

Системный анализ, управление и автоматизация

УДК 004.896:004.416.6

ВНЕДРЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПРОЕКТНОМ ИНСТИТУТЕ

И.В. Артюшкин

ОАО «Гипростокнефть»
Россия, 443041, г. Самара, ул. Красноармейская, 93

E-mail: ilya.arty@gmail.com

Приведен пример создания и использования комплексной системы автоматизированного проектирования (САПР) в отделе автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) ОАО «Гипростокнефть». Приведен порядок выполнения проекта традиционными способами, без использования комплексной САПР. Определены критерии выбора САПР для автоматизации работы проектного отдела. Составлен набор программ для максимальной автоматизации выполнения типовых операций. Разработан алгоритм проектирования с помощью САПР. Показаны методы налаживания межпрограммного взаимодействия, а также адаптации существующих программных продуктов под организационную структуру отдела АСУТП. При составлении набора программ приоритет был отдан САПР отечественного производства, что актуально в условиях импортозамещения.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, САПР, АСУТП, автоматизация проектирования.

Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) является достаточно трудоемкой задачей. Сложность проектируемой АСУТП определяется прежде всего количеством и многообразием входящих в состав системы элементов и их взаимосвязей. Кроме этого, процесс проектирования усложняется его итерационностью, обусловленной участием специалистов из различных отделов. Значительная часть от общего времени проектирования тратится на постоянное внесение изменений и оформление выходной проектной документации в соответствии со стандартами проекта, которые постоянно меняются под влиянием нормативных актов и желаний заказчика.

Как правило, проектирование АСУТП с использованием традиционных средств и технологий требует значительных трудозатрат, при этом велика вероятность возникновения несистемных ошибок, что, в свою очередь, влияет на эффективность процесса проектирования и на качество проекта в целом. Устранить указанные недостатки позволяет применение систем автоматизированного проектирования (САПР).

В настоящий момент в институте «Гипростокнефть» для обеспечения со-

Илья Вячеславович Артюшкин, инженер 2-й категории отдела АСУТП.

временного уровня автоматизации и соответствия государственным и корпоративным стандартам происходит планомерное развитие комплексной системы автоматизированного проектирования – КСАПР.

Состав программ

Основной графической платформой, используемой во всех проектных отделах института, является AutoCAD. Помимо этого, в настоящий момент в отделе АСУТП применяются следующие системы автоматизированного проектирования:

- AutomatiCS 2011. Система предназначена для автоматизации проектирования систем контроля и управления (СКУ, КИПиА, АСУТП), сложных электротехнических систем, и основана на применении агрегативно-декомпозиционной технологии проектирования (АДТ-технологии), которая поддерживает все этапы проектирования: от получения задания на разработку технического обеспечения АСУТП до создания проектного решения и формирования выходной проектной документации.

Система AutomatiCS предусматривает использование технологий проектирования структурно сложных электротехнических систем и поддерживает все этапы проектирования – от получения задания на разработку технического обеспечения АСУТП до создания проектного решения и формирования комплекта выходной проектной документации [1].

Преимуществом AutomatiCS является возможность создания единой модели проекта – виртуальной модели проектируемой системы, представляющей собой множество взаимосвязанных элементов (технических средств), электрических и прочих связей, и содержащей всю необходимую информацию для последующего отображения в проектных документах.

- Model Studio CS «Кабельное хозяйство». Программный комплекс предназначен для трехмерной компоновки любых кабельных конструкций, прокладки кабелей на открытой местности в соответствии с требованиями ПУЭ-7 и формирования выходной документации. Раскладка кабеля осуществляется с учетом геометрии и радиуса изгиба кабеля.

База данных Model Studio CS «Кабельное хозяйство» содержит оборудование, применяемое при формировании трехмерной модели кабельной раскладки. Как и в САПР AutomatiCS, в «Кабельном хозяйстве» имеются инструменты для внесения новой информации в базу данных.

