

На правах рукописи



ГЕЙКО Сергей Андреевич

**МЕТОДИКИ И АЛГОРИТМЫ РАСШИРЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ
СКВОЗНОГО СОЗДАНИЯ НАУКОЁМКИХ ОБЪЕКТОВ**

Специальность: 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие
системы
(технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидат технических наук

Санкт-Петербург – 2024

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» на кафедре «Инжиниринг и менеджмент качества».

Научный руководитель – Смирнова Мария Сергеевна, д.т.н., доцент, профессор кафедры «Информационные системы и программная инженерия»
ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Официальные оппоненты: Красильников Антон Валентинович, д.т.н, заместитель начальника отделения – начальник лаборатории, Акционерное общество «Центр технологии судостроения и судоремонта»

Гарькушев Александр Юрьевич, к.т.н., заведующий кафедрой цифровой безопасности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

Ведущая организация – Акционерное общество «Концерн «Океанприбор»

Защита диссертации состоится «19» декабря 2024 г. в 14.00 на заседании диссертационного совета 99.0.135.02 в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова по адресу 190005, г. Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д.1.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова и на сайте <https://voenmeh.ru/nauka/dissertaczionnye-sovety/dissertaczionnyj-sovet-99-0-135-02/>

Автореферат разослан «___» октября 2024 г.

И.о ученого секретаря
диссертационного совета



Тюрина Наталья Васильевна

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В основных отраслях промышленности широко внедрены различные информационно-управляющие системы процессом проектирования. На всем жизненном цикле создания наукоемких объектов применяется комплекс информационно-управляющих систем совместно с *CAD, CAE, PDM* системами, позволяющий решать задачи выпуска проектной документации. Однако широкое внедрение информационных технологий не позволяет в полной мере решать задачи информационного взаимодействия между проектантами и заводами-изготовителями наукоемких объектов из-за отсутствия универсального идентификатора материально-технических ресурсов (комплектующего оборудования или материалов) применяемых при создании наукоемких объектов.

Таким образом, актуальность данной работы определяется необходимостью разрешения объективного противоречия между возрастающим функционалом информационно-управляющих систем, применяющихся при создании наукоемких объектов и отсутствием функционала в части однозначной идентификации применяемого комплектующего оборудования.

Степень разработанности темы исследования. Исследований, проводившихся по теме организации информационного обмена между проектантами наукоемких объектов и их изготовителей, а также методов однозначной классификации комплектующего оборудования и материалов не проводилось.

Однако разработкой основ ведения централизованной базы данных оборудования, в частности образцов ВВСТ с применением уникального идентификатора и набора различных информационных систем занимался В.В. Моисеев. В монографии, состоящей из серии публикаций по тематике каталогизации продукции для нужд Министерства обороны Российской Федерации, описан основной подход к методам классификации изделий и применения информационных систем.

В части методов проектирования автоматизированных систем управления разработки, данная работа опирается на подход, описанный в научных трудах Ю.К. Зимина.

Подход к управлению данными, описанный В.В. Моисеевым и Ю.К. Зиминим в части построения автоматизированных систем управления разработками являются методологической основой для разработки методик и алгоритмов расширения функциональных возможностей информационно-управляющих систем сквозного создания наукоемких объектов.

Цель диссертационного исследования – расширение функциональных возможностей информационно-управляющих систем управления процессом создания наукоемких объектов на основе разработки алгоритмов и процедур информационного обмена.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

1) разработать методику оптимизации атрибутивного состава, совершенствующую элементы структуры информационно-управляющей системы;

2) разработать методику оценки и снижения рисков информационного обмена между проектантом и изготовителем наукоемких объектов;

3) разработать алгоритмическое и информационное обеспечение центра управления нормативно-справочной информацией, используемой при проектировании.

Научная новизна работы.

1. Методика оптимизации атрибутивного состава обеспечивает формирование базового, универсального для всех изделий набора атрибутов, минимально необходимого для присвоения информационному объекту уникального кода-идентификатора.

2. Методика оценки и снижения рисков информационного обмена между проектантом и изготовителем наукоемких объектов обеспечивают анализ и управление рисками возникновения инцидентов в ходе информационного обмена при формировании транспортных массивов спецификаций.

3. Разработка алгоритмического и информационного обеспечения центра управления нормативно-справочной информацией, используемой минимизировали риски неоднозначной идентификации оборудования, применяемого в ходе создания наукоемкого изделия.

Теоретическая и практическая значимость работы. Достигнутые в работе результаты в совокупности являются научной основой разработки информационно-управляющей системы (ИУС) сквозного проектирования наукоемких объектов. Научно-обоснованный набор атрибутов изделий и созданный на его основе научно-методический инструментариум формирует основу создаваемой отраслевой информационно-управляющей системы по созданию наукоемких объектов.

Разработанная методика оптимизации набора атрибутов ИУС, методика оценки и снижения рисков информационного обмена между проектантом и изготовителем наукоемких объектов, предложенное алгоритмическое и информационное обеспечение, предназначены для организации проектирования и изготовления технически сложных, наукоемких объектов, подразумевающих крупные кооперации организаций промышленности для их создания.

Объектом исследования являются информационно-управляющие системы автоматизированного проектирования наукоемких объектов.

Предмет исследования: функциональные возможности информационно-управляющих систем автоматизированного проектирования наукоемких объектов.

Методы исследования.

Для решения поставленных задач применены методы экспертной оценки, статистические методы оценки достоверности полученных данных,

методы структурного анализа, а также методы оценки рисков и сетевого планирования.

Степень достоверности. Достоверность полученных результатов обеспечивается применением современных методов исследований, базирующихся на основных принципах построения информационно-измерительных и управляющихся систем, а также на основных принципах процессного подхода к организации и анализу производства, а также, методологической обоснованностью и непротиворечивостью его исходных теоретических положений, внутренней логикой исследования, применением надежных и апробированных методов, адекватных сущности изучаемого явления, а также поставленной цели и задачам исследования, репрезентативности выборки испытуемых, качественной интерпретацией и количественным анализом полученных данных с использованием методов математической статистики.

Основные теоретические выводы подтверждены внедрением и практическим применением в промышленности.

Реализация и внедрение результатов исследования. Результаты диссертационной работы внедрены АО «СПМБМ «Малахит» в информационно-управляющей системе управления процессом проектирования, сократили время ввода данных в информационно-управляющую систему процессом проектирования на 26,4 % за счет сокращения атрибутного состава информационного объекта. Срок прохождения этапов контроля правильности заполнения информационной карты сократился с 1 ч 25 минут до 36 минут. Количество инцидентов, возникающих в ходе взаимодействия с заводом-изготовителем, сократилось на 38,4 %.

Также результаты данной работы были внедрены в ПАО «Роствертол», где внедрение результатов исследования позволило сократить время ввода информации в автоматизированную систему управления технологическими процессами на 18,6 %.

Указанные выше методики также были внедрены в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» для применения в учебном процессе в дисциплинах «Информационная поддержка жизненного цикла изделия» (09.03.04 «Программная инженерия»), «Принципы формализации процессов в вычислительных системах» (09.03.02 «Информационные системы и технологии») и «Информационно-системное обеспечение компьютерно-интегрированных производств» (15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств).

Область исследования соответствует пункту 2 «Исследование возможностей и путей совершенствования существующих и создания новых элементов структуры и образцов информационно-измерительных и управляющих систем, улучшение их технических, эксплуатационных, экономических и эргономических характеристик, разработка новых

принципов построения и технических решений», пункту 3 «Математическое, алгоритмическое, информационное, программное и аппаратное обеспечение информационно-измерительных и управляющих систем», пункту 4 «Расширение функциональных возможностей информационно-измерительных и управляющих систем на основе применения методов измерений контролируемых параметров объектов для различных предметных областей исследования», пункту 6 «Методы анализа, диагностики, идентификации и управления техническим состоянием информационно-измерительных и управляющих систем, в том числе с использованием технологий искусственного интеллекта» паспорта научной специальности 2.2.11 «Информационно-измерительные и управляющие системы».

