

УДК 004.9

DOI: [10.26102/2310-6018/2025.49.2.031](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2025.49.2.031)

Концептуальный подход к интеграции искусственного интеллекта в инженерную деятельность

М.А. Терехин^{1✉}, А.В. Иващенко¹, Г.А. Кулаков²

¹Самарский государственный медицинский университет, Самара,
Российская Федерация

²Инновационный научно-технологический центр «Регион», Самара,
Российская Федерация

Резюме. Статья посвящена актуальной проблеме разработки единого информационного пространства для интеграции компонентов искусственного интеллекта при информационной поддержке конструкторско-технологической подготовки производства. Рассмотрена задача построения цифрового ассистента инженера, назначением которого является анализ проектной документации, обработка двумерных и трехмерных моделей, генерация новых конструкторско-технологических решений. Построение модели взаимодействия ассистента инженера с инженером предлагается в рамках интеграции систем автоматизированного проектирования, управления инженерными данными и управления цифровым контентом на основе нового концепта «аффорданс», широко применяющегося для описания особенностей искусственного интеллекта, а также в психологии восприятия и дизайна для описания взаимодействия человека и технических устройств. С использованием данного концепта разработана информационно-логическая модель интегрированной информационной среды предприятия, объединяющего естественный и искусственный интеллект в рамках реализации творческой инженерной деятельности. Разбиение вариантов исполнения по аффордансам предлагается в качестве основы для составления и разметки данных обучающих выборок для генеративных моделей и выступает ориентиром для формирования последующих промпт-запросов. Результаты предложенной концепции реализованы на практике, проиллюстрированы на примере унификации изделий медицинского назначения: продуктов для реабилитации пациентов, хирургической навигации, мультисенсорных тренажеров и модульной экспертной виртуальной системы. Материалы статьи представляют практическую ценность для автоматизации поддержки принятия инженерных решений, а также в сфере высшего образования при подготовке инженерных специалистов, в том числе на стыке наук, например, в медицинской инженерии.

Ключевые слова: системы автоматизированного проектирования, информационная поддержка изделий, искусственный интеллект, научно-техническое творчество, инженерная деятельность, аффорданс.

Для цитирования: Терехин М.А., Иващенко А.В., Кулаков Г.А. Концептуальный подход к интеграции искусственного интеллекта в инженерную деятельность. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2025;13(2). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1907> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.49.2.031

A conceptual approach to the integration of artificial intelligence into engineering activities

M.A. Terekhin^{1✉}, A.V. Ivaschenko¹, G.A. Kulakov²

¹Samara State Medical University, Samara, the Russian Federation

²Innovative Science and Technology Center "Region", Samara, the Russian Federation

Abstract. The article addresses the pressing issue of developing a unified information space for the integration of artificial intelligence components in the context of information support for design and technological preparation of production. It considers the challenge of creating a digital engineering assistant whose functions include the analysis of design documentation, processing of two-dimensional and three-dimensional models, and generation of new design and technological solutions. The model of interaction between the digital assistant and the engineer is proposed within the framework of integrating computer-aided design systems, engineering data management systems, and digital content management systems. This integration is based on the novel concept of "affordance", which is widely used to describe the characteristics of artificial intelligence systems, as well as in perception psychology and design to describe human interaction with technical devices. Using this concept, an information-logical model of an integrated enterprise information environment has been developed—an environment that brings together natural and artificial intelligence for the purpose of facilitating creative engineering activity. The classification of implementation options based on affordances is proposed as a foundation for compiling and annotating training datasets for generative models, as well as a guideline for formulating subsequent prompt queries. The proposed concept has been practically implemented and illustrated through the unification of medical device designs, including rehabilitation products, surgical navigation systems, multisensory simulators, and a modular expert virtual system. The findings presented in the article have practical value for the automation of engineering decision-making support, as well as for higher education in training engineering specialists, including in interdisciplinary fields such as medical engineering.

Keywords: computer-aided design systems, product information support, artificial intelligence, scientific and technical creativity, engineering activities, affordance.

For citation: Terekhin M.A., Ivaschenko A.V., Kulakov G.A. A conceptual approach to the integration of artificial intelligence into engineering activities. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2025;13(2). (In Russ.). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1907> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.49.2.031

Введение

Развитие отечественной промышленности требует внедрения современных информационных технологий на всех этапах конструкторско-технологической подготовки производства. В частности, актуальной является задача автоматизации поддержки принятия инженерных решений с использованием технологий искусственного интеллекта, например, с помощью распространенных в последнее время генеративных искусственных нейронных сетей и больших языковых моделей типа ChatGPT, YandexGPT или GigaChat [1, 2]. В деятельности технического творчества данные технологии не способны заменить профессионального инженера, однако могут существенно обеспечить эффективность и повысить результативность. При этом вопросы эффективной организации их взаимодействия на производственном предприятии, определения пропорции и разделении совместного вклада цифрового ассистента и специалиста в процессе получения технического результата, а также согласованной интеграции в единый механизм.

С позиции информатики и информационных технологий в данном аспекте важной представляется задача концептуализации единого информационного пространства для интеграции компонентов искусственного интеллекта при информационной поддержке конструкторско-технологической подготовки производства. В данной статье предложено решение этой задачи, построенное на основе концепта «аффорданс» [3], широко применяющегося для описания особенностей искусственного интеллекта, а также в психологии восприятия и дизайна для описания взаимодействия человека и технических устройств.