Исходными данными для начала трассировки кабелей являются план расположения оборудования и информация о кабелях (частично заполненный кабельный журнал). В настоящее время в институте прорабатывается технология интеграции САПР AutomatiCS с Model Studio CS «Кабельное хозяйство».

- Model Studio CS «Компоновщик щитов». Программный комплекс предназначен для автоматизации размещения внутрищитового и внутришкафного оборудования, автоматического формирования чертежей и спецификаций на основе созданной трехмерной модели.

Пользователи системы

В отделе АСУТП существует несколько групп проектировщиков, между которыми разделены некоторые задачи проектирования АСУТП.

Группа контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА) занимается размещением приборов контроля и управления по технологическим ли-

ниям проектируемого объекта, созданием функциональной схемы и опросных листов на оборудование.

Группа электроавтоматики (ЭА) занимается проектированием линий передачи информационных и управляющих сигналов, средств защиты измерительных линий от помех, прокладкой сигнальных кабелей. Среди выпускаемых документов – кабельный журнал, схемы внешних электрических проводов.

Группа автоматизированных систем управления (АСУ) занимается описанием логики управления. Данная группа разрабатывает алгоритм управления, на основе функциональной схемы составляет таблицу входных-выходных сигналов.

Группа проектно-аналитической разработки и системной интеграции (ПАРСИ) выполняет разработку шкафов автоматизации, программирование логических контроллеров, создание SCADA-систем автоматизированных рабочих мест (АРМ) оператора. По разработанным программам группа производит описание логики управления и разработку инструкций по работе.

Схема сквозного проектирования объектов АСУТП

Выполнение проекта на стадии разработки рабочей документации (РД) показано в табл. 1.

Таблица 1

Этапы проектирования АСУТП

Этап	Содержание этапа	Ответственное лицо (отдел)
1	Создание структуры реестра проектных работ – объекты-марки.	Главный инженер проекта (служба главных инженеров проектов)
2	Формирование перечня работ в реестре по конкретному объекту-марке. Назначение исполнителей на каждую работу. Оценка трудозатрат каждого из исполнителей.	Главный специалист/ руководитель группы (АСУТП)
3	Получение технического задания.	Главный специалист/ руководитель группы КИПиА (АСУТП)
4	Создание модели проекта в САПР AutomatiCS. Генерация проектной документации.	Администратор проекта (АСУТП)
5	Выдача заданий смежным отделам.	Главный специалист/ руководитель группы (АСУТП)
6	Выполнение кабельной раскладки в САПР Model Studio «Кабельное хозяйство». Генерация проектной документации.	Проектировщик группы ЭА (АСУТП)
7	Разработка схем соединений шкафов в САПР Model Studio «Компоновщик щитов». Генерация проектной документации.	Проектировщик группы ПАРСИ (АСУТП)
8	Прикрепление полученной документации к реестру проектных работ.	Проектировщик (АСУТП)
9	Внутренняя проверка проекта.	Главный специалист (АСУТП)
10	Выдача заданий сметчикам.	Главный специалист/ руководитель группы (АСУТП)
11	Нормоконтроль.	Проверяющий (отдел выпуска документации)
12	Печать проектной документации.	Системы печати (отдел выпуска документации)
13	Сдача документов в электронный архив.	Ответственный за ведение архива (отдел выпуска документации)

Для обмена заданиями между участниками процесса проектирования в ОАО «Гипровостокнефть» используется созданная на базе корпоративного интранет-портала автоматизированная система обмена заданиями. В системе Plant 4D, применяемой в институте для проектирования технологической части проекта в 3D, реализован механизм формирования заданий по точкам контроля в форме, предназначенной для последующего импорта данных в систему AutomatiCS. Созданный технологами в Plant 4D файл задания прикрепляется к заданию в системе «Обмен заданиями» и после прохождения проверки и согласования поступает в отдел АСУТП.

Для случаев, когда не предполагается создание трехмерной модели, специалисты отдела информационных технологий (ИТ) института разработали автоматизированные формы выдачи заданий: файл задания формируется в форме, полностью соответствующей виду задания «на бумаге», после чего с помощью специального приложения преобразуется в форму, предназначенную для импорта данных в AutomatiCS.

