

**КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ В ФИЛИАЛЕ «ЦНИИ СЭТ»
ФГУП «КРЫЛОВСКИЙ ГНЦ»**

Р.В. Шубин (Санкт-Петербург)

Филиал «ЦНИИ СЭТ» ФГУП «Крыловский государственный научный центр» – крупная научно-производственная организация, обеспечивающая жизненный цикл (ЖЦ) наукоемкой электротехнической продукции: судовых электроэнергетических систем и электрооборудования [1].

Основными компетенциями «ЦНИИ СЭТ» являются:

- создание единых электроэнергетических систем, включающих электростанции и системы электродвижения с интегрированной системой управления, совершенствование принципов генерирования, накопления и распределения электроэнергии;
- создание систем электродвижения и управляемых электроприводов различного назначения;
- разработка автоматизированных систем управления;
- разработка технологии электромонтажных работ и создание оборудования специального исполнения;
- разработка энергоустановок (ЭУ) на основе твердополимерных и твердооксидных топливных элементов (ТЭ);
- проведение испытаний электротехнического оборудования и систем.

Рост объема, ускорение динамики обращения и изменчивости данных разработки требуют создания, внедрения и развития соответствующих информационных технологий (ИТ) и интегрированных систем автоматизации процессов деятельности.

С целью непрерывного улучшения деятельности, достижения и поддержания конкурентоспособности на целевых рынках, в процессах деятельности «ЦНИИ СЭТ» используются различные принципы и технологии концепции CALS (ИПИ) [2]. Наибольшее развитие получили ИТ конструкторско-технологической подготовки производства, а именно:

- ПО САПР 3D-моделирования, разработки чертежей и спецификаций;
- ПО САПР разработки электрических схем и сопутствующей документации;
- системы инженерного анализа (CAE), математического и физического моделирования;
- PDM-система;
- системы автоматизации разработки программного кода судовых систем управления (IDE);
- система информационного обеспечения разработки (MDM).

Номенклатура используемых процессами деятельности «ЦНИИ СЭТ» специализированных ИТ показана на рисунке 1.

Для разработки 3D-моделей и чертежей изделий используются специализированные CAD-системы «Inventor» разработки компании Autodesk, и «КОМПАС» разработки российской компании «АСКОН».

Инженерный анализ разработанных 3D-моделей осуществляется в системе конечно-элементного анализа ANSYS. Используемые модули системы могут быть классифицированы на основе физических дисциплин и инженерных приложений, на которые они ориентированы:

- вычислительная гидродинамика;
- механика деформируемого твердого тела;
- электромагнетизм;
- тепловой анализ;
- многодисциплинарный анализ.

Кроме того, используются специализированные приложения для подготовки расчетных моделей, работы с геометрией и КЭ-сеткой, моделирования на системном уровне, оптимизации и управления инженерными данными.

