адрес»,
- 1 099 показателей «проценты»,
- 171 показатель «доля»,
- 288 показателей содержат «балансовые счета и признак»,
- 4 296 показателей содержат наименование, соответствующее плану балансовых счетов,
- 6 815 показателей в рублёвом исчислении с различной точностью,
- 7 009 показателей в иностранной валюте,
- и иные показатели.

Результат: для получения обязательной отчётности кредитных организаций ЦБ РФ достаточно собирать 3500 уникальных показателей и формировать единый операционный день банковской системы России ([Письмо ЦБ РФ](#)) [9].

Из разработанных русских методологий и технологий Цифрогенеза международные эксперты в области науки / промышленности / обороны выделили такие наиболее приоритетные темы развития глобальных цифровых технологий – «...Были определены следующие технические области для потенциального сотрудничества» [10]:

**Architectures.**

*There are a number of national developments on defence architectures where technical co-operation may be of potential value - if only to address issues of interoperability.*

**Архитектуры.**

*Существует ряд национальных (российских) разработок в области оборонной архитектуры, в которых техническое сотрудничество имеет потенциальную ценность – хотя бы только для решения проблем интероперабельности.*

Other aspects are service oriented concepts and the Russian work on alternative approaches;

**Evolutionary Programming.**

Current software development approaches may not be appropriate for the future as systems become more dynamic, more complex, have greater autonomy and intelligence, are self-organising, healing, repairing etc.

There may be value in understanding the Russian hypergraphics techniques and new approaches to software development cycles and comparing these with developments in other nations on graph theoretic methods and bio-mimetic techniques;

**Through Life Capability Management / System Whole Life Cycles / Immortal Systems.**

Considering the life times of defence equipment and the rapid progress of technology, better methods, techniques and tools for managing the whole life cycle of systems and capability from "cradle to grave" is needed.

There may be value in sharing the approached adopted by nations and by the Russian Federation in dealing with this complex area...»<sup>2</sup>.

Другие аспекты – сервис-ориентированная концепция и российская работа над альтернативными подходами;

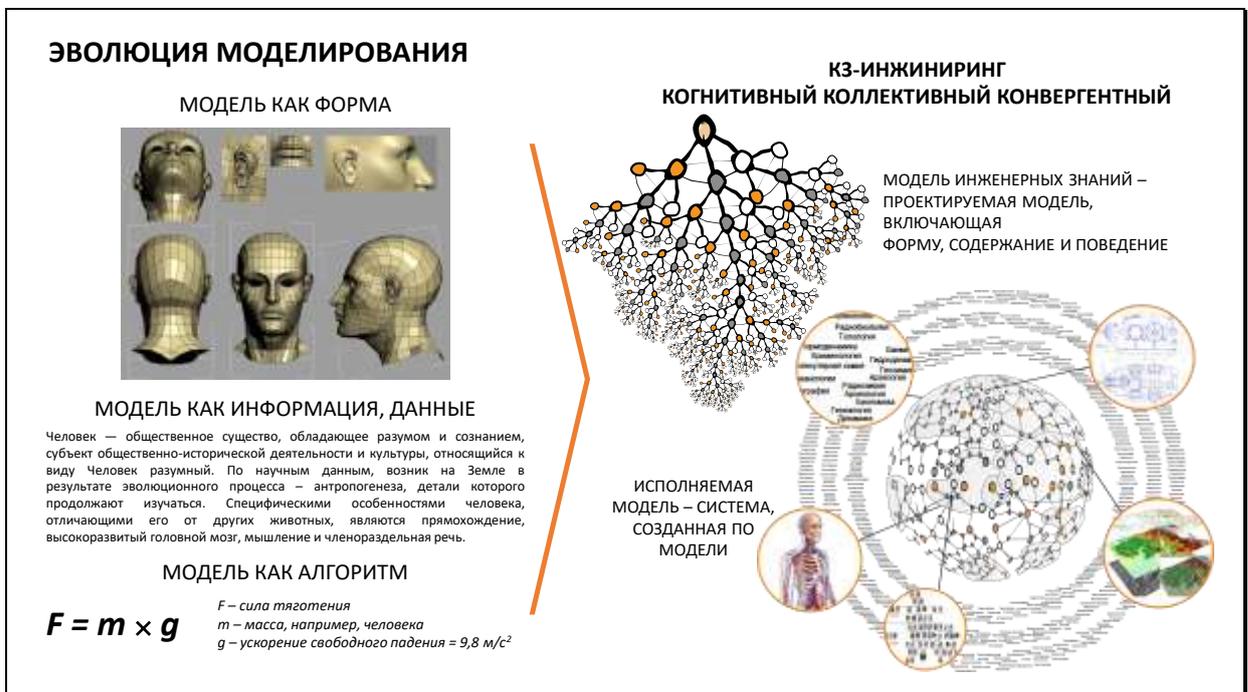
**Эволюционное программирование (Моделирование).**

