

ISSN 2306-1561

**Automation and Control in Technical Systems (ACTS)**

2014, No 2, pp. 140-147.

DOI: 10.12731/2306-1561-2014-2-14

---



## **Analysis of the influence nonlinearities in ACS for thermoelectric object**

**Nikolaev Andrey Borisovich**

Russian Federation, Honoris Causa, Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Faculty «Control Systems».

Moscow Automobile & Road construction State Technical University, 125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky prospekt, 64. Tel.: +7 (499) 151-64-12. <http://www.madi.ru>

[nikolaev.madi@mail.ru](mailto:nikolaev.madi@mail.ru)

**Ni Zaw**

Republic of the Union of Myanmar, Postgraduate Student, Department of «Automated Control Systems».

State Technical University - MADI, 125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky prospekt, 64. Tel.: +7 (499) 151-64-12. <http://www.madi.ru>

[nizaw.miet@gmail.com](mailto:nizaw.miet@gmail.com)

**Abstract.** The article describes that, the dynamics automatic control system (ACS) for thermoelectric object of his influence nonlinearities system with the various laws of regulation. As a result of computer simulation shows that the estimates of stability and quality of transient response ACS for thermoelectric object.

**Keywords:** nonlinearity ACS, thermoelectric object, the theory of automatic control (TAU), temperature regulation system, stability.

---

ISSN 2306-1561

**Автоматизация и управление в технических системах (АУТС)**

2014. – №2. – С. 140-147.

DOI: 10.12731/2306-1561-2014-2-14

---



**УДК 681.51.01**

## **Анализ влияния нелинейностей на качество САУ термoeлектрическим объектом**

**Николаев Андрей Борисович**

Российская Федерация, Лауреат премии правительства РФ, Заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, декан факультета «Управление».

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 125319, Российская Федерация, г. Москва, Ленинградский проспект, д.64, Тел.: +7 (499) 151-64-12, <http://www.madi.ru>

[nikolaev.madi@mail.ru](mailto:nikolaev.madi@mail.ru)

**Ни Зо**

Республика Союза Мьянма, аспирант кафедры «Автоматизированные системы управления».

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 125319, Российская Федерация, г. Москва, Ленинградский проспект, д.64, Тел.: +7 (499) 151-64-12, <http://www.madi.ru>

[nizaw.miet@gmail.com](mailto:nizaw.miet@gmail.com)

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы исследования динамики САУ термoeлектрического объекта с учетом влияния нелинейности на качество устойчивости с различными законами регулирования. Приводятся результаты компьютерного моделирования. В результате компьютерное моделирование показало, что оценки запасов устойчивости САУ.

**Ключевые слова:** нелинейность САУ, термoeлектрический объект, теория автоматического управления (ТАУ), система регулирования температуры, устойчивость.

### **1. Введение**

В настоящее время трудно себе представить область деятельности человека, где бы ни приходилось сталкиваться с температурными процессами. Температурные технологии объединяют в себе способы и средства измерения температуры, методы регулирования температуры, приборы и оборудование, реализующие эти методы, системы управления температурными процессами. Термoeлектричество, в последние годы, становится наиболее активно развивающейся областью электроники.

Преимущества, а также расширение сферы применения термоэлектрического способа в микроэлектронике, привлекают к нему все больший интерес [1,2]. В настоящей работе проводится исследование системы автоматического управления термоэлектрическим объектом с учетом влияния нелинейности на качество системы.

## 2. Математическое описание объекта управления

Для анализа и синтеза САУ желательно иметь математическое описание объекта управления (ОУ) [1 – 16]. В данной работе для идентификации объекта управления используется метод временной характеристики реакции объекта на скачкообразный входной сигнал  $I(t)$ . Математическое описание термоэлектрического объекта управления в виде передаточной функции получено в результате идентификации по экспериментальной временной характеристике  $h(t)$  термоэлектрического объекта [4,5]:

$$W_O(p) = K_O / T_O \cdot p + 1,$$

где  $K_O = 10,3 \text{ K/B}$  – коэффициент передачи объекта управления,  $T_O = 960 \text{ с}$  – постоянная времени объекта.