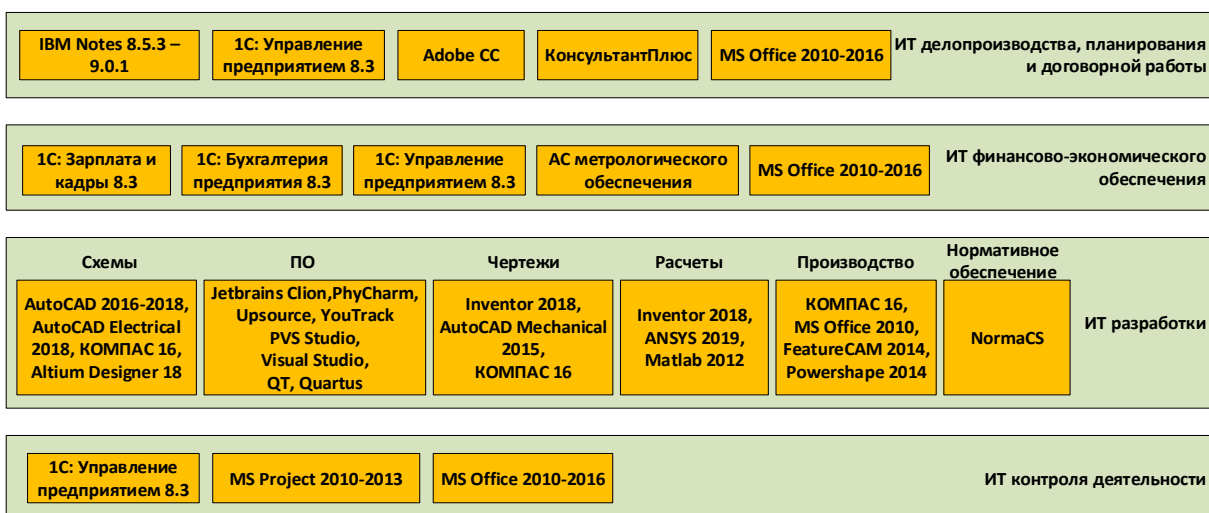


Рисунок 1 – Используемые ИТ

При проектировании судовых преобразователей частоты (ПЧ) и главных распределительных щитов (ГРЩ) конструкторским отделом «ЦНИИ СЭТ» выполняются задачи:

- 3D-моделирование конструкции в САПР Autodesk Inventor (в т. ч. подвижных механизмов) – см. рисунок 2.

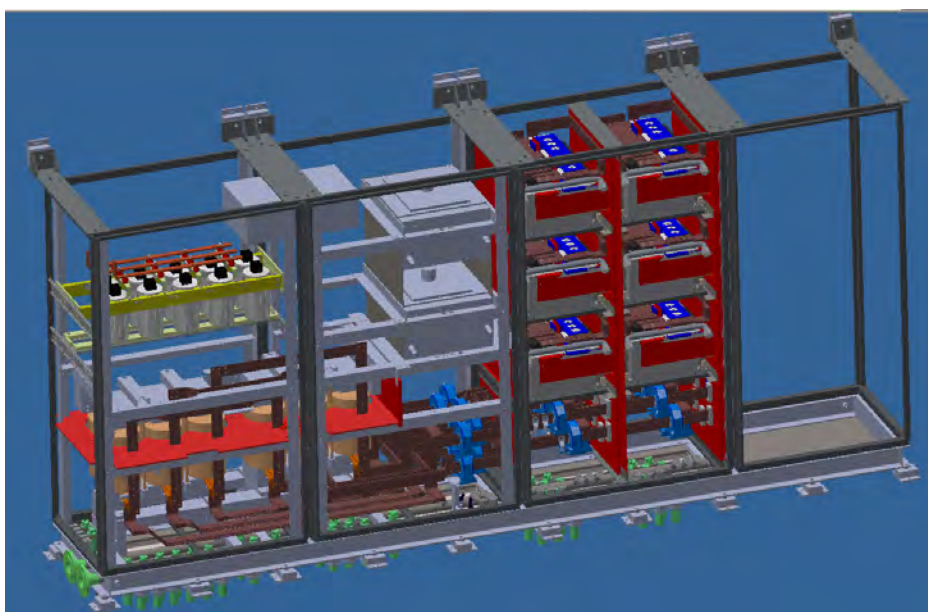


Рисунок 2 – Модель ПЧ

- создание сборочных чертежей и чертежей деталей в САПР Autodesk Inventor;

– анализ напряженно-деформированных состояний (НДС) и виброустойчивости (модальный анализ) узлов конструкции в САПР Autodesk Inventor и САЕ-системе ANSYS Mechanical – см. рисунок 3;

