

УДК 004.738.5, 004.7, 004.738, 004.738.8

DOI: [10.26102/2310-6018/2024.44.1.003](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.44.1.003)

Автоматизированное формирование полной модели данных производственных объектов в единой информационной среде

А.А. Филимонова, М.И. Чижов, В.В. Ветохин✉, О.В. Собенина

*Воронежский государственный технический университет, Воронеж,
Российская Федерация*

Резюме. Статья рассматривает проблему разработки интеграционной платформы для обеспечения сквозных бизнес-процессов поддержки жизненного цикла разнородных информационных объектов. Выбор топологии платформы осуществляется с учетом функционала интегрируемых систем и структуры информационного объекта. Для создания единого информационного пространства предприятия рассматриваются различные топологии, включая одноранговую, с брокером сообщений, централизованную и гибридную топологии. Основу описания объекта составляет полная модель данных, включающая определяющие атрибуты и правила преобразования, соответствующие каждой из интегрируемых систем. Используя объектную модель системы информационной поддержки цифровых продуктов и специальные шаблоны, предлагается методика формирования политик, методов и документов (ПМД) и организации единой цифровой среды предприятия. Однако для решения этой проблемы требуется разработка специализированной интеграционной платформы, которая способна обеспечить централизованную обработку данных производственных объектов и обеспечить их взаимодействие в единой информационной среде. Такая платформа должна учитывать особенности каждого компонента системы и обеспечивать безопасность обмена информацией, а также иметь возможность масштабирования и адаптации к изменяющимся потребностям предприятия. В статье также подробно рассматриваются различные топологии для создания единого информационного пространства предприятия. Включаются одноранговая, с брокером сообщений, централизованная и гибридная топологии. Каждая из этих топологий имеет свои особенности и преимущества, и выбор оптимальной зависит от требований и характеристик конкретного предприятия. Для успешной реализации интеграции и создания единой цифровой среды предприятия в статье предлагается использовать объектную модель системы информационной поддержки цифровых продуктов. Эта модель позволяет структурировать информацию и определять взаимосвязи между различными компонентами системы. Кроме того, статья предлагает методику формирования ПМД, которая является основой для организации единой цифровой среды предприятия. Эта методика учитывает требования безопасности, согласованности и эффективности работы системы, а также обеспечивает стандартизацию и согласованность процессов внутри предприятия.

Ключевые слова: информационные производственные объекты, интеграция, цифровая среда, полная модель данных, автоматизация процессов.

Для цитирования: Филимонова А.А., Чижов М.И., Ветохин В.В., Собенина О.В. Автоматизированное формирование полной модели данных производственных объектов в единой информационной среде. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2024;12(1). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1456> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.44.1.003

Automated generation of a complete data model of production facilities in a unified information environment

A.A. Filimonova, M.I. Chizhov, V.V. Vetokhin✉, O.V. Sobenina

Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation

Abstract. The article examines the problem of developing an integration platform to facilitate end-to-end business processes supporting the life cycle of heterogeneous information objects. The platform topology is chosen according to the functionality of the integrated systems and the structure of the information object. To create a unified enterprise information environment, various topologies are considered, including peer-to-peer, message broker, centralized, and hybrid topologies. The basis for the description of an object is a complete data model, including defining attributes and transformation rules corresponding to each of the integrated systems. Using the object model of the information support system for digital products and special templates, a methodology for forming policies, methods and documents (PMD) and organizing a unified digital environment of the enterprise is proposed. However, to solve this problem, the development of a specialized integration platform is required which is capable of processing data from production facilities on a centralized basis and facilitating their interaction in a unified information environment. Such a platform must take into account the characteristics of each system component and ensure the security of information exchange; it also should be able to scale and adapt to the changing needs of the enterprise. In addition, this article discusses in detail various topologies for creating a unified enterprise information space. Peer-to-peer, message brokered, centralized, and hybrid topologies are included. Each of these topologies has its own characteristics and advantages, and the choice of the optimal one depends on the requirements and characteristics of a particular enterprise. To successfully implement integration and create a unified digital environment of the enterprise, it is suggested to use an object model of an information support system for digital products. This model helps to structure information and determine the relationships between various components of the system. Furthermore, the article proposes a methodology for the formation of PMD, which is the basis for organizing a unified digital environment of the enterprise. This methodology takes into account the requirements for security, consistency and efficiency of the system and also ensures standardization and consistency of processes within the enterprise.

Keywords: information production facilities, integration, digital environment, full data model, process automation.

