

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ INFORMATION TECHNOLOGY, COMPUTER SCIENCE AND MANAGEMENT



УДК 004.94; 303.732

Оригинальное теоретическое исследование

<https://doi.org/10.23947/2687-1653-2025-25-3-256-268>

Усовершенствование диаграмм Business Process Model and Notation с помощью подхода «узел – функция – объект»

А.Г. Жихарев^{id}, Е.В. Малкуш, С.И. Маторин^{id}✉

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,

г. Белгород, Российская Федерация

✉ matorin@bsuedu.ru

EDN: PWKCXM

Аннотация

Введение. При моделировании бизнес-процессов широко используется нормативная система (нотация) BPMN. Однако она недостаточно выразительна для представления технических и производственных механизмов. BPMN плохо описывает параллельные потоки с жесткими ресурсными ограничениями, слабо поддерживает моделирование физических параметров и технологических условий. Эти и другие недочеты ухудшают анализ производительности и надежности, снижают применимость моделей для оптимизации и верификации. Цель представленной работы — создать метод, который задействует альтернативную нотацию и таким образом ограничит влияние перечисленных недостатков BPMN при моделировании производственных процессов.

Материалы и методы. Базой нового решения было сопоставление BPMN и нотации для системы «узел – функция – объект» (УФО). Элементы диаграмм — это перекрестки некоторых связей (узлы). В них расположены функциональные элементы (функции, процессы), имеющие в некоторых случаях и характеристики субстанции (объекты). Сравнительный анализ нормативных систем BPMN и УФО показал возможность взаимного преобразования диаграмм. Процессы визуализировали с помощью CASE-инструмента (от англ. computer aided software engineering) NFO-toolkit (от англ. набор инструментов УФО) и программы Stormbpmn по правилам BPMN. УФО-диаграмму описали на языке XPD¹.

Результаты исследования. Разработаны шесть последовательных операций для преобразования УФО-диаграммы в BPMN и четыре — для обратной трансформации. В контексте и декомпозиции показана схема выпуска комплектующих — от требования на разработку технологического процесса до выдачи изделий. Представлены декомпозиции УФО-элементов «Термопластавтомат», «Мастер» и «Отдел разработки», каждому из которых соответствует декомпозиция одноименной дорожки пула BPMN-нотации. Доказано, что преобразование диаграммы BPMN в УФО улучшает описание процесса в целом и с любой степенью подробности. УФО-подход не обращается к графической системе обозначений BPMN, из-за которой возрастают трудозатраты и риски ошибок моделирования. На языке XPDL описаны процессы, соединители, разветвители, связи, внешняя сущность и другие элементы УФО-диаграмм.

Обсуждение. Основные преимущества УФО-нотации перед BPMN-подходом: более легкая процедура создания моделей и лучшая их наглядность. Простой графический набор УФО сокращает время моделирования и повышает его точность. УФО-подход ориентирован на учет информационных и материальных связей. Значит, можно проводить функционально-стоимостной CASE-анализ, что невыполнимо методом BPMN. Язык XPDL подходит для описания элементов УФО-диаграмм, причем решение можно русифицировать.

¹ XPD^L Support and Resources. URL: <https://wfmc.org/xpdl/> (дата обращения: 08.06.2025).

© Жихарев А.Г., Малкуш Е.В., Маторин С.И., 2025

Заключение. Содержательная избыточность и другие недостатки нотации BPMN исключаются при использовании более универсальной и удобной нотации — УФО. Итоги исследования будут способствовать развитию теории и практики графоаналитического моделирования производственных процессов, позволят упростить процедуру их разработки и автоматизации.

Ключевые слова: графоаналитическое моделирование производственных процессов, модель автоматизации процесса, нотация BPMN, нотация УФО, система «узел – функция – объект», CASE-инструмент NFO-toolkit, язык XPDL

Благодарности. Авторы выражают признательность коллегам по кафедре информационных и робототехнических систем Белгородского государственного национального исследовательского университета за помощь в подборе материалов по BPMN. Благодарим редакционную команду журнала и рецензента за компетентную экспертизу и ценные рекомендации по улучшению статьи.

Для цитирования. Жихарев А.Г., Малкуш Е.В., Маторин С.И. Усовершенствование диаграмм business process model and notation с помощью подхода «узел – функция – объект». *Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don)*. 2025;25(3):256–268. <https://doi.org/10.23947/2687-1653-2025-25-3-256-268>

Original Theoretical Research

Improving Business Process Model and Notation Diagrams with the Node-Function-Object Approach

Alexander G. Zhikharev^{ID}, Elena V. Malkush, Sergey I. Matorin^{ID}✉

Belgorod State National Research University, Belgorod, Russian Federation

✉ matorin@bsuedu.ru

Abstract

Introduction. The BPMN standard system (notation) is widely used in business process modeling. However, it is not expressive enough to represent technical and production mechanisms. BPMN poorly describes parallel flows with strict resource constraints, insufficiently supports modeling of physical parameters and technological conditions. These and other shortcomings worsen the analysis of performance and reliability, reduce the applicability of models for optimization and verification. The objective of the presented work is to create a method that uses an alternative notation and thus limits the impact of the listed shortcomings of BPMN in modeling production processes.

Materials and Methods. The basis of the new solution was a comparison of BPMN and the notation for the system “node – function – object” (NFO). The elements of the diagrams were the intersections of some connections (nodes). They contained functional elements (functions, processes), which in some cases also had the characteristics of a substance (objects). A comparative analysis of the normative systems of BPMN and NFO showed the possibility of mutual transformation of diagrams. The processes were visualized using the CASE (Computer Aided Software Engineering) tool NFO-toolkit and the Stormbpmn program according to the BPMN rules. The NFO diagram was described in the XPD²L language.

Results. Six sequential operations have been developed for converting a NFO diagram into BPMN, and four — for the reverse transformation. The scheme of component production is shown in the context and decomposition, from the requirement for the development of the workflow to the issuance of products. Decompositions of the NFO elements “Injection Molding Machine”, “Master” and “Development Department” are presented, each of which corresponds to a decomposition of the same-name track of the BPMN notation pool. It has been proven that converting a BPMN diagram to a NFO improves the description of the process as a whole and to any degree of detail. The NFO approach does not refer to the graphical notation system of BPMN, which increases labor costs and the risk of simulation errors. The XPD²L language describes processes, connectors, splitters, relationships, external entities, and other elements of NFO diagrams.

Discussion. The main advantages of NFO notation over the BPMN approach are: easier procedure for creating models and their better visualization. A simple graphic set of NFO reduces simulation time and increases its accuracy. The NFO approach is focused on taking into account information and material connections. This means that it is possible to conduct functional cost CASE analysis, which is impossible using the BPMN method. The XPD²L language is suitable for describing elements of NFO diagrams, and the solution can be Russified.

Conclusion. Content redundancy and other shortcomings of the BPMN notation are eliminated through using a more universal and convenient notation — NFO. The research results will contribute to the development of the theory and practice of graph-analytic modeling of production processes, and simplify the procedure for their development and automation.

² XPD²L Support and Resources. URL: <https://wfmc.org/xpdl/> (accessed: 08.06.2025).

Keywords: graph-analytic modeling of production processes, process automation model, BPMN notation, NFO notation, “node — function — object” system, CASE tool NFO-toolkit, XPD language

Acknowledgements. The authors would like to thank their colleagues of the Department of Information and Robotic Systems of Belgorod State National Research University for their assistance in selecting materials on BPMN. In addition, they appreciate the Editorial team of the Journal and the reviewer for their competent expertise and valuable recommendations for improving the article.