Современные подходы к разработке программного обеспечения не могут быть применимы для будущего, так как системы становятся более динамичными, более сложными, обладают большей автономией и интеллектом, самоорганизуются, изменяются, развиваются и т.д. Представляется ценным понять Российские технологии гиперграфов и новые подходы к циклам разработки программного обеспечения и сравнить их с разработками в других странах (НАТО) в области теории графов и био-имитационных методов;

**Сквозное управление живыми процессами / Полный Жизненный Цикл Системы / Бессмертные Системы.**

Учитывая срок службы оборонной продукции и высокие темпы технологического прогресса, необходимы более совершенные методы, технологии и инструменты для управления всем жизненным циклом систем от "колыбели до могилы".

Было бы ценно поделиться подходами, принятыми странами (НАТО) и Российской Федерацией в решении этой сложной области...».



То есть методология КЗ-Инжиниринга на цифровой платформе #Гиперграф:КЗ-Инжиниринг реализовала все требуемые необходимые и достаточные принципы:

<sup>2</sup> [Протоколы NATO RTO.](#)

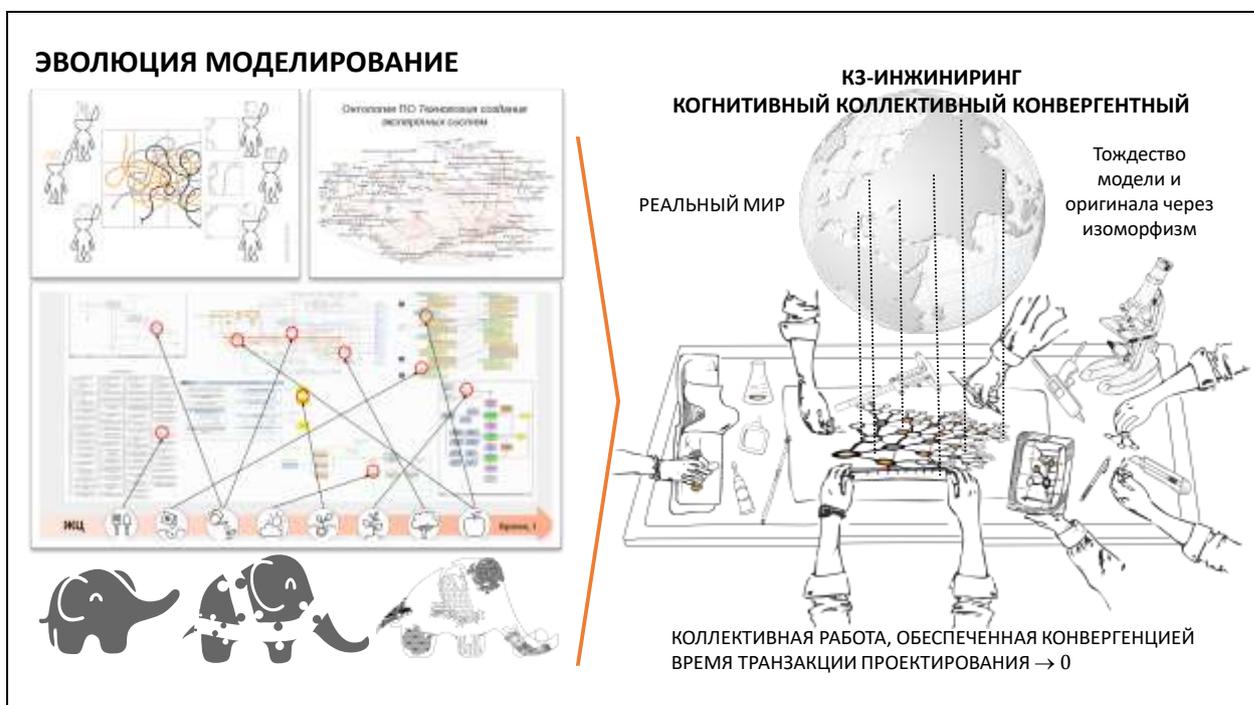
единства и целостности, множественности целей, эволюционности развития, преемственности и непрерывности, «бесшовного» распределенного коллективного взаимодействия, междисциплинарности с изоморфизмом законов в различных областях, конвергенции с наследованием, инкапсуляцией и полиморфизмом, всеобщей транспарентности, семантической интероперабельности, самоорганизации, сетевой сбалансированности, измеримости целей и деятельности (процессов и результатов), разграничения полномочий и персонификации вклада, динамической стандартизации, результативности.