For citation: Filimonova A.A., Chizhov M.I., Vetokhin V.V., Somenina O.V. Automated generation of a complete data model of production facilities in a unified information environment. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2024;12(1). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1456> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.44.1.003 (In Russ.).

Введение

Информационные производственные объекты включают разнородные компоненты, для формирования которых используется различное специализированное программное обеспечение. Для обеспечения сквозных бизнес-процессов необходимо организовать обмен между всеми используемыми программными продуктами и выполнить их интеграцию с информационной системой поддержки жизненного цикла [1]. Использование различных систем и гетерогенных инструментов приводит к необходимости разработки специализированной интеграционной платформы, обеспечивающей централизованную обработку всех данных производственного объекта [2].

Таким образом, цель данного исследования сформулирована в следующем виде: сокращение временных затрат при конструкторско-технологическом сопровождении сложных изделий в рамках системы управления жизненным циклом при помощи специального математического и программного обеспечения, обеспечивающего интеграцию разнородных вычислительных систем в рамках единого информационного пространства на базе сквозных бизнес-процессов.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести анализ методов создания интеграционной среды обмена и управления данными в системе информационной поддержки цифрового продукта, обеспечивающей сквозные бизнес-процессы на всех этапах жизненного цикла.

2. Разработать комплекс информационных моделей формирования и хранения цифровых данных и продуктов в системе информационной поддержки, позволяющих организовать централизованное хранение разнородных данных об информационном продукте.

3. Разработать архитектуру интеграционной платформы, обеспечивающей оперативное взаимодействие и обмен данными.

Материалы и методы

Интеграция информационных систем предполагает создание единого информационного пространства (единой цифровой среды) организации [3], включающего все внедренные и планируемые к внедрению автоматизированные системы в интегрированную систему [4, 5].

Используемые на предприятии информационные системы можно разделить по следующим технологическим уровням интеграции [6]:

0-й уровень – система не предоставляет другим информационным системам доступ к своим данным и функциям. Единственная возможность обмена с такими системами – непосредственный доступ к хранилищу данных (чтение информации из базы данных или работа с файлами). Для подобной интеграции необходимо знать схему базы данных и / или формат файла, с которым работает система.

1-й уровень – поддержка обменных форматов. Информационная система позволяет импортировать / экспортировать данные в стандартизованных обменных форматах. В качестве них могут выступать универсальные форматы XML или JSON с заранее определенными схемами или специальные отраслевые форматы (например, PLMXML или STEP).

2-й уровень – предоставление обменных интерфейсов, через которые можно обращаться к основному функционалу системы, в том числе передавать и получать данные.

3-й уровень – полный доступ. Система содержит программные интерфейсы ко всем своим функциям и данным. Обычно такие системы разрабатываются на основе подхода API first.

В качестве возможных были выбраны следующие топологии построения единой цифровой среды (ЕЦС) предприятия [7]:

1. Одноранговая топология.

При этом подходе выполняется непосредственная связь по программным интерфейсам систем, для которых требуется организовать информационный обмен, т. е. система-получатель передает запрос и принимает значения атрибутов от системы-источника.

2. Топология с брокером сообщений.

В ЕЦС вводится специальная система, которая осуществляет обмен атрибутами между другими информационными системами и не выполняет других бизнес-функций.

3. Централизованная топология.

При данном подходе выделяется главная система из существующих в ЕЦС, с которой организуется взаимодействие всех остальных систем.

4. Гибридная топология.

Является развитием топологии с главной системой. При данном подходе для критичных по быстродействию обмена систем вводится дополнительная связь.

Полная модель данных (ПМД) – множество атрибутов, полностью определяющее информационный объект, и правил преобразования, позволяющих выполнять переход от атрибутов любой информационной системы к ПМД и обратно.

ПМД не содержит дубликатов, каждая характеристика информационного объекта хранится только в одном экземпляре. Для поддержки ПМД сервисы интеграции должны сопоставлять собственные атрибуты системы и атрибуты ПМД и реализовывать правила преобразования [8].

Вес атрибута ПМД P_i – количество систем ЕЦС, использующих атрибут m_i для выполнения необходимых функций. $P_i = 1$, если атрибут используется только системой, которая является его источником. $P_i = N$, если атрибут используется всеми системами ЕЦС.

Удельный вес атрибута:

$$p_i = \frac{P_i}{N}. \quad (1)$$

В общем виде информационный продукт в корпоративной среде является сложным и включает в себя элементы, межэлементные связи и отношения.