For citation. Zhikharev AG, Malkush EV, Matorin SI. Improving Business Process Model and Notation Diagrams with the Node-Function-Object Approach. *Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don)*. 2025;25(3):256–268. <https://doi.org/10.23947/2687-1653-2025-25-3-256-268>

Введение. Информационные системы и технологии обеспечивают обязательную для современной экономики автоматизацию технологических процессов и производств [1]. Так, в 2024 году аналитический портал IaaSaaSaaS сообщил, что BPM-системами (от англ. business process management system) в России пользуются около 12 тыс. организаций, внедрением занимаются сотни ИТ-компаний³.

Неотъемлемая часть процедуры создания таких решений — формулирование требований к ним. Это важный элемент проектирования [2], который базируется на моделировании и анализе автоматизируемых процессов [3]. Анализ выполняется как с помощью математического инструментария, так и графических нотаций (семейства IDEF, DFD, EPC, BPMN и т. д. [4]). У каждой из перечисленных групп есть особенности [5], которые по-разному оцениваются исследователями и пользователями [6].

Одна из самых популярных нотаций — BPMN (от англ. BPMN specification — business process model and notation)⁴. По данным статистического отчета компании «Логика бизнеса», BPMN широко применяется для описания бизнес-процессов и занимает более половины рынка — 54 % [7]. Именно ее рекомендуют использовать, например, в работе [8]. При этом у BPMN есть существенные недостатки⁵, и они неоднократно обсуждались в литературе. Ниже перечислены некоторые из них:

- сложная семантика и методы моделирования [8];
- трудночитаемые линейные схемы при использовании нескольких дорожек [9];
- невозможность указать стоимость исполнения действий в денежном эквиваленте [10];
- соединяющие элементы не отображают материальные и информационные потоки [10];
- сложно моделировать большие иерархические системы, к которым относятся крупные организации [11].

Специалисты по моделированию бизнес-процессов признают, что из-за таких недостатков при построении диаграмм в нотации BPMN часто возникают ошибки. Диаграммы бывают непонятными. Это усложняет взаимодействие между разработчиками и может стать причиной нарушения сроков проектирования^{6, 7}. Были даже предложения отказаться от BPMN. Автор одной такой работы⁸ утверждает, что у рассматриваемой нотации нет особых преимуществ. Он сравнивает BPMN с карго-культу, т. е. механическим копированием действий без понимания сути процессов. Отмечается, что систему предложили не практики бизнеса, а специалисты по созданию программного обеспечения.

В BPMN интегрированы средства перевода диаграмм на языки исполнения бизнес-процессов (например, XPDLE) [12], и в литературе есть рекомендации по преобразованию других нотаций в BPMN. Так, в [13] с этой точки зрения рассматривается IDEF0.

Таким образом, недостатки BPMN известны и широко обсуждаются, однако в открытом доступе нет конструктивных предложений по их преодолению. Представленное исследование призвано восполнить этот пробел. Цель данной работы — создать альтернативные, более универсальные нотации, которые позволят снизить влияние перечисленных выше недостатков BPMN при моделировании производственных и технологических процессов. В первую очередь следует решить задачи, связанные со сложностями моделирования и чтения диаграмм.

Материалы и методы. Авторы [14] исследовали графоаналитические нотации как нормативные системы. В этом смысле нотация системно-объектного подхода «узел — функция — объект» (УФО-подход) оказалась более универсальной в сравнении с другими графическими нотациями. В данном случае универсальность обеспечивается представлением любой системы в виде элемента «узел — функция — объект» [10], для которого верны приведенные ниже утверждения.

³ Рынок BPM-систем 2024: аналитический обзор. URL: <https://iaassaspaas.ru/rating/bpm-sistemy> (дата обращения: 12.06.2025).

⁴ Топ-8 методов анализа бизнес-процессов для 2025 года. URL: <https://listohod.ru/blog/top-8-metodov-analiza-biznes-processov> (дата обращения: 12.06.2025).

⁵ Нотация BPMN: плюсы, минусы и область применения URL: https://www.directum.ru/blog-post/notacija_bpmn_pljusy_minusy_i_oblast_primenenija (дата обращения: 12.06.2025).

⁶ Типичные ошибки при моделировании бизнес-процессов в нотации BPMN. URL: https://www.artofba.com/post/common_mistakes_bpmn_diagrams_part1_ru (дата обращения: 12.06.2025).

⁷ Топ-25 ошибок в BPMN. URL: <https://bpmn2.ru/blog/top-25-oshibok-bpmn> (дата обращения: 12.06.2025).

⁸ Почему следует отказаться от BPMN URL: <https://habr.com/ru/articles/681262/> (дата обращения: 12.06.2025).

Узел — *структурный элемент* надсистемы. Он представляет собой перекресток связей (потоков передаваемых элементов) системы с другими системами в этой надсистеме.

Функция — *функциональный элемент*. Выполняет определенную роль для поддержания надсистемы путем балансирования данного узла (преобразования входных потоков в выходные).

Объект — *субстанциальный элемент*. Данная функция реализуется в виде некоторого материального образования, обладающего конструктивными, эксплуатационными и другими характеристиками.

Содержательная классификация связей как потоков элементов предполагает два уровня. В материальных связях выделяют вещественные (S) и энергетические (E). В информационных — связи по данным (D) и по управлению (C).

Анализ существующих графических нотаций показывает, что их алфавит и, соответственно, диаграммы — это перекрестки связей, в которых расположены функциональные элементы, имеющие в некоторых случаях характеристики субстанции. Таким образом, все алфавитные элементы всех графических нотаций представляют собой узлы с функциями и зачастую с объектными характеристиками. Это позволяет рассматривать нотацию УФО-подхода, т. е. УФО-нотацию как универсальную [14].

Ниже перечислены соответствия нотаций BPMN и УФО. Они обнаруживаются при сравнительном анализе и будут базовыми для решения задач преобразований диаграмм и их оценки.

1. Activity (от англ. активность), BPMN соответствует УФО-элемент, у которого определены и узел, и функция, а также присвоено имя «Подпроцесс». На диаграмме декомпозиции такого элемента располагаются УФО-элементы с названием «Задачи». Пулу или дорожке BPMN как контексту подпроцессов соответствует УФО-элемент, у которого определены и узел, и функция, и объект.

2. Gateway (от англ. шлюз) BPMN соответствует УФО-элемент, у которого определены и узел, и одна из логических функций: «И», «ИЛИ», «Исключительное ИЛИ», «Комплекс» и т. п.

3. Sequence Flow (от англ. последовательность потока) BPMN соответствует связи УФО-нотации с именем «Передача управления».

4. Message Flow (от англ. поток сообщений) BPMN соответствует связи УФО-нотации с именем «Сообщение».

5. Event (от англ. событие) BPMN соответствует связи УФО-нотации с именем соответствующего события.

Для визуализации задействовали CASE-инструмент (от англ. computer aided software engineering) UFO-toolkit (от англ. набор инструментов УФО) и программу Stormbpmn в соответствии с правилами BPMN.

Итак, согласно заявленной цели исследования задействуем перечисленные материалы и методы, чтобы оценить потенциал преобразований диаграмм УФО в диаграммы BPMN и обратно. Рассмотрим возможность полноценного замещения диаграмм BPMN УФО-диаграммами. Выясним, во-первых, насколько УФО-подход способен устранить недостатки диаграмм BPMN. Во-вторых, изучим задачу описания УФО-диаграмм на языке XPD⁹.

