

УДК 004.4:658.512.2  
DOI 10.17513/snt.39969

## РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО ПОМОЩНИКА КОНСТРУКТОРА НА ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Коннова-Горлицына Д.С., Гимаев Р.А., Попов Д.В., Горлицына О.А., Коннов Я.А.

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,  
Уфа, e-mail: popov.denis@inbox.ru*

**Аннотация.** Цель исследования – разработка программного обеспечения – интеллектуального цифрового сервиса, помогающего предприятию решить проблему длительной разработки и согласования конструкторско-технологической документации: сократить потери на доработку документации, сократить количество согласований документации с заказчиком – за счет поддержки принятия оперативных решений с применением алгоритма обучения с подкреплением на основе накопленных данных. В статье определено содержание цифрового помощника конструктора. В предлагаемом решении речь идет не о замещении человека цифровым помощником, а об усилении его деятельности, освобождении от рутинных действий, что дает дополнительные возможности для ускорения поиска и сокращения времени на проектирование. Научная новизна состоит, в отличие от известных решений, в применении алгоритмов поиска по 3D-моделям и обучении с подкреплением, позволяющем конструктору на основе накопленных данных конструкторской документации оперативно разрабатывать и вносить необходимые изменения в конструкторскую документацию, синтезировать решение на основе спецификации заказчика, производить реинжиниринг моделей по унаследованной документации; разрабатывать цифровые двойники блочно-модульных конструкций для нефтегазовых месторождений. В результате получен интеллектуальный цифровой сервис, помогающий предприятию решить проблему длительной разработки и согласования конструкторско-технологической документации.

**Ключевые слова:** цифровой ассистент, цифровой помощник конструктора, интеллектуальный цифровой сервис, искусственный интеллект, диагностика предприятия, производительность труда, сокращение потерь

## DEVELOPMENT OF A DIGITAL DESIGN ASSISTANT USING THE EXAMPLE OF THE BLOCK-MODULAR STRUCTURES PRODUCTION FOR OIL AND GAS FIELDS

Konnova-Gorlitsyna D.S., Gimaev R.A., Popov D.V., Gorlitsyna O.A., Konnov Ya.A.

*Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, e-mail: popov.denis@inbox.ru*

**Annotation.** The purpose of the study is to develop software – an intelligent digital service that helps an enterprise solve the problem of lengthy development and approval of design and technological documentation: reduce losses on documentation revision, reduce the number of documentation approvals with the customer, by supporting operational decision-making using a reinforcement learning algorithm based on accumulated data. The article defines the content of the digital assistant to the designer. The proposed solution is not about replacing a person with a digital assistant, but about enhancing his activities, freeing him from routine actions, which provides additional opportunities to speed up searches and reduce design time. The scientific novelty consists, in contrast to well-known solutions, in the use of search algorithms for 3D models and reinforcement learning, which allows the designer, based on the accumulated data of design documentation, to quickly develop and make the necessary changes to the design documentation, synthesize a solution based on customer specifications, and perform reengineering models based on legacy documentation; develop digital twins of block-modular structures for oil and gas fields. The result is an intelligent digital service that helps the enterprise solve the problem of lengthy development and approval of design and technological documentation.

**Keywords:** digital assistant, digital assistant to the designer, artificial intelligence, intelligent digital service, enterprise diagnostics, labor productivity, loss reduction

В условиях санкционного давления на экономику Российской Федерации у специалистов в области конструирования и проектирования возникают объективные трудности с работой на лицензионном программном обеспечении компаний-разработчиков из недружественных стран как при покупке лицензий, так и при сопровождении имеющихся. Существующие российские продукты-аналоги в базовой части реализуют необходимый специалисту функционал, однако не обладают полноценной экосистемой, необходимой для продуктивной рабо-

ты в области конструирования. В результате производительность труда специалистов недостаточна в существующих условиях ведения бизнеса.

В результате проведенной диагностики производственных систем предприятий в Республике Башкортостан, занимающихся производством блочно-модульных конструкций и технологического оборудования для нефтегазовых месторождений по методологии Федерального центра компетенций в сфере производительности труда [1, 2], был определен общий пул проблем (рис. 1).