На защиту выносятся:

1. Методика оптимизации атрибутного состава, совершенствующая элементы структуры информационно-управляющей системы управления процессом проектирования;
2. Методика оценки и снижения рисков информационного обмена между проектантом и изготовителем наукоемких объектов;
3. Алгоритмическое и информационное обеспечение центра управления нормативно-справочной информацией, используемой при проектировании.

Апробация работы.

Основные положения и результаты исследований по диссертационной работе доложены на следующих конференциях:

- «Информационные технологии в высокотехнологичных производствах (ВТП)» ФГБОУ БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова» (Санкт-Петербург, апрель 2024 г);
- Отраслевая научно-техническая конференция «Новые технологии в судостроении». АО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (Санкт-Петербург, ноябрь 2022);
- XVII Межведомственная научно-теоретическая конференция «Вооружение и экономика» (Москва, март 2024 г.);
- III Международная научно-практическая конференция «Глобальные научные тенденции: интеграция и инновации» (Саратов, август 2024 г).

Личный вклад автора. Основные научные результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно. В работах, выполненных в соавторстве, соискателю принадлежит основная роль в формулировке задач, обоснованию методов их решения, анализе полученных результатов.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 научных работ, из них 7 публикаций в журналах из списка, рекомендованных ВАК по итоговой категории (квартиль) «К2», 4 работы в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций и 3 свидетельства о регистрации программ и баз данных для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, состоящего из 101 наименования и 4 приложений. Текст диссертации изложен на 110 листах,

содержит 23 рисунка и 7 таблиц, общий объем работы с учетом приложений составляет 138 страниц.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы основная цель, общая и частные задачи исследований, научная новизна диссертационной работы, раскрыты научная и практическая значимость, приведены данные об апробациях, внедрении результатов работы, положения, выносимые на защиту.

Первая глава исследования посвящена анализу предметной области в части порядка и организации работы с нормативно-справочной информацией (НСИ) при создании сложных наукоемких изделий (СНИ), а также разработке методики оптимизации атрибутного состава, совершенствующая элементы структуры информационно-управляющей системы.

Определено, что в крупных корпорациях, холдингах и акционерных обществах, занимающихся созданием СНИ, в большинстве своем присутствует *DATA*-центричный подход к работе с НСИ. Однако, несмотря на широкое распространение ИУС обращение НСИ осуществляется в рамках ИУС отдельных обществ, таких как проектно-конструкторские бюро или заводы изготовители. Прочие участники кооперации, такие как изготовители серийного или оборудования, вновь разрабатываемого в рамках кооперации, не имеют доступа к информационным системам проектантов и изготовителей СНИ. НСИ передается между проектантами и изготовителями (СНИ) частично, обрывочно, в составе транспортных массивов и в формализованном виде в составе конструкторских документов. В отраслях практически отсутствуют единые *DATA*-центры задач которых является обеспечение единства информации в рамках кооперации по созданию СНИ. Порядок обращения НСИ в виде информации о комплектующих изделиях на примере крупного акционерного общества, включающего в себя дочерние организации в виде проектно-конструкторских бюро и заводов изготовителей в рамках кооперации по созданию СНИ, представлен на рисунке 1.

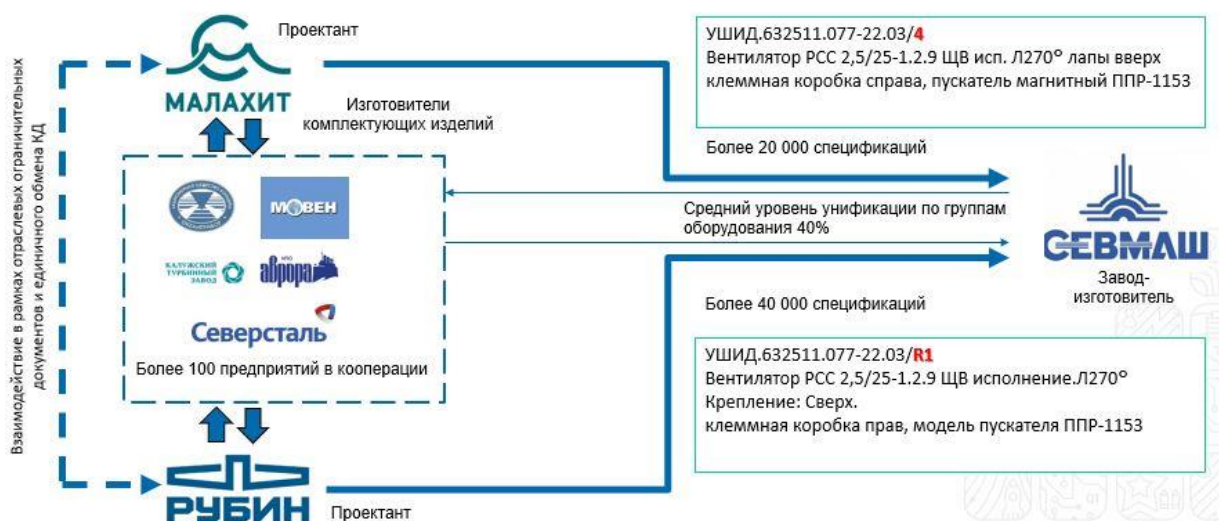


Рисунок 1 – Порядок обращения НСИ об изделиях на примере кооперации «завод-проектант» и прочих участников кооперации по созданию СНИ

Информация о применяемых изделиях передается на завод-изготовитель в виде транспортных массивов спецификаций в формате *XML* и скан-копий чертежей (рис. 1).

Данный подход к обращению НСИ предполагает повторную верификацию полученных данных от разных проектантов заводом-изготовителем в части дублирования информации, актуальности документации на поставку комплектующих изделий, чертежей для их изготовления, актуальности документов по стандартизации, в соответствии с которыми должно осуществляться изготовление СНИ.

В ходе проведенного анализа атрибутного состава ИУС выявлено, что он носит хаотичный порядок. Атрибуты информационного объекта, представляющего собой информационную карту изделия, содержащего его характеристики, дополнялись по мере производственной необходимости в ходе выполнения проектно-конструкторских работ. Фактически, в условиях современного проектирования информация заполняется в объеме, минимально необходимом для однозначной идентификации конфигурации изделий в части основных характеристик таких как обозначение изделия, наименование и краткая техническая характеристика, обозначение документа на поставку и др. Обоснована цель исследования - расширение функциональных возможностей ИУС управления процессом создания наукоемких объектов на основе разработки алгоритмов и процедур информационного обмена. Цель исследования достигается путем сокращения атрибутного состава информационного объекта для улучшения технических характеристик ИУС по созданию наукоемких изделий.