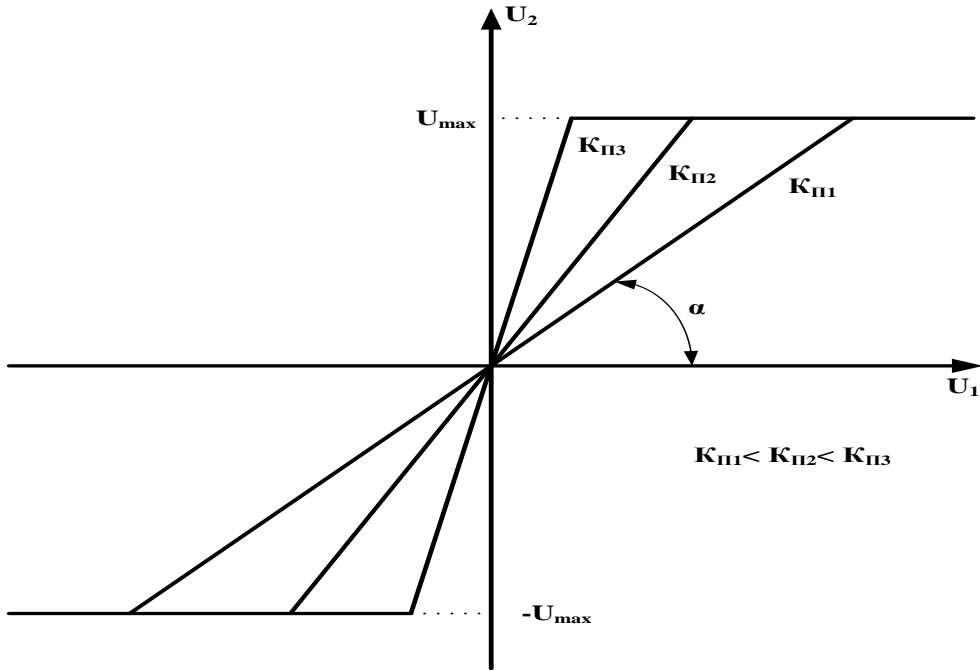
Обработка исходных данных эксперимента проводилась с помощью MS Excel.

## 3. Расчёт влияния нелинейностей на качество САУ

К нелинейным системам относят все системы, которые не могут быть описаны линейными дифференциальными уравнениями. Множество нелинейных систем настолько широко и многообразно, что практически нельзя говорить о едином классе нелинейных систем, противостоящем классу линейных систем [3]. Нелинейный элемент является безинерционным, и его входная  $x$  и выходная  $y$  величины связаны между собой нелинейными алгебраическими уравнениями. Таким образом, нелинейность рассматриваемых систем обусловлена нелинейностью статической характеристики ее элементов.

Как было отмечено ранее, выходной сигнал устройства управления (или регулятора) формируется согласно заложенному в устройство управления (УУ) закону управления. Далее сигнал преобразуется соответственно передаточным функциям блоков [5]. На рисунке 1 представлена характеристика пропорционального звена с учетом нелинейности типа “насыщения” или “ограничения” при различных значениях коэффициента передачи КП.

Влияние подобной нелинейности на вид переходного процесса системы автоматического управления (САУ) термическим оборудованием было проанализировано с помощью пакета Matlab-simulink.

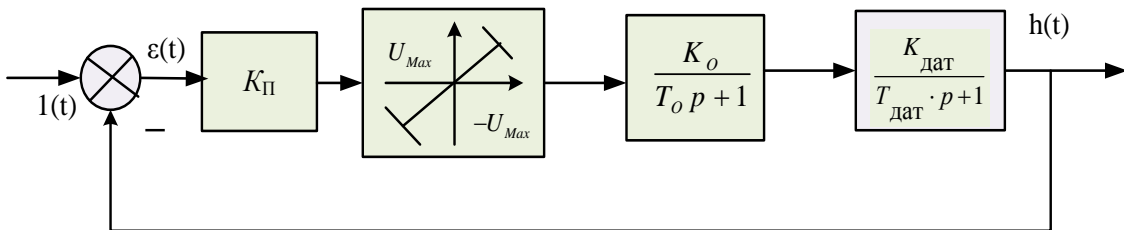


**Рисунок 1 – Статическая характеристика усилителя с учетом нелинейности типа насыщения**

Такая характеристика может быть описана аналитически выражением:

$$U_2 = \begin{cases} K_{\Pi} \cdot U_1 & ; \text{при } |U_1| < U_{\max}/K_{\Pi} \\ U_{\max} \cdot \text{Sign}(U_1) & ; \text{при } |U_1| \geq U_{\max}/K_{\Pi} \end{cases}$$

Структурная схема САУ с  $\Pi$  – регулятором с учетом нелинейности приведена на рисунке 2. Соответствующая схема компьютерного моделирования представлена на рисунке 3. В таблице 1 и рисунке 4 приведены показатели качества, полученные в результате расчета переходной характеристики в САУ с  $\Pi$ –регулятором с учетом нелинейности типа насыщения при различных значениях  $U_{\max}$ .