Основной этап процесса проектирования АСУТП выполняется в САПР AutomatiCS.

Преимущества использования САПР

При выборе САПР для выполнения проектных работ по созданию сложных автоматизированных систем управления технологическими процессами объектов нефтегазового комплекса специалистами института решалась следующая задача: выбрать такую САПР АСУТП, которая наиболее четко вписалась бы в комплексную систему автоматизации, сформированную и развивающуюся в институте в настоящий момент. До начала работы с AutomatiCS институт имел опыт использования отечественной САПР «Альфа» и зарубежной системы Intools (Intools, или SmartPlant Instrumentation, – один из модулей в составе технологии SmartPlant Enterprise производства компании Intergraph).

Основными критериями выбора являлись:

- способ хранения данных – данные должны храниться и использоваться централизованно;
- объединение базы данных и графики в одной системе;
- возможность интеграции новой системы с другими элементами КСАПР, в частности с системой трехмерного проектирования Plant 4D;
- возможность формирования с помощью САПР максимального количества документов, выпускаемых отделом АСУТП.

В рамках комплексной системы автоматизации в качестве основного элемента КСАПР институтом «Гипровостокнефть» был выбран и принят программный продукт AutomatiCS 2011 производства компании CSoft Development, поскольку он наиболее полно удовлетворяет требованиям института по отношению к САПР АСУТП и покрывает максимум работ, выполняемых при проектировании автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Одна из основных проблем при проектировании – внесение изменений и выпуск ревизий. Благодаря САПР можно вносить изменения как в большие группы элементов, например при изменении производителя датчиков, так и в единичные конкретные элементы или даже параметры элементов, например, как при изменении типа информационного сигнала.

Процесс проектирования

Процесс проектирования в AutomatiCS включает в себя выбор из базы данных технических средств автоматизации, задание связей между элементами технических средств и генерацию выходной проектной документации.

Процесс проектирования в AutomatiCS состоит из следующих этапов:

1. Подготовительный этап (адаптация системы). Ответственные лица – администратор системы и администратор проекта.

Известно, что ни одна САПР не может быть внедрена в процесс проектирования без проведения работ по адаптации системы. Как правило, эти работы требуют значительных трудозатрат. В институте «Гипровостокнефть» в рамках подготовительного этапа были решены следующие задачи:

1) формализация опыта проектирования и наполнение базы данных и знаний. База данных и знаний (БДЗ) является центральным элементом информационной структуры AutomatiCS [2]. Она включает в себя описание конкретных технических средств автоматизации (ТСА) различных производителей;

2) создание шаблонов для выходных документов. Шаблоны табличных документов создаются в формате MS Word. Вывод информации из AutomatiCS осуществляется с помощью специальных полей (слотов). Заполнение штампа основной надписи происходит автоматически: штамп также содержит слоты, которые заполняются соответствующими значениями из свойств документа, передаваемых из AutomatiCS [3];

3) создание графических образов технических средств. Формирование графических документов – чертежей AutoCAD – осуществляется на основе фреймов. Фрейм представляет собой графический образ технического средства. Для вывода информации из AutomatiCS, как и при формировании табличных документов, используются специальные поля (слоты). Можно создавать как фреймы, представляющие собой графические образы одного элемента (например датчика), так и фреймы, содержащие в себе законченные фрагменты (например контурные схемы);

4) разработка собственных макросов и приложений. Макрос – это определенный набор команд, автоматизирующий выполнение некоторых операций. Создание макросов – важная составляющая адаптации САПР. В институте разрабатываются макросы трех типов:

- автоматизация формирования выходных документов;
- автоматизация выполнения трудоемких операций;
- облегчение работы в системе (например быстрая классификация элементов).