Рис. 1. Результаты диагностики деятельности предприятий, занимающихся производством блочно-модульных конструкций и технологического оборудования для нефтегазовых месторождений

Основные выделенные проблемы: неактуальные исходные данные для проектирования предприятия-заказчика (далее – Заказчик) при подготовке технического задания (ТЗ), ошибки в разработке конструкторско-технологической документации (КТД), многократное, длительное согласование КТД с Заказчиком, переделка КТД и продукции, переделка продукции из-за неверных, неуточненных, меняющихся данных предприятия – поставщика комплектующих (далее – Поставщик), большое разнообразие и индивидуальность каждого запроса, ошибки в комплектации и, как следствие, допоставки материально-технических ресурсов и пр.

Основной запрос направлен на сокращение потерь на согласование, доработку КТД (в соответствии со стандартами ЕСКД и ЕСТД и требованиями Заказчика). Видимые решения указанных проблем – визуальные средства дистанционной коллаборации заказчиков, экспертов и поставщиков, а также системы поддержки принятия производственных решений, в частности цифровой сервис – ассистент (помощник) конструктора с применением искусственного интеллекта, являющийся предметом рассмотрения в данной статье.

Проведенный анализ таких решений показал следующее. Такие программы, как

«Цифровой помощник сталеплавильного производства» [3], «Помощник сталевара» [4], платформа Timep Digital Assistant (TIMEP-DA) [5, 6], виртуальный оператор [7], цифровой ассистент в телемедицине [8], цифровой ассистент электрика [9] и иные, направлены на решение конкретных узкоспециализированных задач, тогда как потенциальными потребителями цифрового помощника конструктора являются широкий круг предприятий – нефтегазовые – заказчики блочно-модульных конструкций, производители блочно-модульных конструкций, поставщики сырья и материалов для производства блочно-модульных конструкций.

В существующих PDM-системах, например PDM STEP Suite [10], ЛОЦМАН:КБ [11], PTC Windchill PDMLink [12], Solid Works Enterprise PDM [13], T-FLEX DOCs 15 [14] и иных, хранятся только структурированные данные, поиск возможен только по номенклатуре моделей (конструкторским параметрам) [15], что не в полной мере удовлетворяет запросу предприятий.

Целью исследования является разработка программного обеспечения – интеллектуального цифрового сервиса, помогающего предприятию решить проблему длительной разработки и согласования конструкторско-технологической документации: сократить

потери на доработку документации, сократить количество согласований документации с заказчиком – за счет поддержки принятия оперативных решений с применением алгоритма обучения с подкреплением на основе накопленных данных.

Основные потребительские сегменты: предприятия – производители блочно-модульных конструкций; нефтегазовые компании – заказчики блочно-модульных конструкций; предприятия – поставщики сырья и материалов для производства блочно-модульных конструкций.

Цель цифрового ассистента на рабочем месте конструктора/проектировщика – усиление продуктивности работника, снижение затрат на рутинные операции и ускорение выполнения интеллектуальных работ, на рабочем месте руководителя конкретного проекта – сокращение потерь на согласование ТЗ и КТД.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) обеспечение сбора данных для анализа:
  - формирование электронного архива КТД предприятия;
  - разметка данных электронного архива;
- 2) разработка прототипа информационной системы «Цифровой помощник конструктора»:
  - реализация алгоритма обучения с подкреплением на основе собранных данных;
  - реализация прототипа системы на предприятиях – производителях блочно-модульных конструкций.

#### Материалы и методы исследования

«Держателем» проблемы на предприятии выступает конструктор/проектировщик, изменение бизнес-процесса которого с помощью цифрового помощника как в вопросах коммуникации, так и при работе с моделями и документами позволяет повысить производительность труда на предприятии в целом [16].

Необходимо отметить, что в предлагаемом решении речь идет не о замещении человека цифровым помощником, а об усилении его деятельности, освобождении от рутинных действий, что дает дополнительные возможности для ускорения поиска и сокращения времени на проектирование, поэтому «держатель проблемы» при построении правильной системы мотивации на предприятии будет заинтересован в результатах проекта. Методологически данное решение продолжает развитие проекта «Цифровой ассистент технолога», реализованного ранее [17].