Для формирования ПМД использованы следующие информационные объекты и их атрибуты:

- объектная модель системы информационной поддержки цифровых продуктов, содержащая основные объекты, необходимые для описания информационных продуктов и поддержки сквозных бизнес-процессов;
- специальные шаблоны системы информационной поддержки цифровых продуктов, содержащие дополнительные атрибуты и методы, учитывающие тип компонентов;
- шаблоны всех специализированных программных средств. Определяют объекты и связи между ними и учитывают особенности жизненного цикла каждого типа объекта. Поддержка этих шаблонов обеспечит работу специального программного обеспечения под управлением системы информационной поддержки цифрового продукта.

После описания ПМД информационного продукта было проведено описание возможных топологий ЕЦС и формирование критериев выбора [9, 10].

Топологию цифровой среды можно представить в виде ориентированного графа, в котором вершины соответствуют информационным системам, а дуги – вызовам программных интерфейсов интегрированных систем. Для интеграции системы необходима разработка отдельного сервиса интеграции. Количество таких сервисов равно степени выхода вершины S_i .

Граф одноранговой цифровой среды представлен на Рисунке 1.

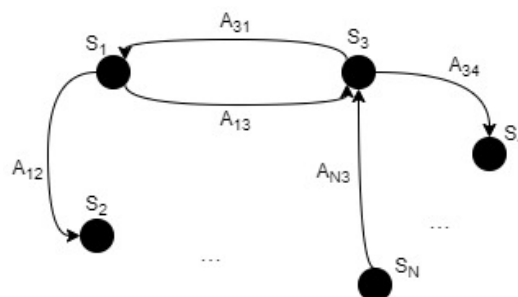


Рисунок 1 – Одноранговая цифровая среда
 Figure 1 – Peer-to-peer digital environment

Построим для представленной топологии матрицу интеграции (In) (матрицу смежности вершин, каждый элемент которой представляет собой пару a/m , где a –

количество функций API, вызываемых системой, m – количество атрибутов, передаваемых системой по запросу). Пара 0/0 соответствует отсутствию интеграции.

Если существует дуга A_{ij} , то $a_{ij} > 0$, т. к. интеграция предполагает вызов хотя бы одного интерфейса, но m_{ij} может быть равно нулю, если интеграция не предусматривает обмен значениями атрибутов.

Матрица интеграции одноранговой среды представлена в Таблице 1.

Таблица 1 – Матрица интеграции одноранговой среды

Table 1 – Peer integration matrix

	S_1	S_2	S_3	S_4	...	S_N
S_1	0	$a_{12}/0$	a_{13}/m_{31}	0/0		0/0
S_2	$0/m_{12}$	0	0/0	0/0		0/0
S_3	a_{31}/m_{13}	0/0	0	$a_{34}/0$		$0/m_{N3}$
S_4	0/0	0/0	$0/m_{34}$	0		0/0
...						
S_N	0/0	0/0	$a_{N3}/0$	0/0		0

Количество атрибутов, используемых для обмена

$$M_i \leq \sum m_i, \tag{2}$$

т. к. разные системы в процессе взаимодействия могут обращаться к одинаковым атрибутам.

Для топологии с брокером сообщений (общей шиной) граф среды представлен на Рисунке 2.

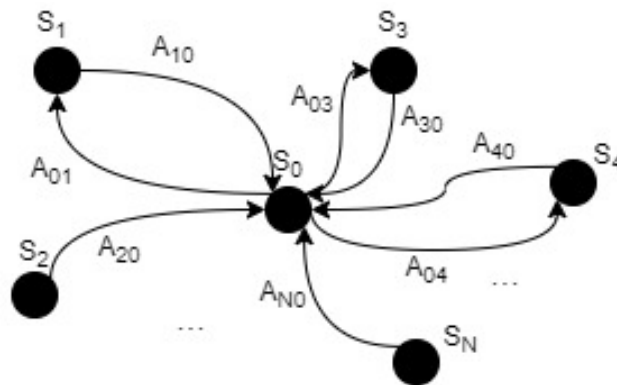


Рисунок 2 – Среда с общей шиной

Figure 2 – Common bus environment

При топологии с централизованной системой в качестве главной целесообразно выбрать систему с максимальным количеством атрибутов в ПМД:

$$\frac{M_i}{M_{\text{ПМД}}} = \max. \tag{3}$$

Для централизованной топологии (с главной системой S_3) граф среды представлен на Рисунке 3.