Результаты исследования. Для реализации задач и цели работы смоделируем производственную ситуацию: покажем схему взаимодействия подразделений, связанных с выпуском комплектующих.

Преобразование диаграммы УФО в BPMN. Преобразование диаграмм в системно-структурных нотациях (в частности, в DFD и IDEF0) в УФО-диаграммы не требует разработки специальной процедуры. УФО-диаграмма, в которой УФО-элементы — это функциональные узлы (без определения объектов), эквивалентна DFD-диаграмме. УФО-диаграмма, в которой УФО-элементы определены до уровня объектов и отсутствует связь «механизм», эквивалентна IDEF0-диаграмме. Таким образом, для рассматриваемой ситуации вместо разработки рекомендаций по преобразованию различных нотаций в BPMN нужен способ преобразования УФО-диаграмм в BPMN. Данная трансформация обеспечивается выполнением шести операций, которые описаны ниже. Соответствие элементов BPMN и УФО приводится в разделе «Материалы и методы». Знак логической операции «→» (импликация) означает замену объекта, находящегося слева от знака, на объект, находящийся справа от него.

1. Контекстная УФО-диаграмма преобразуется в пул BPMN.

1.1. Контекстный УФО-элемент как процесс или объект → открытый пул BPMN-диаграммы.

1.2. Внешние сущности контекстной УФО-диаграммы → закрытые пулы BPMN-диаграммы.

1.3. Функциональные (внешние) связи контекстного УФО-элемента как процесса или объекта, не связанные с внешними сущностями (или показывать эти сущности не целесообразно), → начальные или конечные события в открытом пуле BPMN.

2. Процессы на декомпозиции контекстного объекта УФО-диаграммы преобразуются в подпроцессы BPMN или в дорожки пула.

2.1. Процессы на декомпозиции контекстного УФО-элемента как процесса или объекта → подпроцессы BPMN, если у открытого пула одна дорожка.

2.2. Процессы на декомпозиции контекстного УФО-элемента как процесса или объекта → дорожки открытого пула BPMN, если у открытого пула несколько дорожек.

⁹ XPD^L Support and Resources. URL: <https://wfmc.org/xpdl/> (дата обращения: 08.06.2025).

3. Связи УФО-диаграммы преобразуются в связи на диаграмме BPMN.

3.1. Информационные связи (потoki) по данным УФО-диаграммы → потоки сообщений или объекты данных BPMN.

3.2. Информационные связи (потoki) по управлению УФО-диаграммы → потоки операций BPMN.

3.3. Материальные связи (потoki) УФО-диаграммы → потоки операций BPMN с соответствующими наименованиями.

4. Множественные входные и выходные связи УФО-элементов как процессов присоединяются к подпроцессам BPMN через шлюзы.

4.1. Если у УФО-элемента несколько входных стрелок, то они подсоединяются через шлюз, логическая функция которого определяется значением входных связей.

4.2. Если у УФО-элемента несколько выходных стрелок, то они выходят через шлюз, логическая функция которого определяется значением выходных связей.

5. Если УФО-элементы, соответствующие подпроцессам, декомпозированы, то процессы в этих декомпозициях → задачи BPMN.

6. На связях устанавливаются соответствующие наименования связей маркеры, если в этом есть смысл.

На рис. 1–3 показан пример преобразования УФО-диаграммы в диаграмму BPMN с использованием представленной выше процедуры. УФО-диаграммы (рис. 1 и 2) выполнены с помощью CASE-инструмента UFO-toolkit, диаграмма BPMN (рис. 3) — с помощью программы Stormbpmn в соответствии с правилами BPMN.