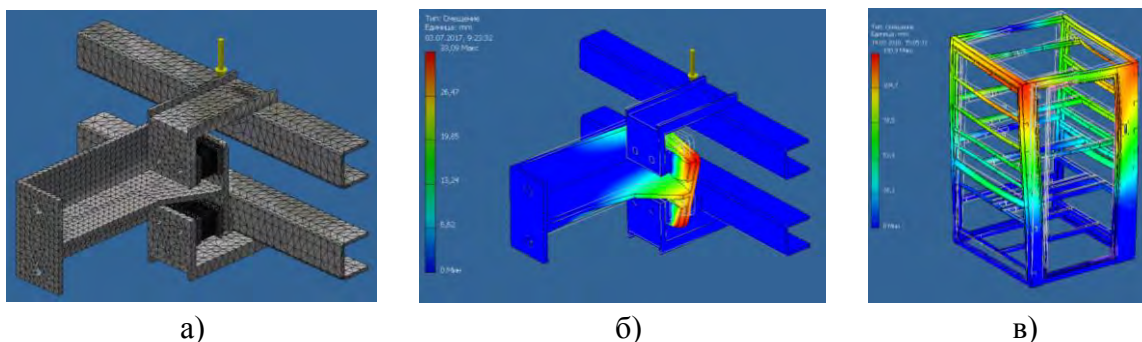


Рисунок 3 – Инженерный анализ конструкций

– тепловентиляционные расчеты систем воздушного охлаждения в САЕ-системе ANSYS CFX;

– теплогидравлические расчеты систем водяного охлаждения ПЧ в САЕ ANSYS CFX – см. рис. 4.

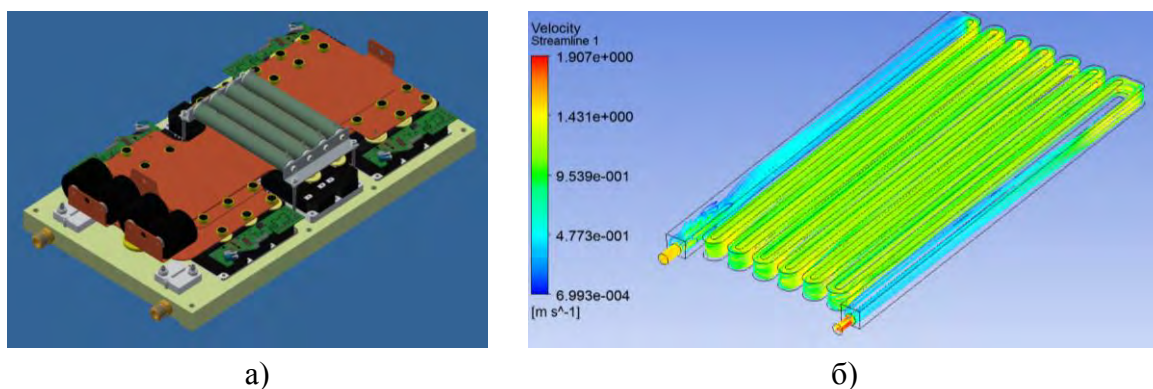


Рисунок 4. Инженерный анализ систем охлаждения

Для автоматизации разработки электрических схем и сопутствующей документации используется eCAD-система E3.series. Система позволяет организовать разработку схем в рамках единого проекта, работать с многопользовательской базой данных компонентов и условно-графических обозначений, а также настроить автоматическую генерацию отчетов по схемам: ведомостей, перечней и таблиц соединений. Существует возможность интеграции с системой Autodesk Inventor посредством передачи данных о соединениях и трассировке проводов. Интерфейс системы, структура библиотеки и пример автоматически сгенерированного отчета по схеме показаны на рисунке 5.