При подготовке системы к конкретному проекту формируется профиль проекта, в состав которого включаются все необходимые для работы макросы. Пользователи подгружают профиль на своих рабочих местах. В случаях, когда функционала AutomatiCS бывает недостаточно, дополнительно ведется разработка приложений, адаптирующих систему к требованиям института. Применение макросов и внешних приложений в процессе проектирования значительно повышает уровень автоматизации, что, в свою очередь, сокращает время проектирования.

2. Формирование и ввод технического задания. Ответственные лица: администратор проекта и проектировщик – пользователь системы.

Как уже отмечалось ранее, задание на проектирование формируется в системе «Обмен заданиями» с помощью автоматизированных форм выдачи заданий.

Форма задания соответствует виду задания «на бумаге». После этого с помощью специального приложения файл задания преобразуется в форму, предназначенную для передачи в систему AutomatiCS.

3. Выбор из базы данных (БД) технических средств автоматизации. Ответственные лица – проектировщики группы КИПиА.

Ключевым этапом построения единой модели проекта является процесс синтеза. Синтез оборудования реализуется в САПР AutomatiCS на основе выбора из базы данных вариантов, удовлетворяющих требованиям технологического задания. Выбор оборудования может осуществляться как в ручном, так и в автоматическом режиме на основе установленных правил.