Таблица 2 – Матрица интеграции среды с общей шиной
 Table 2 – Common bus environment integration matrix

	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	...	S_N
S_0	0	a_{01}/m_{10}	$0/m_{02}$	a_{03}/m_{30}	a_{04}/m_{40}		$0/m_{N0}$
S_1	a_{10}/m_{01}	0	0/0	0/0	0/0		0/0
S_2	$a_{20}/0$	0/0	0	0/0	0/0		0/0
S_3	a_{30}/m_{03}	0/0	0/0	0	0/0		0/0
S_4	a_{40}/m_{04}	0/0	0/0	0/0	0		0/0
...							
S_N	$a_{N0}/0$	0/0	0/0	0/0	0/0		0

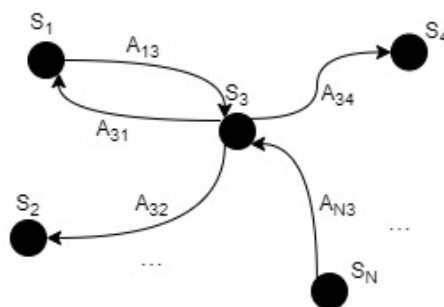


Рисунок 3 – Централизованная топология
 Figure 3 – Centralized topology

Таблица 3 – Матрица интеграции централизованной топологии
 Table 3 – Centralized topology integration matrix

	S_1	S_2	S_3	S_4	...	S_N
S_1	0	0/0	a_{13}/m_{31}	0/0		0/0
S_2	0/0	0	$0/m_{32}$	0/0		0/0
S_3	a_{31}/m_{13}	$a_{32}/0$	0	$a_{34}/0$		$0/m_{N3}$
S_4	0/0	0/0	$0/m_{34}$	0		0/0
...						
S_N	0/0	0/0	$a_{N3}/0$	0/0		0

Для гибридной топологии граф среды представлен на Рисунке 4.

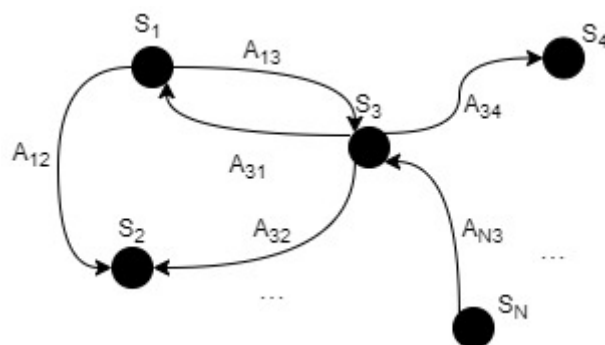


Рисунок 4 – Гибридная цифровая среда
Figure 4 – Hybrid digital environment

Таблица 4 – Матрица интеграции гибридной цифровой среды
Table 4 – Hybrid digital environment integration matrix

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	...	S _N
S ₁	0	a ₁₂ /0	a ₁₃ /m ₃₁	0/0		0/0
S ₂	0/m ₁₂	0	0/m ₃₂	0/0		0/0
S ₃	a ₃₁ /m ₁₃	a ₃₂ /0	0	a ₃₄ /0		0/m _{N3}
S ₄	0/0	0/0	0/m ₃₄	0		0/0
...						
S _N	0/0	0/0	a _{N3} /0	0/0		0

На основании полученных матриц интеграции можно выполнить описание реальной ЕЦС предприятия и сформировать описание ПМД и маршрутов формирования всех атрибутов [11].

Выделим следующие критерии, влияющие на выбор топологии ЕЦС:

- общее количество систем N;
- необходимость синхронного взаимодействия (работа с общими атрибутами систем в режиме реального времени);
- отношение обменных атрибутов с весом $K = 3$ (т. е. с атрибутом работают рассматриваемые системы и главная система, отвечающая за ПМД) к общему количеству передаваемых между системами атрибутов;
- количество атрибутов ПМД МПМД;
- отношение атрибутов системы к общему количеству атрибутов $(\frac{M_i}{M_{ПМД}})$.

Все компоненты полной модели данных были разделены на три группы:

- объекты {O};
- простые атрибуты {A};
- связи {R}.

Ревизию будем рассматривать как пару (O, R), где

O – объект, структура которого совпадает со структурой базового объекта;

R – связь между базовым объектом и объектом ревизии.

Тогда полная модель данных $M = \{O, A, R\}$.