**Рисунок 2 – Математическая структурная схема непрерывной САУ термическим оборудованием с учетом нелинейности с  $\Pi$  – регулятором**

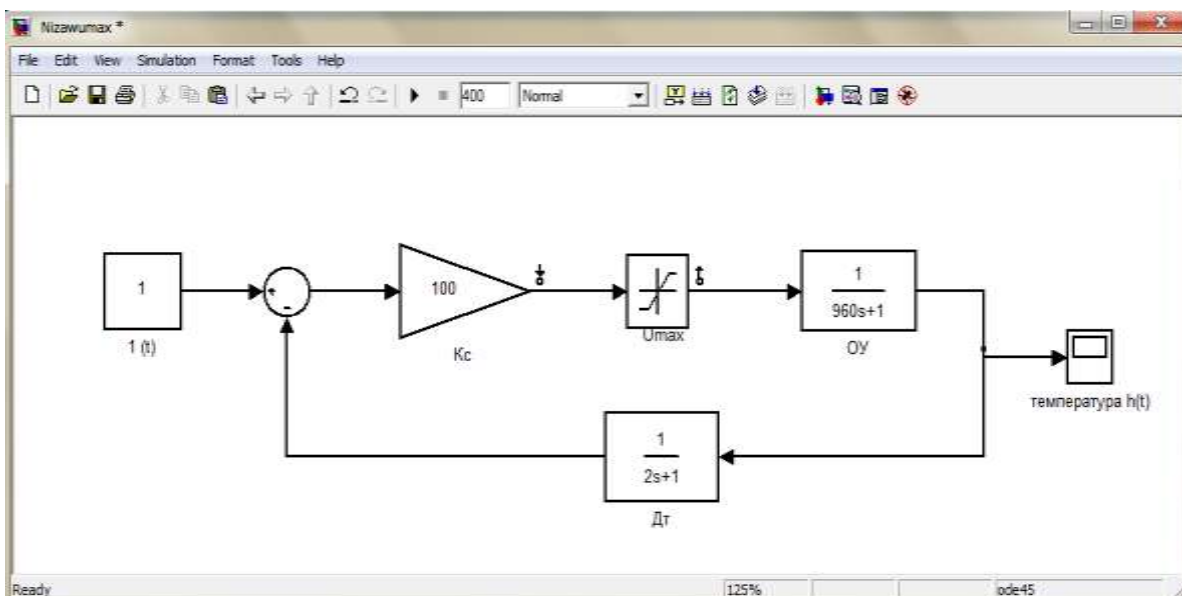


Рисунок 3 – Схема моделирования системы управления термическим оборудованием с учетом нелинейности с П – регулятором.

Таблица 1 - Показатели качества САУ с П-регулятором при различных значениях  $U_{max}$

	$\pm 100$	$\pm 50$	$\pm 25$
$t_p, c$	27	65	137
$\sigma, \%$	0	0	0
$\epsilon_{уст}$	0,01	0,01	0,01