## НАУЧНАЯ НОВИЗНА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА, ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДОСТОИНСТВА КЗ-ИНЖИНИРИНГА

Предлагаемый инновационный КЗ-Инжиниринг, созданный и успешно неоднократно апробированный, демонстрирует научную новизну, практическую применимость и высокую эффективность в различных дисциплинарных, функциональных, отраслевых, организационно-структурных, территориально-распределённых системах управления инженерным знанием, а также указывает на высокий экспортный потенциал.

**Научная новизна** предлагаемых методологий и технологий КЗ-Инжиниринга включают теоретические основы по следующим направлениям и аспектам:

- новая теория мультицелевых систем управления инженерным знанием,
- холистический конвергентный подход к архитектуре описания инженерного знания,
- использование математических структур типа однорангового гиперграфа классов, у которого осуществлена формализация конечного множества вершин (классов типа содержание, форма, поведение) и множества связей (наследование, структуризация, синтез), позволяющего описывать объекты и явления инженерного знания любой сложности (цифровые аналоги),



- фрактальные принципы моделирования инженерного знания ,
- управление гиперграфами инженерного знания (сравнение, выделение, слияние (мержирование) и т.п.),
- визуальный эволюционный язык моделирования,

- реализация принципов объектно-ориентированного подхода (наследование, инкапсуляция, полиморфизм) при проектировании инженерного знания.

**Технологические преимущества** КЗ-Инжиниринга включают прикладные решения, программные продукты, которые разработаны, протестированы, неоднократно использованы независимо от разработчиков:

- единая цифровая графо-центричная экосистема #Гиперграф:КЗ-Инжиниринг,
- набор инструментальных средств коллективного пользования:
  - среда коллективного эволюционного визуального моделирования,
  - язык эволюционного моделирования,
  - средства навигации в гиперграфе (открытость и прозрачность),
- система управления техническими требованиями (системными соглашениями),
- система управления изменениями требований,
- специализированные редакторы классов (типа содержание, форма, поведение),
- средства ведения системных журналов состояния модели,
- средства автодокументирования модели,
- средства интеграции с внешними системами,
- средства описания исторического, актуального и прогнозного состояния модели инженерного знания,
- единая комплексная система безопасности.

**Эксплуатационные достоинства** #Гиперграф:КЗ-Инжиниринга определены на основе анализа опыта применения прикладных решений [11].

Эффективность системы:

- эволюционно наращиваемый широкий функциональный состав решаемых задач моделирования инженерного знания,
- единое информационно-функциональное управленческое пространство модели инженерного знания,
- оптимизация и устранение избыточности модели инженерного знания,
- персонификация работы и ответственности как пользователей системы, так и системных аналитиков при проектировании модели инженерного знания.

Качество и безопасность системы:

- обеспечен высокий уровень надежности, работоспособности, динамической адаптивности, соответствия современным и перспективным требованиям, безопасности,
- единство модели и системы применения инженерного знания: модель и автоматически созданная система релевантны и обратимы,

Качество данных в системе:

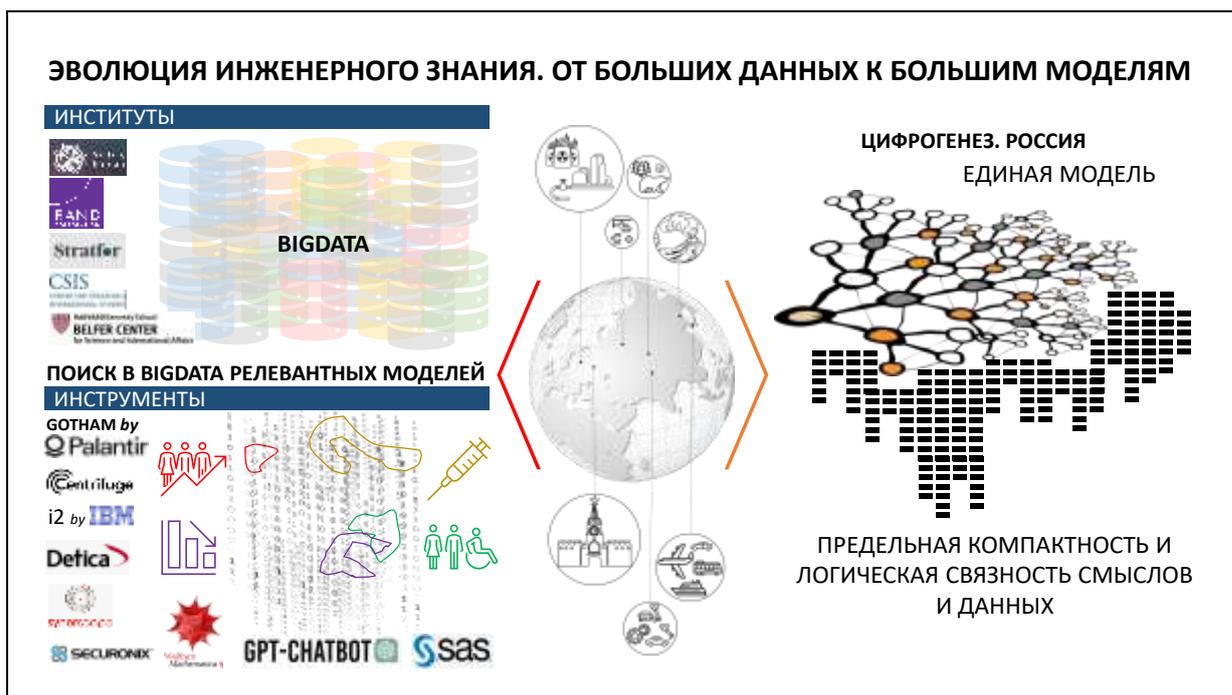
- обеспечение достоверности, целостности, непротиворечивости, синхронизации и прозрачности данных за счёт использования единого взаимоувязанного хранилища однократно вводимых данных,
- единая система управления ЖЦ нормативно-справочной информации,
- единое пространство управления транзакционными и аналитическими данными со сквозной реализацией функций «roll-up» и «drill-down».

