

УДК 622.691.4  
DOI: 10.25206/1813-8225-2022-184-53-57

**К. А. АНКУДИНОВ**  
**К. С. ХАЛИКОВА**

Филиал военной академия  
РВСН имени Петра Великого  
Министерства обороны  
Российской Федерации,  
г. Серпухов

## АНАЛИЗ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ОПТИМАЛЬНОГО ПОСТРОЕНИЯ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Проведен анализ по проблеме создания методологических основ оптимального построения информационных технологий, обеспечивающих интегрированную логистическую поддержку жизненного цикла образцов газотранспортной системы при неопределенности исходных данных. Проведен анализ состояния исследований задач анализа, синтеза и прогнозирования развития сложной технической системы.

**Ключевые слова:** газопровод, газотранспортная система, трубопровод, сложная техническая система, блуждающие токи, коррозия.

**Введение.** Современные образцы газотранспортной системы представляют собой комплекс со всеми атрибутами открытых систем, в том числе с обновляемыми ресурсами и длительными сроками существования. В связи с этим информационные технологии должны обеспечить создание информационной инфраструктуры предприятий (организаций), поддерживающей этапы и функции жизненного цикла «Проектирование-Производство-Эксплуатация» для каждого сложного технического объекта [1].

**Теория и результаты исследования.** Структуры этапов ЖЦ ГТС представлены на рис. 1 и 2.

На рис. 1 PDM — Product Data Management — управление данными о продукте, CASE — Computer Aided Software Engineering — автоматизированная разработка программного обеспечения, БД — база данных, СУБД — система управления базами данных, CAD — Computer Aided Design — автоматизированное проектирование, CAE — Computer Aided Engineering — автоматизированное проектирование, CAM — Computer Aided Manufacturing — автоматизированное производство, ДСЕ — детали и сборочные единицы, ИЭТР — интерактивное электронное техническое руководство, ЖЦ ГТС — жизненный цикл газотранспортной системы.

Функции этапов	Проектирование			Производство		Выходной продукт производства
	Управление разработкой	Проектирование и инженерный анализ	Конструкторско-технологическая подготовка производства	Управление производством и материальными потоками	Испытания и доработка	
Инструментальная поддержка	PDM, CASE - СУБД	CAD, CAE	CAM, CAE	Операционные среды, информационные модели производства	CAE, Информационные технологии испытаний и анализа	ИЭТР Физический образец объекта
Содержание предметной БД	Структура БД предметной области	Спецификация, геометрия и физические параметры ДСЕ, алгоритмы функционирования	Технологические процессы и управляющие программы	«Заказ» и маршруты производства ДСЕ	Электронный макет объекта	
Обслуживаемые среды	Конструкторско-технологические подразделения			Производство и службы управления	Испытательные службы и пользователи (эксплуатационники)	

Рис. 1. Структура проектно-производственных этапов ЖЦ ГТС

Функции этапов	Ведение истории (актуализация) объекта	Регламентные работы	Учебная, боевая и производственная работы объекта	Снабжение	Модернизация	Утилизация
Инструментальная поддержка	СУБД Пользовательские интерфейсы	СУБД Пользовательские интерфейсы, методики и модели анализа	СУБД Пользовательские интерфейсы, имитационные модели внешних сред	СУБД Пользовательские интерфейсы	Инструментарий цикла «Проектирование – производство»	Информационные технологии утилизации
Содержание предметной БД	БД Спецификация ДСЕ	БД ЗИПа ресурсов ДСЕ, контрольно-измерительного оборудования	Электронный макет объекта и внешней среды	БД комплектующих, оборудования и поставщиков	Электронный макет	Спецификация ДСЕ
Обслуживаемые среды	Пользователи – архивные службы	Пользователи – сервисные службы	Пользователи – боевые расчеты и службы эксплуатации	Пользователи – службы снабжения и поставщиков	Пользователи – заводские бригады, ремонтные службы	Пользователи – специальные службы утилизации и экологического надзора

Рис. 2. Структура эксплуатационных этапов ЖЦ ГТС

Общая структура этапов представляет собой два достаточно самостоятельных процедурных комплекса, разнесенных по времени и пользователям.

Первый процедурный комплекс включает проектно-производственные этапы жизненного цикла сложного технического объекта, второй — эксплуатационные этапы жизненного цикла.

Структуры этапов отражают:

- функции этапов;
- средства инструментальной поддержки;
- наполнение предметных баз данных;
- обслуживаемые среды.