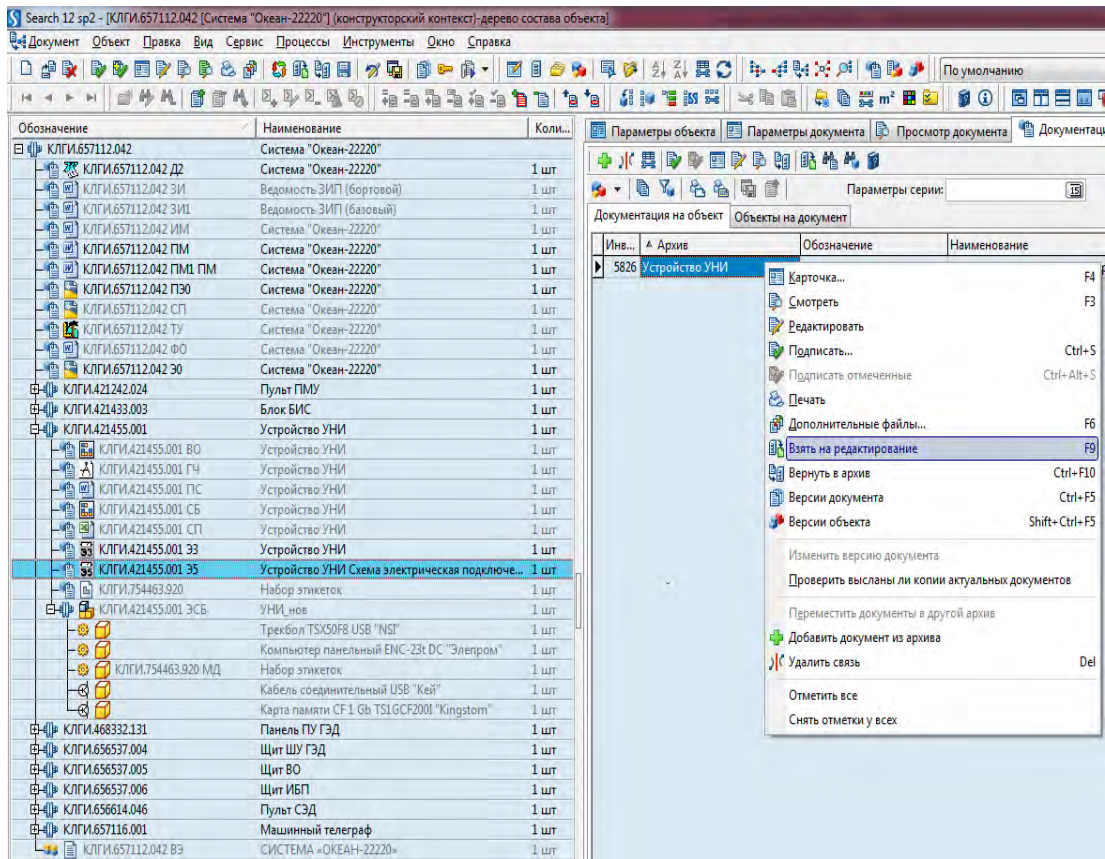


Рисунок 6 – Дерево состава изделия в PDM-системе

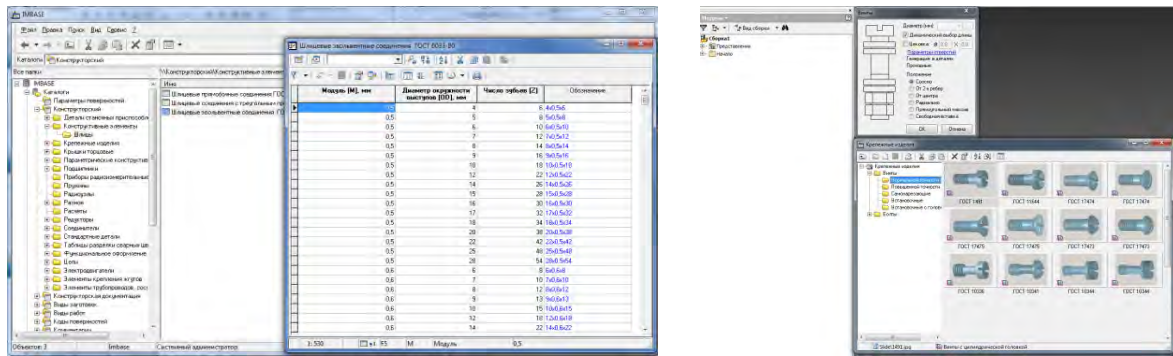
Существует возможность автоматической генерации конструкторской спецификации по составу изделия в системе Search либо по составу изделия в приложении CADMech Inventor. Состав сборочной единицы передается в редактор спецификаций AVS для оформительской корректировки. При печати либо выводе на чертеж спецификация формируется в соответствии с настроенными параметрами и шаблоном (рис. 7).