Ручные функции преобразования компонентов полной модели данных:

- FIX – принудительный выбор одного из вариантов определения компонента;
- DUB – копирование компонента (при необходимости с переименованием);
- GEN – генерация компонента по заданному алгоритму.

Автоматические функции преобразования компонентов полной модели данных:

– EQL – полное соответствие компонентов двух систем (простой перенос значения);

– CAST – смена типа данных атрибута;

– RNAME – переименование объекта или атрибута (для объекта сохраняется набор атрибутов);

– FORMAT – смена формата с сохранением типа данных;

– TRANSFORM – преобразование типа объекта (например, объект – атрибут).

Каждой функции преобразования был поставлен в соответствие вес, характеризующий сложность преобразования компонента.

Вес ручных функций будем считать равным 0, потому что они не изменяются в автоматизированном режиме.

Для автоматических функций:

– $P_{EQL} = 1$;

– $P_{CAST} = 3$;

– $P_{RNAME} = 1$;

– $P_{FORMAT} = 2$;

– $P_{TRANSFORM} = 4$.

Выполнение некоторых функций может приводить к неявному вызову других функций. Взаимосвязь функций представлена на Рисунке 5.

Для каждой возможной реализации полной модели данных определяется суммарная сложность формирования. В качестве рабочей модели выбирается модель с минимальной сложностью преобразований:

$$F = \sum_{i=1}^N (\sum P_{Oi} + \sum P_{Ai} + \sum P_{Ri}) \rightarrow \min, \quad (4)$$

где

N – количество систем;

$\sum P_{Oi}$ – сумма сложности преобразований объектов i -ой системы;

$\sum P_{Ai}$ – сумма сложности преобразований простых атрибутов i -ой системы;

$\sum P_{Ri}$ – сумма сложности преобразований связей i -ой системы.

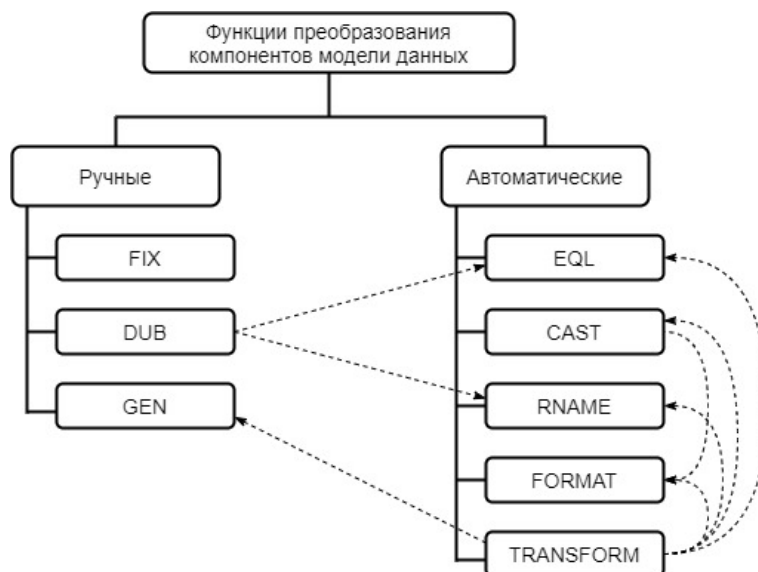


Рисунок 5 – Функции преобразования компонентов
Figure 5 – Component conversion functions

В качестве системы информационной поддержки выбрана PLM система Teamcenter, в качестве специального программного обеспечения – система автоматизированного проектирования бортовой кабельной сети летательных аппаратов ElectriCS. Выделенные компоненты шаблонов представлены в Таблице 5.

Таблица 5 – Соответствие шаблонов интегрируемых систем
Table 5 – Correspondence of integrated systems templates

ElectriCS	Teamcenter		
	Описание	Название	Родитель
Проекты типа: - Проект Системы; - Проект Коробки; - Проект Трассы; - Проект Жгута.	Проект БКС	E2 ProjectBCS	Item
	Каталог систем	E2 PESystem	Functionality
	Каталог трасс	E2 PETrass	Item
	Система	E2 ESystem	Functionality
	Трасса	E2 ETrass	Item
	Жгут	HRN Harness	Item
	Схема	E2 EScheme	Document
	Таблица подключений	E2_Sheet	Document
	Документ	Document	Item
	Чертеж	Drawing	Item

Интеграционная платформа представляет собой совокупность взаимосвязанных компонентов. Диаграмма разворачивания платформы представлена на Рисунке 6.