В ходе проведенного исследования предложен минимальный набор атрибутов, описывающий ключевые характеристики объектов ИУС процессом проектирования. Набор данных атрибутов и их краткое описание приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сокращенный набор атрибутов ИУС проектанта наукоемких изделий

№	Наименование атрибута	Описание и правила заполнения	Источник данных
1.	Обозначение по ЕСКД	Обозначение, соответствующее структуре по ГОСТ Р 2.201-2023	Документ на поставку изделия, КД, ДС
2.	Обозначение старое	Обозначение, имеющее любую другую структуру, отличную от ЕСКД	Документ на поставку, КД, ДС
3.	Наименование и краткая техническая характеристика	Указывается наименование изделия в соответствии с основным конструкторским документом, ДС или ТУ	Документ на поставку, КД, ДС

№	Наименование атрибута	Описание и правила заполнения	Источник данных
4.	Идентификатор записи в ИС Общества *	Уникальный идентификатор ИУС организации. Например, GUID или прочий идентификатор, принятый в конкретной ИС общества	Генерируется автоматически при создании записи в ИУС
5.	Код классификационной характеристики по ЕСКД*	Присваивается по Классификатору ЕСКД (ОК 012-93) и представляет собой шестизначное число, последовательно обозначающее класс (первые два знака), подкласс, группу, подгруппу, вид (по одному знаку)	Классификатор ОК 012-93
6.	Код ОКПД2*	Присваивается по классификатору ОКПД2 (ОК 034-2014)	Документ на поставку, или ОК 034-2014.
7.	ФНН	Указывается, если данное изделие присутствует в каталоге предметов снабжения Вооруженных сил Российской Федерации	Каталожное описание ПС ВС РФ
8.	Код ОКП	Указывается при наличии в документации на поставку	Документ на поставку
9.	Документ на поставку*	Указывается обозначение документа на поставку	Документ на поставку
10.	Обозначение чертежа	Указывается обозначение чертежа	Документ на поставку, основной конструкторский документ
11.	Примечание	При необходимости вносится справочная информация, не предусмотренная другими реквизитами	Вносится оператором ИУС
12.	Ключевое слово	Набор слов («тегов», как правило 5-6), характеризующих оборудование, необходимый для удобства поиска изделия	Вносится оператором ИУС
13.	Признак специального условия поставки	Отражает наличие на поле чертежа штампа «Удовлетворяет условиям поставки,,,» или информации такого же содержания в разделе «Общие требования» документа на поставку	Документ на поставку, основной конструкторский документ
14.	Статус поставки	Отражает возможность изготовления или поставки	Информация от изготовителя

№	Наименование атрибута	Описание и правила заполнения	Источник данных
15.	Вид приемки	Информация о приемке оборудования. Может содержать следующие значения «ВП», «ОТК», «Надзор РМРС», «Надзор РРР»	Документ на поставку

Самому важному атрибуту, достоверности заполнения которого следует уделить максимальное внимание, соответствует ранг, равный $m=15$, каждому последующему – $m-1$.

Весовые коэффициенты были определены по формуле (1):

$$w_j = \frac{r_j}{\sum_{j=1}^m r_j}, j = 1, m. \quad (1)$$

Результаты ранжирования экспертами и расчёта весовых коэффициентов приведены на рисунке 2.

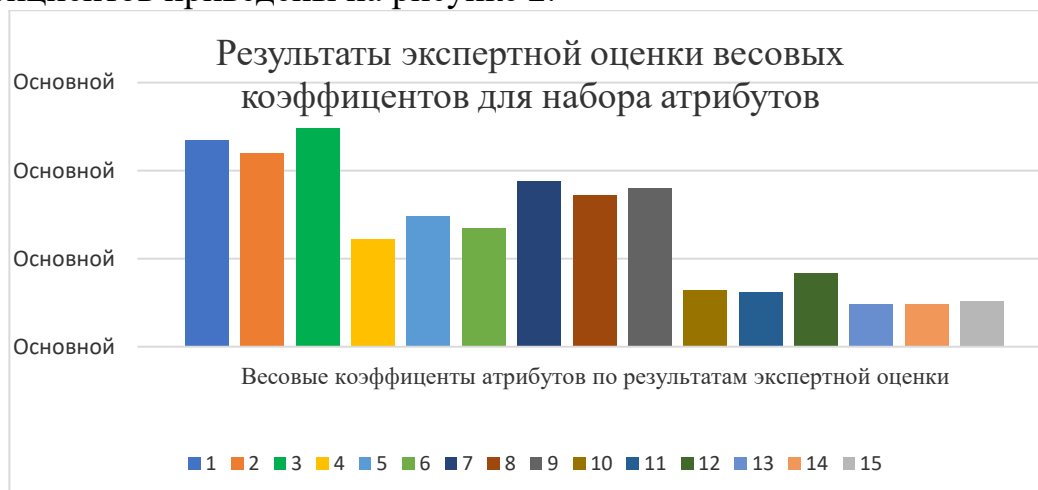


Рисунок 2 – результаты ранжирования атрибутивного состава

Для исключения необходимости проведения содержательного анализа мнений экспертов, выполнена оценка согласованности их мнений. Для этого был применен метод расчета коэффициента конкордации Кендалла.

Применительно к результатам опроса экспертной группы, полученного в рамках данной работы коэффициент конкордации равен $W = 0,918$ что, говорит о наличии высокой степени согласованности мнений экспертов.

С целью проверки нулевой гипотезы о несогласованности оценок экспертов друг с другом ($W=0$) при альтернативной гипотезе ($W \neq 0$), определено значение критерия согласия Пирсона по формуле 3.

$$\chi^2 = m \cdot (n - 1) \cdot W. \quad (3)$$

Полученным экспертным оценкам важности атрибутов соответствует значение критерия согласия Пирсона равное 77,11. Данное значение,

полученное в результате расчетов, больше критического значения, принятого для уровня значимости 0,1 и числа степеней свободы ($n-1$), равного 14, следовательно, нулевая гипотеза о несогласованности оценок экспертов отклоняется.

В результате сокращен атрибутивный состав информационного объекта информационно-управляющей системы, улучшены ее технические и эргономические характеристики, путем исключения неактуального атрибутивного состава.

Предлагаемый набор атрибутов информационного объекта ИУС является минимально-необходимым набором данных для последующей однозначной идентификации конфигурации изделий путем присвоения уникального кода-идентификатора, который будет являться основным атрибутом в ходе информационного обмена среди участников создания СНИ.

Решение первой научной задачи, описанное в первой главе, позволило сократить на 26,4% время ввода в ИУС процессом проектирования за счет применения методики оптимизации атрибутивного состава за счет сокращения количества атрибутов.

Вторая глава посвящена разработке методики оценки и снижения рисков информационного обмена между проектантом и изготовителем наукоемких объектов.

Предложена оценка и сокращение рисков информационного обмена с применением ИУС между проектантом и изготовителем сложного наукоемкого изделия.

С целью определения основных рисков и детального анализа процесса выполнен анализ процесса обеспечения завода-изготовителя СНИ проектантом информацией о применяемых изделиях по методологии *IDEF0*. Проведенный структурный анализ (рисунки 3-5) позволил выявить и определить на каком этапе работы с НСИ об изделии возникают основные риски.