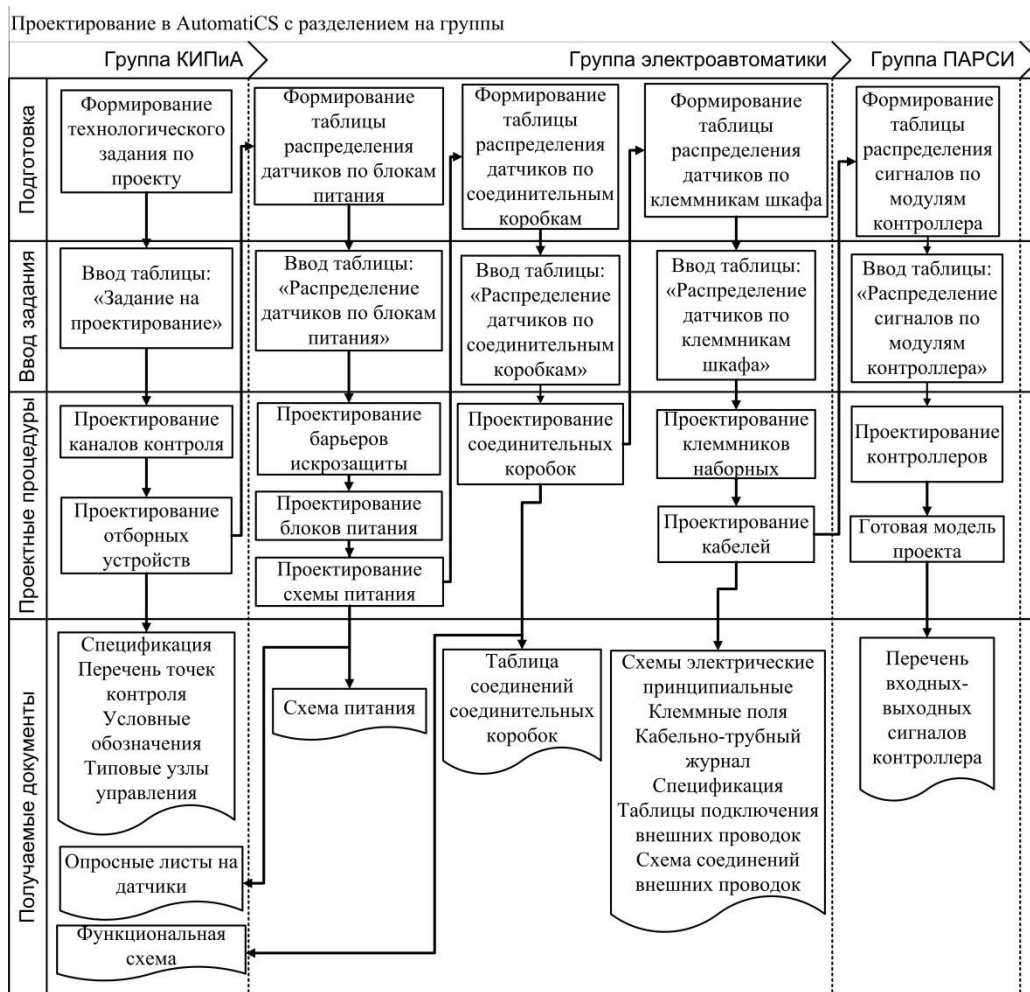


Рис. 1. Процесс проектирования в САПР AutomatiCS

4. Задание связей между отдельными элементами технических средств, выполнение процедур монтажа (построение клеммников и кабелей). Ответственные лица – проектировщики группы ЭА.

Электрические связи формируются в проекте автоматически во время синтеза при выборе параметров электрического подключения датчиков. После этого выполняются процедуры монтажа: врезка клеммников, соединительных коробок, кабелей. В системе AutomatiCS предусмотрено несколько способов выполнения

этих операций: автоматически с помощью макроса, автоматизированно на окне элементов или на окне связей, вручную с помощью встроенного графического редактора.

5. Генерация выходной проектной документации.

С помощью AutomatiCS выпускаются следующие виды проектных документов: опросные листы, спецификация КИП, схемы автоматизации функциональные, кабельные журналы, контурные схемы, схемы внешних соединений, таблицы входных/выходных сигналов и т. д.

Исходными данными для схемы автоматизации является технологическая схема. Для формирования схемы автоматизации необходимо на технологическую схему нанести условно-графические обозначения приборов. В AutomatiCS имеется возможность наносить обозначения приборов из проекта на чертеж не только последовательным способом, то есть прибор за прибором в порядке их следования в проекте, но и группой элементов, предварительно выполнив классификацию (например по измеряемому параметру).

Для формирования схемы внешних соединений достаточно разработать фреймы ограниченного числа типовых контуров в зависимости от специфики подключения прибора или исполнительного механизма. Вывод фреймов в чертеж осуществляется потоком, при этом происходит заполнение слотов информацией из модели проекта.

При формировании графических документов с помощью ГФД сохраняется связь документа с моделью проекта: в случае внесения изменений в модель проекта данные в документе обновляются автоматически.

На рис. 1 представлена детальная схема проектирования в САПР AutomatiCS.

Раскладка кабелей

После выполнения проектирования в САПР AutomatiCS на основе созданной модели выполняется формирование файла задания для Model Studio CS «Кабельное хозяйство». Файл представляет собой таблицу с перечнем элементов в строках и описанием количества контактов и связей между ними в столбцах. При вводе задания система автоматически распознает элементы и предлагает вариант из базы данных.

На полученном от технологического отдела трехмерном плане выполняется размещение выбранных элементов и кабельных конструкций. Система учитывает ключевые параметры при раскладке:

- диаметр изгиба кабеля (в зависимости от толщины);
- наличие пересечений, коллизии оборудования;
- контроль поворотов, подъемов и спусков;
- указание места провисания кабеля;
- учет допустимых расстояний между силовыми и контрольными кабелями;
- контроль спецификации в реальном времени.

После проектирования на чертеж выводится план расположения оборудования. Из трехмерной модели по каждому сечению можно получить отдельный разрез, чертеж, на котором будут отображены кабельные конструкции и кабели.

Наличие трехмерной модели кабельной раскладки обеспечивает наглядность принятых проектных решений.

Проектирование шкафов автоматизации

Формирование файла задания и выполнение процесса проектирования внутришкафного оборудования выполняются так же, как и в случае с «Кабельным хозяйством», с тем лишь отличием, что для проектирования шкафа не требуется план от технологического отдела. Компоновщик щитов имеет большую базу данных оборудования отечественных и зарубежных производителей, на основе которой и производится компоновка, напоминающая сборку конструктора.

На всех этапах система контролирует создаваемую модель, предупреждая пользователя о том, на что стоит обратить внимание. Последнее слово, тем не менее, остается за проектировщиком.

