

# Автоматизация технологического процесса разработки навигационных систем морских судов на основе системы принятия решений

Н.А. Софин,  
асп. каф. АТ ЭТФ, [skkult@yandex.ru](mailto:skkult@yandex.ru)  
ПНИПУ, Пермь

Разработана автоматизированная система управления технологическим процессом производства (далее АСУТП) навигационных систем (далее НС) на базе экспертной системы принятия решений, позволяющая создавать более 21 типа документов. В основе разработанной системы лежат алгоритмы вычисления контента документов, а также алгоритмы управления существующими на предприятиях САПР, такими как Microsoft Office 2016 и AutoCAD 2010.

Система позволила автоматизировать большой объём работы, который ранее выполнялся от 8 месяцев до 1.5 лет. С новым подходом, пользователь тратит время только на разработку основных документов, а остальные вычисляются в ОЗУ компьютера на их основе. Время генерации документов составило от 5 секунд до 10 минут в зависимости от типа документа.

Automated control system of technological production process (hereinafter process control system) navigation systems is developed. The system is based on the database of the expert system decision-making. The system can create more than 21 types of documents. The system is based on algorithms for computing the content of documents and management of existing enterprises CAD software, such as Microsoft Office 2016, and AutoCAD 2010.

The system will automate a large amount of work that was formerly carried out from 8 months to 1.5 years. With the new approach, the user spends time only on the development of key documents, and others are calculated in the RAM of the computer based on them. Time document generation ranged from 5 seconds to 10 minutes depending on document type.

## Введение

Согласно Государственной программе вооружений, до 2020 года на обновление ВМФ России будет потрачено около 4,5 трлн рублей. Обновление ВМФ заключается в модернизации, ремонте, а также в строительстве новых проектов кораблей и различных систем корабля. Одной из таких систем является система навигации, производством и поставкой которых занимается предприятие ПАО «ПНППК» города Перми. Производство навигационной системы делится на 2 этапа:

1. Привязка конструкторских документов (далее КД);
2. Производство навигационных приборов, прибор трансляции и различных репитеров.

Первый этап может длиться от 8 месяцев и более. Второй этап начинается только после окончания первого и его продолжительность может составлять от 3 до 6 месяцев. Общий срок производства зависит от размеров проекта корабля и может достигать до 1.5 лет.

Более подробно суть первого этапа представлена в таблице 1, назначение которой показать состав КД, объём в страницах и САПР, с помощью которого документ разрабатывается.

Таблица 1

Состав КД для НС

Тип документа	Объём	САПР
Схема проекта	1 лист формата А3-А1	AutoCAD 2010
Таблица соединений	От 15 до 50с.	MS Office Word
Перечень элементов	От 1 до 5с.	PDM Search
Спецификация	От 1 до 15с.	PDM Search
Программа и методики заводских ходовых и швартовых испытаний	От 40с.	MS Office Word
Программа и методики государственных испытаний	От 40 до 50с.	MS Office Word
Протоколы информационно-технического сопряжения	От 7 до 50 файлов. Каждый от 3 до 15с.	MS Office Word
Ведомость протоколов	От 4 до 20с.	MS Office Word
Ведомость эксплуатационных документов	От 4 до 20с.	MS Office Word
Ведомость ЗИП	От 15с.	MS Office Word
Руководство по эксплуатации	От 90с.	MS Office Word
Спецификация ЗИП	От 15 до 50с.	PDM Search
Формуляр	От 90с.	MS Office Word
Схема рабочего места для всего проекта	1 лист формата А3-А1	AutoCAD 2010
Технические условия на проект	От 55с.	MS Office Word
Схема рабочего места для транслятора курса ТКЗ	N листов формата А3-А1	AutoCAD 2010
Технические условия для транслятора курса ТКЗ	От 55с.	MS Office Word

Второй этап производства включает в себя следующие пункты:

1. Распайка плат;

2. Монтаж плат в корпусе приборов;
3. Изготовление технологических кабелей;
4. Разработка бортового программного обеспечения;
5. Разработка технологического программного обеспечения;
6. Разработка пультового программного обеспечения;
7. Испытания, по соответствующей методике, каждого прибора в отдельности;
8. Испытания, по соответствующей методике, всей НС целиком.

Оба этапа являются последовательностью взаимосвязанных задач, т.е. технологическим процессом, конечной продукцией которого является комплект КД и комплект приборов. Полученный продукт отправляется на корабль. Затем проводятся монтажные и пуско-наладочные работы, а после чего проводятся испытания по различным методикам. Всё это заканчивается подписанием акта о проведении работ.

### 1. Анализ проблемы и постановка задачи

Сейчас большинство предприятий внедряют у себя в производстве политику QRM (quick response manufacturing) – быстро реагирующее производство. Суть данной политики заключается в том, чтобы быстро реагировать на запросы потребителей, разрабатывать и выпускать продукты, учитывающие эти запросы. В этой концепции повышенное внимание уделяется постоянному сокращению времени, требующегося для выполнения в компании всех видов деятельности, обеспечивая при этом повышение качества, снижение затрат и более быстрое реагирование на изменение ситуации [1].