Фор	Зон	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание	Займствованные
Документация							
A1			КЛГИ.301314.085 СБ	Сборочный чертеж			
Детали							
A4		1	КЛГИ.713161.049	Бобышка	2		
A4		4	КЛГИ.741134.717	Пластина	2		
B4		6	КЛГИ.746211.057	Швеллер Швеллер\С12П ГОСТ 8240-97-Ст3 ГОСТ 535:2005; L=1200h14	2	12,5 кг	
A3		8	КЛГИ.746212.035	Швеллер	1		
		9	-01	Швеллер	1		
Стандартные изделия							
		13		Винт В.М5-6g*10.36.016 ГОСТ 1491-80	12		
		16		Шайба 5.65* 019 ГОСТ 6402-70	12		
		19		Шайба 5.06.016 ГОСТ 11371-78	12		
		21	689-03.008-01	Бонка заземления ОСТ5Р.6124-82	2		

Код	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
<i>Документация</i>				
	КЛГИ.301314.085 СБ	Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>				
1	КЛГИ.713161.049	Бобышка	2	
4	КЛГИ.741134.717	Пластина	2	
6	КЛГИ.746211.057	Швеллер Швеллер С12П ГОСТ 8240-97-Ст3 ГОСТ 535:2005; L=1200h14	2	12,5 кг
8	КЛГИ.746212.035	Швеллер	1	
	-01	Швеллер	1	
<i>Стандартные изделия</i>				
		Винт В.М5-6g*10.36.016 ГОСТ 1491-80	12	
		Шайба 5.65* 019 ГОСТ 6402-70	12	
КЛГИ.301314.085				
Обозначение				

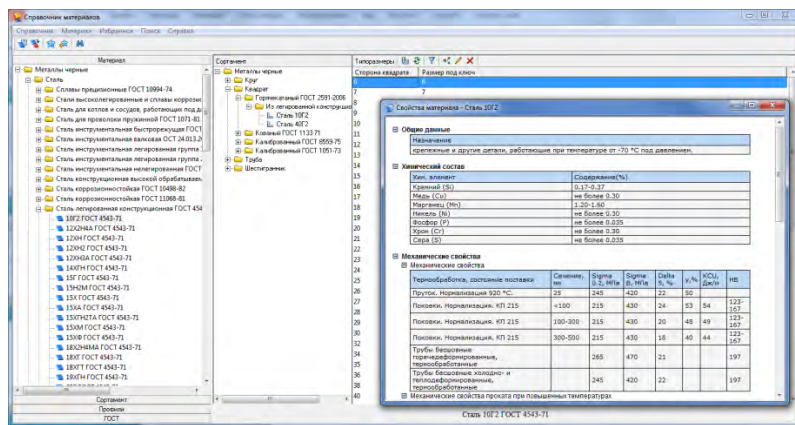
Рисунок 7 – Спецификация изделия в PDM-системе

Конструкторское проектирование в PDM-системе обеспечивает многопользовательская база стандартных компонентов, материалов и сортовентов (рис. 8), сформированная и наполненная атрибутами в соответствии с ЕСКД.



а)

б)



в)

Рисунок 8. База стандартных компонентов в PDM-системе

В качестве MDM-системы используется система NormaCS, автоматизирующая обеспечение специалистов нормативно-технической документацией.

В филиале «ЦНИИ СЭТ» также организовано взаимодействие с СПбГЭТУ «ЛЭТИ» в виде участия сотрудников филиала в учебном процессе университета и передачи навыков и знаний студентам в области 3D-моделирования и инженерного анализа на базе специализированного ПО, используемого в филиале (Autodesk Inventor, AutoCAD Electrical, ANSYS).

Одновременно со значительным опытом автоматизации отдельных процессов и задач, фиксируются и являются актуальными следующие проблемы ИТ-автоматизации:

- Используемые ИТ недостаточно связаны между собой. Например, в части передачи данных из схем в модели, а также между CAD и CAE-моделями.
- Проблема хранения и учета электронных документов по ГОСТ 2.051 в Архиве технической документации.
- Организация единого информационного пространства разработки на базе PDM/PLM-системы.
- Автоматизация процессов управления проектами и организацией в целом. Бизнес-моделирование и оперативное получение консолидированной информации по процессам.
- Существенная доля ручной обработки данных (несовместимые форматы файлов данных, например, между CAD и ERP), увеличивающая трудоемкость и приводящая к ошибкам.