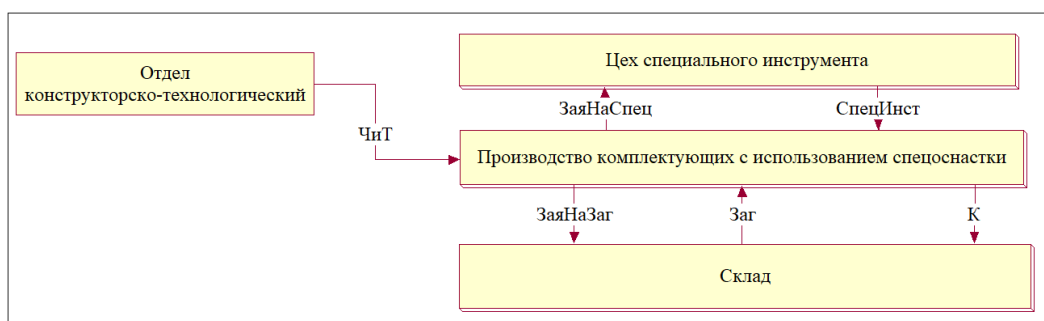


Рис. 1. Контекстная УФО-диаграмма

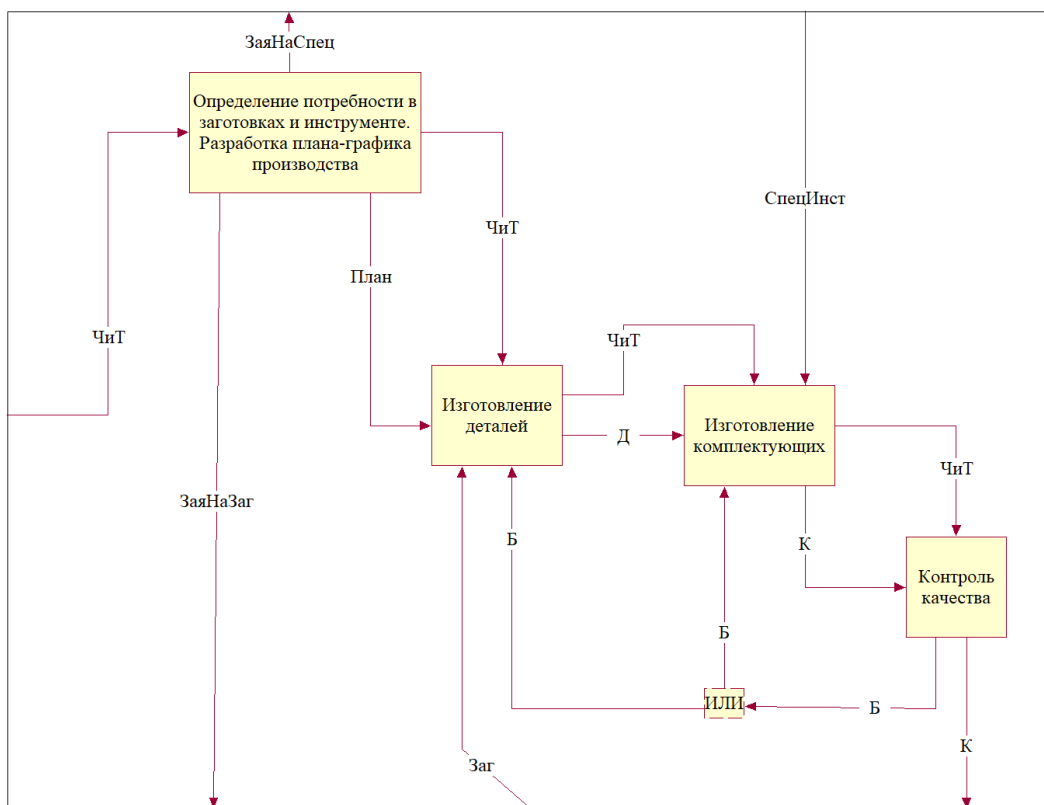


Рис. 2. Декомпозиция контекстной УФО-диаграммы

Создано в Stormbpmn **Техпроцесс**

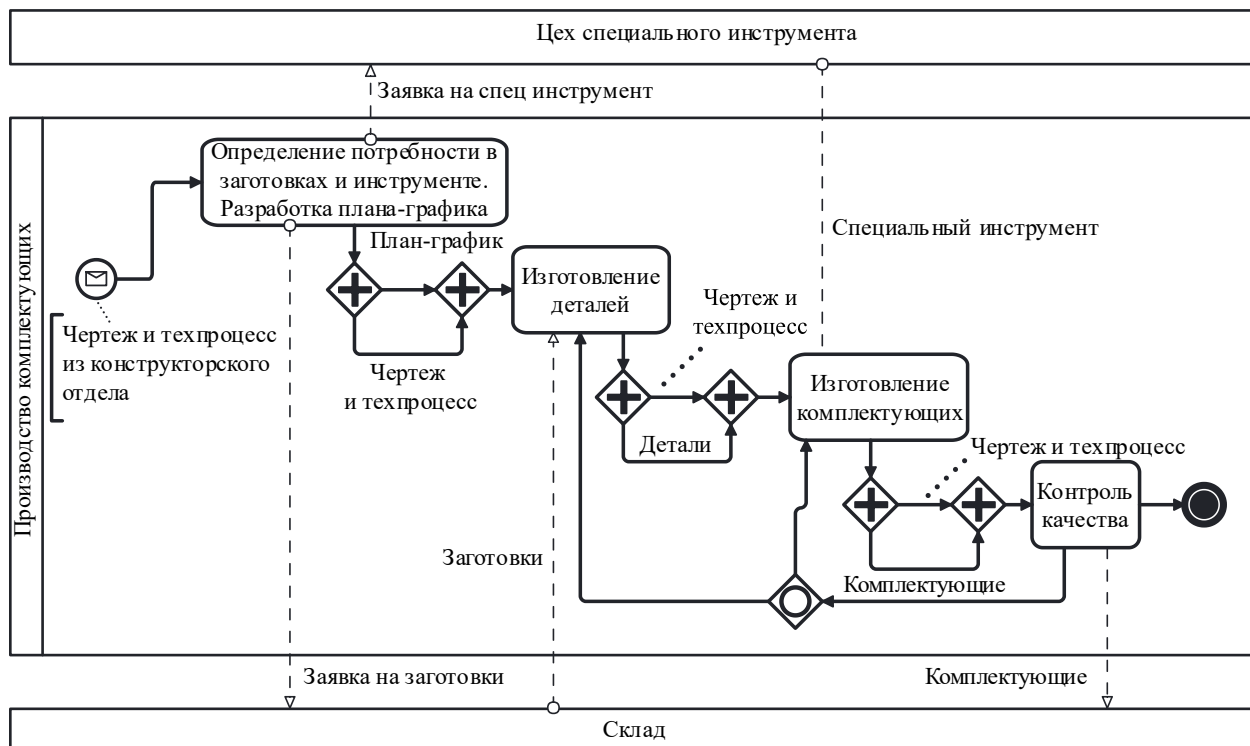


Рис. 3. Диаграмма BPMN, соответствующая УФО-диаграммам

По рис. 3 хорошо видна проблема наглядности и понятности диаграммы BPMN. Причина — интегрированное в BPMN требование стандарта IDEF3 о наличии только одного входа и одного выхода. Дело в том, что каждый организационно-деловой и производственно-технологический процесс предполагает не только преобразование входного продукта в выходной, но еще и документооборот. Таким образом, любой процесс должен иметь как минимум два входа и два выхода: продуктовый (материальный или информационный) и документальный (информационный). Это не учитывают программисты — авторы BPMN. К тому же рис. 3 позволяет утверждать, что значки маркеров событий, по сути, ничего не добавляют к содержанию диаграммы, ведь все связи подписаны. При этом графическими элементами пользоваться сложнее. Нужно запомнить и их значение, и правила размещения.

Преобразование диаграммы BPMN в УФО. Перечисленные ниже четыре операции позволяют преобразовать диаграмму BPMN в УФО. Соответствие элементов BPMN и УФО представлено в разделе «Материалы и методы». Знак логической операции « $\rightarrow$ » (импликация) означает замену объекта, находящегося слева от знака, на объект, находящийся справа от него.

1. Пул BPMN со связями преобразуется в контекстную УФО-диаграмму.

- 1.1. Пул $\rightarrow$ контекстный УФО-элемент, определенный до уровня объекта.
- 1.2. Начальное событие и конечное событие (события) пула $\rightarrow$ функциональные связи контекстного УФО-элемента, соответствующие классификации связей УФО-подхода.
- 1.3. Если кроме пула есть связанные с ним дорожки, то связи пула с дорожками $\rightarrow$ функциональные связи контекстного УФО-элемента, соответствующие классификации.
- 1.4. Внешние для пула дорожки $\rightarrow$ УФО-элементы (определенные до уровня объекта) как внешние сущности по отношению к контекстному УФО-элементу.
- 1.5. Если на внешних дорожках есть элементы BPMN, то эти дорожки $\rightarrow$ УФО-элементы с последующей декомпозицией.

2. Дорожки пула BPMN преобразуются в диаграмму декомпозиции контекстного УФО-элемента, соответствующего пулу BPMN.

- 2.1. Дорожки пула $\rightarrow$ элементы декомпозиции контекстного УФО-элемента, соответствующего пулу BPMN.
- 2.2. Каждая дорожка BPMN $\rightarrow$ УФО-элемент, определенный до уровня объекта.
- 2.3. Начальное событие (события) и конечное событие (события) дорожки, а также связи с другими дорожками (если они есть) $\rightarrow$ функциональные связи УФО-элемента, соответствующего дорожке из классификации связей УФО-подхода.

3. Подпроцессы на дорожке BPMN преобразуются в диаграмму декомпозиции УФО-элемента, соответствующего дорожке BPMN.

- 3.1. Подпроцессы на дорожке BPMN → элементы декомпозиции УФО-элемента, соответствующего дорожке BPMN.
- 3.2. Каждый подпроцесс BPMN → УФО-элемент, определенный до уровня функции.
- 3.3. Связи подпроцессов → связи из классификации связей УФО-подхода с учетом триггеров событий BPMN.
- 3.4. Шлюзы дорожки BPMN → УФО-элементы с определенными логическими функциями.
- 3.5. Связи шлюзов → связи из классификации связей УФО-подхода с учетом триггеров событий BPMN.

4. Задачи подпроцесса BPMN преобразуются в диаграмму декомпозиции УФО-элемента, соответствующего подпроцессу BPMN.

- 4.1. Задачи подпроцесса BPMN → элементы декомпозиции УФО-элемента, соответствующего подпроцессу BPMN.
- 4.2. Каждая задача BPMN → УФО-элемент, определенный до уровня функции.
- 4.3. Связи задач → связи из классификации связей УФО-подхода с учетом триггеров событий BPMN.
- 4.4. Шлюзы подпроцесса BPMN → УФО-элементы с определенными логическими функциями.

На рис. 4–9 — пример преобразования диаграммы BPMN в УФО с использованием представленной выше процедуры. Здесь диаграмма BPMN (рис. 4) тоже выполнена с помощью программы Stormbpmn в соответствии с правилами BPMN. Для построения УФО-диаграммы (рис. 5–9) использовали CASE-инструмент UFO-toolkit.