В рамках концепций информационной поддержки ЖЦ ГТС (информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий) выходным продуктом проектно-производственного этапа являются:

- физический образец ГТС;
- виртуальное представление объекта в форме интерактивного электронного технического руководства.

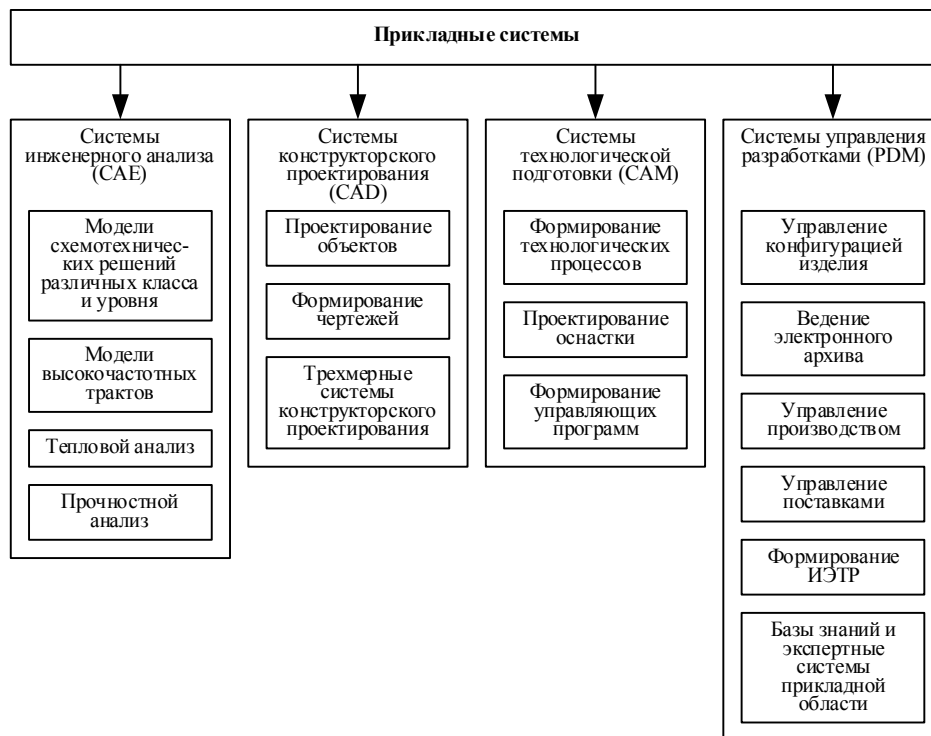
ИЭТР содержит полный набор данных о ГТС, необходимый для его эксплуатации по всем набо-

рам функций, определенных на структуре рис. 2. На рис. 2 ЗИП — запасные инструменты и принадлежности.

Средства инструментальной поддержки определяют состав предметно организованного программного обеспечения. Для проектно-производственного этапа инструментарий включает следующие прикладные программы [2]:

- инженерного анализа (CAE);
- конструкторского проектирования (CAD);
- технологической подготовки производства (CAM);
- управления проектно-производственными процессами (PDM);
- проектирования баз данных и управления ими (CASE);
- операционные системы и ресурсные информационные модели производства;
- информационные технологии испытаний и анализа.

Основу инструментальной поддержки эксплуатационного этапа составляет СУБД с пользователь-



**Рис. 3. Прикладные профессионально-ориентированные системы поддержки проектно-производственной деятельности предприятия**

ским интерфейсом для решения конкретного круга задач конечного пользователя, а также специальное программное обеспечение (СПО), ориентированное на эксплуатационные задачи, такие как функциональный контроль, диагностика, тренаж и т.п.

Рассмотренные выше инструментальные средства поддержки проектно-производственного этапа ЖЦ включают различные по своей организации и методам формирования системы. Системы CAE, CAD, CAM, PDM образуют пользовательские прикладные средства подразделений, обеспечивающих проектные работы и управление проектно-производственным циклом. Система CASE является инструментом системных программистов по формированию баз данных и пользовательских интерфейсов по их эксплуатации [3, 4].

Операционные системы совместно с ресурсными информационными моделями производства обеспечивают все функции оперативного планирования и управления производственными процессами, на основе потока заказов на выполнение производственных работ. Информационные технологии испытаний включают комплекс полунатурных испытательных стендов и средств управления ими, обработки и анализа результатов. Основу информационной поддержки изделий (ИПИ-технологий) составляет первая группа прикладных систем, развернутых на рис. 3.