Для решения поставленных задач применяются алгоритмы поиска по 3D-моделям

и обучения с подкреплением (reinforcement learning – RL), позволяющие конструктору на основе накопленных данных конструкторской документации оперативно разрабатывать и вносить необходимые изменения в конструкторскую документацию, синтезировать решение на основе спецификации заказчика, производить реинжиниринг моделей по унаследованной документации; упрощающие разработку цифровых двойников блочно-модульных конструкций для нефтегазовых месторождений.

В предлагаемом решении применяется озеро неструктурированных данных (Data Lake), имеется возможность разметки данных под требования заказчика вместо номенклатуры моделей и интеллектуального поиска по графам (конструкторские и технологические параметры).

Интеграция с существующими решениями осуществляется совместно с одним из ведущих разработчиков ERP и RPA систем с применением ее платформы Lexema [18]. В рамках сокращения количества согласований документации с заказчиком реализуется интеграция с продуктом «VR CONCEPT» [19].

#### Результаты исследования и их обсуждение

Разработанная система реализована с помощью программных модулей, которые отображены на структурной схеме (рис. 2).

Продукт состоит из трех программных модулей: № 1 – чат-бот для обеспечения коммуникации с пользователем; № 2 – модуль наполнения наборов данных и разметки данных; № 3 – модуль интеллектуального анализа данных.

Модуль № 2 (чат-бот для обеспечения коммуникации с пользователем) был разработан и прошел экспериментальную проверку (тестирование) на ведущих предприятиях, занимающихся производством блочно-модульных конструкций и технологического оборудования для нефтегазовых месторождений Республики Башкортостан. Реализация наполнения наборов данных и разметки данных с применением озера данных была апробирована на Архипелаге 2022. Интерфейс чат-бота приведен на рисунке 3.

Основной модуль № 3 интеллектуального анализа данных решает многокритериальную плохо формализуемую задачу со сложной обратной связью. Он дорабатывается с привлечением экспертов с промышленных предприятий Республики Башкортостан и направлен на поддержку принятия оперативных решений с применением алгоритма обучения с подкреплением на основе накопленных данных.