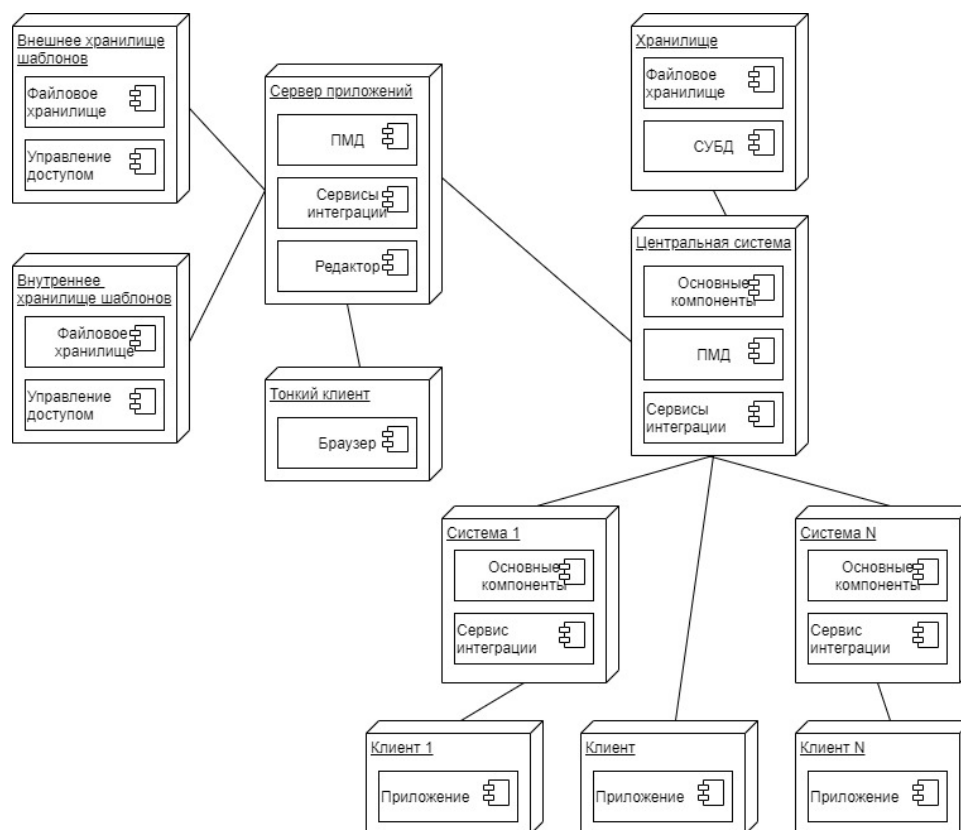


Рисунок 6 – Диаграмма развертывания
Figure 6 – Deployment diagram

Результаты

На основании построенной модели был разработан алгоритм первоначального формирования ЕЦС предприятия, состоящий из трех этапов.

Этап 1. Внутреннее описание возможных топологий:

- определение потенциальной главной системы;
- формирование матриц интеграции на основе естественного обмена атрибутами;
- определение дополнительных атрибутов для замены связей между другими системами ЕЦС;
- выделение критичных связей (по скорости взаимодействия и частоте обмена).

Этап 2. Формирование полной модели данных:

- определение необходимых и потенциальных атрибутов;
- определение веса каждого атрибута K ;
- для атрибутов с $K > 1$ определение системы источника S_N ;
- для атрибутов с $K > 1$ определение правил преобразования значения атрибутов S_N в другие системы;

- определение трудности формирования модели;

– определение $M = \min P_{\Sigma}$.

Этап 3. Внешнее описание топологии и частных моделей данных:

- формирование описания дополнительных интеграционных компонентов;
- определение сервисов интеграции;
- описание атрибутов и правил преобразования;
- подготовка документов в обменных форматах.

Обсуждение

В рамках данного исследования рассмотрены новые подходы в автоматизированном формировании полной модели данных производственных объектов в единой информационной среде. Одним из таких подходов является интеграция информационных систем предприятия в единую цифровую среду (ЕЦС), которая объединяет все используемые и планируемые к внедрению автоматизированные системы. Это позволяет обеспечить централизованную обработку данных производственного объекта и обеспечить сквозные бизнес-процессы.