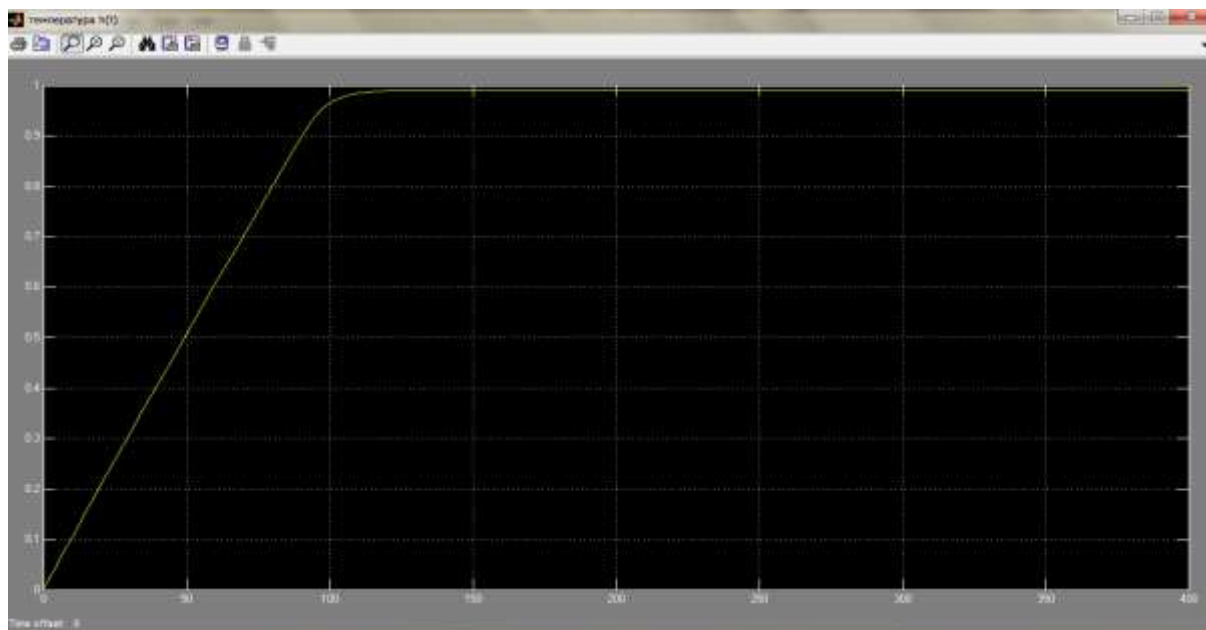
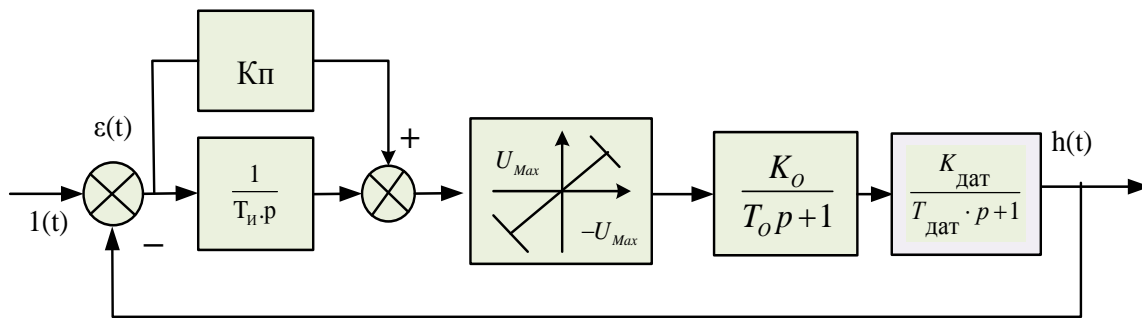


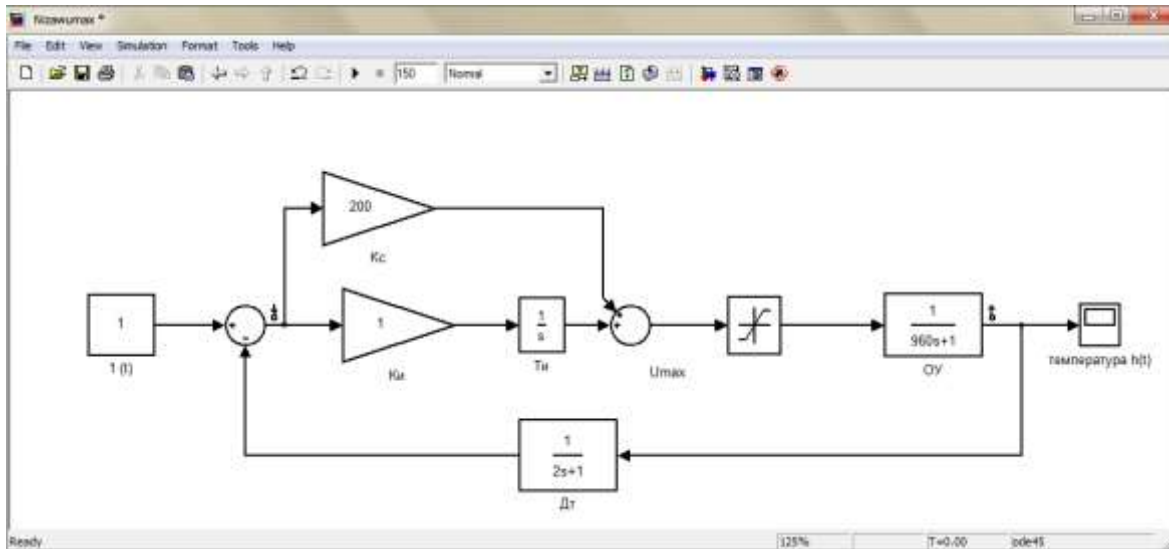
Рисунок 4 – Показатели качества САУ с П-регулятором при учете нелинейности