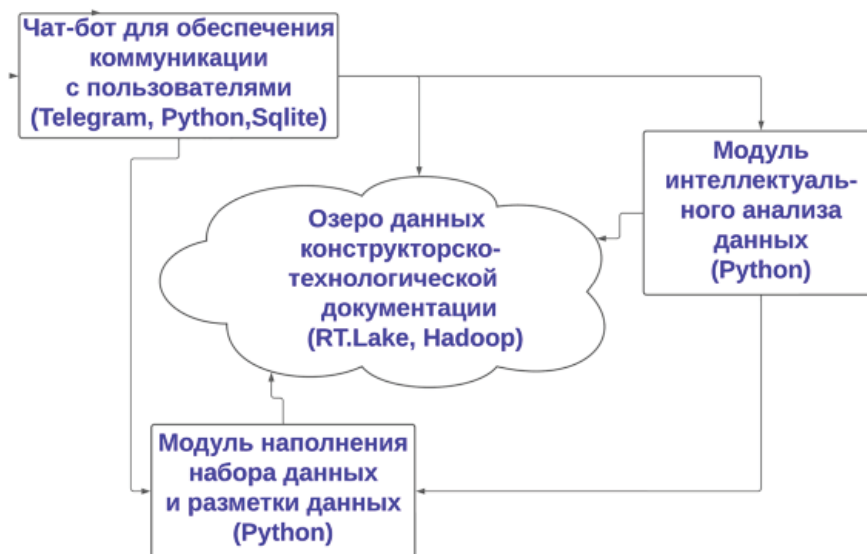


Рис. 2. Модульная структура программного продукта

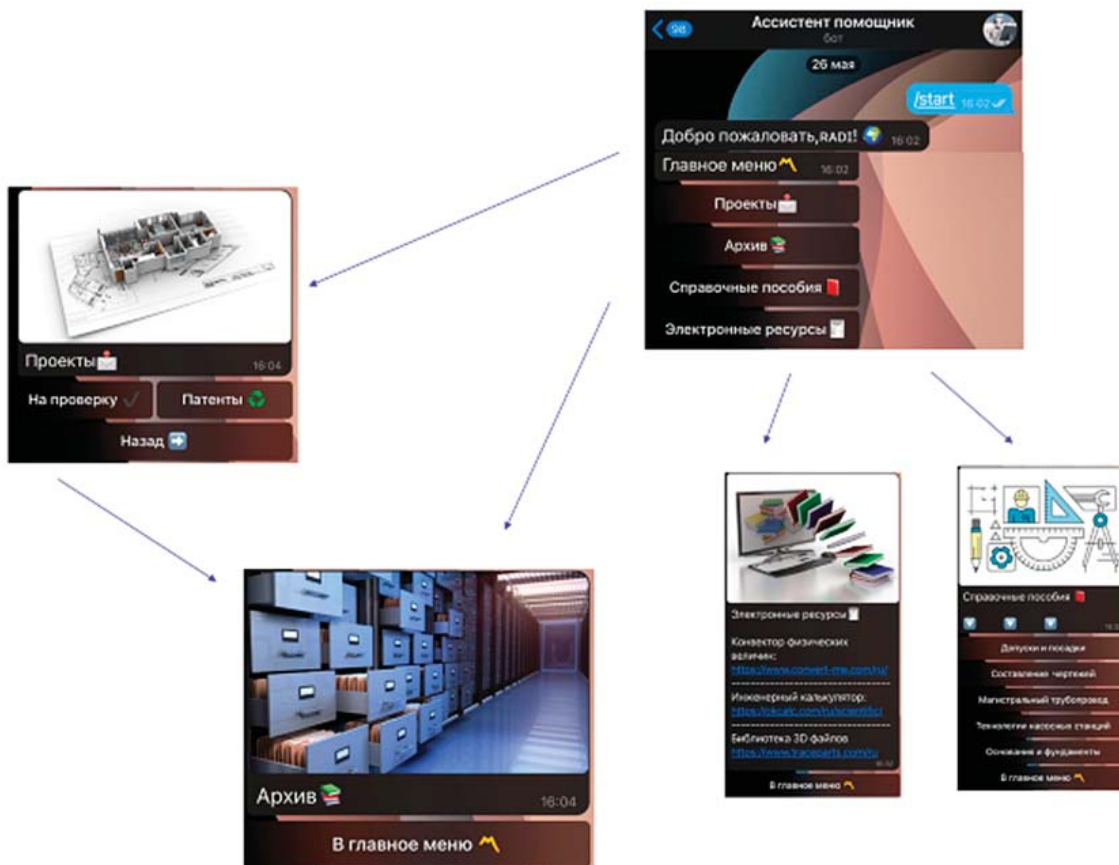


Рис. 3. Интерфейс чат-бота

В результате получено новое интеллектуальное решение с применением алгоритмов поиска по 3D-моделям и обучения с подкреплением. Система позволяет кон-

структуру на основе накопленных данных конструкторской документации оперативно разрабатывать и вносить необходимые изменения в конструкторскую документацию;

синтезировать решение на основе спецификации заказчика; производить реинжиниринг моделей по унаследованной документации; разрабатывать цифровые двойники блочно-модульных конструкций для нефтегазовых месторождений.

В сравнении с аналогами можно отметить дополнительные возможности цифрового помощника конструктора:

- подключение не только к внутренним сервисам компании;
- быстрый поиск не только общей информации (нормативов и ГОСТов), но и поиск моделей по аналогии;
- использование технологии озера данных, а также:
- простой процесс активации, возможность активаций голосом;
- возможность структурирования конструкторов-стажеров;
- возможность обращения к ресурсам Интернета и ChatGPT либо аналогам.

Экономический расчет от внедрения программного продукта «Цифровой помощник конструктора» показывает экономию 10% рабочего времени конструктора, 10% времени протекания процесса производства конструкций.

### Заключение

Поскольку в рамках данного проекта предлагается концепция повышения производительности труда «от специалиста» (усиление продуктивности работника, снижение затрат на рутинные операции и ускорение выполнения интеллектуальных задач), то разработанный продукт выступает не конкурентом существующим решениям, а служит им обоснованным дополнением.