Технологическая независимость системы:

- обеспечение непрерывного эволюционного развития модели инженерного знания без участия программистов;
- кросс-функциональность модели инженерного знания: обеспечение оперативного «бесшовного» взаимодействия пользователей системы поверх

организационных границ и функций структурных подразделений предприятия (в соответствии с установленными правами доступа к информации);

– гибкость конфигурирования системы.



Таким образом, предлагаемые Россией закрывающие технологии КЗ-Инжиниринга имеют колоссальный общественно-политический ресурс обеспечения технологического суверенитета с потенциалом глобального технологического присоединения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутин В.Н. Поэма «Дары Творца (коммутативный идемпотентный моноид)», 2023.
2. Кутин В.Н., Хохлова М.Н. Эпик фейл цифровой трансформации Бигтеха. Где ключ к левел ап? [Сокрушительный провал цифровой трансформации транснациональных корпораций. Где ключ к новому уровню управления?]. Экономические стратегии. 2022. №6. С. 46-55. <https://doi.org/10.33917/es-4.184.2022.46-55>
3. Кутин В.Н., Хохлова М.Н. Как айтишники «обувают» промышленников. А у вас какая коллекция ППО? [О проблемах цифровой трансформации на примере систем управления производством и промышленного программного обеспечения (ППО)]. ООО «ГиперГрафГрупп». 2022. <https://www.gipergraf.ru/kak-aitishniki-obuvayut-promyshlenniko>
4. Ма Хуатэн Цифровая трансформация Китая. Опыт преобразования инфраструктуры национальной экономики. М.: Интеллектуальная Литература, 2019.
5. Буданов В.Г. Методология синергетики в постнеклассической науке и в образовании. Изд. 4-е доп. – М.: ЛЕНАНД, 2017 – 272 с.
6. Буданов В.Г. Обобщенная научная рациональность: истоки, структура, перспективы в цифровую эпоху. / Антропомерность как вызов и ответ современности. Коллективная монография. (Отв. ред. В.Г. Буданов). Курск – «Университетская книга», 2022 С. 44-62.
7. #Гиперграф:Платформа, РКД. ООО "ГиперГрафГрупп", 2021.
8. Протокол демонстрации КСУ представителям Концерна «Калашников» [https://7055ce99-63ff-424d-ab7e-fe27c9fef34.usrfiles.com/ugd/7055ce\\_a0898b7345e94386819200c0d4110432.pdf](https://7055ce99-63ff-424d-ab7e-fe27c9fef34.usrfiles.com/ugd/7055ce_a0898b7345e94386819200c0d4110432.pdf)

9. «Таксономический анализ обязательной отчетности кредитных организаций ЦБ РФ»  
<https://www.grafxm.ru/post/modernizaciya-sistemy-sbora-otchetnosti-kreditnyh-organizacij-v-cb-rf>
10. Протоколы NATO RTO. NATO-RUSSIAN working platform on defence R&T co-operation,  
[https://7055ce99-63ff-424d-ab7e-fe27c9fef34.usrfiles.com/ugd/7055ce\\_24f228929de04862aecb27ac452f559c.pdf](https://7055ce99-63ff-424d-ab7e-fe27c9fef34.usrfiles.com/ugd/7055ce_24f228929de04862aecb27ac452f559c.pdf)
11. Экспертизы и отзывы. М.: ООО «ГиперГрафГрупп», 2021. <https://www.gipergraf.ru/>.