На рис. 2 представлена общая схема взаимодействия между пользователями и программами.

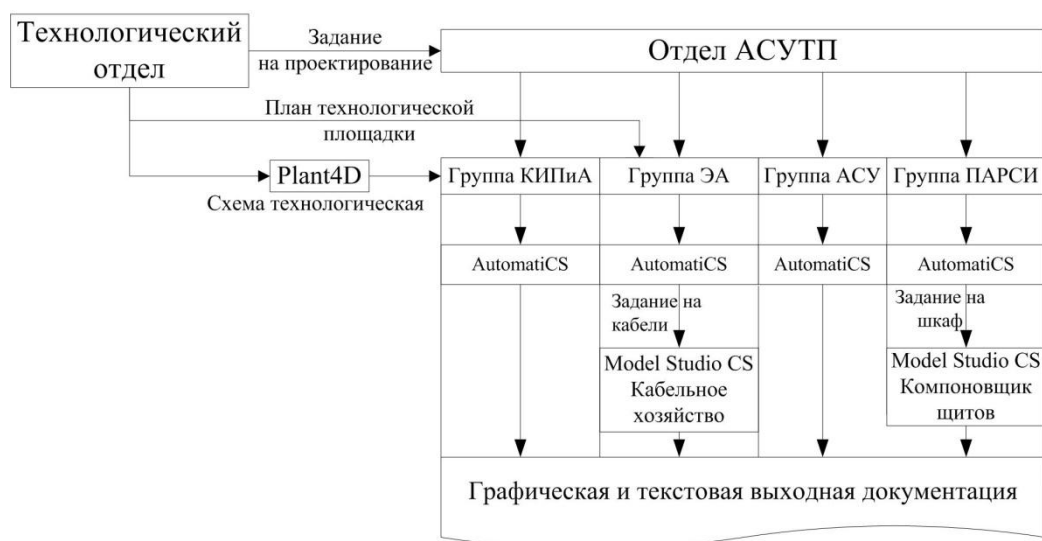


Рис. 2. Состав пользователей и программ в процессе проектирования АСУТП

Перечень документов, выпускаемых отделом АСУТП

Внедрение комплексной системы автоматизации проектных работ позволяет автоматизированным способом выпускать до 70 % разрабатываемых отделом АСУТП документов (табл. 2).

Таблица 2

Перечень выпускаемых документов

Документ	Стадия	Средства разработки
Спецификация оборудования, изделий и материалов	РД	AutomatiCS
Кабельно-трубный журнал	РД	AutomatiCS
Контурные (типовые) схемы	РД	AutomatiCS
Схемы соединений внешних проводок	РД	AutomatiCS
Схемы (таблицы) подключения внешних проводок	РД	AutomatiCS
Схемы электрические принципиальные	РД	AutomatiCS
Схемы автоматизации/схемы трубной обвязки и КИПиА	ПД, РД	AutomatiCS

Документ	Стадия	Средства разработки
Схемы структурные КТС	ПД, РД	Использование САПР невозможно
Схемы функциональной структуры	ПД, РД	Использование САПР невозможно
Условные обозначения	ПД, РД	AutomatiCS
Типовые узлы управления	ПД, РД	AutomatiCS
Установочные чертежи	РД	AutomatiCS
Планы расположения оборудования	РД	Использование САПР невозможно
Планы расположения оборудования и проводок	РД	MS «Кабельное хозяйство»
Опросные листы (приборы, блок-боксы, шкафы ПЛК и ШВО)	ПД, РД	AutomatiCS
Общий вид шкафа (ПЛК, ШВО)	РД	MS «Компоновщик шкафов»
Перечень входных сигналов и данных	ПД, РД	AutomatiCS
Перечень выходных сигналов	ПД, РД	AutomatiCS
Ведомости объемов работ	РД	AutomatiCS
Клеммные поля	РД	AutomatiCS
Блок-схема алгоритмов контроля и управления	РД	Использование САПР невозможно
Видеокадры дисплея оператора	РД	Использование САПР невозможно
Таблицы причинно-следственных связей	РД	Использование САПР невозможно
Описание системы управления	РД	Использование САПР невозможно
Пояснительная записка к проекту	ПД	Использование САПР невозможно
Техническое задание на создание автоматизированной системы	ПД	Использование САПР невозможно