Состояние проблемы

Современные промышленные предприятия, занимающиеся изготовлением продукции уровня готовности технологий (УГТ) выше семи, активно используют технологии информационной поддержки жизненного цикла изделий (ИПИ/CALS). Накопление, хранение данных, а также информационная поддержка процессов проектирования обеспечивается системами класса PDM (Product Data Management) [4] и ECM (Enterprise Content Management) [5, 6], что предоставляет возможности интеграции деятельности персонала в едином информационном пространстве предприятия. Таким образом, на уровне производственной автоматизации имеется комплекс необходимых и достаточных средств ведения базы знаний конструкторско-технологических решений и информационной поддержки инженерной деятельности.

Модернизация и внедрение новых информационных технологий в промышленности, в том числе элементов искусственного интеллекта, предусмотрено Государственной технологической политикой, направленной на поддержку и развитие высоких технологий, инновационных процессов и научных исследований в России, что ярко выражено в Федеральном законе от 28 декабря 2024 г. № 523-ФЗ «О технологической политике в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»¹. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2023 года № 603² определяет конкретные механизмы и меры, которые призваны способствовать укреплению позиций России на глобальном технологическом рынке. В свою очередь, распоряжение Правительства РФ от 20 мая 2023 года № 1315-р³, утвердившее Концепцию технологического развития на период до 2030 года, формирует стратегические приоритеты и ключевые направления инновационной деятельности, акцентируя внимание на необходимости интеграции новых технологий в различные сектора экономики, что, в конечном итоге, призвано обеспечить устойчивое и сбалансированное развитие российской экономики в долгосрочной перспективе, технологический суверенитет и лидерство.

Современные подходы к инженерному проектированию и производству базируются на концепции цифровых двойников [7, 8], основная идея которой заключается в разработке функционально полной модели изделия в виртуальной среде [9, 10]. Например, 3D-модель изделия обладает функциональными характеристиками, назначением и визуальными качествами продукта, что позволяет проводить конструирование, моделирование, исследование и анализ на различных этапах его жизненного цикла. Внедрение концепции цифровых двойников позволяет усовершенствовать процессы разработки передовой техники, однако требует от инженеров новых компетенций, таких как информационное взаимодействие, коллективное принятие решений, а также генерация и апробация инновационных идей.

¹ Федеральный закон от 28 декабря 2024 г. N 523-ФЗ «О технологической политике в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». ГАРАНТ. URL: <https://www.garant.ru/hotlaw/federal/1778131/> (дата обращения: 10.02.2025).

² Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2023 г. № 603 «Об утверждении приоритетных направлений проектов технологического суверенитета и проектов структурной адаптации экономики Российской Федерации и Положения об условиях отнесения проектов к проектам технологического суверенитета и проектам структурной адаптации экономики Российской Федерации, о представлении сведений о проектах технологического суверенитета и проектах структурной адаптации экономики Российской Федерации и ведении реестра указанных проектов, а также о требованиях к организациям, уполномоченным представлять заключения о соответствии проектов требованиям к проектам технологического суверенитета и проектам структурной адаптации экономики Российской Федерации». ГАРАНТ. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/406641957/> (дата обращения: 10.02.2025).

³ Распоряжение Правительства РФ от 20 мая 2023 г. № 1315-р «Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 г.». ГАРАНТ. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/406831204/> (дата обращения: 10.02.2025).

Многие современные версии систем автоматизированного проектирования (САПР) и ИПИ [11] позволяют подключать программные компоненты поддержки принятия инженерных решений с элементами искусственного интеллекта [12, 13]. В Таблице 1 представлены результаты сравнительного анализа возможностей современных систем ИПИ в контексте основных направлений использования искусственного интеллекта [14, 15]: предиктивной аналитики, оптимизации процессов, анализа больших данных и генеративного дизайна. Можно заметить, что задача комплексного применения искусственного интеллекта в контексте дизайна цифровых двойников в настоящее время не решена.

Таблица 1 – Возможности применения искусственного интеллекта в современных системах ИПИ

Table 1 – Potential applications of artificial intelligence in modern engineering support information systems

№ п/п	Система / ПО	Предиктивная аналитика	Оптимизация процессов	Анализ больших данных	Генеративный дизайн
1	AI CAD Generator	–	–	Обработка больших объемов данных для создания моделей	Автоматическая генерация 3D-объектов на основе текстовых запросов.
2	SimScale	–	Оптимизация параметров моделирования и ускорение проектирования.	–	–
3	Siemens Solid Edge	–	Оптимизация проектных процессов и коллаборация в облаке.	–	–
4	Siemens Teamcenter	Прогнозирование рисков и управление жизненным циклом продукта.	–	Анализ данных по жизненному циклу продукта и интеграция с PLM-системами.	–
5	PTC Windchill	Предиктивный анализ изменений, интеграция с IoT для мониторинга в реальном времени.	–	Анализ данных в реальном времени, управление изменениями.	–
6	Creo Generative Design (PTC)	–	–	–	Оптимизация конструкций на основе заданных требований.
7	Autodesk Fusion 360	–	Устранение избыточности в проектировании, упрощение производства.	ИИ-анализ проектных данных, выявление закономерностей.	Автоматизированный генеративный дизайн с учетом нагрузок и материалов.