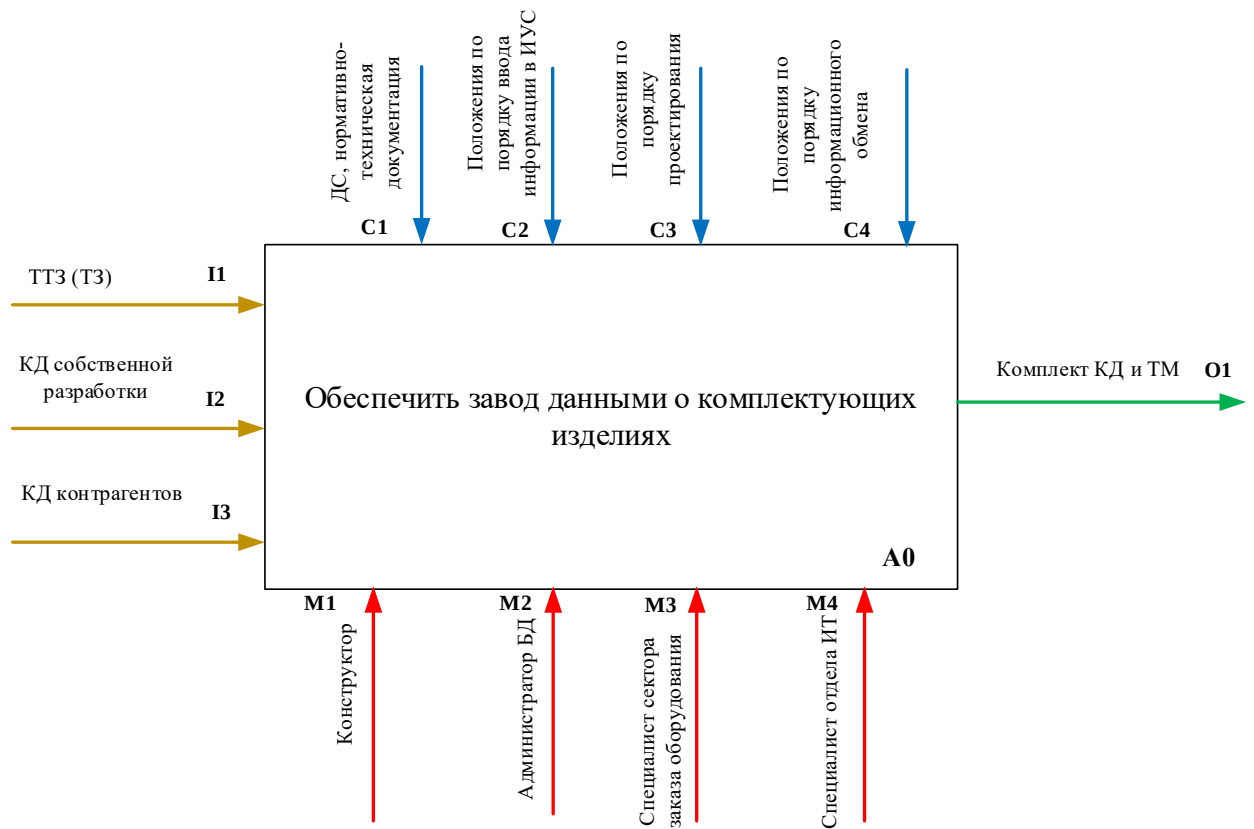


Рисунок 3 – Контекстная диаграмма процесса обеспечения завода изготовителя КД

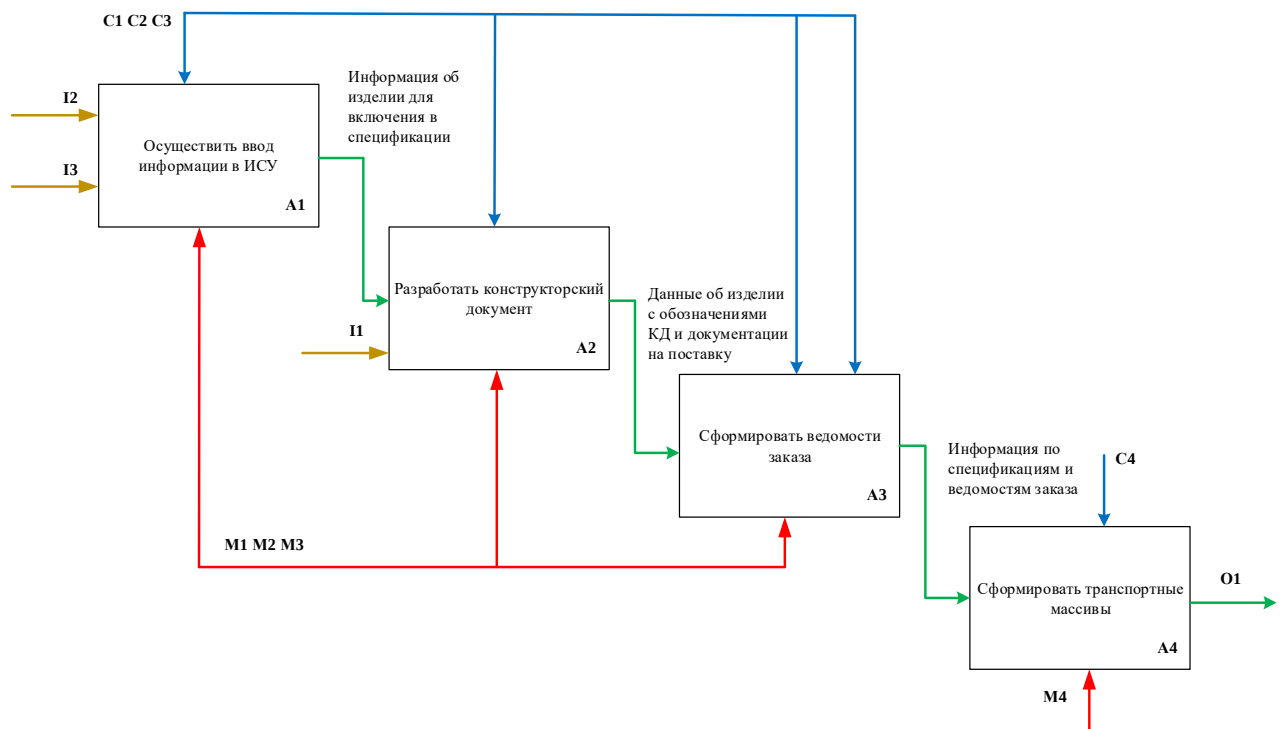


Рисунок 4 – Декомпозиция контекстной диаграммы A0

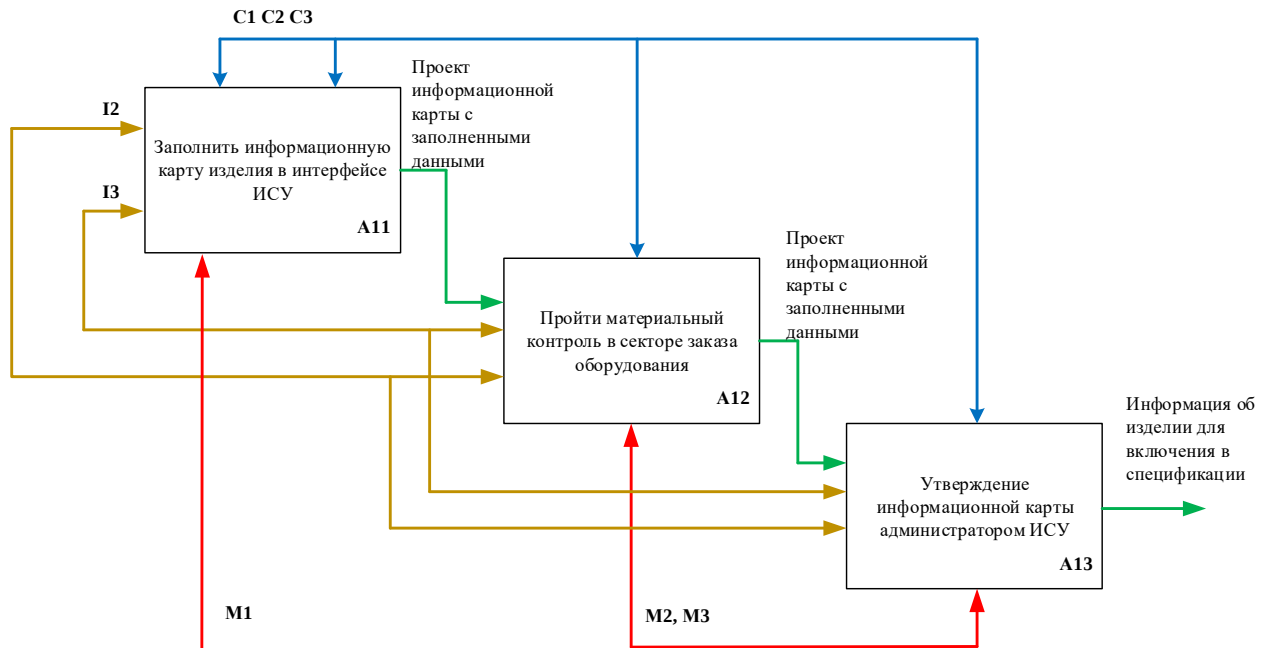


Рисунок 5 – Декомпозиция узла A1

В ходе процесса обеспечения информацией о применяемых изделиях завода-изготовителя основные риски формируются в узлах A1-A3 на этапах ввода, контроля вводимой информации и на этапах разработки конструкторской документации (КД) и ведомостей заказа (ВЗ).

