

**О.А. Большаков**

аспирант

E-mail: oleg.bolshakov@schneider-electric.com  
(Институт конструкторско-технологической  
информатики РАН)

**А.В. Рыбаков**

канд. техн. наук, доцент

E-mail: avr48@rambler.ru  
(Московский государственный технологический  
университет «СТАНКИН»)  
Москва, Российская Федерация

## Разработка систем диспетчеризации и управления технологическим процессом на основе прототипа и промежуточного тестирования компонентов разрабатываемой системы

Данная статья посвящена подходу к разработке проектов автоматизации технологических процессов, позволяющему значительно сократить время разработки проекта и снизить его стоимость. В основе предлагаемого авторами данной статьи подхода лежат два основных принципа: применение прототипа разрабатываемой системы и промежуточного тестирования.

**Ключевые слова:** прототип; разработка; тестирование; моделирование; технологический процесс; автоматизация.

**O.A. Bolshakov**

Postgraduate Student

E-mail: oleg.bolshakov@schneider-electric.com  
(Institute of Design and Technology Informatics RAS)

**A.V. Rybakov**

Cand. of Techn. Sciences, Associate Professor

E-mail: avr48@rambler.ru  
(Moscow State Technological University «STANKIN»)  
Moscow, Russian Federation

## Developing Dispatching Systems and Process Control Based on the Prototype and Testing of Intermediate Components of the Developed System

This article focuses on the approach to the drafting process automation, which allows to significantly reduce development time and lower its cost. The proposed approach, the authors of this article is based on two basic principles: the use of a prototype system developed and intermediate testing.

**Keywords:** prototype; development; testing; modeling; technological process; automation.

### Введение

При подготовке проектов автоматизации существующих технологических процессов (ТП) их инженерная часть, как правило, состоит из следующих частей:

- конструкторская (модернизация оборудования технологического процесса);
- аппаратная (проектирование шкафов управления, аварийных систем, промышленных сетей связи; подбор датчиков, исполнительных механизмов, различных устройств сбора данных процесса, программируемого логического контроллера (ПЛК) и его конфигурации);
- программная (разработка программ ПЛК для управления ТП и SCADA- системы в соответствии с техническим заданием).

Данная статья посвящена программной составляющей проектов автоматизации ТП.

### Актуальность

Главная задача инженера-программиста АСУТП состоит в том, чтобы грамотно, правильно и в срок разработать проект автоматизации инженерной системы. Продуктом его работы являются программные коды и документация на конечный программный продукт, но их создание – не самоцель. Цель инженера-программиста – создать именно такую систему, какую себе представляет ее заказчик. В связи с этим, наиболее важным моментом, значительно влияющим на стоимость проекта автоматизации ТП, является согласованность принятых проектных решений с заказчиком. Добиться такой согласованности весьма сложно по нескольким причинам:

- разработчик ПО реализует систему в соответствии со своим пониманием технического задания (ТЗ).

Этап перехода от технического задания к исходному программному коду полностью зависит от профессионализма инженера-программиста и его знаний предметной области. Как следствие, при подготовке к пусконаладочным работам выявляются ошибки, цена исправления которых многократно возрастает с приближением срока завершения работ;

- так как у инженера-программиста нет доступа к реальному ТП в процессе разработки ПО, поведение реализованной системы в процессе пусконаладочных работ может существенно отличаться от ожидаемого;

- если разработчик ПО на свое усмотрение внесет функциональное изменение с целью эффективности выполнения алгоритмов управления ТП, будет ли система все еще соответствовать требованиям реализации и устроит ли она заказчика?

Еще одна проблема, с которой сталкиваются компании, разрабатывающие системы автоматизации ТП, – это сложность предметной области. Часто инженеры-программисты имеют только поверхностные знания о ТП и реализуют функциональности системы с ошибками или идейно неверно, а новых сотрудников вообще приходится обучать несколько месяцев, пока они не смогут разрабатывать проекты самостоятельно.