– Отсутствие специализированной системы планирования и контроля задач. Разработка, корректировка и отслеживание выполнения планов и задач ведется вручную средствами MS Office и системы делопроизводства.

– Отсутствие системы управления научно-техническим заделом: знаниями, технологиями, типовыми решениями. База знаний и технологий не ведется и критически зависит от отдельных сотрудников.

– Фрагментарное сопровождение ЖЦ продукции: отсутствие единой базы претензий и рекламаций, переписки с заказчиками, автоматизированных механизмов мониторинга качества продукции – журналы регистрации ведутся вручную.

– Отсутствие единого формата и шаблонов текстовых конструкторских документов (спецификаций, перечней, ведомостей), ручная обработка таких файлов в связях между ИТ-средствами.

– Отсутствие базы сведений об объектах производственной, испытательной и материальной базы, ручное управление обслуживанием таких объектов.

– Большое число ИТ-средств одного класса, а также необходимость работы одних и тех же функций с разными форматами файлов данных одного типа (например, чертежи Компас и AutoCAD), что вызывает необходимость использовать обширный пул лицензий дорогостоящего сложного в освоении специализированного ПО.

Дальнейшее развитие ИТ-автоматизации процессов «ЦНИИ СЭТ» в настоящее время осуществляется по следующим направлениям:

– Организация процедуры анализа корректности поступающих в систему деятельности организации электронных документов и данных и конвертации их в форматы используемых версий ИТ-средств с целью оптимизации количества требуемых лицензий ИТ-средств.

– Внедрение в ИТ-структуру специализированной подсистемы планирования и контроля задач по проектам (НИОКР) на базе PLM-системы в дополнение к механизму контроля задач и поручений в системе делопроизводства и электронного документооборота. Оперативный контроль выполнения отдельных проектов и портфеля проектов с привязкой задач к созданным в PLM-системе электронным документам и данным.

– Организация единой структурированной среды хранения электронных данных и электронных документов разработки на базе PLM-системы: комплектов технологической и конструкторской документации, моделей, библиотек компонентов, каталогов и пр. Реализация технологии коллективной и параллельной разработки с целью повышения конкурентоспособности процессов и продукции. Формирование на базе CAD/CAM/CAE/PLM-систем единого информационного пространства процессов разработки.

– Организация работы с электронными документами, электронной структурой изделия, электронным описанием изделия в соответствии с ГОСТ 2.051.

– Внедрение базы научно-технического задела организации: знаний, технологий, типовых решений. Хранение и оперативный доступ к результатам интеллектуальной деятельности.

– Автоматизированное сопровождение ЖЦ продукции посредством PLM-системы: база претензий и рекламаций, история переписки с заказчиками, технического обслуживания и ремонта изделий.

– Утверждение единого формата файлов и шаблонов текстовых конструкторских документов (спецификаций, перечней, ведомостей), автоматизированная генерация таких документов и автоматическая передача ведомостей в ERP-систему.

– Автоматизация разработки технологической документации с использованием специализированного модуля PLM-системы (САРР). Автоматизированное формирование технологической структуры изделия.

– Внедрение системы управления активами (включая ИТ-активы): ЕАМ/ИТАМ-системы. Организация базы сведений об объектах производственной, испытательной и материальной базы, ИТ-инфраструктуры и услуг, автоматизированного планирования и управления обслуживанием таких объектов.

– Внедрение системы контроля деятельности организации: оперативный автоматизированный сбор показателей менеджментов и процессов из PLM/ЕАМ-систем, визуализация результатов, генерация отчетов и выборок. Начальный этап внедрения автоматизированных механизмов системы комплексного управления организацией (переход на следующий («высокий») уровень зрелости).

Перспективная номенклатура специализированных ИТ «ЦНИИ СЭТ» показана на рисунке 9.