После проведенного структурного анализа, применительно к критическим узлам составлены матрицы рисков – обобщенная и частная, с приведением численной оценки вероятности возникновения и тяжести последствий риска.

Фрагмент сводной матрицы рисков и матриц с численной их оценкой на начальных этапах ввода информации в ИУС и её контроля (узел A1), а также на конечных этапах обеспечения завода-строителя информацией (узлы A2, A3) приведены на рисунках 6-8.

Разработка КД A2	R5. Применение в КД ИК на основе не откорректированной ТД	1	1	Критичный
Разработка Ведомостей заказа оборудования A3	R1. Применение в Ведомостях ИК с опечаткой в одной из технических характеристик	0,6	0,2	Требуется внимания
Разработка Ведомостей заказа оборудования A3	R2. Применение в ВЗ неполных данных по характеристикам, неучитываемым обозначением	1	1	Критичный
Разработка Ведомостей заказа оборудования A3	R3. Применение в ВЗ ИК с неполными данными по имеющимся техническим характеристикам	1	0,2	Незначительный
Разработка Ведомостей заказа оборудования A3	R4. Применение в ВЗ ИК на основе неуправляемой ТД	1	1	Критичный
Разработка Ведомостей заказа оборудования A3	R5. Применение в ВЗ ИК с ИК на основе не откорректированной ТД	1	1	Критичный

Рисунок 6 – Фрагмент сводной матрицы рисков

Вероятность возникновения	5 Риск случится практически со 100% вероятностью	1	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	4 Весьма вероятно, 80%	0,8	0,16	0,32	0,48	R2 0,64	0,8
	3 Средняя вероятность 60%	0,6	0,12	0,24	0,36	R5 0,48	R3 0,6
	2 Малая вероятность 40%	0,4	R1 0,08	0,16	0,24	0,32	R4 0,4
	1 Практически не возникает 20%	0,2	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2
			0,2	0,4	0,6	0,8	1
			Незначительное	Минимальное	Среднее	Критичное	Очень сильное
Тяжесть последствий							

Рисунок 7 – Матрица рисков на этапе А11

Вероятность возникновения	5 Риск случится практически со 100% вероятностью	1	R21 0,2	0,4	0,6	0,8	R22 R24 R25 1
	4 Весьма вероятно, 80%	0,8	0,16	0,32	0,48	0,64	0,8
	3 Средняя вероятность 60%	0,6	0,12	0,24	0,36	0,48	0,6
	2 Малая вероятность 40%	0,4	0,08	0,16	0,24	0,32	0,4
	1 Практически не возникает 20%	0,2	R23 0,04	0,08	0,12	0,16	0,2
			0,2	0,4	0,6	0,8	1
			Незначительное	Минимальное	Среднее	Критичное	Очень сильное
Тяжесть последствий							

Рисунок 8 – Матрица рисков на этапе А3

По результатам проведенного анализа рисков выявлено, что частота возникновения рисков носит накопительный характер. Тяжесть последствий возникающих рисков возрастает после прохождения контроля ввода информации к этапу формирования В3.

В ходе анализа статистических данных по возникающим инцидентам в ходе информационного взаимодействия, касающихся неполноты или некорректности передаваемых данных, были установлены как регрессионные зависимости количества возникающих инцидентов от количества неучтенных обозначениями КД характеристик, так и отсутствие какой-либо зависимости. Данные явления объясняются разнородностью оборудования и спецификой их К. Диаграммы, содержащие уравнения регрессии, линии трендов для основных выявленных видов зависимости приведены на рисунке 9.

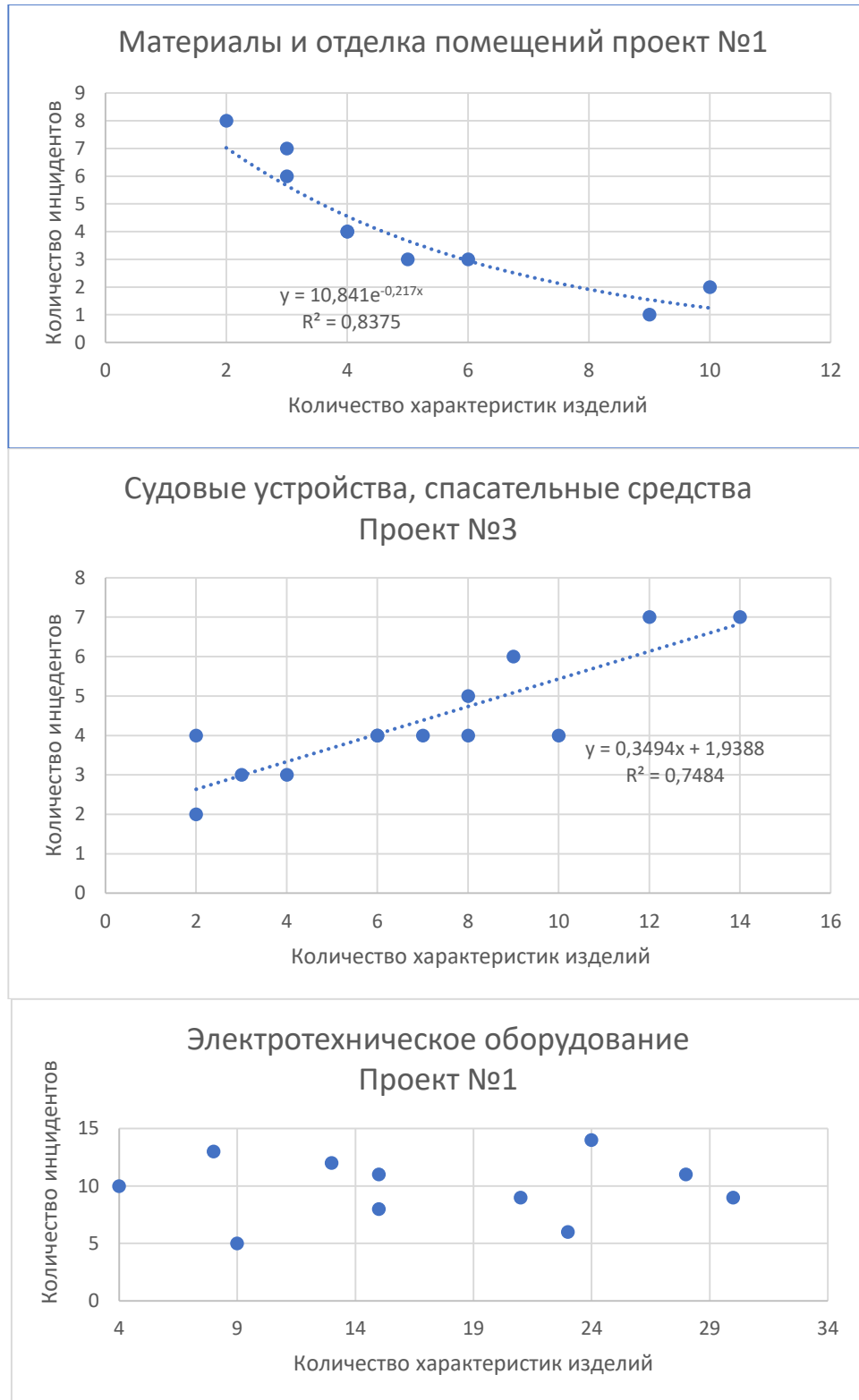


Рисунок 9 – Основные виды выявленной зависимости по группам оборудования СНИ

В процессе решения третьей частной задачи исследования установлены следующие виды взаимосвязей:

- экспоненциальная обратная, когда количество инцидентов с ростом количества неучтенных в КД характеристик уменьшается;
- прямая линейная, когда число инцидентов возрастает с увеличением количества неучтенных в КД параметров. Каждый из двух случаев показывает наличие сильной взаимосвязи результативного признака Y с исследуемым фактором X . Это подтверждается значением коэффициента детерминации, близким к единице по модулю 1.