Кривая переходного процесса в системе с учетом нелинейности свидетельствует о том, что показатели качества системы изменились. Например, для линейной САУ с показателями  $K_C = 100$ ,  $T_{Дат} = 2$  с,  $T_O = 960$  с, при  $U_{max} = \pm 50$  показатели качества следующие: быстродействие ухудшилось  $t_p = 65$  с, но величина перерегулирования  $\sigma$  и ошибка  $\varepsilon_{уст}$  не изменились (см.таблицу 1).

Далее, рассмотрим структурную схему САУ с **ПИ** – регулятором при учете нелинейности приведена на рисунке 5. Соответствующая схема компьютерного моделирования представлена на рисунке 6. В таблице 2 и рисунке 7 приведены показатели качества, полученные в результате расчета переходной характеристики в САУ с **ПИ**–регулятором с учетом нелинейности типа насыщения при различных значениях  $U_{max}$ .



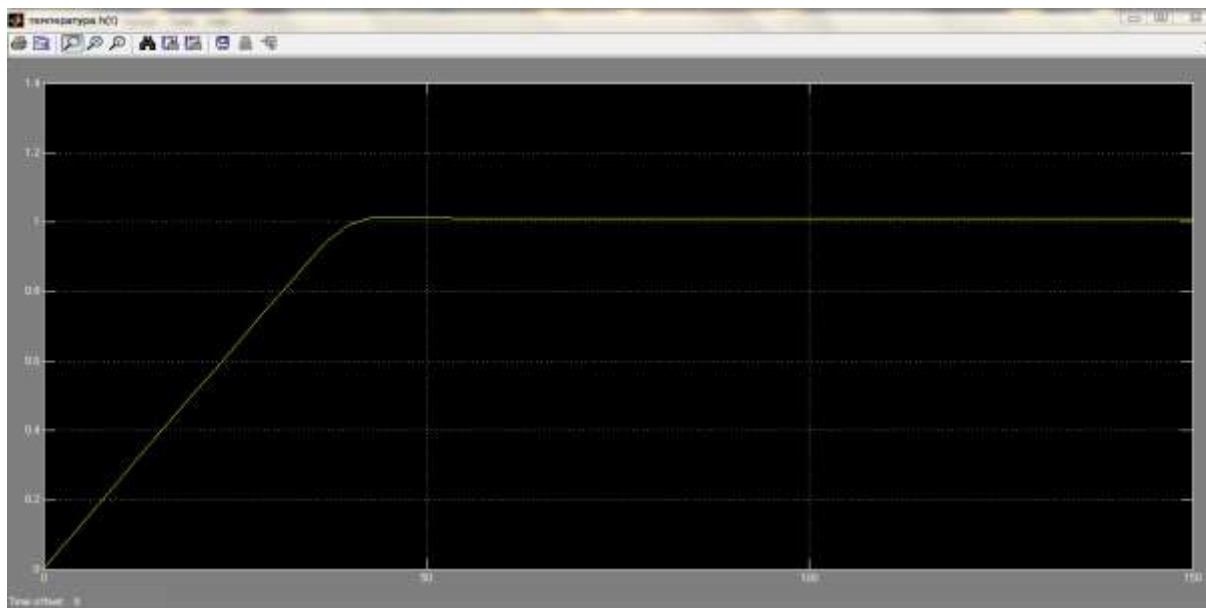
**Рисунок 5 – Математическая структурная схема непрерывной САУ термическим оборудованием с учетом нелинейности с ПИ – регулятором**



**Рисунок 6 – Схема моделирования системы управления термическим оборудованием с учетом нелинейности с ПИ – регулятором**