## Моделирование вместо программирования

Программная часть процесса разработки автоматизированных систем управления ТП (АСУТП) состоит из разработки программ ПЛК и создания SCADA-системы. Как правило, ведущие мировые производители ПЛК, такие как: *Schneider Electric* (контроллеры серии Modicon M340, Premium, Quantum), *Siemens* (контроллеры серии S-300, S-400), *Rockwell Automation* (контроллеры серии MicroLogix, SLC500 и др.) предоставляют собственные программные пакеты для разработки ПО, такие как: Unity Pro XL, STEP 7, RSLogic соответственно. Поэтому, помимо знания стандарта международной электротехнической комиссии (IEC 61131-3) [1], описывающего пять языков программирования ПЛК («*Диаграмма цепей*» (LD), «*Диаграмма функциональных блоков*» (FBD), «*Схема последовательных функций*» (SFC)), «*Список команд*» (IL), «*Структурированный текст*» (ST)), необходимы знания специализированных программных пакетов и применяемых SCADA-систем.

Российские инжиниринговые фирмы, как правило, продают уже готовые системы управления ТП или с возможностью незначительной модификации, тогда как западные компании ориентированы на клиента. Это значит, что должна быть команда, которая разрабатывает ПО согласно индивидуальным требованиям Заказчика. Поэтому в процессе разработки АСУТП участвуют не только инженеры-программисты. На рисунке 1 представлены взаимосвязи участников процесса разработки ПО для автоматизации ТП.

Оператор ТП формирует требования к интерфейсу и функциональности системы управления (СУ) ТП;

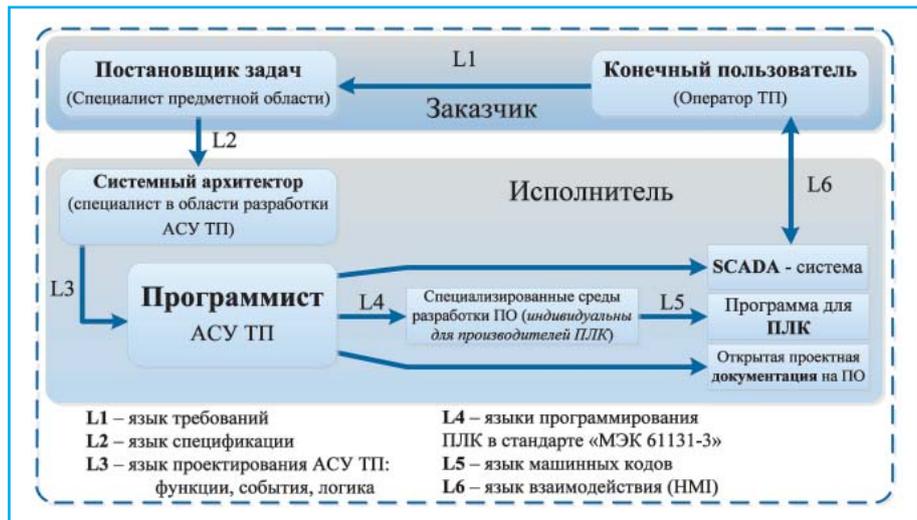


Рис. 1. Компонентная схема процесса разработки ПО для автоматизации ТП

специалист предметной области на языке спецификации формализует задачи для системного архитектора, который, в свою очередь, разрабатывает техническое решение и передает его на реализацию инженеру-программисту АСУТП. Ниже на рисунке 2 приведена

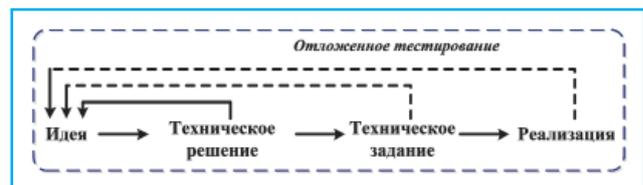


Рис. 2. Традиционная схема процесса разработки ПО для АСУТП

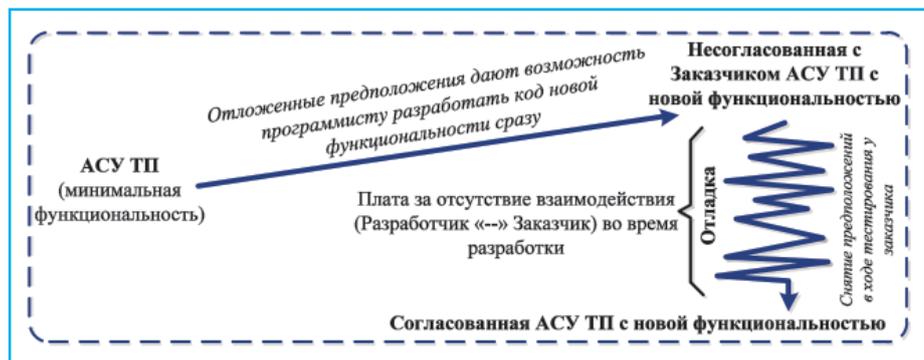


Рис. 3. Влияние разобщенности участников проекта автоматизации ТП

традиционная схема процесса разработки ПО для АСУТП, в основе которого лежит «Отложенное тестирование» разрабатываемой системы в процессе пусконаладочных работ на объекте Заказчика.