На сегодняшний день производство НС является не автоматизированным, в связи с чем и возникают длительные сроки. Кроме того, анализ производства показал, что большинство этапов являются взаимосвязанными. Это всегда приводит к тому, что если допустить ошибку на ранних этапах производства, то все зависящие от него этапы придётся переделывать, что в свою очередь приводит к увеличению срока выпуска продукции. Также, в производстве часто возникает ситуация, когда заказчик вносит изменения в техническое задание. Такие изменения обойдутся без значительных трудозатрат в самом начале производства, но, если изменения вносятся, начиная ближе к середине или под конец, то срок выпуска продукции снова затягивается.

Более глубокий анализ показал, что весь перечень КД, а также пункты 4 и 5 второго этапа производства зависят друг от друга. Кроме того, значительная часть документов может быть разработана без участия человека. Данное решение было принято на основе того, что в любом перечне КД серийного производства какого-либо изделия всегда существует основной документ, на основании которого можно вычислить все остальные документы: некоторые чертежи, схемы, и даже исходные коды некоторого программного обеспечения (на счёт ПО, стоит сказать, что такая автоматизация возможна не всегда). В производстве НС таким документов является схема проекта. Но из-за того, что схема проекта разрабатывается в таком САПР как AutoCAD 2010, провести её автоматический анализ и на его основе понять какой контент будет в каждом документе, становится невозможным. В принципе такая задача всегда решалась только человеком. Инженер-конструктор рисовал схему, а на её основе другие инженеры разрабатывали перечень КД. Далее, на рисунке 1, представлена схема зависимости КД от схемы проекта.

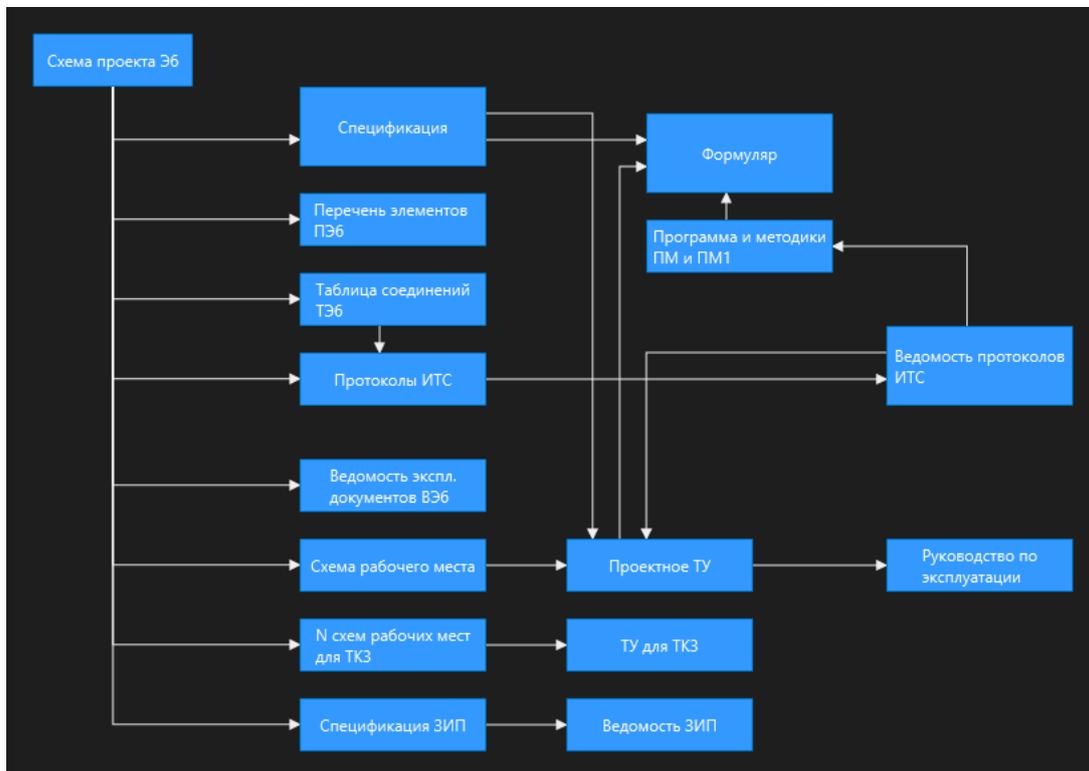


рис. 1 Схема зависимости КД от схемы проекта

Исходя из всего этого можно поставить следующую задачу: т.к. производство НС это технологический процесс, то необходимо разработать АСУТП, которая будет в состоянии проанализировать схему проекта, и затем пройти шаг за шагом через каждый его этап, позволив компании получить конечную продукцию в максимально короткие сроки и в соответствии со всеми требованиями к качеству.

## 2. Структура полученной АСУТП

Схема полученной АСУТП представлена на рисунке 2 и состоит из нескольких блоков, описание которых приведено ниже.