Установлено, что для группы «Электротехническое оборудование» зависимость количества инцидентов от количества неучтенных в КД характеристик отсутствует.

Результаты анализа подтверждают следующие выводы:

- в случае экспоненциальной обратной зависимости, когда количество неучтенных КД атрибутов возрастает, происходит снижение количества инцидентов, что объясняется высоким уровнем стандартизации изделий по данным группам оборудования. По ГОСТ Р 56470-2015, коэффициент межпроектной унификации ($K_{му}$) для группы «Материалы и отделка помещений» составляет более 85%.
- прямая линейная зависимость в данном случае является отличительной чертой для вновь создаваемых, не освоенных заводом-изготовителем изделий ($K_{му} < 14\%$).
- в группе «Электротехническое оборудование» наблюдается отсутствие зависимости, что объясняется большим разнообразием применяемых в данной группе изделий, их неоднородностью и сложностью.

С целью оптимизации процесса формирования транспортного массива в части исключения основных этапов возникновения рисков был применен сетевой метод планирования.

Предложенная математическая модель основана на положениях теории графов. Процесс обеспечения завода-изготовителя осуществляется на основе взаимодействия его элементов:

$$E = \{V_1, V_2 \dots V_i\}, \quad (4)$$

где V_1, V_2, V_i – вершины графа, представляющие стадии процесса.

Взаимосвязь этапов процесса обеспечения завода информацией о применяемых изделиях описано через отображение Γ , которое в сочетании с множеством E образует граф (рис. 10), где E – множество этапов формирования информации для завода-изготовителя, Γ – множество информационных связей между данными этапами.

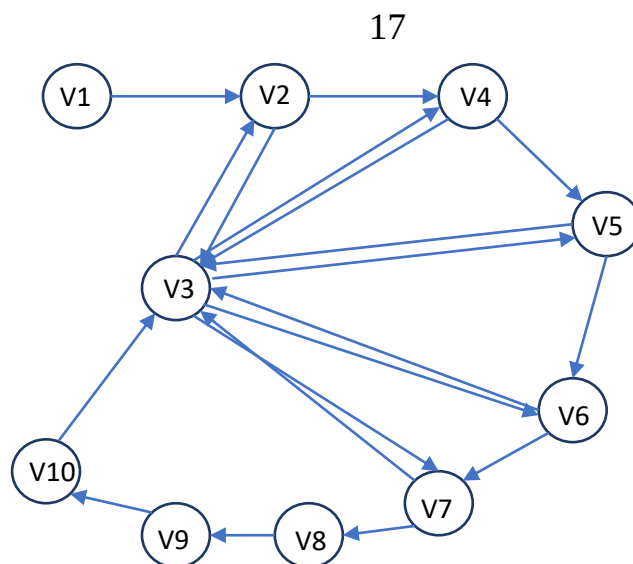


Рисунок 10 – Граф, отображающий взаимодействие этапов процесса обеспечения завода информацией о применяемых изделиях

С целью обеспечения согласованности этапов процесса формирования данных, подлежащих отправке на завод-изготовитель, применен метод выделения внутренних устойчивых подмножеств (метод Мальгранжа). Использование данного метода обеспечило стандартизированное прохождение стадий формирования транспортного массива спецификации.

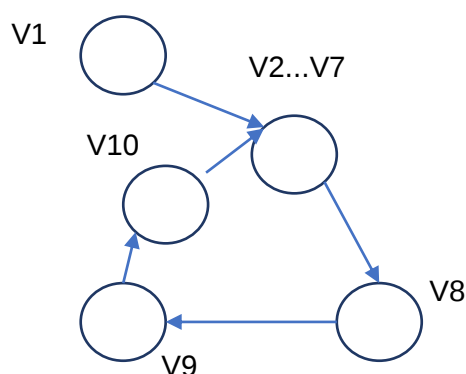


Рисунок 11 – Граф, преобразованный методом Мальгранжа

В результате применения метода Мальгранжа получен ациклический граф G :

$$G = (E, \hat{\Gamma}^-), \quad (5)$$

где E – множество этапов формирования информации для завода-изготовителя (вершин графа), $\hat{\Gamma}^-$ – обратное его отображение.

Далее проведена дальнейшая сортировка графа с использованием матрицы смежности. Последовательные значения, соответствующие стадиям прохождения контроля информации и последовательные значения, соответствующие итерациям алгоритма приведены на рисунке 12. При этом прочерки соответствуют вершинам, не принадлежащим множеству (замаскированные вершины) на соответствующем этапе алгоритма.

	V ₁	V _{2...V₇}	V ₈	V ₉	V ₁₀
V ₁		1			
V _{2...V₇}			1		
V ₈				1	
V ₉					1
V ₁₀		1			

V ₁	V _{2...V₇}	V ₈	V ₉	V ₁₀	
0	3	1	1	0	$L_0 = \{V_1, V_{10}\}$
-	2	0	0	-	$L_1 = \{V_8, V_9\}$
-	1	-	-	-	$L_2 = \{V_2...V_7\}$

Рисунок 12 – Матрица смежности вершин и последовательность итерации алгоритма Демукрона

Граф, разделенный на уровни значимости по методу Демукрона приведен на рисунке 13.

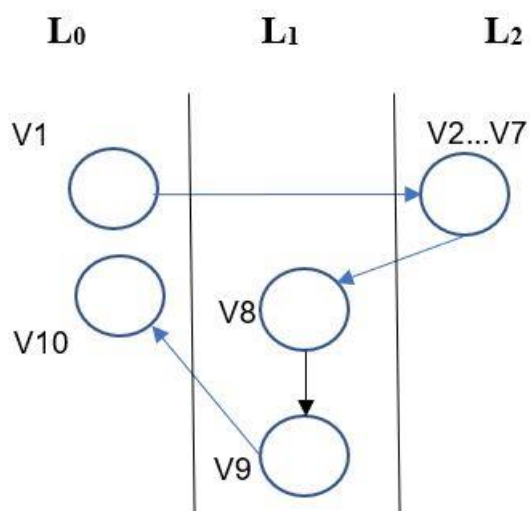


Рисунок 13 – Граф, разделенный по уровням значимости

Преобразованный граф использован в качестве основной модели процесса прохождения стадий жизненного цикла ИК применяемого комплектующем оборудовании. Главный результат, полученный по результатам корректировки процесса, заключается в осуществлении взаимодействия внутри одного устойчивого подмножества в режиме реального времени, что является основным фактором при повышении результативности процесса обеспечения завода-изготовителя необходимой информацией.

Метод структурного анализа для выявления критических этапов процесса, приведенный во втором разделе, метод оценки рисков, а также метод регрессионного анализа позволили выявить критические позиции в процессе информационного обеспечения завода-изготовителя СНИ информацией об изделиях, а также, подчеркнули необходимость разработки

процедуры совершенствования структуры информационно-управляющей системы с применением универсального идентификатора. Применённая теория графов, после преобразования графа, отображающего взаимодействие этапов процесса обеспечения завода информацией о применяемых изделиях по методу Мальгранжа и его разделения на уровни значимости по методу Демукрона определила основную структуру центра, задачей которого является однозначная идентификация изделий при использовании универсального кода-идентификатора.

Полученная методика оценки и сокращения рисков информационного обмена с применением информационно-управляющей системы позволила сократить время прохождения контроля правильности заполнения атрибутов информационного объекта в ИУС проектанта с 1 ч. 25 мин, до 36 минут.

Третья глава работы посвящена разработке алгоритмического и информационного обеспечения центра управления нормативно-справочной информацией, используемой при проектировании.