Для интеграции информационных систем используются различные технологические уровни: от прямого доступа к хранилищу данных до полного доступа к функциям и данным системы. Каждый уровень имеет свои достоинства и недостатки, и выбор оптимального уровня зависит от конкретных требований и возможностей систем. При формировании полной модели данных (ПМД) используются правила преобразования, которые позволяют переходить от атрибутов любой информационной системы к ПМД и обратно. ПМД не содержит дубликатов, и каждая характеристика информационного объекта хранится только в одном экземпляре. Вес атрибута ПМД определяется количеством систем, использующих этот атрибут, и может быть использован для оценки значимости атрибута в контексте ЕЦС. Для формирования ПМД и интеграции информационных систем могут быть использованы различные топологии построения ЕЦС, такие как одноранговая топология, топология с брокером сообщений, централизованная топология и гибридная топология. Каждая топология имеет свои особенности и выбор оптимальной зависит от конкретных требований и характеристик производственных объектов.

В дальнейшем исследовании будут рассмотрены различные аспекты автоматизированного формирования ПМД в единой информационной среде, включая разработку эффективных алгоритмов преобразования данных, оптимизацию процессов интеграции и оценку влияния различных топологий на качество и эффективность работы системы. Также будут исследованы возможности применения новых технологий, таких как искусственный интеллект и анализ больших данных, для улучшения автоматизации и оптимизации производственных процессов в единой информационной среде.

Заключение

В данной работе было рассмотрено автоматизированное формирование полной модели данных производственных объектов в единой информационной среде. Информационные производственные объекты включают различные компоненты, для формирования которых используется специализированное программное обеспечение. Для обеспечения сквозных бизнес-процессов необходимо организовать обмен между используемыми программными продуктами и интегрировать их с информационной системой поддержки жизненного цикла. Для интеграции информационных систем предлагается создание единого информационного пространства, то есть единой цифровой среды организации, включающей все внедренные и планируемые к внедрению автоматизированные системы. Уровни интеграции информационных систем могут быть разделены на несколько категорий, начиная от прямого доступа к хранилищу данных до полного доступа к функциям и данным системы.

Для построения единой цифровой среды предприятия были рассмотрены различные топологии, такие как одноранговая, с брокером сообщений, централизованная и гибридная топологии. Каждая из этих топологий имеет свои особенности и применяется в зависимости от требований и целей организации. Основным элементом в формировании единой цифровой среды является полная модель

данных (ПМД), которая включает в себя атрибуты информационных объектов и правила преобразования. ПМД позволяет выполнять переход от атрибутов любой информационной системы к единой модели и обратно. Сервисы интеграции играют важную роль в поддержке ПМД, сопоставляя атрибуты различных систем и реализуя правила преобразования. По результатам исследования можно сформулировать следующие основные результаты:

1. Разработана информационная модель, обеспечивающая хранение и обработку проекта БКС в рамках информационной системы поддержки изделия.

3. Предложен комплекс функциональных моделей, позволяющий обеспечить поддержку созданной информационной модели со стороны специального программного обеспечения в рамках системы информационной поддержки.

3. Представлены алгоритмы, позволяющие организовать процесс обмена инженерными данными между системой автоматизированного проектирования бортовой кабельной сети летательного аппарата и информационной системой поддержки изделия.

4. Разработан программный комплекс, обеспечивающий интеграцию системы автоматизированного проектирования бортовой кабельной сети в информационную систему поддержки сквозных цифровых технологий.

6. Разработанный программный комплекс введен в опытную эксплуатацию на предприятии ПАО «Корпорация Иркут».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Багаутдинов К.Ш. Методы интеграции информационных систем на основе универсального анализатора онлайн-информации. *Вестник кибернетики*. 2019;35(3):52–60.
2. Волков А.И. Проблемы интеграции хранилищ данных с открытыми и большими данными и подходы к их решению. *Труды Международной научной конференции СРТ2014, 11–18 мая 2015 года, Ларнака, Республика Кипр*. Протвино: АНО "ИФТИ"; 2015. с. 18–32.
3. Дрозд О.В. Сетецентрическая модель и архитектура единого информационного пространства «Проектирование на заказ» сложных технических изделий. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение*. 2023;143(2):74–89. DOI: 10.18698/0236-3933-2023-2-74-89.
4. Степашкина Е.В., Горбачев И.В., Гришин М.В. Информационные системы на авиаприборостроительном предприятии. *Известия Самарского научного центра РАН*. 2019;21(1):129–135.
5. Яблочников Е.И., Пирогов А.В., Андреев Ю.С. *Автоматизация технологической подготовки производства в приборостроении* СПб.: СПбГИТМО; 2002. 2008 с.
6. Петров А.Н. Принципы структурирования области знаний в аспекте построения единого информационного пространства. *Новое в российской электроэнергетике*. 2012;10:5–16.
7. Веккер А.И. Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства. *Шаг в науку*. 2021;4:40–45.
8. Сафронов В.В. Интеграционные решения при построении корпоративных информационных систем. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2016;18(4-3):646–654.
9. Говорков А.С., Чьен Х.В. Разработка автоматизированной системы проектирования технологических процессов изготовления изделия машиностроения на основе

трехмерной модели. *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование.* 2016;52(4);48–56.