Применение искусственного интеллекта в задачах автоматизации проектирования [16, 17] с учетом концепции цифровых двойников должно быть направлено на поддержку принятия инженерных решений. Для этого должна быть решена задача организационно-технологической поддержки инженерной деятельности:

во-первых, на уровне ее информационного обеспечения путем реализации единой базы знаний конструкторско-технологических решений, во-вторых, на уровне интеллектуализации изобретений путем, например, нейросетевой генерации вариантов облика изделий.

Теория изобретательства, развитие инновационной деятельности предприятий и формирование инженерного мышления изложены в работах Д. Пойа [18], Д.Э. Арнольда, Г.С. Альтшуллера [19], А.Г. Карлова [20, 21], Н.А. Шпаковского, В. Петрова и др. Формирование инженерного мышления представляет собой сложный процесс, поскольку от специалистов, занимающихся разработкой инновационных продуктов, требуется основательная и многогранная теоретическая подготовка, глубокое понимание современной физики, теории механизмов и машин, теории сопротивления материалов, информационных технологий и других дисциплин.

В этом контексте компоненты искусственного интеллекта могут играть роль эффективного помощника инженера, обеспечивая своевременную полную и достоверную информационную поддержку. Необходимым условием является владение навыками составления поисковых запросов, которые в настоящее время задаются компетенциями промпт-инженера. Использование возможностей искусственного интеллекта обеспечивает обнаружение закономерностей и повышение качества принимаемых решений, а также позволяет прогнозировать временные затраты на проекты и выявлять потенциальные риски на ранних этапах проектирования.

Для выстраивания результативного диалога в рамках человеко-машинного взаимодействия между инженером и интеллектуальным помощником необходимо выбрать концепт, описывающий инженерные решения в аспектах их назначения и технической реализации. В роли такого концепта может выступить понятие «аффорданса», которое применяется для описания особенностей искусственного интеллекта [22, 23]. Аффорданс обозначает свойства объектов, которые указывают пользователю на то, как ими можно и следует пользоваться. Аффорданс [24] не просто связывает свойства объекта с его физическими чертами, но также открывает возможности, предоставляемые этим объектом его пользователю, а также служит своего рода связующим звеном между данными характеристиками объекта и теми способами, которыми агент (то есть тот, кто взаимодействует с объектом) может его использовать.

Описанные аспекты практического применения искусственного интеллекта в инженерной деятельности позволяют сформировать на базе концепции аффорданса архитектуру единого информационного пространства [25] для интеграции компонентов искусственного интеллекта при информационной поддержке конструкторско-технологической подготовки производства. При этом реализация концепции требует создания новой информационно-логической модели интегрированной информационной среды предприятия.

Материалы и методы

В разделе представлена информационно-логическая модель интегрированной информационной среды предприятия, объединяющая естественный и искусственный интеллект в рамках реализации творческой инженерной деятельности. Разработанная для этих целей новая модель концепции включает методы системного анализа, семантического моделирования и машинного зрения. Исследование охватывало выделение и анализ функциональных характеристик существующих CALS-технологий, с целью выявления их возможностей и ограничений в контексте решений задач

изобретательства и интуитивного взаимодействия инженеров с компонентами искусственного интеллекта в системе управления инженерными данными.

Реализация модуля искусственного интеллекта в данном случае представляется в виде дополнительного подключаемого модуля (программного агента или бота), реализуемого в виде плагина, интегрированного с САПР на автоматизированном рабочем месте инженера-разработчика новых изделий. Реализация модуля может быть выполнена по технологии генеративной нейросетевой модели, однако возможно также применение баз знаний и систем логического вывода. Предложенный модуль представляет собой цифрового ассистента инженера, в задачи которого входят анализ проектной документации, обработка двумерных и трехмерных моделей и генерация новых решений. Основным преимуществом в данном случае является возможность работать с изображениями трехмерной графики.

Взаимодействие инженера с цифровым ассистентом включает корректное формирование промпт-запросов, что требует дополнительной подготовки. Однако цифровой ассистент в предлагаемой реализации получает доступ ко всем изображениям, обрабатываемым в САПР, что обеспечивает возможность формирования не только текстовых, но и графических запросов, и существенно расширяет возможности решения. Кроме этого, этот модуль может использовать информацию обо всех действиях проектировщика, в том числе контролировать его взгляд и движения и использовать эту информацию в качестве источника дополнительной обратной связи.

Для интеграции цифрового ассистента в интегрированную информационную среду необходимо обеспечить соответствие информационных объектов на разных уровнях проектирования. Для решения этой задачи предложено использовать концепт аффорданса. Аффордансы представляют собой свойства или функции изделия, позволяющие понять, какие действия могут быть с ними выполнены в зависимости от доступных ресурсов, знаний и инструментов. В системе управления инженерными данными текущая концепция реализуется атрибутивным описанием частей проекта, что открывает возможности для формализованного представления инженерных решений и накопления базы данных с учетом их функционального назначения.