Целью исследования являлась формализация требований в виде алгоритмического и информационного обеспечения для ИУС центра управления нормативно-справочной информацией (НСИ) о материально-технических ресурсах (МТР), применяемых при создании сложного наукоемкого объекта.

На первом этапе исследования было принято решение, что в качестве универсального идентификатора будет выступать 128-битный *GUID*, в силу того, что сложные классификационные структуры, связанные с типами и видами оборудования, утратили свое значение в виду широчайшего применения ИУС процессом проектирования и автоматизированных систем технологической подготовки производства. Для идентификации в ИУС применение какого-либо классификатора, не имеет практического значения.

Процедура совершенствования представляет собой набор алгоритмов работы центра управления нормативно-справочной информации материально технических ресурсов (НСИ МТР) и взаимодействия абонентов с ним. На первом этапе были определены бизнес-роли участников взаимодействия. Бизнес роли приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Бизнес роли участников процесса взаимодействия с центром управления НСИ МТР

Бизнес-роль	Основные функции
Специалист общества (абонент)	Работник общества (проектно-конструкторского бора, завода-строителя, завода изготовителя составной части), ответственный за взаимодействие с ИУС НСИ МТР. Осуществляет следующие функции: - поиск информации в системе НСИ МТР; - создание запросов на присвоение уникального идентификатора; - создание запросов на корректировку информации; - экспорт данных из системы НСИ МТР в

Бизнес-роль	Основные функции
	информационные системы общества (абонента)
Специалист центра управления НСИ МТР (администратор)	Работник центра управления НСИ МТР, осуществляющий управление системой НСИ МТР. Осуществляет следующие функции: - обработка поступающих запросов; - поиск дублей; - нормализация имеющейся информации; - создание новых записей и присвоение кодов уникальных идентификаторов.
Системный администратор центра управления НСИ МТР	Работник центра управления НСИ МТР, отвечающий за стабильную работу информационной системы НСИ МТР. Осуществляет следующие функции: - решает вопросы технического характера, связанных с функционированием системы НСИ МТР; - обеспечивает сохранность и резервирование восстановления данных.

После определения бизнес-ролей разработаны 7 алгоритмов информационного взаимодействия. Ключевые алгоритмы представлены на рисунке 11.

На рисунке 11 А представлен сценарий по формированию запроса на присвоение уникального идентификатора. Предопределенный процесс «1а» подразумевает, что перед созданием запроса, абоненту необходимо осуществить поиск оборудования среди уже имеющихся записей. Процесс «2а» выстраивается на основе имеющейся в ИУС абонента информации, технической документации и документах по стандартизации. После проверки информации администратором системы НСИ МТР и обработки запроса, специалист общества осуществляет экспорт нормализованной оператором информации в свои ИУС.

На рисунке 11 Б описан сценарий обработки специалистом центра НСИ МТР поступающих запросов. Первым шагом при обработке запроса, является анализ списка предложенных системой дублей (условие «1б»), поскольку основная задача системы НСИ МТР – это полное исключение дублирующей информации.

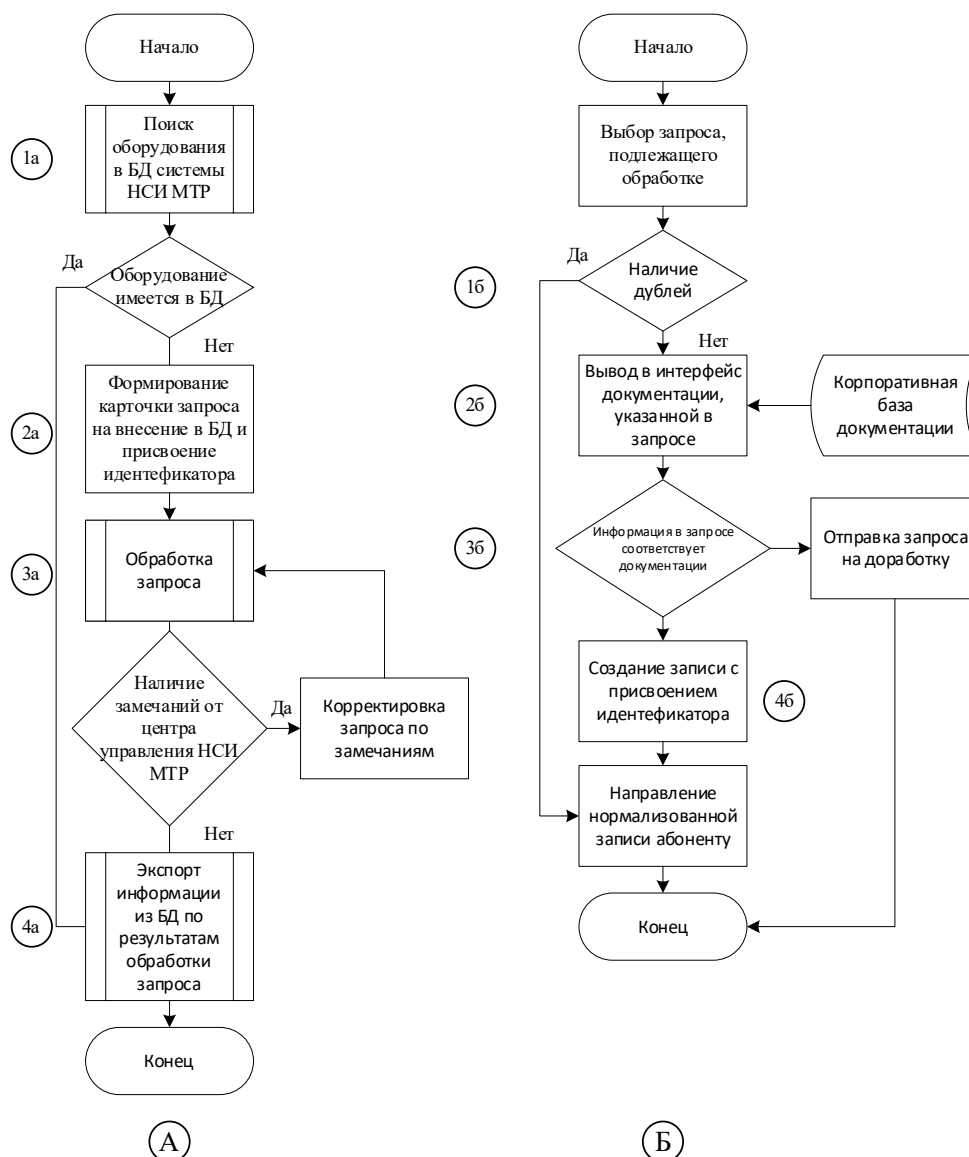


Рисунок 11 – Алгоритмы обработки заявки на присвоение кода НСИ МТР и алгоритм создания эталонной записи справочника

На следующих шагах обработки запроса «2б», «3б» специалист центра управления НСИ осуществляет сверку информации из поступившего запроса с технической документацией (документ на поставку, чертеж, документы по стандартизации и прочие документы, содержащие технические характеристики изделия). После обработки запроса специалисту общества (абоненту) направляется нормализованная запись, содержащая уникальный идентификатор с обязательной автоматизированной постановкой на абонентский учет (данный порядок также распространяется на выгруженные абонентом записи самостоятельно).

На основе алгоритмического обеспечения разработана структурная схема центра управления НСИ МТР, приведенная на рисунке 12.

Алгоритмическое и информационное обеспечение в совокупности с методикой управления рисками описанной во второй главе работы позволили сократить количество инцидентов, возникающих в ходе информационного обмена проектанта и изготовителя СНИ на 38,4 %.