10. Mokretsov Y.V. et al. Basic directions of digital production development on the basis of a unified information model. *Russian Conference on Digital Economy and Knowledge Management.* Atlantis Press; 2020. p. 38–41.
11. Zatsarinnyy A.A., Shabanov A.P. Innovations in digital platforms: project scripts for forming a unified information environment. In: Semenov A.V., Sokolov I.A. (eds) *Sustainable Development: Society, Ecology, Economy. Earth and Environmental Sciences Library.* Springer, Cham; 2021. p. 85–99. DOI: 10.1007/978-3-030-73110-6_10.

REFERENCES

1. Bagautdinov K.Sh. Methods of information information systems based on universal analysis of online information. *Vestnik kibernetiki.* 2019;35(3):52–60. (In Russ.).
2. Volkov A.I. Problems of providing data warehouses with disclosure and provision of data and approaches to their solution. Proceedings of international scientific conference *CPT2014, 11–18 May 2015, Larnaca, Cyprus.* Protvino, ANE “ICPT”; 2015. p. 18–32. (In Russ.).
3. Drozd O.V. Network-centric model and architecture of complex information space “Design to order” of complex technical products. *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. Priborostroenie.* 2023;143(2):74–89. DOI: 10.18698/0236-3933-2023-2-74-89. (In Russ.).
4. Stepashkina E.V., Gorbachev I.V., Grishin M.V. Information systems at an aircraft instrument manufacturing enterprise. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN.* 2019;21(1):129–135. (In Russ.).
5. Yablochnikov E.I., Pirogov A.V., Andreev Yu.S. *Automation of technological preparation of production in instrument making.* Saint Petersburg, SPbGITMO; 2002. 2008 p. (In Russ.).
6. Petrov A.N. Principles of structuring the field of knowledge in the aspect of constructing a standard information space. *Novoe v rossiiskoi elektroenergetike.* 2012;10:5–16. (In Russ.).
7. Vekker A.I. In Information modeling of industrial and urban construction objects. *Shag v nauku.* 2021;4:40–45. (In Russ.).
8. Safronov V.V. Integration solutions when building information information systems. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk.* 2016;18(4-3):646–654. (In Russ.).
9. Govorkov A.S., Ch'en Kh.V. Development of an automated system for designing technological processes for manufacturing mechanical engineering products based on a three-dimensional model. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie.* 2016;52(4);48–56. (In Russ.).
10. Mokretsov Y.V. et al. Basic directions of digital production development on the basis of a unified information model. *Russian Conference on Digital Economy and Knowledge Management.* Atlantis Press; 2020. p. 38–41.
11. Zatsarinnyy A.A., Shabanov A.P. Innovations in digital platforms: project scripts for forming a unified information environment. In: Semenov A.V., Sokolov I.A. (eds) *Sustainable Development: Society, Ecology, Economy. Earth and Environmental Sciences Library.* Springer, Cham; 2021. p. 85–99. DOI: 10.1007/978-3-030-73110-6_10.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Филимонова Анастасия Анатольевна, старший преподаватель кафедры КИТП, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация.

e-mail: filimonova_aa@inbox.ru

Anastasia A. Filimonova, Senior Lecturer at the KITP Department, Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation.

Чижов Михаил Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры КИТП, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация.

e-mail: mihail@mail.ru

Mikhail I. Chizhov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor at the KITP Department, Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation.

Ветохин Валерий Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры КИТП, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация.

e-mail: daiolix@yandex.ru

Valery V. Vetokhin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the KITP Department, Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation.

Собенина Ольга Валерьевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры КИТП, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация.

e-mail: sobenina36@mail.ru

Olga V. Sobenina, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the KITP Department, Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation.

Статья поступила в редакцию 12.10.2023; одобрена после рецензирования 20.12.2023; принята к публикации 18.01.2024.

The article was submitted 12.10.2023; approved after reviewing 20.12.2023; accepted for publication 18.01.2024.