Таким образом, концепт аффорданса позволяет онтологически связать три уровня обработки данных:

- система автоматизированного проектирования (трехмерные модели);
- система управления инженерными данными (дерево изделия);
- система управления контентом (требования назначения, функциональные требования и варианты использования).

Предложенное решение представлено на Рисунке 1. Для обработки данных предусмотрено два функциональных блока. Модуль анализа аффордансов включает автоматическую генерацию функциональных свойств компонентов. Например, для узла изделия автоматически рассчитываются физико-механические характеристики, доступные варианты решения задач и потенциальные внутренние улучшения, продиктованные концепцией аффордансов.

Семантический модуль эвристического поиска реализует функции интерфейса поддержки инженерных решений и помогает формулировать гипотезы на основании имеющихся взаимосвязей, что, в свою очередь, позволяет ускорить процесс генерации идей для новых изделий либо расширить функционал.

Интеграционная шина данных выступает в роли серверной шины, которая обеспечивает объединение с существующими системами управления жизненным циклом изделия. Реализуемая таким образом способность учитывать семантические

характеристики и адаптировать логику системы к текущим задачам создает условия развития инженерного мышления с интегрированием его с элементами искусственного интеллекта.

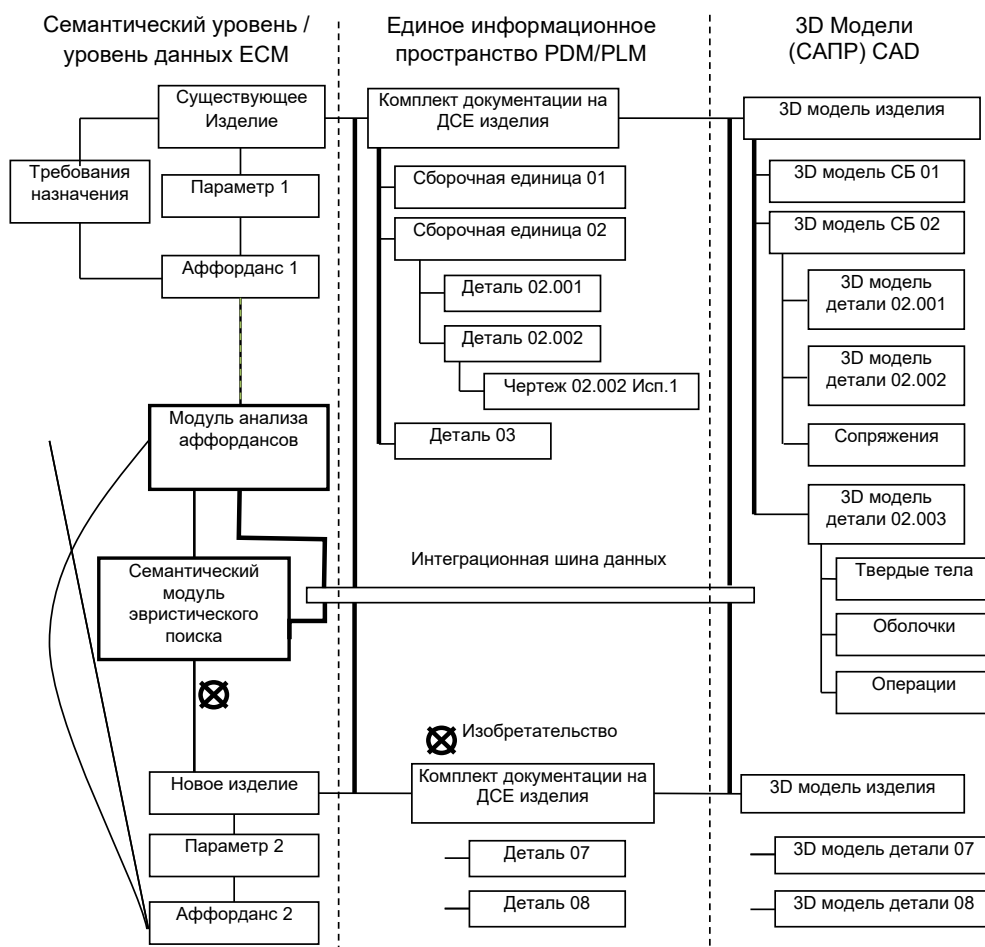


Рисунок 1 – Информационно-логическая модель интегрированной информационной среды с элементами искусственного интеллекта

Figure 1 – Information and logical model of solid information space implementing artificial intelligence

Введенные «Модуль анализа аффордансов», «Семантический модуль эвристического поиска» и «Интеграционная шина данных» позволяют реализовать роботизированного ассистента инженерного творчества в виде бота системы поддержки принятия решений по разработке проектной документации и генератора проектных решений.

Результаты

Апробация предложенного подхода была произведена в Передовой медицинской инженерной школе Самарского государственного медицинского университета при исследовании проблем конфигурирования единого информационного пространства технопарка с учетом возможностей искусственного интеллекта. Основная проблема медицинской инженерии состоит в реализации новых идей с максимальным использованием накопленного технологического задела и имеющейся инновационной инфраструктурой. В этих условиях необходимо найти баланс между объемом реализации новых дизайн решений и внедрением апробированных технологий.