**Таблица 2 - Показатели качества САУ с ПИ-регулятором при различных значениях  $U_{max}$ .**

	$\pm 100$	$\pm 50$	$\pm 25$
$t_p, c$	15	17	21
$\sigma, \%$	0	3,87	5
$\epsilon_{уст}$	0	0	0



**Рисунок 7 – Показатели качества САУ с ПИ-регулятором при учете нелинейности**

#### **4. Заключение**

При учете нелинейности в САУ с ПИ – регулятором показатели быстродействия улучшаются, тогда как показатели колебательности ухудшаются. Особенно сильно улучшается быстродействие (время регулирования  $t_p$  уменьшается на порядок). Таким образом, если режим работы САУ таков, что нелинейность отдельных ее блоков оказывает влияние на качество управления, необходимо предварительно провести анализ этого влияния и сделать рекомендации по выбору параметров.

#### **Список информационных источников**

- [1] Пилипенко В.А. Быстрые термообработки в технологии СБИС. Мн.: Изд. центр БГУ. – 2004. - С. 240.
- [2] Ни 3. Использование нечетких регуляторов в системах управления технологическими процессами при производстве полупроводниковых микросхем // Автоматизация и управление в технических системах. – 2012. – № 2. – С. 22-28. URL: auts.esrae.ru/2-18 (дата обращения: 22.12.2013).

- [3] Ни З., Николаев А.Б. Моделирование полупроводниковых микросхем с использованием термоэлектрического способа // Автоматизация и управление в технических системах. – 2012. – № 2. – С. 28-38. URL: auts.esrae.ru/2-19 (дата обращения: 22.12.2013).
- [4] Николаев А.Б., Ни З. Исследование системы автоматического управления термоэлектрическим объектом // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 4.1. – С. 113-120. DOI: 10.12731/2306-1561-2013-4-18.
- [5] Николаев А.Б., Ни З. Моделирование процессов распространения тепла в термоэлектрических материалах // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 1.1. – С. 3-13. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-1-1.
- [6] Николаев А.Б., Ни З. Исследование устойчивости и качества системы автоматического управления термоэлектрическим объектом с помощью частотного метода // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 1.2. – С. 61-69. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-1-19.
- [7] Теория автоматического управления. / Под редакцией А.А. Воронова: в 2-х ч. - М.: Высшая школа, 1986. Ч.1: Теория линейных систем автоматического управления. - 367 с.
- [8] Остроух А.В. Основы построения систем искусственного интеллекта для промышленных и строительных предприятий: монография / А.В. Остроух. – М.: ООО «Техполиграфцентр», 2008. – 280 с. – ISBN 978-5-94385-033-2.
- [9] Остроух А.В. Информационные технологии в научной и производственной деятельности / [ред. А.В. Остроух] - М: ООО "Техполиграфцентр", 2011. - 240 с. - ISBN 978-5-94385-056-1.
- [10] Остроух А.В. Ввод и обработка цифровой информации: учебник для нач. проф. образования / А.В. Остроух. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 288 с. - ISBN 978-5-7695-9457-1.
- [11] Остроух А.В. Исследование начального периода моделирования на точность среднеинтегральной оценки имитационных моделей / А.В. Остроух, А.А. Солнцев, Н.В. Солдатов, К.А. Новицкий, П.С. Якунин // Вестник МАДИ. – 2010. – Вып. 2(21). - С. 61-65.
- [12] Остроух А.В. Системы искусственного интеллекта в промышленности, робототехнике и транспортном комплексе: монография / А.В. Остроух – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2013. – 326 с. – ISBN 978-5-906314-10-9.
- [13] Остроух А.В., Тянь Ю. Современные методы и подходы к построению систем управления производственно-технологической деятельностью промышленных предприятий // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 1(3). – С. 29-31.
- [14] Остроух А.В. Интеграция компонентов системы мониторинга / А.В. Остроух, Юань Тянь // Молодой ученый. – Чита: ООО «Издательство Молодой ученый», 2013. - №10. - С. 182-185.
- [15] Остроух А.В., Николаев А.Б., Сальный А.Г., Кухаренко В.Н. Общие принципы построения SCADA-систем // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 2(4). – С. 8-12.
- [16] Тянь Ю., Нгуен Д.Т., Чаудхари Р.Р., Остроух А.В. Автоматизированная система мониторинга производственно – технологической и организационно – экономической деятельности промышленного предприятия // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 1.2 (9). – С. 16-31. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-1-16.