Показана схема производства пластмассовых комплектующих от требования на разработку технологического процесса до выдачи изделий. В данном случае учтены:

- разработка, анализ и доработка техпроцесса изготовления детали на термопластавтомате;
- параметры настройки термопластавтомата;
- получение пластмассы;
- загрузка автомата;
- нагрев пластмассы до заданной температуры;
- формирование и выдача изделий.

Создано в Stormbpmn Термопласт автомат

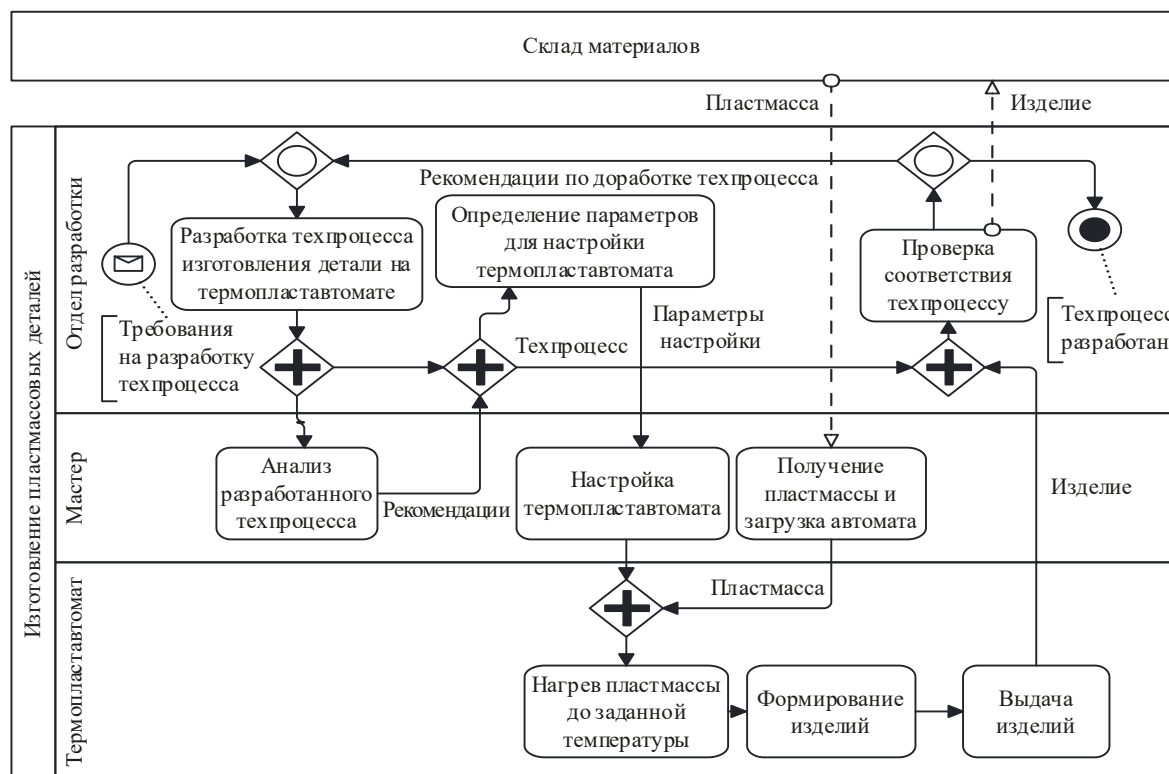


Рис. 4. Диаграмма BPMN

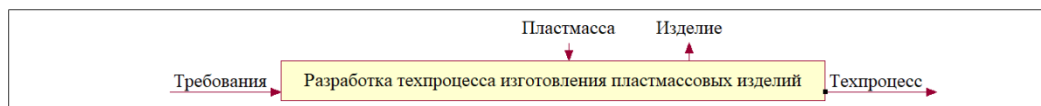


Рис. 5. Контекстная УФО-диаграмма с функциональными связями диаграммы BPMN

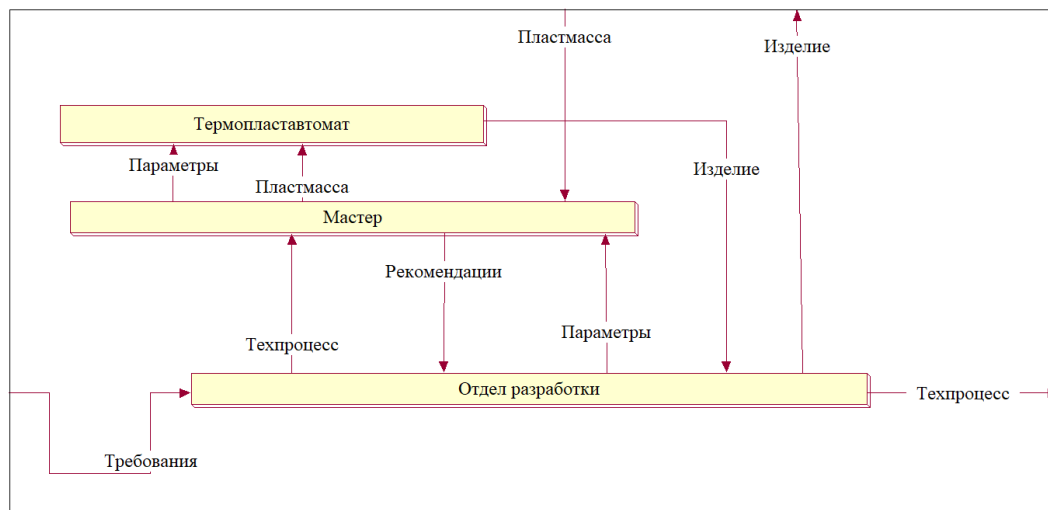


Рис. 6. Декомпозиция контекстной UFO-диаграммы, соответствующая дорожкам пула диаграммы BPMN

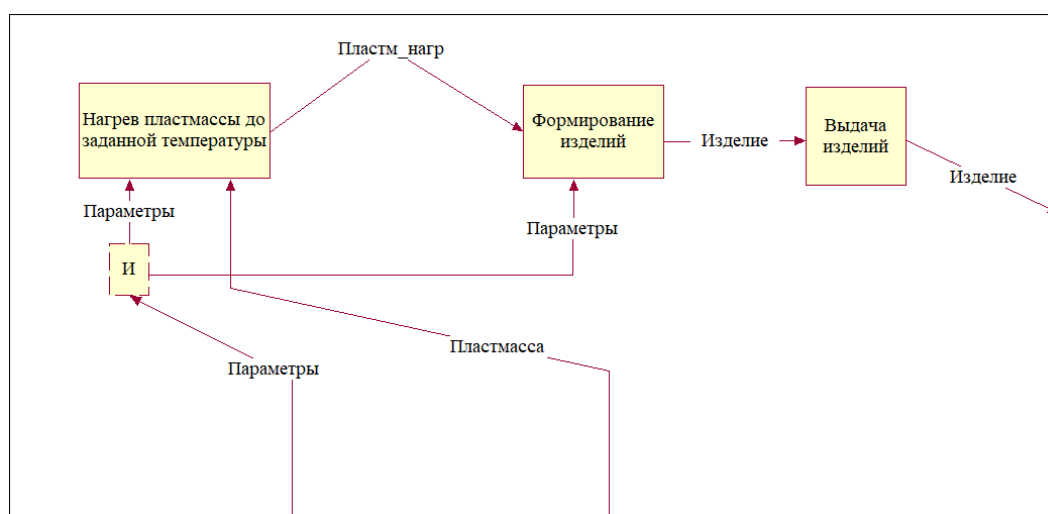


Рис. 7. Декомпозиция UFO-элемента «Термопластавтомат», соответствующая декомпозиции дорожки пула «Термопластавтомат» диаграммы BPMN