Для решения данной проблемы была предложена конфигурация единого информационного пространства, основанная на описании продуктов и их компонентов с помощью аффордансов. В качестве технологической основы интегрированной информационной среды использовано программное обеспечение АСКОН: ЕСМ система Pilot, PDM/PLM система ЛОЦМАН и САПР Компас 3D. Данный стек технологий позволяет вводить новые информационные сущности для описания деталей и сборочных единиц и учитывать это описание при поддержке принятия проектных решений.

Согласно предложенной информационно-логической модели, каждое изделие имеет стандартные сущности: наименование, назначение, комплект конструкторской документации, включающий в себя 3D-модели; а также изделие имеет новую сущность – аффордансы, причем каждая деталь и сборочная единица в главной подсборке также может иметь свои аффордансы. В контексте трехмерных моделей определение аффордансов позволит повысить пользовательский опыт взаимодействия с реальными объектами посредством цифровых двойников, поскольку уже на начальном этапе проектирования будут обнаружены варианты использования элементов и их взаимосвязь с физическими и геометрическими характеристиками. Выделение аффордансов при описании продуктов позволяет проработать вопросы унификации и повторного применения, а также облегчает внедрение комплексов для решения новых задач практического здравоохранения.

В качестве примера можно привести результаты выявления общих аффордансов у изделий медицинского назначения, проиллюстрированных на Рисунке 2. Здесь приведена линейка программно-аппаратных комплексов (ПАК) для реабилитации пациентов [26, 27], система хирургической навигации AUTOPLAN [28, 29], мультисенсорный тренажер реабилитации пациентов ReviVR и мультисенсорный тренажер активной двигательной реабилитации ReviMotion, а также модульная экспертная виртуальная система (МЭВИС). Перечисленные ПАК имеют общие конструктивные особенности: 1) шасси как у компьютерного кресла, 2) стойку из конструкционного профиля, 3) корпус для размещения электроники и системы управления, 4) кронштейны для крепления экранов (мониторов), 5) мониторы и 6) дополнительное оборудование для проведения необходимых манипуляций, в числе которых могут быть: видеокамеры, VR очки, пневматические сандалии и т. п.

Группировка медицинской техники по указанным аффордансам в системе управления инженерными данными позволяет выделить общие функциональные требования и выбрать наиболее эффективное, технологичное и экономичное решение, сохранив при этом вариативность исполнений для отдельных случаев. Реализация нескольких вариантов исполнения по одному аффордансу должна предусматривать взаимозаменяемость крупных узлов, что обеспечит возможность гибкого конфигурирования решений в зависимости от поставленной задачи. При этом разные варианты исполнения, реализующие один аффорданс, должны быть выполнены в едином дизайне для сохранения эстетического внешнего вида и обеспечения узнаваемости торговых марок.

Кроме этого, проектирование и реализация различных исполнений медицинской техники и ее комплектующих функциональных блоков в рамках одного аффорданса позволяют оценить технологические возможности производства и границы исполнимости, важные для проектирования новых изделий. При решении новых задач разработки инновационной техники инженер должен выявлять и разрешать технические и физические противоречия, отсекая бесперспективные и неэффективные пути решения. Группировка существующих решений и их аналогов по критерию единства аффорданса позволяет найти ответы на основные вопросы изобретательской

задачи, связанные с декомпозицией системы, оценки связей и анализа возможных изменений.

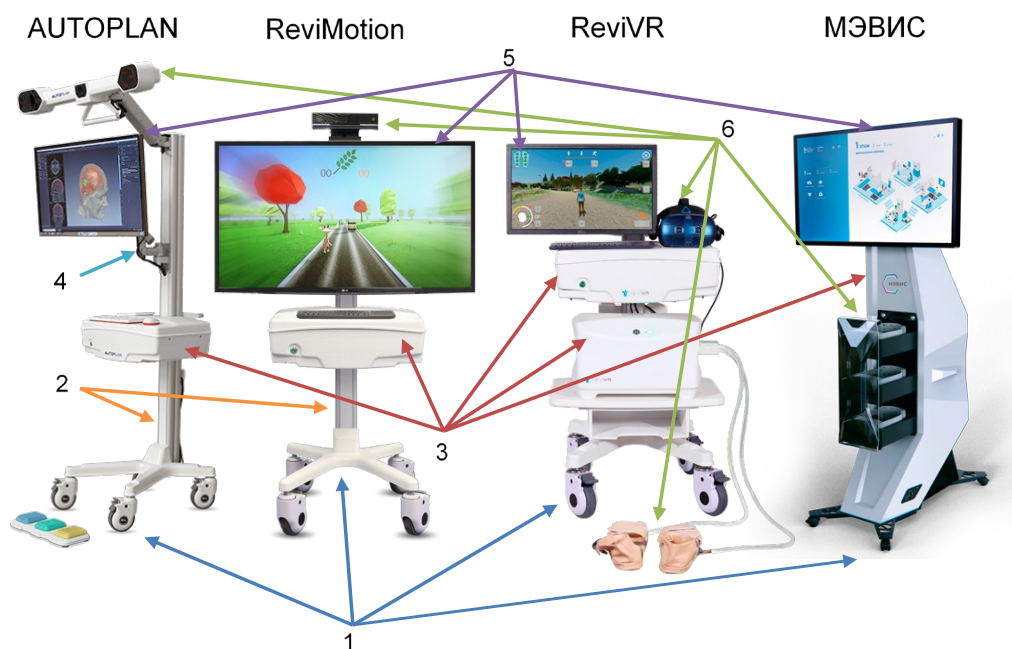


Рисунок 2 – Обобщение конструкторских решений в продуктовой линейке медицинской техники (на примере комплексов виртуальной реальности)