Описанные выше проблемы возникают при работе именно по такой схеме, когда в СУ накапливаются ошибки, и она не соответствует ожиданиям Заказчика (рис. 3).

Данная схема эффективна при небольших проектах [2] (под термином «эффективность разработки ПО» понимается отношение показателей качества программного продукта к затраченному времени и стоимости его разработки). Однако, при больших и сложных проектах, длящихся не один год и построенных на ПЛК и SCADA-системах разных производителей, этих возможностей уже недостаточно для эффективной разработки ПО.

Авторы данной статьи предлагают добавить в традиционную схему разработки ПО для АСУТП прототип и промежуточное тестирование компонентов (функциональностей СУ) [3]. Прототип СУ позволяет привлечь Заказчика к самым ранним стадиям разработки проекта, а промежуточное тестирование – понять требуемую функциональность и оптимизировать ее. Также предлагается использовать базу знаний проектов АСУТП. База знаний позволяет накапливать опыт реализованных проектов и использовать единожды созданные функциональности СУ в новых проектах, что значительно экономит время при разработке типовых проектов. На рисунке 4 представлена схема, предлагаемой авторами данной статьи, методики.

Идея предлагаемой методики и основное отличие от традиционной схемы – это моделирование разрабатываемой системы совместно с Заказчиком и тестирование функциональностей будущей АСУТП до пусконаладочных работ на реальном объекте. Таким образом решается проблема разобщенности участников проекта, а результат взаимодействия «Разработчик – Заказчик» есть согласованная СУТП (рис. 5).

## Средства моделирования

Для поддержки взаимодействия «Разработчик – Заказчик» и создания прототипа СУТП предлагается

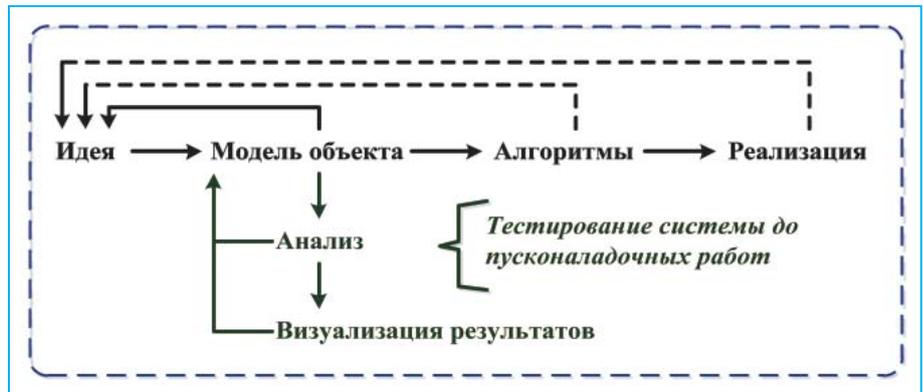


Рис. 4. Разработка ПО для АСУТП на основе прототипа и промежуточного тестирования