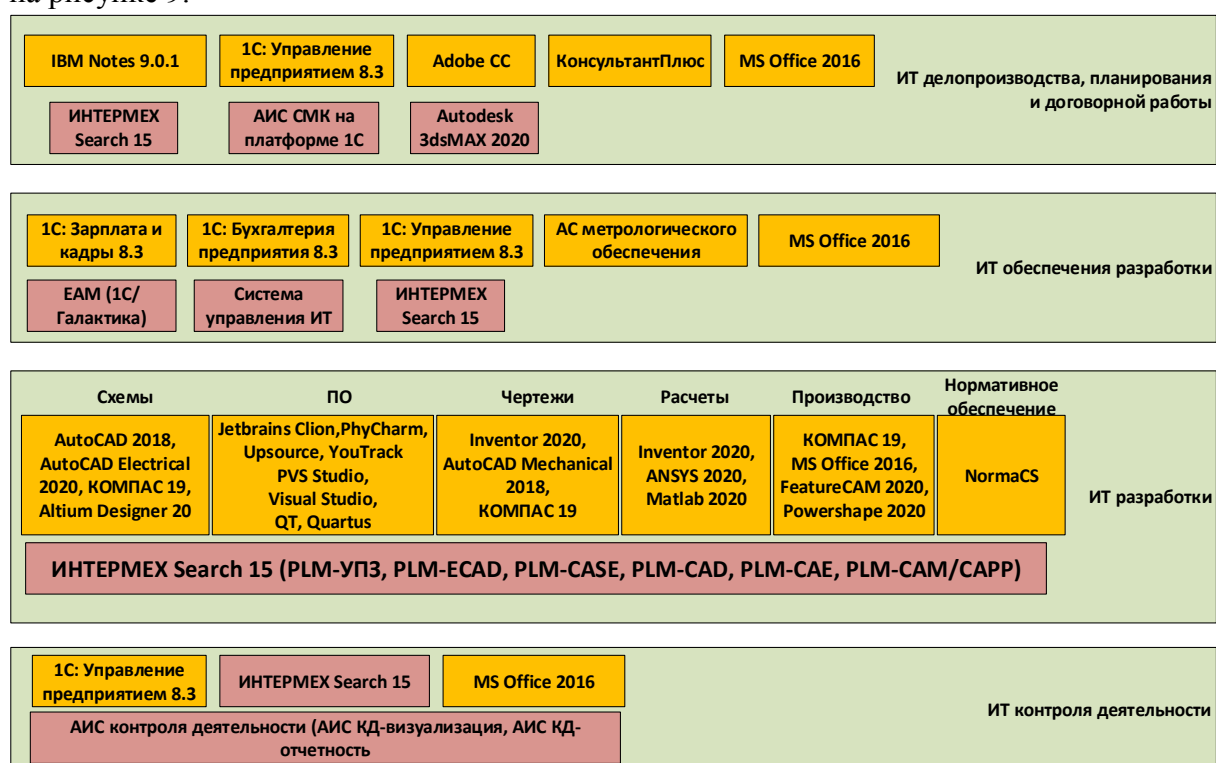


Рисунок 9 – Перспективные ИТ

С целью обоснованного выбора специализированных ИТ-средств в рамках комплексной автоматизации деятельности, в «ЦНИИ СЭТ» выполняется моделирование системы процессов и менеджментов, а также структуры средств и технологий автоматизации для текущего и целевого состояний деятельности. Разработка функциональных моделей и семантических моделей данных осуществляется в соответствии с методологиями IDEF и DFD [3] (рис. 10).