Figure 2 – Generalized design solutions in the product line of medical equipment (using virtual reality systems as an example)

Кроме этого, проектирование и реализация различных исполнений медицинской техники и ее комплектующих функциональных блоков в рамках одного аффорданса позволяет оценить технологические возможности производства и границы исполнимости, важные для проектирования новых изделий. При решении новых задач разработки инновационной техники инженер должен выявлять технические противоречия, отсекая бесперспективные и неэффективные пути решения. Группировка существующих решений и их аналогов по критерию единства аффорданса позволяет найти ответы на основные вопросы изобретательской задачи, связанные с декомпозицией системы, оценки связей и анализа возможных изменений.

Изложенные выше положения концепции важны при интеграции компонентов искусственного интеллекта в предлагаемую систему. Разбиение вариантов исполнения по аффордансам предлагается в качестве основы для составления и разметки данных обучающих выборок для генеративных моделей и выступает ориентиром для формирования последующих промпт-запросов.

Обсуждение

Современные вызовы и проблемы, с которыми сталкиваются предприятия в процессе разработки инновационных изделий, требуют интеграции новых подходов к управлению инженерной деятельностью и непрерывной поддержки творческого мышления. Несмотря на возможность реализации модульного подхода, параметризации изделий и широкие возможности по конфигурированию дерева изделия, интеллектуализация современных систем управления инженерными данными сталкивается с определенным противоречием. С одной стороны, имея накопленный опыт, инженер, воспользовавшись PDM системой и САПР, может воспроизвести

типовое решение, на основании имеющейся проектной документации и трехмерных моделей, хранящихся в электронном архиве предприятия. С другой стороны, инновационные проекты требуют новых решений, а современные CALS технологии позволяют повторять типовые изделия, но не стимулируют изобретательскую деятельность.

Предложенная в данной статье модель интегрированной информационной среды позволяет организовать единое информационное пространство, которое, в свою очередь, открывает перспективы для трансформации инженерного мышления за счет концептуальной основы, построенной на идее аффордансов. В предложенной модели основной акцент ставится на когнитивный аспект инженерной деятельности, поскольку в настоящее время инженерные решения, как правило, ориентируются исключительно на функциональные или технические улучшения изделий. Хотя решения представляют собой многомерный анализ взаимодействия пользователя и создаваемой продукции, поэтому внедрение категории аффордансов в качестве атрибута данных является актуальным.

В данном случае аффордансы выступают инструментом формализации продуктовой логики инновационных разработок, то есть организации инновационной деятельности, направленной на создание новых продуктов, востребованных и конкурентоспособных на современном рынке. Такой подход не только позволяет глубже анализировать существующие решения, но и стимулирует генерацию новых идей, что, в свою очередь, повышает творческий потенциал инженеров и позволяет применять современные технологии искусственного интеллекта.

Реализация предложенной модели возможна с использованием технологий искусственного интеллекта и машинного зрения для анализа проектной документации и трехмерных моделей. Например, использование методов машинного зрения для задачи обработки больших массивов графической информации (например, чертежей) значительно повышает эффективность работы за счет экономии временных и трудовых ресурсов, необходимых для проведения сравнительного анализа существующих инженерных решений.

Заключение

Предложенная концепция информационно-логической модели на базе аффорданса, позволяет реализовать поддержку принятия инженерных решений с использованием технологий генеративного искусственного интеллекта. Полученные результаты позволяют не только осуществлять информационную поддержку, но и активизировать творческую деятельность инженеров, что особенно важно в условиях цифровой трансформации предприятий. Использование таких технологий, как машинное зрение и искусственный интеллект, позволяет обеспечить автоматизацию рутинных задач, сократить время на выполнение операций и оказывать поддержку креативной генерации идей.

Дальнейшие исследования посвящены созданию алгоритмов машинного обучения для обработки больших массивов данных в CAD системах.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Кузьминов Я., Кручинская Е. Потенциал генеративного искусственного интеллекта для решения профессиональных задач. *Форсайт*. 2024;18(4):67–76. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2024.4.67.76>