### Список литературы

1. Попов Д.В., Горлицына О.А. Деятельность регионального центра компетенций в сфере производительности труда в Республике Башкортостан // Педагогический журнал Башкортостана. 2018. № 6(79). С. 111-115.
2. Официальный сайт Федерального центра компетенций в сфере производительности труда [Электронный ресурс]. URL: [www.производительность.рф/o-ftsk/](http://www.производительность.рф/o-ftsk/) (дата обращения: 29.01.2024).
3. Цифровой помощник сталеплавильного производства (Россия). [Электронный ресурс] URL: <https://globalcio.ru/projects/19849/> (дата обращения: 27.01.2024).
4. Цифровой друг сталевара: система, на которую можно положиться / Альманах «Управление производством» (Россия) [Электронный ресурс] URL: [https://up-pro.ru/library/information\\_systems/automation\\_production/cifrovoydrug-stalevara/](https://up-pro.ru/library/information_systems/automation_production/cifrovoydrug-stalevara/) (дата обращения: 21.01.2024).
5. Платформа для создания цифровых помощников Timer Digital Assistant (TIMER-DA) / Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2019662521; опублик. 25.09.2019.
6. Павлов В.А. Цифровизация производственных процессов на металлургических предприятиях Российской Федерации // Прогрессивная экономика. 2023. № 5. С. 64–75.
7. Tuchkov M.Yu., Povarov P.V., Tikhunov A.I., Padun S.P., Popov D.V. Engineering the Functions and Performance Requirements for the “Virtual Operator” Functional Group Control Digital System / AIP Conference Proceedings. Melville, New York, United States of America, 2021. DOI: 10.1063/5.0071824.
8. Verma N., Buch B., Pandya RS., Taralekar R., Masand I., Rangparia H., Katira JM., Acharya S. Evaluation and Significance of a Digital Assistant for Patient History-Taking and Physical Examination in Telemedicine // Oxford Open Digital Health. 2024. № 2. P. 1–12. DOI: 10.1093/oodh/oaq008.
9. Kolodiiichuk L. Using the Home Assistant Digital Platform to Control the Electrical Installation // Energy & Automation. 2023. № 1. DOI: 10.31548/energiya1(65).2023.165.
10. Официальный сайт продукта PDM STEP Suite (Россия) [Электронный ресурс]. URL: <https://cals.ru/products/ps/> (дата обращения: 29.01.2024).
11. Официальный сайт продукта ЛОЦМАН:КБ Автоматизированная система управления проектированием и электронным архивом конструкторской документации (Россия) [Электронный ресурс]. URL: <https://ascon.ru/products/locman-kb/> (дата обращения: 29.01.2024).
12. Официальный сайт продукта PTC Windchill PDMLink (Россия) [Электронный ресурс] URL: <https://www.irisoft.ru/products/windchill/ptc-windchill-pdmlink/> (дата обращения: 19.01.2024).
13. SolidWorks Enterprise PDM // САПР и Графика. [Электронный ресурс]. URL: <https://sapr.ru/article/21023/> (дата обращения: 26.01.2024).
14. Официальный сайт продукта T-FLEX DOCs 15. Конфигурация PDM. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tfex.ru/about/publications/detail/index.php?ID=4031> (дата обращения: 29.01.2024).
15. Тимофеев П.Г., Ягопольский А.Г. Роль и значение PDM-систем при разработке технологического оборудования // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2016. № 10 (679). С. 73-81.
16. Горлицына О.А., Попов Д.В. Систематизация знаний с применением графотехнологического компонента профессиональной деятельности на примере бережливого производства: Материалы VII Международной конференции “Знания – Онтологии – Теории” (ЗОНТ-2019), 7-11 октября 2019 г., С. 129-137.
17. Цифровой ассистент технолога 1.0 / Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ / О.А. Горлицына, Д.В. Попов, Э.Д. Шакирьянов, Н.В. Чиганова, Р.Р. Ахметвалеев. №2023612343; опублик. 01.02.2023.
18. Официальный сайт ООО «Лексема». [Электронный ресурс]. URL: <https://lexema.ru/> (дата обращения: 29.01.2024).
19. Официальный сайт ООО «ВР Концепт». [Электронный ресурс]. URL: <https://vrconcept.net> (дата обращения: 25.01.2024).