Системы инженерного анализа (CAE) являются наиболее наукоемким продуктом, обеспечивающим моделирование всего многообразия физических процессов, протекающих в разрабатываемых объектах. Характерными для ГТС являются модели электронных цепей различного функционального назначения, цифровые устройства, тракты, модели теплового и прочностного анализа.

Для профессиональных систем конструкторского проектирования (CAD) характерны задачи компоновки сборок, синтеза монтажных связей,

использующие специальные топологические алгоритмы размещения и трассировок, и программное обеспечение машинного выпуска полного комплекта схемотехнической и конструкторской документации. Для сложных несущих конструкций и кинематических узлов системы CAD должны включать средства 3-мерного геометрического моделирования и выпуска чертежей [5].

Для систем технологической подготовки производства (CAM) характерны технологические процессы и автоматизированные линии изготовления продукта различной конфигурации и сложности, монтажа блоков и шкафов. Соответственно, для этих линий должны быть созданы библиотеки стандартных технологических процессов, спроектирована и изготовлена оснастка — фотошаблоны для каждого типоминала, сформированы полные комплекты управляющих технологических программ (УТП) для оборудования с числовым программным управлением (координатографов, автоматов сверления, сборки и контроля).

Система управления разработками (PDM) является аппаратом Главного конструктора, административных и плановых служб предприятия, разрабатывающего объекты ГТС.

Главной задачей системы являются отслеживание текущей конфигурации проектируемого объекта на основе совокупности спецификаций разработанных или заимствованных узлов объекта, представленных в электронной форме в архиве; формирование заказов производству; планирование работы производственных участков и цехов, а также складов и заказывающих (материалы и комплектующие) подразделений. В рамках системы могут формироваться интерактивные электронные технические руководства по эксплуатации проектируемого объекта.

Дальнейшим развитием систем PDM является создание баз знаний и экспертных систем как од-

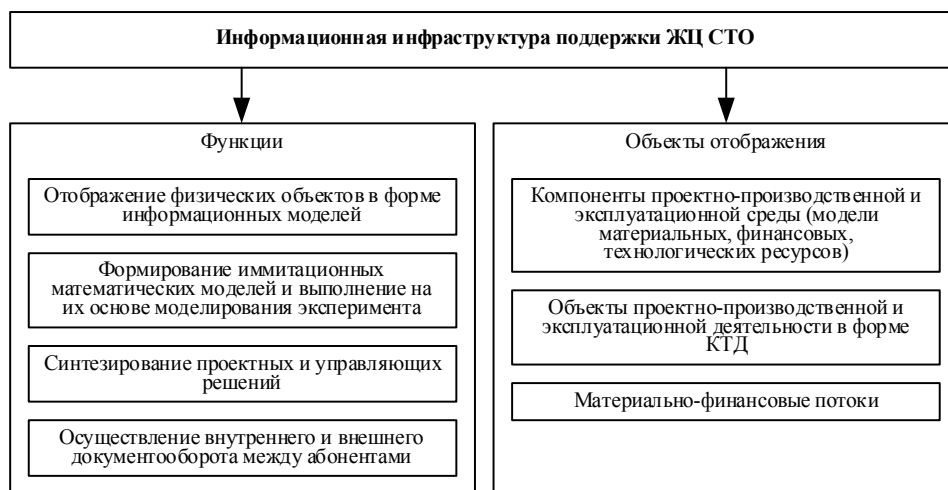


Рис. 4. Функции и объекты отображения информационной инфраструктуры поддержки ЖЦ ГТС

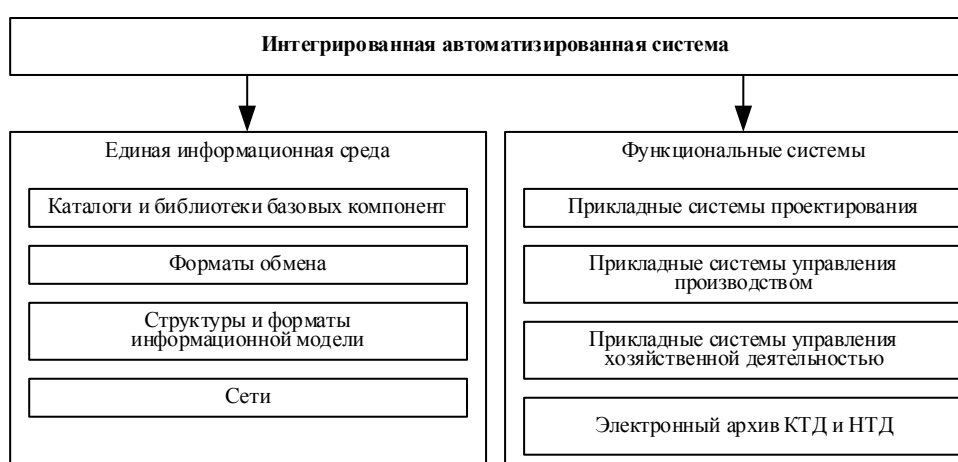


Рис. 5. Типовая конфигурация интегрированной автоматизированной системы предприятия, разрабатывающего ГТС

ной из главных форм аккумуляции знаний и их последующей преемственности.