- Kouzmanov Ya., Kruchinskaia E. The Evaluation of GenAI Capabilities to Implement Professional Tasks. *Foresight and STI Governance*. 2024;18(4):67–76. (In Russ.). <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2024.4.67.76>
2. Bubeck S., Chandrasekaran V., Eldan R., et al. Sparks of Artificial General Intelligence: Early Experiments with GPT-4. arXiv. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.12712> [Accessed 10th February 2025].
 3. Карелов С.В. «Ловушка Гудхарта» для AGI: проблема сравнительного анализа искусственного интеллекта и интеллекта человека. *Ученые записки Института психологии Российской академии наук*. 2023;3(3):5–22.
Karelov S.V. The "Goodhart's trap" for AGI: The Problem of Comparative Analysis of Artificial Intelligence and Human Intelligence. *Proceedings of the Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences*. 2023;3(3):5–22. (In Russ.).
 4. Братухин А.Г., Серебрянский С.А., Стрелец Д.Ю. и др. *Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники*. Москва: Московский авиационный институт; 2020. 448 с.
 5. Сулимова Е.А. Цифровой инструментарий управления предприятиями: CRM, ERP, ECM, BI. *Инновации и инвестиции*. 2023;(5):158–160.
Sulimova E.A. Digital Enterprise Management Toolkit. *Innovation & Investment*. 2023;(5):158–160. (In Russ.).
 6. Казанцева Л.В., Акатьев Я.А., Казанцева Д.М., Ширяев М.В. Формирование архитектуры данных при проектировании корпоративной информационной системы. *Наукоёмкие технологии*. 2023;24(4):21–26.
Kazantseva L.V., Akatev I.A., Kazantseva D.M., Shiryayev M.V. The Formation of Data Architecture During the Design of a Corporate Information System. *Science Intensive Technologies*. 2023;24(4):21–26. (In Russ.).
 7. Боровков А.И., Кулемин В.Ю. Цифровой инжиниринг для создания изделий высокой степени технологической сложности на основе цифровых двойников. *Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук*. 2024;(3):98–104.
Borovkov A.I., Kulemin V.J. Digital Engineering for the Creation of Products of High Degree of Technological Complexity Based on Digital Twins. *Izvestiya Rossiiskoi akademii raketnykh i artilleriiskikh nauk*. 2024;(3):98–104. (In Russ.).
 8. Боровков А., Бураков В., Мартынец Е., Рябов Ю., Щербина Л. Цифровая платформа по разработке и применению цифровых двойников (Digital Twins) CML-BENCH® (Часть 1). *САПР и графика*. 2023;(8):42–51.
 9. Боровков А., Бураков В. Цифровая платформа по разработке и применению цифровых двойников (Digital Twins) CML-BENCH® (Часть 2). *САПР и графика*. 2023;(9):54–64.
 10. Боровков А., Мартынов И., Шандер И. и др. Цифровая платформа по разработке и применению цифровых двойников (Digital Twins) CML-BENCH® (Часть 3). *САПР и графика*. 2023;(10):50–62.
 11. Sabbella D.S., Singh A., G. U.M. Artificial Intelligence in 3D CAD modelling. In: *Proceedings of the 2020 International Conference on Emerging Trends in Information Technology and Engineering (ic-ETITE), 24–25 February 2020, Vellore, India*. IEEE; 2020. P. 1–5. <https://doi.org/10.1109/ic-ETITE47903.2020.29>
 12. Shreya H.R., Kumar T. Impact of Artificial Intelligence Tools and Text-to-3D Model Generators on Interior Design. In: *Smart Trends in Computing and Communications: Proceedings of SmartCom 2024: Volume 5, 12–13 January 2024, Pune, India*. Singapore: Springer; 2024. P. 465–478. https://doi.org/10.1007/978-981-97-1313-4_40

13. Lykov A., Altamirano M., Konenkov M., et al. Industry 6.0: New Generation of Industry Driven by Generative AI and Swarm of Heterogeneous Robots. arXiv. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.10106> [Accessed 10th February 2025].
14. Zou Q., Wu Yi., Liu Zh., Xu W., Gao Sh. Intelligent CAD 2.0. arXiv. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.03759> [Accessed 11th February 2025].
15. Li K.-Yi., Huang Ch.-K., Chen Q.-W., Zhang H.-Ch., Tang Ts.-T. Leveraging Generative AI and CAD Automation for Efficient Automotive Wheel Design with Limited Data. [Preprint]. Research Square. URL: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5041554/v1> [Accessed 11th February 2025].
16. Yeslam H.E., Von Maltzahn N.F., Nassar H.M. Revolutionizing CAD/CAM-Based Restorative Dental Processes and Materials with Artificial Intelligence: A Concise Narrative Review. *PeerJ*. 2024;12. <https://doi.org/10.7717/peerj.17793>
17. Shi H. Research on the Development and Application of Artificial Intelligence in Computer-Aided Design (CAD) Systems. *Applied and Computational Engineering*. 2024;106:131–136. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/106/20241314>
18. Schoenfeld A.H. Pólya, Problem Solving, and Education. *Mathematics Magazine*. 1987;60(5):283–291. <https://doi.org/10.2307/2690409>
19. Альтшуллер Г. *Найти идею: Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач*. Москва: Альпина Паблишер; 2024. 402 с.
20. Карлов А.Г. Особенности эволюции и применения компьютерных технологий, поддерживающих процессы генерации изобретательских идей. *Автоматизация и измерения в машино- приборостроении*. 2019;(2):75–80.
Karlova A.G. Features of Evolution and Application of the Computer Technologies Supporting Processes of Generation of Inventive Ideas. *Automation and Measurement in Mechanical Engineering and Instrument Engineering*. 2019;(2):75–80. (In Russ.).
21. Карлов А.Г. Структура систематических непрерывных инноваций в период перехода от традиционного производства к передовым производственным технологиям. *Автоматизация и измерения в машино- приборостроении*. 2019;(3):11–16.
Karlova A.G. Structure of Regular Continuous Innovations in Transition from Traditional Manufacture to the Advanced Industrial Technologies. *Automation and Measurement in Mechanical Engineering and Instrument Engineering*. 2019;(3):11–16. (In Russ.).
22. Гибсон Дж. *Экологический подход к зрительному восприятию*. Москва: Прогресс; 1988. 464 с.
Gibson J. *The Ecological Approach to Visual Perception*. Moscow: Progress; 1988. 464 p. (In Russ.).
23. Greeno J.G. Gibson's Affordances. *Psychological Review*. 1994;101(2):336–342. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.101.2.336>
24. Heras-Escribano M. *The Philosophy of Affordances*. Cham: Palgrave Macmillan; 2019. 232 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-98830-6>
25. Иващенко А.В., Терехин М.А. Информационные технологии поддержки инженерного мышления в едином информационном пространстве предприятия. *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2024;13(4):46–54.
Ivaschenko A.V., Terekhin M.A. Engineering Creativity Support Information Technologies in Enterprise Solid Information Space. *XXI century: Resumes of the Past and Challenges of the Present plus*. 2024;13(4):46–54. (In Russ.).
26. Захаров А.В., Хивинцева Е.В., Чаплыгин С.С., Стариковский М.Ю., Елизаров М.А., Колсанов А.В. Двигательная реабилитация пациентов в остром периоде инсульта с использованием технологии виртуальной реальности. *Журнал*

- неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2021;121(8–2):71–75.
<https://doi.org/10.17116/jnevro202112108271>
- Zakharov A.V., Khivintseva E.V., Chaplygin S.S., Starikovskiy M.Yu., Elizarov M.A., Kolsanov A.V. Motor Rehabilitation of Patients in the Acute Period of Stroke Using Virtual Reality Technology. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2021;121(8–2):71–75. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/jnevro202112108271>
27. Захаров А.В., Чаплыгин С.С., Колсанов А.В. Математическая модель оценки увеличения эффективности реабилитации при помощи технологии персонализированного подбора реабилитации с помощью адаптированной виртуальной среды. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье*. 2020;(4):125–134. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2020.4.14>
- Zakharov A.V., Chaplygin S.S., Kolsanov A.V. Mathematical Model of Evaluation of Rehabilitation Efficiency Increase With the Help of Personalized Rehabilitation Selection Technology With the Help of Adapted Virtual Environment. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ". Rehabilitation, Doctor and Health*. 2020;(4):125–134. (In Russ.). <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2020.4.14>
28. Панченков Д.Н., Иванов Ю.В., Колсанов А.В. и др. Виртуальное 3D-моделирование в хирургии печени. *Вестник хирургии имени И.И. Грекова*. 2019;178(5):74–80. <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2019-178-5-74-80>
- Panchenkov D.N., Ivanov Yu.V., Kolsanov A.V., et al. Virtual Color 3D-Modeling in Liver Surgery. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2019;178(5):74–80. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2019-178-5-74-80>
29. Колсанов А.В., Владимирова Т.Ю., Чаплыгин С.С., Зелёва О.В., Морев О.С. Системы хирургической навигации в оториноларингологии. *Вестник Росздрава*. 2023;(5):118–122.
- Kolsanov A.V., Vladimirova T.Yu., Chaplygin S.S., Zelyova O.V., Morev O.S. Surgical Navigation Systems in Otorhinolaryngology. *Vestnik Roszdravnadzora*. 2023;(5):118–122. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Терехин Михаил Александрович, ассистент
Передовой медицинской инженерной школы,
Самарский государственный медицинский
университет, Самара, Российская Федерация.
e-mail: terexin.m.a@yandex.ru
ORCID: [0009-0004-1127-0978](https://orcid.org/0009-0004-1127-0978)

Mikhail A. Terekhin, assistant at the Higher
School of Medical Engineering, Samara State
Medical University, Samara, the Russian
Federation

Иващенко Антон Владимирович, доктор
технических наук, профессор, директор
Передовой медицинской инженерной школы,
Самарский государственный медицинский
университет, Самара, Российская Федерация.
e-mail: anton.ivashenko@gmail.com
ORCID: [0000-0001-7766-3011](https://orcid.org/0000-0001-7766-3011)

Anton V. Ivaschenko, Doctor of Engineering
Sciences, Professor, Director of the Higher
School of Medical Engineering, Samara State
Medical University, Samara, the Russian
Federation.

Кулаков Геннадий Алексеевич, доктор
технических наук, профессор, главный
научный сотрудник Государственного научно-
производственного предприятия «Регион»,
Самара, Российская Федерация.

Gennady A. Kulakov, Doctor of Engineering
Sciences, Professor, Chief Researcher at the State
Research and Production Enterprise "Region",
Samara, the Russian Federation.

e-mail: samdomgak@mail.ru
ORCID: [0000-0001-7082-5014](https://orcid.org/0000-0001-7082-5014)

*Статья поступила в редакцию 16.04.2025; одобрена после рецензирования 16.05.2025;
принята к публикации 26.05.2025.*

*The article was submitted 16.04.2025; approved after reviewing 16.05.2025;
accepted for publication 26.05.2025.*