рис. 2 Схема АСУТП по производству НС

Для решения поставленной задачи в первую очередь необходимо заменить AutoCAD 2010 на разработанную систему под названием AT Studio 2015, разработанную на стыке технологий C#/XAML [2], платформа WPF [3] (преимущества данной платформы хорошо отражены в источнике [4]) и Microsoft SQL Server 2012 [5]. Неспособность AutoCAD 2010 к анализу схемы объясняется тем, что он оперирует такими понятиями как точка, линия, окружность, луч, отрезок, прямоугольник и другими графическими примитивами, которые не имеют какого-либо отношения к производству НС.

В этой области необходимо использовать такие понятия как изделие, прибор, разъём, интерфейс, сигнал-контакт, марка кабеля, марка разъёма, аналоговый датчик и информационное сообщение. В рамках данной статьи не будем углубляться в суть данных понятий. Стоит только отметить, что эти понятия нужно было промоделировать, что в принципе уже сделано, а полученные модели интегрированы в АСУТП. В связи с тем, что в данной ситуации АСУТП является программным комплексом, все модели имеют объектно-ориентированное представление [6] и являются классами, разработанными на языке программирования C#. Эти модели являются базовыми конструкторскими единицами, на основе которых пользователь строит схему проекта, после АСУТП её анализирует. На основе анализа синтезируются модели документов.

Как видно из рисунка 2, AT Studio 2015 имеет клиент-серверную архитектуру. На стороне клиента выполняется подготовка технологического процесса, т.е. разработка схемы проекта. А на стороне сервера выполняется проверка модели схемы, и если ошибок нет (на рисунке 2 ошибка обозначена как «е»), то происходит её анализ в блоке «База знаний/СПР» (система принятия решений) и затем происходит генерация зависимых моделей документов. Полученные модели отправляются клиенту, где уже в блоке настройки зависимостей пользователь выбирает какие документы в их конечном представлении (т.е. в виде файлов Word, AutoCAD и т.д.) он желает получить.

Далее начинает работу СУ САПР – система управления соответствующей системой автоматизированного проектирования. Основная идея этого блока состоит в том, что каждый производитель своего САПРа (для MS Office Word это компания Microsoft, а для AutoCAD 2010 это компания Autodesk) снабжает свои продукты специальными библиотеками (.dll), с помощью которых разработчики могут автоматизировать разработку документов, путём подключения этих библиотек к своим программам. Что касается автоматизированной генерации исходного кода, то здесь блок СУ САПР участие не принимает, т.к. исходный код это всего лишь текстовый файл, и для его синтеза IDE не требуется, он может быть получен стандартными средствами по работе с текстовыми файлами языка программирования C#.

Блок АСРЗ – автономная служба решения задач. Это специальная служба, разработанная для рассылки на подписание по электронной почте протоколов информационно-технического сопряжения предприятиям, с которыми и разрабатывался конкретный протокол. Необходимость в данной службе возникла в связи с тем, что таких предприятий как правило от 2 до 6. Учитывая, что на проекте протоколов от 7 до 50 файлов, и каждый из этих протоколов нужно было направить в каждую из этих компаний, предварительно написав сопроводительное письмо, то возникал очень большой объём рутинной работы. Стоит отметить, что подобная работа на других предприятиях, которые также занимаются разработкой НС, выполняется специальным отделом коммуникаций, но в ПАО «ПНППК» эта задача выполнялась инженером-конструктором.

В итоге работы системы получается перечень готовой КД, состоящей из 21 типа документов и набора файлов исходного кода для конкретных приборов НС.

### Выводы

Полученная АСУТП позволила автоматизировать большой объём работы, который ранее выполнялся полностью вручную максимум 1.5 года. Такое большое количество работы имело большую зависимость от человеческого фактора, в то время как новый подход к производству позволил быстро вносить изменения и без особых усилий получать желаемые результаты за короткие сроки. Также стоит отметить, что генерация каждого документа

составляет от 5 секунд до 10 минут в зависимости от его типа и сложности модели, но это время несравнимо мало в сравнении с ручным способом производства.

### Литература

1. Политика QRM [Электронный ресурс] URL: <http://chiefengineer.ru/organizaciya-proizvodstva/management/bystoreagiruyushhee-proizvodstvo/> (дата обращения: 03.12.2017)
2. Бен Ватсон С# 4.0. На примерах. – Санкт-Петербург 2011. 590 с.
3. Мэтью Мак-Дональд – WPF. Windows Presentation Foundation в .NET 4.5 с примерами на С# 5.0 – Москва, Санкт-Петербург Киев 2013, 1015 с.
4. Софин Н.А Модернизация фреймворка на языке С# для разработки программного обеспечения верхнего уровня // ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ТЕОРИЯ, ИНСТРУМЕНТЫ И ПРАКТИКА. Издательство ПНИПУ г. Пермь 2016, с. 150 - 157.
5. Александр Бондарь – Microsoft SQL Server 2012 – Санкт-Петербург 2013, 608 с.
6. Бикулов С. А. Повышение эффективности создания программных компонент САПР машиностроения на базе объектно-ориентированного подхода. -М.: СТАНКИН, 1997