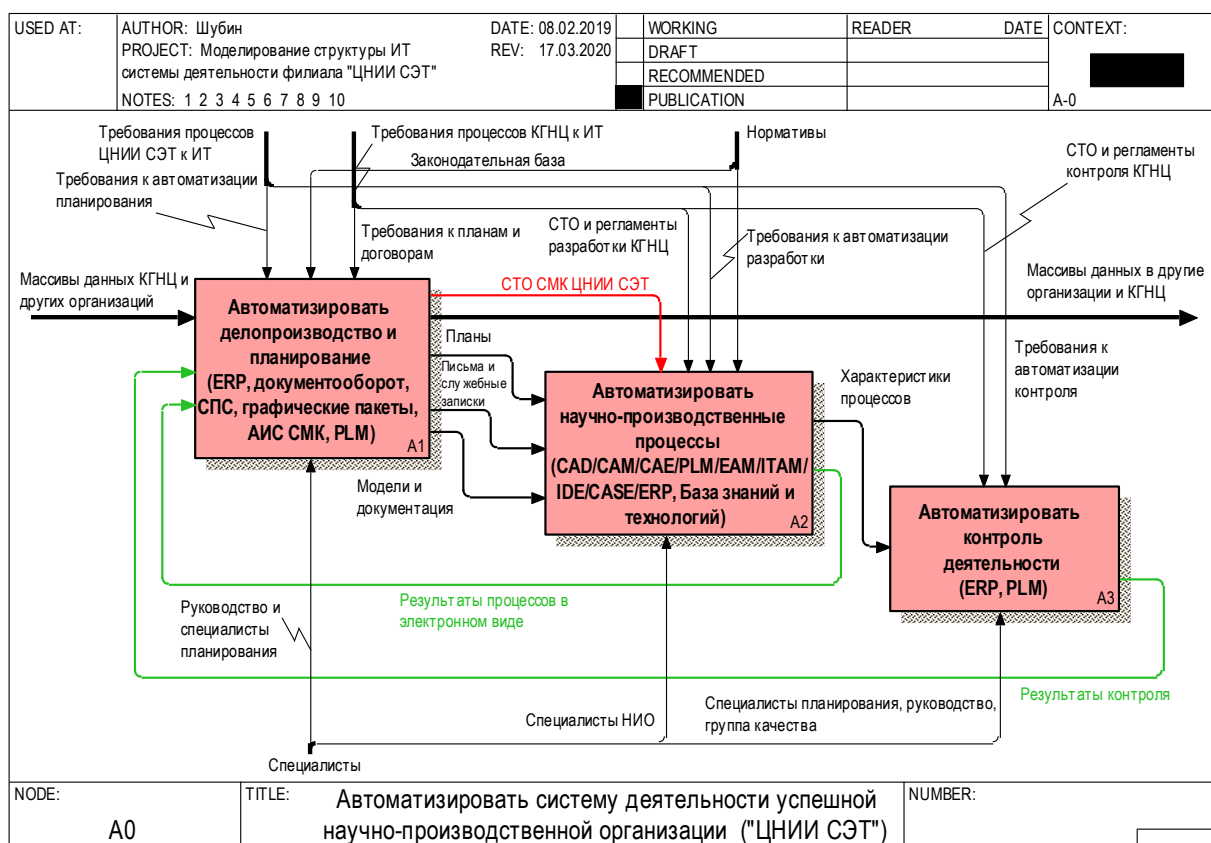


Рисунок 10 – Пример одной из диаграмм модели автоматизации системы деятельности

Таким образом, комплексную автоматизацию разработки наукоемкой электротехнической продукции целесообразно выполнять по следующим направлениям:

- моделирование и описание сложной системы деятельности организации;
- обоснованная генерация требований к средствам и технологиям автоматизации (требования формулируются на основании моделей процессов организации);
- регулярное обучение и повышение квалификации персонала при работе с используемыми и внедряемыми ИТ;
- адаптация ИТ под требования организации, максимально полное и рациональное использование функциональных возможностей ИТ;
- взаимная интеграция используемых ИТ, создание единого информационного пространства ЖЦ продукции;
- автоматизация информационного взаимодействия между организациями.

Литература

1. URL: <http://krylov-centre.ru/about/>
2. Шаламов А.С. Интегрированная логистическая поддержка наукоемкой продукции. Монография. - М.: Университетская книга, 2008. 464 с.
3. Прокофьев Г.И., Шубин Р.В. Методы IDEF в моделировании организаций // «Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ»». 2020. Вып. 6. С. 37-43.