Заключение

Как показывает опыт, использование систем автоматизированного проектирования позволяет решить ряд важных задач, таких как:

- исключение субъективной ошибки исполнителя при создании проекта;
- быстрое внесение изменений в проект;
- значительное уменьшение трудозатрат за счет автоматической генерации и возможности быстрой редакции выходных документов;
- повышение качества проекта.

Наиболее целесообразно применять рассмотренную технологию на типовых проектах, для которых характерны: однотипное оборудование, один заказчик, один регион, один подход к проектированию и т. д. Благодаря накоплению информации в базе данных и знаний, разработанных шаблонов документов, графических образов технических средств (фреймов) доля подготовительного этапа в общем процессе проектирования значительно сокращается, что является очень важным фактором в связи со сжатыми сроками проектирования небольших объектов.

Конечно, преимущества использования САПР неоспоримы. Однако процесс построения КСАПР, включающий в себя разные направления проектирования

(строительное, технологическое, электротехническое, АСУТП и т. д.) и поддерживающий все этапы проектирования (от разработки состава проекта до отправки готовой документации заказчику), – задача сложная. При добавлении в цепочку проектирования новых средств автоматизации необходимо анализировать их на возможность интеграции с уже используемыми САПР для обеспечения бесшовной технологии передачи данных из одной системы в другую с целью создания сквозной комплексной автоматизированной системы проектирования. Эффективное использование приобретаемых на рынке средств автоматизации невозможно без адаптации к конкретным технологиям проектирования, оформления и выпуска проектной документации в организации.

Специалисты института на собственном опыте убедились в том, что только при тесном сотрудничестве специалистов отделов АСУТП и ИТ, а также разработчиков САПР можно рассчитывать на успешное внедрение системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Целищев Е.С., Глянцева А.В.* AutomatiCS 2011 – разрабатывать КИПиА просто и эффективно. Часть 1: это действительно САПР // САПР и графика. – 2012. – № 4. – С. 76-81.
2. *Целищев Е.С., Кудряшов И.С., Глянцева А.В.* AutomatiCS 2011 – разрабатывать КИПиА просто и эффективно. Часть 6. Базы данных // САПР и графика. – 2013. – № 3. – С. 58-62.
3. *Целищев Е.С., Кудряшов И.С., Глянцева А.В.* AutomatiCS 2011 – разрабатывать КИПиА просто и эффективно. Часть 3. Адаптация проектных документов // САПР и графика. – 2012. – № 7. – С. 58-62.
4. *Целищев Е.С., Глянцева А.В.* AutomatiCS 2011 – разрабатывать КИПиА просто и эффективно. Часть 4. Выбор характеристик технических средств // САПР и графика. – 2012. – № 11. – С. 63-67.

Статья поступила в редакцию 5 октября 2014 г.

INSTALLATION OF COMPLEX COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEM AT DESIGN INSTITUTE

I.V. Artyushkin

OJSC «Giprovostokneft»
93, Krasnoarmeyskaya St., Samara, 443041, Russian Federation

This paper exemplifies creating and using of a complex computer-aided design (CAD) system at the Automated Process Control Systems (APCS) department of the Ghiprovostokneft OJSC. The order of the project implementation by traditional ways, without using of complex CAD-system is given. Criteria of a choice of CAD system for automation of design department actions are defined. The set of programs for the maximum automation of performance of standard operations is worked out. The algorithm of design by using the CAD system is developed. Methods of interprogram interaction and adaptation of software products to the organizational structure of the APCS department are shown. In the process of making up a set of programs the priority was given to the domestically developed CAD systems which is essential in the conditions of import substitution.

Keywords: *Computer-aided design system, installa, CAD, APCS, design automation.*

I'ya Artyushkin, Engineer.