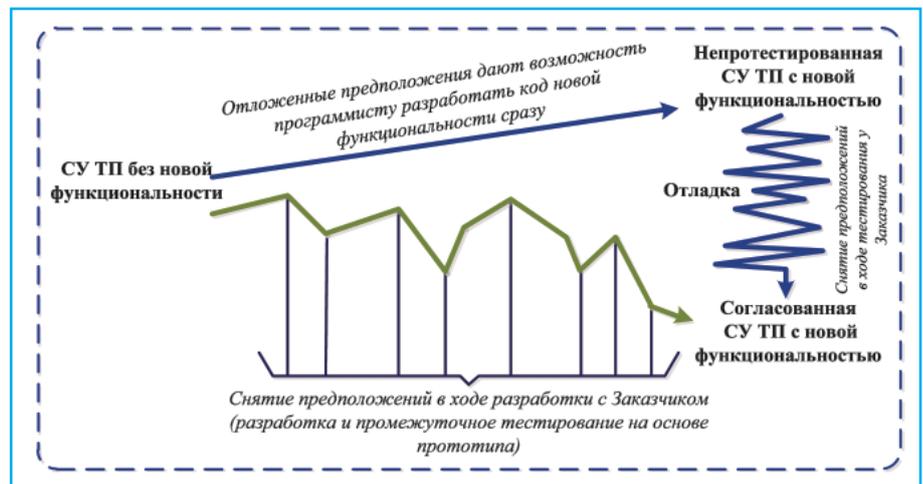


Рис. 5. Влияние взаимодействия «Разработчик – Заказчик» в проектах автоматизации ТП



Рис. 6. Разработка СУТП на основе прототипа и промежуточного тестирования

использовать единую информационную среду (ЕИС) разработки проектов автоматизации ТП. Механизм работы ЕИС состоит из «статической» и «динамической» частей. «Статическая» часть – это нормативная документация на разработку всего класса СУТП и сам ТП, а «динамическая» часть – создание и работа с уникальным прототипом разрабатываемой СУТП (рис. 6).

ЕИС состоит из входных данных, конфигуратора и выходных данных. Входные данные в ЕИС формируются в программах, которыми на сегодняшний день владеет почти каждый. Это графический редактор *Microsoft Visio* [4] и электронная таблица *Excel* [5]. В графическом редакторе на основе концепции автоматного программирования [6] строятся модели программ управления ТП, а также модели НМИ. В таблицах *Excel* содержатся описание сигналов и измерений СУТП. Входные данные поступают в конфигуратор, который автоматически верифицирует входные данные (модели) по заранее определенным тестам и генерирует исходные коды программы ПЛК, НМИ и открытую проектную документацию на программный продукт [7]. Поток данных ЕИС изображен на рис. 7.

Посредством графических моделей и электронных таблиц Заказчик может принимать участие в разработке проекта автоматизации ТП. Как следствие, графическое отображение состояний ТП и функциональности СУ согласуются и тестируются на ранних этапах разработки проекта. Мнемосхемы, исходные коды программ ПЛК, документация – это продукт «механической» обработки данных, созданных в результате совместной работы Разработчика и Заказчика на ранних этапах разработки проекта.

**Заключение**

С внедрением ЕИС в процесс разработки проектов автоматизации ТП за счет единой базы данных проекта в виде графических моделей обеспечивается полное и