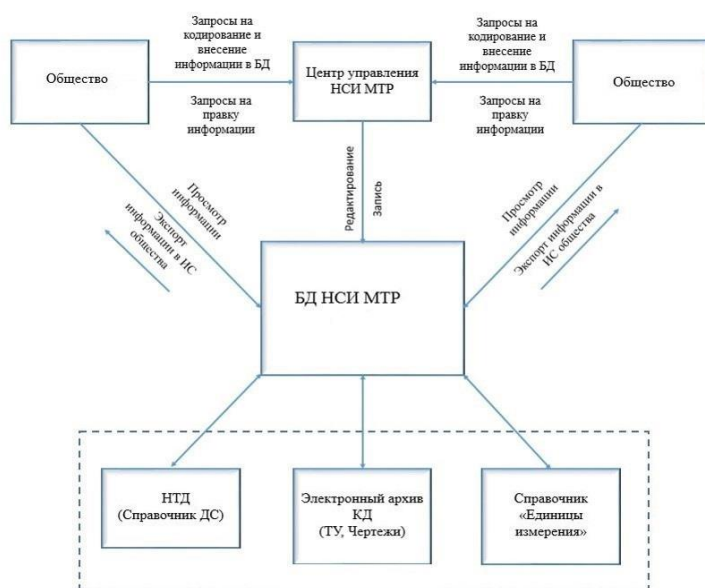


Рисунок 12 – Структура ЦУ НСИ МТР

Четвертая глава исследования посвящена разработанной методике ведения справочников ИУС по применяемому комплектуемому оборудованию при проектировании. Данная методика базируется на совокупности научных результатов данной работы. В настоящее время данная методика легла в основу технических требований по модернизации системы управления основными данными в рамках крупной корпорации, по своей сути являющейся *MDM* системой.

III. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В результате работы достигнута цель: расширены функциональные возможности информационно-управляющих систем управления процессом создания наукоемких объектов на основе разработки алгоритмов и процедур информационного обмена за счет сокращения атрибутивного состава ИУС, внедрения нового алгоритмического и информационного обеспечения, а также методики оценки анализа и сокращения рисков при информационном обмене.

В работе получены следующие новые научные результаты:

1. Методика оптимизации атрибутивного состава, совершенствующая элементы структуры информационно-управляющей систем. Сокращение атрибутивного состава ИУС улучшает ее технические и эргономические характеристики, путем исключения неактуального атрибутивного состава. Набор из 15 научно-обоснованных атрибутов является унифицированным, минимально необходимым для однозначной идентификации любого изделия приборостроения или машиностроения;

2. Методика оценки и снижения рисков информационного обмена между проектантом и изготовителем наукоемких объектов, позволяет управлять возникающими рисками в ходе процесса обеспечения изготовителя СНИ информацией об изделиях. Применение данной методики обеспечит

улучшение их технических, эксплуатационных, и эргономических характеристик.

3. Алгоритмическое и информационное обеспечение центра управления нормативно-справочной информацией, используемой при проектировании разработанное в данной работе содержит в себе набор алгоритмов функционирования центра управления НСИ, ответственного за однозначную идентификацию МТР применяемых при создании СНИ и информационного взаимодействия с ним абонентов.

Результаты данного исследования в виде методики ведения справочников информационно-управляющих систем по применяемому комплектующему оборудованию при проектировании прошли успешное внедрение и апробацию в рамках АО «СПМБМ «Малахит», а также легли в основу технических требований на доработку корпоративной системы управления основными данными. Информационный объект в виде записи, содержащей основные характеристики комплектующего изделия с уникальным идентификатором является основой для перехода на информационный обмен в рамках единого информационного пространства в ходе создания СНИ, что является перспективой дальнейшей разработки темы исследования.

Сводным и итоговым результатом разработанного в рамках исследования научно-методического инструментария, является механизм управления НСИ МТР, включающий в себя присвоение универсального идентификатора всем комплектующим изделиям, на основании минимально необходимого, унифицированного числа атрибутов, обеспечивающий создание достоверных, полностью соответствующих технической документации информационных объектов, позволяющий сокращать риски информационного обмена проектанта и завода-изготовителя на 38,4 %, время ввода данных в ИУС процессом проектирования на 26,4 % за счет сокращения атрибутного состава информационного объекта и сроки прохождения этапов контроля правильности заполнения информационной карты информационного объекта ИУС с 1 ч 25 минут до 36 минут.

IV. ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях из перечня ВАК

1. Гейко С.А. Методика оптимизации атрибутного состава, совершенствующая элементы структуры информационно-управляющей системы // Гидроакустика// Hydroacoustics 2024. Вып. 59(3) С.93-97.
2. Гейко С.А. Алгоритмическое и информационное обеспечение центра управления нормативно-справочной информацией, используемой при проектировании //Морской вестник. 2024. № 3 (91) С.109-111.
3. Семенова Е.Г., Смирнова М.С. Гейко С.А. Методика анализа и оценки рисков информационного обмена с применением информационно-управляющей системы// Электроника: Наука, технология, бизнес. 2024. №8 (00239) 2024

4. Гейко С.А. Ишина А.В. Перспективы применения кода нормативно-справочной информации в информационных системах АО «ОСК» // Морской вестник. 2024. № s1 (17). С. 9-10.
5. Гейко С.А. Попов А.Н., Никифоров С.А. Оптимизация процесса информационного обмена между проектантом и заводом-строителем в части передачи и погашения предварительных извещений // Судостроение. 2022. № 1 (860). С. 24-25.
6. Гейко С.А., Борисов Е.А., Попов А.Н., Голубев К.А. Методы создания конкурентной среды между поставщиками судового комплектующего оборудования //Морской вестник 2022. № 3 (83). С. 41-43.
7. Гейко С.А., Попов А.Н., Голубев К.А., Лабеецкий М.А., управление знаниями в проектно-конструкторских бюро //Судостроение. 2022. № 6 (865). С. 63-65.

Статьи в прочих изданиях и материалы конференций

8. Гейко С.А., Голубев К.А., Попов А.Н., Лабеецкий М.А., «Разработка структуры и номенклатуры заказной документации на технологические и функциональные модули в обеспечение блочно-модульной технологии строительства». // Сборник трудов отраслевой научно-технической конференции «Новые технологии в судостроении». Сост.: А.А. Калиниченко, А.Н. Кириллов, В.К. Ханухов; АО«Центр технологии судостроения и судоремонта». Санкт-Петербург, 2022. С. 48-54.
9. Гейко С.А., Попов А.Н., Лабеецкий М.А., Голубев К.А. «Идентификация судового комплектующего оборудования в информационных системах проектно-конструкторских бюро судостроения»// XVII Межведомственная научно-теоретическая конференция «Вооружение и экономика» март 2024 г.,
10. Семенова Е.Г., Смирнова М.С., Гейко С.А. доклад на тему «Модель взаимодействия участников создания сложных наукоемких изделий в рамках единого информационного пространства»/III Международная научно-практическая конференция «Глобальные научные тенденции: интеграция и инновации».
11. Гейко С.А. доклад на тему «Идентификация комплектующего оборудования в информационных системах» конференция «Информационные технологии в высокотехнологичных производствах (ВТП) ФГБОУ БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова», апрель 2024 г.

Список заявок на регистрацию интеллектуальной собственности

12. Программа для ЭВМ «Адаптер для взаимодействия клиентских приложений по автоматизированному созданию и управлению ведомостями технической документации с PLM/PDM системами» (регистрационный № 2024661192 от 16.05.2024) Косинский И.В., Иванов А.В., Гейко С.А. и др.
13. Программа для ЭВМ «Модульный контейнер клиентских приложений по автоматизированному созданию и управлению ведомостями технической документации» (регистрационный № 2024669178 от 19.08.2024) Косинский И.В., Иванов А.В., Гейко С.А. и др.
14. База данных для взаимодействия клиентских приложений по автоматизированному созданию и управлению ведомостями технической документации» (регистрационный № 2024623256 от 23.07.2024) Косинский И.В., Иванов А.В., Гейко С.А. и др.