Формирование ИЭТР, баз знаний и экспертных систем является сложной наукоемкой научно-технической проблемой, связанной с системой PDM единой базой данных спецификаций проектируемого объекта. Ее решение требует создания специального программно-информационного инструментария [6].

Работы, связанные с формированием информационной инфраструктуры поддержки ЖЦ сложного технического объекта (СТО) на основе приобретаемых прикладных инструментальных средств, включают:

- выбор конфигурации базовых аппаратно-программных инструментальных средств, их лицензионную закупку, установку и адаптацию;
- создание предметных баз данных и библиотек базовых компонентов (словаря системы);
- создание единой информационной среды;
- формирование сквозных интегрированных процессов информационных технологий по проектированию и изготовлению объектов.

На рис. 4 КТД — коллективно-творческая деятельность.

Информационная инфраструктура поддержки ЖЦ СТО представляет собой согласованный комплекс средств информационных технологий,

поддерживает работу предприятий (организаций), обеспечивающих ЖЦ СТО, выполняет функции отображения физических объектов, моделирования, синтеза решений и документооборота. Объектами отображения являются как компоненты (ресурсы) предприятия, так и предметы (результаты) его деятельности (рис. 4).

На рис. 5 НТД — научно-техническая документация.

Рассмотрим типовую конфигурацию интегрированной автоматизированной системы (ИАС) предприятия, разрабатывающего ГТС (рис. 5). Она включает совокупность комплексных функциональных прикладных систем, объединенных средствами единой информационной среды предприятия.

В состав прикладных функциональных систем входят автоматизированные системы проектирования, управления производством, управления финансово-хозяйственной деятельностью и электронный архив конструкторско-технологической документации.

Единая информационная среда обеспечивает функции интеграции и включает каталоги и библиотеки базовых компонентов, форматы обмена, информационные модели всех объектов отображения, а также средства сетевого обеспечения.

Основными архитектурными компонентами ИАС являются: терминалы; локальные сети тер-

миналов предметно-ориентированных прикладных систем (приложений); сквозные процессы с регламентированным документооборотом; процессы произвольной конфигурации (виртуальные процессы).

На терминалах устанавливаются пользовательские прикладные системы, на серверах — базы данных с библиотеками базовых компонентов и информационными моделями, общими для групп пользователей. В качестве сервера могут быть использованы один или несколько терминалов. Терминалами группового пользования могут быть также средства графического взаимодействия (сканеры, плоттеры) [7, 8].

Сети обеспечивают оперативное взаимодействие пользователей, на их основе реализуются интегрированные автоматизированные проектно-производственные технологии.

Характерными для ИАС технологиями являются сквозные процессы. В рамках сквозного процесса один и тот же объект проходит различные стадии работ. Типовыми при разработке ГТС, базирующихся на РЭА, считаются сквозные процессы схемотехнического и конструкторско-технологического проектирования цифровых устройств. Другой пример — это проектно-технологические процессы для трехмерных механических узлов и деталей сложных конфигураций.

Подобные процессы имеют жесткую структуру, регламентированный документооборот и строятся на локальных сетях и заданной конфигурации терминалов, имеющих вполне определенное назначение [9, 10].

Наиболее общим случаем являются процессы информационных технологий, реализующие производственную последовательность операций. Подобные процессы строятся при комплексном управлении качеством разработок, основу которой составляет полная информационная модель объекта, обслуживающая всю группу проектантов [11, 12].

**Выводы.** Рассмотренная концепция процесса оперативного группового ведения проекта позволяет использовать промежуточные технические решения и является, по современным представлениям, по качеству, производительности и срокам исполнения проектов наиболее перспективным процессом, реализуя в рамках сегодняшних технологий предельно возможные технологии. Подобная организация процесса проектирования требует новой культуры разработок, связанной с наличием комплексной сетевой архитектуры, развитых средств верификации проектных решений, средств оперативного контроля исполнения и оперативной реструктуризации графиков проектных работ. Естественно, что групповое ведение работ в качестве обязательного условия предполагает безбумажный документооборот.