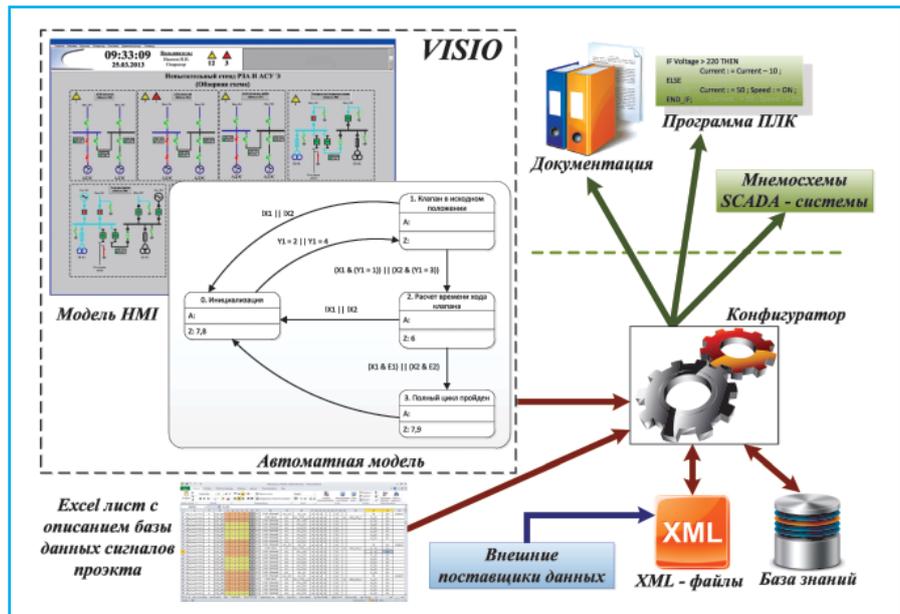


Рис. 7. Поток данных единой информационной среды

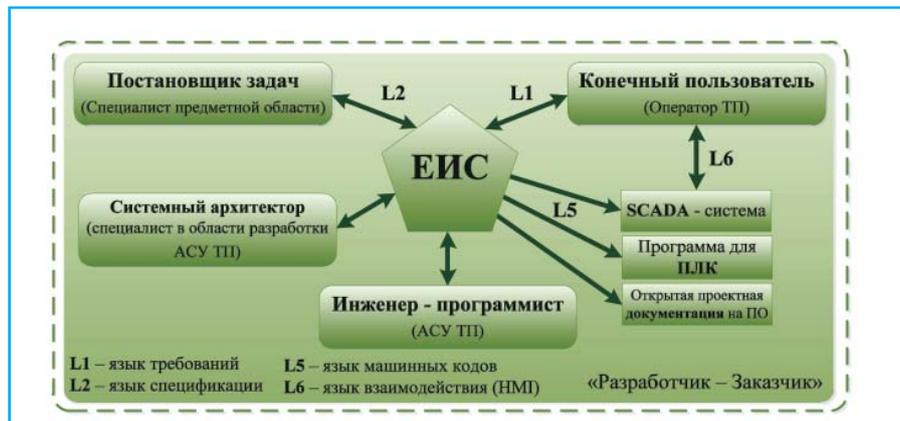


Рис. 8. Предлагаемая компонентная схема процесса разработки ПО для автоматизации ТП на основе ЕИС

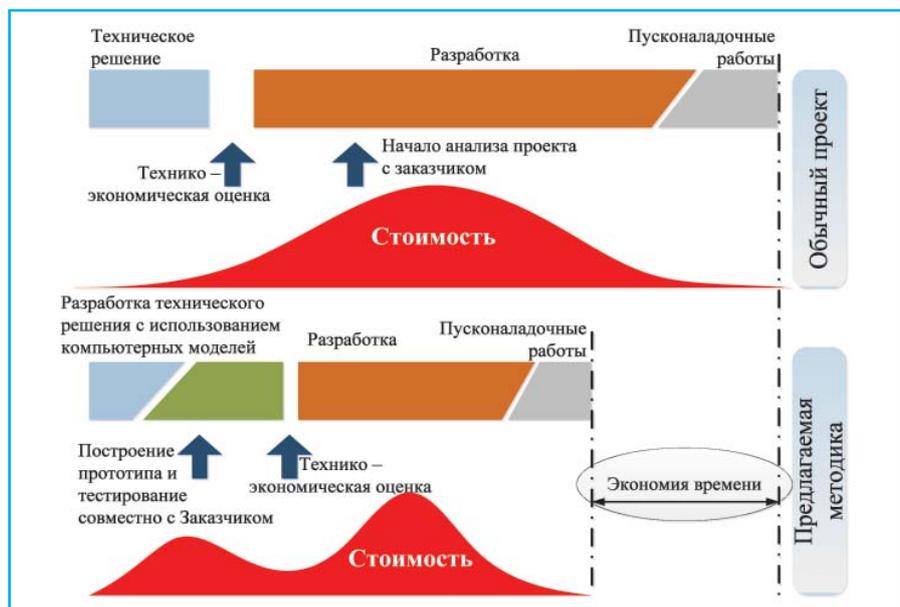


Рис. 9. Экономический эффект от применения предлагаемой методики

однозначное взаимопонимание между всеми участниками проекта (рис. 8).

Графические модели значительно проще для понимания, чем программный код, а их описание в виде XML-файлов легко поддается тестированию, трансформациям с целью оптимизации и генерации исходных кодов на целевом языке программирования.

«Визуальная» разработка проектов автоматизации ТП значительно упрощает подготовку новых кадров, так как позволяет сконцентрироваться на предметной области, игнорируя детали реализации. В данном случае реализация – это на 80 % автоматический процесс, выполняемый конфигуратором и на 20 % выполняемый вручную.

Предлагаемая авторами данной статьи методика разработки проектов автоматизации ТП на основе прототипа и промежуточного тестирования активно применяется в компании **Schneider Electric** [8] (*признанный мировой лидер в области распределения электроэнергии и автоматизации*) и оказывает положительный экономический эффект при увеличении количества проектов и их сложности (рис. 9).