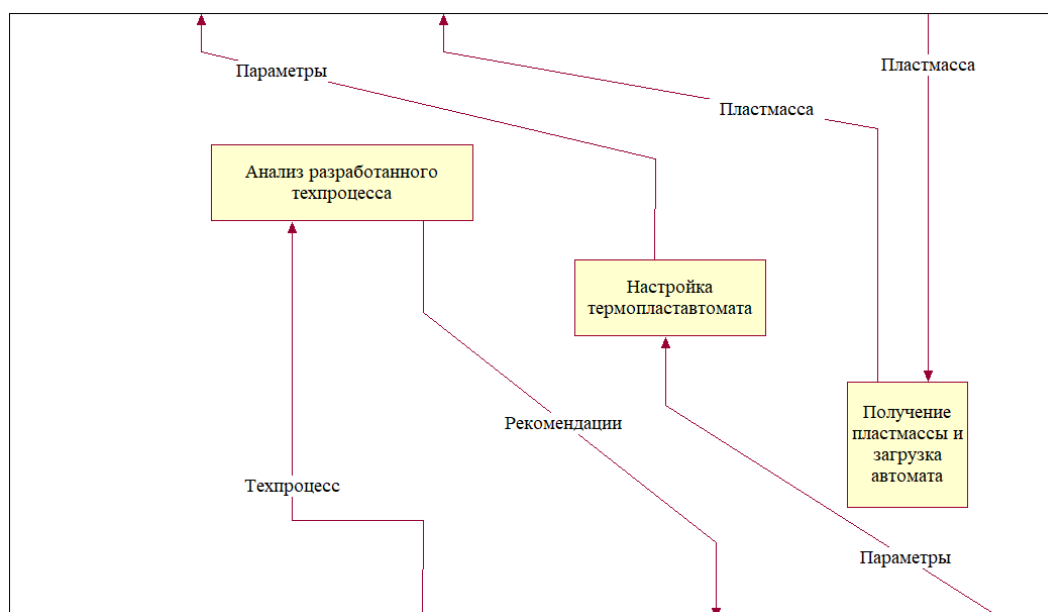


Рис. 8. Декомпозиция UFO-элемента «Мастер», соответствующая декомпозиции дорожки пула «Мастер» диаграммы BPMN

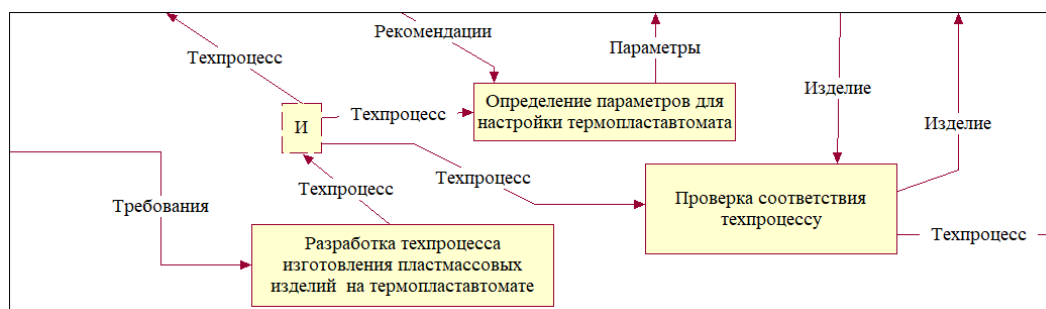


Рис. 9. Декомпозиция УФО-элемента «Отдел разработки», соответствующая декомпозиции дорожки пула «Отдел разработки» диаграммы BPMN

Анализ рис. 4–9 позволяет утверждать, что преобразование диаграммы BPMN в диаграммы в УФО-нотации делает описание процесса более понятным, так как позволяет увидеть его не только в целом (в контексте), но и с любой степенью подробности. В данном случае используется меньше значков, и это более удобный вариант, т.к. он не требует запоминания значения графических элементов и правил их размещения.

Описание УФО-диаграмм на языке XPDL. Во «Введении» отмечалось преимущество BPMN по сравнению с другими нотациями: средства перевода диаграмм BPMN на языки исполнения бизнес-процессов (например, XPDEL¹⁰) позволяют автоматизировать организационно-деловые и производственно-технологические процессы. Однако эта особенность легко переносится на УФО-нотацию. Основные элементы способа описания УФО-диаграмм на языке XPDL представлены в таблице 1 по аналогии с работой А.В. Клименко и соавторов [15].

Таблица 1

Описание УФО-диаграмм на языке XPDL

Элемент УФО-диаграммы	Конструкция XPDL
Процесс (контекстный)	<pre> <Activity id = «Имя»> <BlockActivity /> ... </Activity> </pre>
Процесс (на декомпозиции)	<pre> <Activity id = «Имя»> <Implementation> <SubFlow /> ... </Implementation> </Activity> </pre>
Соединитель «И»	<pre> <Activity> <Route/> <TransitionRestriction> <Join Type = «AND»/> </TransitionRestriction> </Activities> </pre>
Разветвитель «И»	<pre> <Activity> <Route/> <TransitionRestriction> <Split Type = «AND»/> </TransitionRestriction> </Activities> </pre>
Соединитель «ИЛИ»	<pre> <Activity> <Route/> <TransitionRestriction> <Join Type = «OR»/> </TransitionRestriction> </Activities> </pre>
Разветвитель «ИЛИ»	<pre> <Activity> <Route/> <TransitionRestriction> </pre>

¹⁰ XPDL Support and Resources. URL: <https://wfmc.org/xpdl/> (дата обращения: 08.06.2025).

	<code><Split Type = «AND»/></code> <code></TransitionRestriction></code> <code></Activities></code>
Соединитель «Исключительное ИЛИ»	<code><Activity></code> <code><Route/></code> <code><TransitionRestriction></code> <code><Join Type = «XOR»/></code> <code></TransitionRestriction></code> <code></Activities></code>
Разветвитель «Исключительное ИЛИ»	<code><Activity></code> <code><Route/></code> <code><TransitionRestriction></code> <code><Split Type = «XOR»/></code> <code></TransitionRestriction></code> <code></Activities></code>
Функциональная связь без источника (входная) или без потребителя (выходная)	<code><Transition/> id = «Имя» /></code>
Поддерживающая связь между подпроцессами	<code><Transition id = «L» from = «Имя!» to = «Имя?» /></code>
Внешняя сущность	<code><Activity></code> <code><Route type = «in» /></code> <code></Activity></code> или <code><Activity></code> <code><Route type = «out» /></code> <code></Activity></code>
Исполнитель процесса	<code><Participant type = «_____»/></code> 1. Role 2. OrganisationUnit 3. Human 4. System 5. Resource 6. ResourceSet
Взаимодействие двух процессов с помощью двух связей	<code><Activities></code> <code><Activity id = «Имя!»></code> <code><Implementation></code> <code><SubFlow /></code> <code><TransitionRamification></code> <code><Split Type = «AND» /></code> <code><Transition id = «М» from = «Имя!» to = «Имя?» /></code> <code><Transition id = «I» from = «Имя!» to = «Имя?» /></code> <code></TransitionRamification></code> <code></Implementation></code> <code></Activity></code> <code><Activity id = «Имя?»></code> <code><Implementation></code> <code><SubFlow /></code> <code><TransitionMerger></code> <code><Join Type = «AND» /></code> <code><Transition id = «М» from = «Имя!» to = «Имя?» /></code> <code><Transition id = «I» from = «Имя!» to = «Имя?» /></code> <code></TransitionMerger></code> <code></Implementation></code> <code></Activity></code> <code></Activities></code>

Таблица показывает, что при преобразовании диаграмм BPMN в УФО сохраняется возможность их трансляции на язык исполнения процессов.