#### Библиографический список

1. Абдуллин И. Г., Гареев А. Г. Магистральные газопроводы: особенности проявления КРН // Журнал «Физика металлов». 1992. № 6. С. 18–20.
2. Агафонов Ю. М., Акиншин Н. С., Анкудинов К. А. Методика построения микросистемных устройств управления СКЗ МГ // Газовая промышленность. 2007. № 4. С. 48–51.
3. Анкудинов К. А., Карпов Е. Б., Карпова Т. Е. Микроконтроллерное энергонезависимое устройство контроля тока нагрузки станций катодной защиты магистральных газопрово-

дов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 5-2. С. 9–13.

4. Александров Ю. В., Агинец Р. В. Актуальные вопросы защиты от коррозии длительно эксплуатируемых магистральных газопроводов. Санкт-Петербург: Недра, 2012. 394 с.
5. Агафонов Ю. М., Акиншин Н. С., Анкудинов К. А. Система контроля управления и согласования СКЗ с комплексами телемеханики // Газовая промышленность. 2007. № 7. С. 58–61.
6. Акиншин Н. С., Есиков О. В., Анкудинов К. А. Модель и алгоритмы оптимизации значений параметров работы станций катодной защиты магистральных газопроводов // Газовая промышленность. 2020. № 1 (795). С. 20–25.
7. Пат. 72593 U1 Российская Федерация, МПК H 04 Q 3/54; G 05 B 19/00. Гальванически развязанная система контроля и управления удаленными объектами / Агафонов Ю. М., Акиншин Н. С., Анкудинов К. А. [и др.]. № 2007146018/22; заявл. 13.12.07; опубл. 20.04.08.
8. Пат. 89793 U1 Российская Федерация, МПК H 04 Q 3/54; G 05 B 19/00. Контроллер удаленных объектов / Агафонов Ю. М., Акиншин Н. С., Анкудинов К. А. [и др.]. № 2009132201/22; заявл. 27.08.09; опубл. 10.12.09.
9. Пат. 100866 U1 Российская Федерация, МПК H 04 Q 3/00. Контроллер удаленных объектов / Агафонов Ю. М., Акиншин Н. С., Анкудинов К. А. [и др.] № 2010126555/09; заявл. 30.06.10; опубл. 27.12.10.
10. Пат. 108237 U1 Российская Федерация, МПК H 02 K 7/10. Встроенный контроллер параметров объекта / Анкудинов К. А., Анкудинов А. И., Акиншин Н. С., Карпов Е. Б., Карпов И. Е., Карпова Т. Е. [и др.]. № 2011116531/07; заявл. 26.04.11; опубл. 10.09.11.
11. Пат. 115935 U1 Российская Федерация, МПК G 05 B 13/00. Адаптивный управляющий контроллер защиты объекта с гальванической развязкой / Анкудинов К. А., Анкудинов А. И., Акиншин Н. С., Карпов Е. Б., Карпов И. Е., Карпова Т. Е. [и др.]. № 2011142111/08; заявл. 10.18.11; опубл. 10.05.12. Бюл. № 13.
12. Пат. 124960 U1 Российская Федерация, МПК G05B 13/00. Универсальный адаптивный управляющий контроллер защиты объекта / Анкудинов К. А., Анкудинов А. И., Акиншин Н. С., Карпов Е. Б., Карпов И. Е., Карпова Т. Е. [и др.]. № 2012142332/08; заявл. 04.10.12; опубл. 20.02.13. Бюл. № 5.

**АНКУДИНОВ Константин Александрович**, доктор технических наук, доцент (Россия), профессор кафедры физики, Филиал военной академии РВСН имени Петра Великого Министерства обороны Российской Федерации, г. Серпухов.

SPIN-код: 9225-0190

AuthorID (РИНЦ): 494948

Адрес для переписки: msize@mail.ru

**ХАЛИКОВА Куралай Сапаровна**, преподаватель кафедры механики и инженерной графики, Филиал военной академии РВСН имени Петра Великого Министерства обороны Российской Федерации, г. Серпухов.

Адрес для переписки: halikova3965@mail.ru

#### Для цитирования

Анкудинов К. А., Халикова К. С. Анализ методологических основ оптимального построения газотранспортных информационных систем // Омский научный вестник. 2022. № 4 (184). С. 53–57. DOI: 10.25206/1813-8225-2022-184-53-57.

Статья поступила в редакцию 24.06.2022 г.

© К. А. Анкудинов, К. С. Халикова