## Список литературы

1. IEC 61131-3 Programming Methodology: Software Engineering Methods for Industrial Automated Systems. First edition. 2003.
2. Большаков О.А., Рыбаков А.В. Автоматное моделирование систем автоматизации с реализацией на ПЛК // *Автоматизация в промышленности*. 2013, № 10.
3. Рыбаков А.В., Евдокимов С.А., Мелешина Г.А. *Создание автоматизированных систем в машиностроении*. М.: изд-во МГТУ «Станкин». 2001, 157 с.
4. *Microsoft Corporation*. Microsoft Visio Professional 2013.
5. *Microsoft Corporation*. Microsoft Excel 2013.
6. Поликарпова Н.И., Шальто А.А. *Автоматное программирование*. Второе издание. Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий механики и оптики. 2011.

7. Национальный Исследовательский Университет Информационных технологий, механики и оптики. Кафедра «Технологии программирования». *Электронный ресурс*: [http://is.ifmo.ru/works/open\\_doc/](http://is.ifmo.ru/works/open_doc/)
8. Официальный сайт компании Schneider Electric. *Электронный ресурс*: <http://www.schneider-electric.com/>

## References

1. IEC 61131-3 Programming Methodology: Software Engineering Methods for Industrial Automated Systems. First edition. 2003.
2. Bolshakov O.A., Rybakov A.V. Avtomatnoe modelirovanie sistem avtomatizatsii s realizatsiey na PLK [Automatic modeling of automation systems with the implementation of the PLC]. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti* [Industrial Automation]. 2013, no. 10.
3. Rybakov A.V., Yevdokimov S.A., Meleshina G.A. *Sozdanie avtomatizirovannykh sistem v mashinostroenii* [Creation of automated systems in mechanical engineering]. M.: izd-vo MG TU «Stankin» [Moscow: Publishing House of Moscow State Technical University «STANKIN»]. 2001, 157 p.
4. *Microsoft Corporation*. Microsoft Visio Professional 2013.
5. *Microsoft Corporation*. Microsoft Excel 2013.
6. Polikarpova N.I., Shalyto A.A. *Avtomatnoe programmirovaniye*. Vtoroe izdaniye [Machine Programming. Second edition]. Sankt-Peterburg: Izd-vo Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta informatsionnykh tekhnologiy mekhaniki i optiki [St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics]. 2011.
7. Natsionalnyy Issledovatel'skiy Universitet Informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki. Kafedra «Tekhnologii programmirovaniya» [National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics. Department «Programming Technologies»]. *Available at*: [http://is.ifmo.ru/works/open\\_doc/](http://is.ifmo.ru/works/open_doc/)
8. Ofitsialnyy sayt kompanii Schneider Electric [Official site of Schneider Electric]. *Available at*: <http://www.schneider-electric.com/>

## Информация об авторах

**Большаков Олег Андреевич**, инженер-программист отдела по разработке и реализации решений для интеллектуальных сетей Schneider Electric в России, аспирант Института конструкторско-технологической информатики РАН 127055, г. Москва, Российская Федерация, Вадковский переулок, д 18, корпус 1А

E-mail: [oleg.bolshakov@schneider-electric.com](mailto:oleg.bolshakov@schneider-electric.com)

**Рыбаков Анатолий Викторович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматизированные системы обработки информации и управления»

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

127994, г. Москва, Российская Федерация, Вадковский переулок, д. 1

E-mail: [avr48@rambler.ru](mailto:avr48@rambler.ru)

## Information about the authors

**Bolshakov Oleg Andreevich**, Software Engineer Department to develop and implement solutions for intelligent networks Schneider Electric in Russia, Post-graduate Institute of design and technological Informatics RAS

127055, Moscow, Russian Federation, Vadkovsky lane, 18, Building 1A

**Rybakov Anatoliy Viktorovich**, Cand. of Techn. Sciences, Associate Professor of the Department «Automated Information Processing and Management»

Moscow State Technological University «STANKIN»

127994, Moscow, Russian Federation, Vadkovsky Lane, 1

E-mail: [avr48@rambler.ru](mailto:avr48@rambler.ru)