Обсуждение. Итак, в BPM-системах для построения моделей процессов с целью их автоматизации может использоваться не только нотация BPMN, но и УФО-нотация, обеспечивающая более простую процедуру создания моделей и большую их наглядность.

Об адекватности и прикладной ценности такого подхода позволяют судить составленные авторами:

- диаграмма BPMN;
- контекстная УФО-диаграмма с функциональными связями диаграммы BPMN;
- декомпозиция контекстной УФО-диаграммы, соответствующая дорожкам пула диаграммы BPMN;
- декомпозиция УФО-элемента «Термопластавтомат», соответствующая декомпозиции дорожки пула «Термопластавтомат» диаграммы BPMN;
- декомпозиция УФО-элемента «Мастер», соответствующая декомпозиции дорожки.

Иллюстративный материал доказывает плюсы УФО-нотации. Преобразование из BPMN-диаграммы в УФО выявило два преимущества такого подхода. Первое: описание в УФО-нотации открывает возможность анализа процесса в целом (то есть в контексте) и с любой степенью детализации (декомпозиции). Второе: УФО-нотация задействует меньше специальных значков. Это более удобный вариант, т.к.:

- сокращается время, необходимое для запоминания значения графических элементов и правил их размещения;
- снижается риск неверного использования в схемах графических элементов.

Все это хорошо видно на рис. 4–9. К тому же, чтобы показать поступление и отправку материальных ресурсов во внешнюю сущность в рамках BPMN, приходится использовать пунктирную стрелку, предназначенную для обозначения потока сообщений, а не материального потока. Это создает проблемы как на этапе построения модели аналитиком, так и на этапе ее чтения проектировщиком или менеджером. У диаграмм в УФО-нотации нет этого недостатка.

Далее. По УФО-диаграмме лучше видно, из каких ресурсов получается требуемый результат. Это объясняется тем, что УФО-подход изначально ориентирован на учет как материальных, так и информационных потоков (связей). Отсюда еще одно преимущество. Можно проводить функционально-стоимостной анализ с помощью CASE-средства, обеспечивающего построение УФО-диаграмм. Для диаграмм в нотации BPMN это невозможно, потому что в данном стандарте в принципе отсутствует трактовка связи как потока элементов.

Обсуждая данные таблицы 1, целесообразно отметить перспективы русификации материала. Здесь конструкции языка XPD, естественно, представлены на английском языке. Однако планируется автоматизация исполнения моделей, созданных авторами статьи. И в новых решениях названия процессов будут на русском языке. Как видим, в данном случае кириллицей написан атрибут «Имя».

Заключение. Исследования нормативных систем нотации системно-объектного подхода «узел – функция – объект» (УФО) и BPMN показывают, что УФО-нотация является более универсальной и позволяет устранить ряд недостатков BPMN-диаграмм путем их воспроизведения с помощью УФО-нотации. Итоги представленной работы будут способствовать развитию теории и практики графоаналитического моделирования процессов.

В результате проведенного исследования созданы процедуры взаимного преобразования диаграмм BPMN и УФО. Кроме того, показано описание элементов нотации УФО-подхода на языке исполнения бизнес-процессов XPD, что уравнивает прикладные возможности УФО-нотации с BPMN. В перспективе конструкции XPD русифицируются. Предполагается, что модели, созданные авторами данной статьи, будут исполняться программными методами, и названия процессов будут на русском языке.

В целом, применение полученных результатов позволит упростить процедуру построения графических моделей процессов и их автоматизацию.

Список литературы / References

1. Пантелеев А.С., Шматин А.К. Проблемы цифровизации и роботизации в современных российских реалиях. *Автоматизация производственных процессов в машиностроении*. 2022;(13):155–158. <https://doi.org/10.26160/2309-8864-2022-13-155-158>
- Panteleev AS, Shmatin AK. Problems of Digitalization and Robotization in Modern Russian Realities. *Avtomatizirovannoe Proektirovanie v Mashinostroenii*. 2022;(13):155–158. (In Russ.) <https://doi.org/10.26160/2309-8864-2022-13-155-158>
2. Бочкарев П.Ю., Королев Р.Д., Бокова Л.Г. Комплексная оценка производственной технологичности изделий. *Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don)*. 2023;23(2):155–168. <https://doi.org/10.23947/2687-1653-2023-23-2-155-168>
- Bochkaryov PYu, Korolev RD, Bokova LG. Comprehensive Assessment of the Manufacturability of Products. *Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don)*. 2023;23(2):155–168. <https://doi.org/10.23947/2687-1653-2023-23-2-155-168>
3. Короткий А.А., Масленников А.А., Яковлева Д.А., Головки И.В. Моделирование информационного обеспечения для оптимизации логистических задач в сфере транспорта с использованием программируемого имитатора контейнера-трансформера. *Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don)*. 2020;20(3):311–316. <https://doi.org/10.23947/2687-1653-2020-20-3-311-316>

Korotkii AA, Yakovleva DA, Maslennikov AA, Golovko IV. Modeling of Information Support to Optimize Logistics Tasks in Transport Sector Using a Programmable Container Transformer Simulator. *Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don)*. 2020;20(3):311–316. <https://doi.org/10.23947/2687-1653-2020-20-3-311-316>

4. Алеников А.С., Мамонова И.В., Колосеева К.И. Вариативные подходы к выбору нотации при моделировании бизнес-процессов на предприятии. *Вестник Академии знаний*. 2020;39(4):33–41.

Alenikov AS, Mamonova IV, Kololeeva KI. Variant Approaches to the Choice of Notation When Modeling Business Processes in the Enterprise. *Bulletin of the Academy of Knowledge*. 2020;39(4):33–41.

5. Аксенова О.П., Аксенов К.А., Антонова А.С., Смолий Е.Ф. Анализ графических нотаций для имитационного моделирования бизнес-процессов предприятия. *Научное обозрение. Технические науки*. 2014;(1):45–54. URL: <https://science-engineering.ru/ru/article/view?id=17> (дата обращения: 17.06.2025).

Aksenova OP, Aksenov KA, Antonova AS, Smoliy EF. The Analysis of Graphic Notations for Simulation Modeling of Enterprise Business Processes. *Scientific Review. Technical Science*. 2014;(1):45–54. URL: <https://science-engineering.ru/ru/article/view?id=17> (accessed: 17.06.2025).

6. Удальцова Н.Л. Современные методы анализа и моделирования бизнес-процессов. *Лидерство и менеджмент*. 2021;8(2):185–200. <https://doi.org/10.18334/lm.8.2.112126>

Udaltsova NL. Modern Methods of Business Process Analysis and Modeling. *Leadership and Management*. 2021;8(2):185–200. <https://doi.org/10.18334/lm.8.2.112126>

7. Вакорин М.П., Константинов Д.С., Мыльникова А.П. Оценка применимости нотации описания бизнес-процессов для моделирования процесса управления рисками информационной безопасности в организации. *Молодой ученый*. 2022;445(50):6–8. URL: <https://moluch.ru/archive/445/97853/> (дата обращения: 15.06.2025).

Vakorin MP, Konstantinov DS, Mylnikova AP. Assessment of the Applicability of Business Process Description Notation for Modeling the Information Security Risk Management Process in an Organization. *Young Scientist*. 2022;445(50):6–8. (In Russ.) URL: <https://moluch.ru/archive/445/97853/> (accessed: 15.06.2025).

8. Репин В. *Моделирование бизнес-процессов в нотации BPMN в Business Studio 5: Практическое руководство*. Москва: Издательские решения; 2020. 106 с.

Repin V. *Modeling Business Processes in BPMN Notation in Business Studio 5: Field Guide*. Moscow: Izdatel'skie resheniya; 2020. 106 p. (In Russ.)

9. Потрясаев С.А. Комплексное моделирование сложных процессов на основе нотации BPMN. *Известия Высших учебных заведений. Приборостроение*. 2016;59(11):913–920. <https://doi.org/10.17586/0021-3454-2016-59-11-913-920>

Potryasaev SA. Integrated Modeling of Complex Processes Based on BPMN Notation. *Journal of Instrument Engineering*. 2016;59(11):913–920. <https://doi.org/10.17586/0021-3454-2016-59-11-913-920>

10. Жихарев А.Г., Зимовец О.А., Тубольцев М.Ф., Кондратенко А.А. *Теория систем и системный анализ*. Маторин С.И. (ред.). Москва: Директмедиа Паблишинг; 2021. 456 с. URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574641> (дата обращения: 05.06.2025).

Zhikharev AG, Zimovets OA, Tuboltsev MF, Kondratenko AA. *Systems Theory and Systems Analysis*. SI. Matorin (ed). Moscow: Direktmedia Publishing; 2021. 456 p. (In Russ). URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574641> (accessed: 05.06.2025).

11. Белайчук А.А., Братченко С.А. Необходимые и избыточные развилки в нотации BPMN 2.0. *Стратегии бизнеса*. 2017;(4):3–7. <https://doi.org/10.17747/2311-7184-2017-4-03-07>

Belaychuk AA, Bratchenko SA. Essential and Redundant Gateways in BPMN 2.0. *Business Strategies*. 2017;(4):3–7. <https://doi.org/10.17747/2311-7184-2017-4-03-07>

12. Ivanov S, Kalenkova A. Comparing Process Models in the BPMN 2.0 XML Format. *Proceedings of ISP RAS*. 2015;27(3):255–266. [https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2015-27\(3\)-17](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2015-27(3)-17)

13. Матвеев А.С., Руденко А.Ю., Прочухан В.В. Разработка рекомендаций перехода от нотации моделирования бизнес-процессов IDEF0 к нотации BPMN. *Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса*. 2016;36(3):176–182. URL: <https://vestnik.volbi.ru/upload/numbers/336/article-336-1688.pdf> (дата обращения: 17.06.2025).

Matveev AS, Rudenko AYU, Prochukhan VV. Development of Recommendations for Transition from IDEF0 Notation of Business Processes Modeling to BPMN Notation. *Business. Education. Law. Bulletin of Volgograd Business Institute*. 2016;36(3):176–182. URL: <https://vestnik.volbi.ru/upload/numbers/336/article-336-1688.pdf> (accessed: 17.06.2025).

14. Зимовец О.А., Малкуш Е.В., Маторин С.И., Корсунов Н.И. Сравнение нотаций DFD, IDEF0, IDEF3, EPC и BPMN с нотацией УФО-анализа. *Экономика. Информатика*. 2024;51(4):936–945. <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2024-51-4-936-945>

Zimovets OA, Malkush EV, Matorin SI, Korsunov NI. Comparison of DFD, IDEF0, IDEF3, EPC and BPMN Notations with UFO-analysis Notation. *Economics. Information Technologies*. 2024;51(4):936–945. <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2024-51-4-936-945>

15. Клименко А.В., Жулин А.Б., Плаксин С.М., Головшинский К.И., Сивашева Н.М., Суворова И.К. и др. *Разработка методических рекомендаций по описанию и оптимизации процессов в органах исполнительной власти в рамках подготовки внедрения ЭАР*. Москва: Высшая школа экономики; 2004. 193 с. URL: <https://textarchive.ru/c-1946975.html> (дата обращения: 08.06.2025).

Klimenko AV, Zhulin AB, Plaksin SM, Golovshchinsky KI, Sivasheva NM, Suvorova IK, et al. *Development of Methodological Recommendations for the Description and Optimization of Processes in Executive Authorities in the Context of Preparation for the Implementation of the EAR: Research Report*. Moscow: Higher School of Economics; 2010. 193 p. (In Russ). URL: <https://textarchive.ru/c-1946975.html> (accessed: 08.06.2025).

Об авторах:

Александр Геннадиевич Жихарев, доктор технических наук, доцент, директор Института инженерных и цифровых технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета (308015, Российская Федерация, г. Белгород, ул. Победы, 85), [SPIN-код](#), [ORCID](#), [ScopusID](#), zhikharev@bsuedu.ru

Елена Викторовна Малкуш, аспирант кафедры «Информационных и робототехнических систем» Белгородского государственного национального исследовательского университета (308015, Российская Федерация, г. Белгород, ул. Победы, 85), [SPIN-код](#), malkush@bsuedu.ru

Сергей Игоревич Маторин, доктор технических наук, профессор кафедры «Информационных и робототехнических систем» Белгородского государственного национального исследовательского университета (308015, Российская Федерация, г. Белгород, ул. Победы, 85), [SPIN-код](#), [ORCID](#), [ScopusID](#), [ResearcherID](#), matorin@bsuedu.ru

Заявленный вклад авторов:

А.Г. Жихарев: административное руководство исследовательским проектом, разработка концепции, проведение исследования, написание рукописи, внесение замечаний и исправлений.

Е.В. Малкуш: проведение исследования, визуализация, разработка методологии.

С.И. Маторин: разработка методологии, проведение исследования, написание черновика рукописи.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Alexander G. Zhikharev, Dr.Sci. (Eng.), Associate Professor, Director of the Institute of Engineering and Digital Technologies, Belgorod State National Research University (85, Pobedy Str., Belgorod, 308015, Russian Federation), [SPIN-code](#), [ORCID](#), [ScopusID](#), zhikharev@bsuedu.ru

Elena V. Malkush, Postgraduate student of the Department of Information and Robotic Systems, Belgorod State National Research University (85, Pobedy Str., Belgorod, 308015, Russian Federation), [SPIN-code](#), malkush@bsuedu.ru

Sergey I. Matorin, Dr.Sci. (Eng.), Professor of the Department of Information and Robotic Systems, Belgorod State National Research University (85, Pobedy St, Belgorod, 308015, Russian Federation), [SPIN-code](#), [ORCID](#), [ScopusID](#), [ResearcherID](#), matorin@bsuedu.ru

Claimed Contributorship:

AG Zhikharev: project administration, conceptualization, investigation, writing – review & editing.

EV Malkush: investigation, visualization, methodology.

SI Matorin: methodology, investigation, writing – original draft preparation.

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

Поступила в редакцию / Received 23.06.2025

Поступила после рецензирования / Reviewed 24.07.2025

Принята к публикации / Accepted 11.08.2025