

УДК 681.5: 622.279

**ОБЗОР СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ  
АВО СЫРОГО ГАЗА****Сулейменов Талгат Маратович**  
магистрант**Сибгатуллин Ильнур Илдарович**  
магистрант**Щербинин Сергей Валерьевич**  
кандидат технических наук

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа

**Аннотация.** Статья посвящена обзору и сравнению систем автоматического управления аппаратами воздушного охлаждения газа, целью данной статьи является выбор наиболее оптимальной САУ путем отбора с помощью критериев.

**Ключевые слова:** АВО, охлаждение газа, регулирование температуры.

---

**OVERVIEW OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS  
OF AIR COOLING DEVICE OF RAW GAS****Suleimenov Talgat Maratovich**  
undergraduate**Sibgatullin Ilnur Ildarovich**  
undergraduate**Scherbinin Sergey Valer'evich**  
candidate of technical sciences

Ufa state petroleum technological university, Ufa

**Abstract.** Article is devoted to the review and comparison of systems of automatic control of gas air coolers, the purpose of this article is the choice of the most optimum automatic control system by selection by means of criteria.

**Keywords:** air cooling device, gas cooling, thermostatic control.

Задача поддержания стабильной температуры продукта в производственном цикле актуальна для многих производств. При добыче и транспортировке газа необходимо его охлаждение после компримирования (сжатия) до определенной температуры, что влияет на расход прокачиваемого газа и уменьшает износ оборудования, изоляционного покрытия газопровода. Поэтому для уменьшения температуры газа применяются аппараты воздушного охлаждения сырого газа. Точность регулирования продукта на выходе АВО требуется в пределах 1-2 °С. Соответственно появляются вопросы, связанные со скоростью управления, минимизацией энергозатрат и обеспечением необходимой точности регулирования. Таким образом, актуальной задачей является обзор программно-технических решений, предназначенных для управления АВО газа.

Представленные ниже технические решения являются результатом опыта различных компании, таких как «Прософт-Системы», «БОРХИМ-МАШ», НПО «КАСКАД ГРУП», «ЗАО "Энерпром-Электроникс"», по разработке и внедрению систем автоматического управления аппаратами воздушного охлаждения (САУ АВО) природного газа.

Применение АВО в условиях крайнего севера затруднено возникновением гидратов, так как газ поступает сырой неосушенный. Следовательно, САУ должна иметь возможность защитить аппарат от гидратообразования. Это будет основным критерием отбора системы для работы в условиях крайнего севера.

В зависимости от проекта, типов аппаратов и требований заказчика САУ АВО могут выполнять различные функции.

Ниже приведен полный перечень функций, реализуемых в системах управления аппаратами воздушного охлаждения:

- 1) автоматическое поддержание температуры продукта на выходе блока АВО;
- 2) защита АВО от гидратообразования;

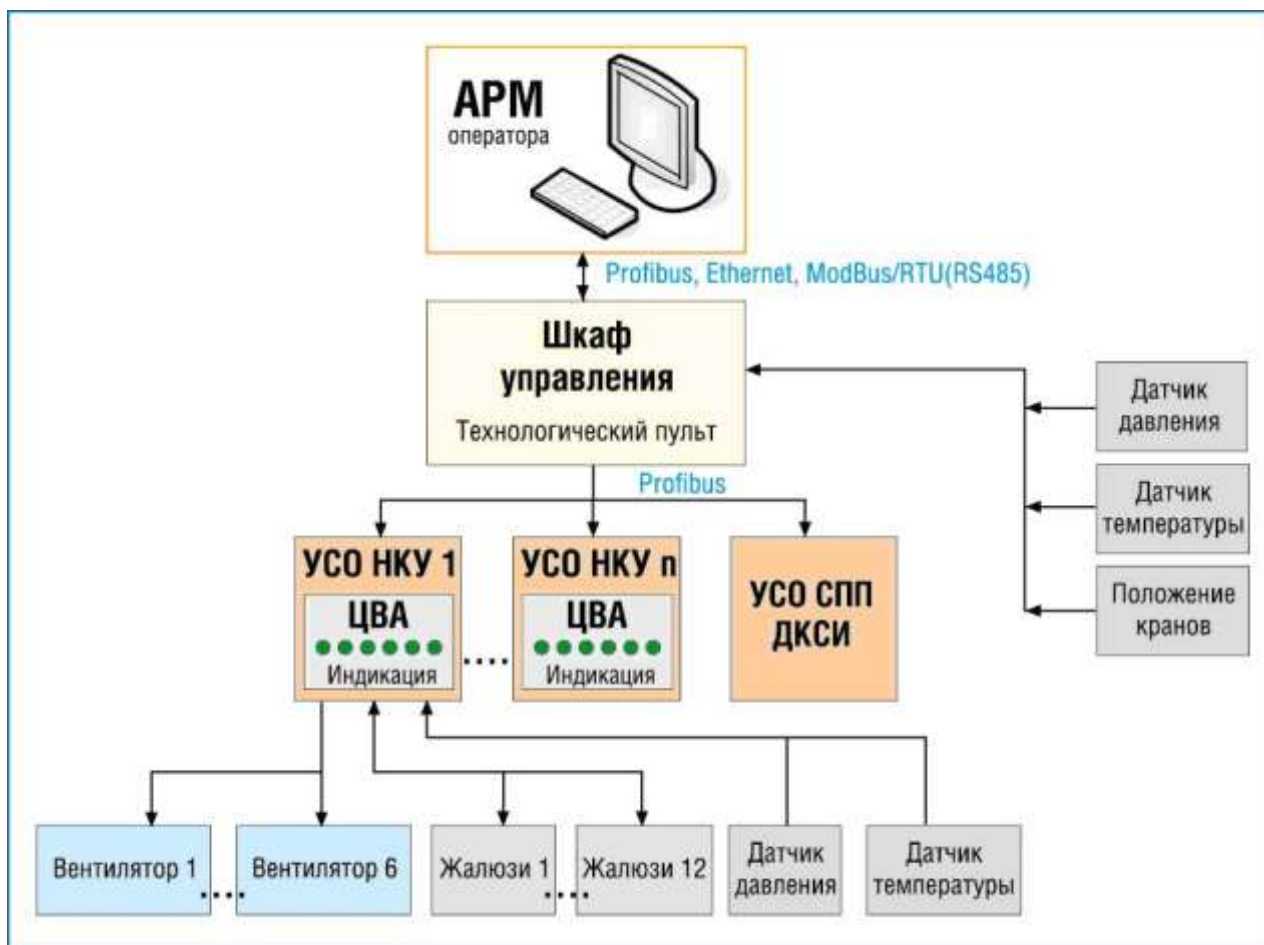
- 3) обеспечение электрической, тепловой, технологической и вибрационной защиты двигателей вентиляторов;
- 4) плавный пуск;
- 5) программный последовательный плавный запуск группы электродвигателей при восстановлении напряжения питания после его кратковременного исчезновения;
- 6) управление отсечными кранами на входе и выходе секций АВО;
- 7) управление двигателями вентиляторов и электрическими приводами жалюзи;
- 8) контроль технологических параметров во входном и выходном коллекторах АВО;
- 9) контроль эксплуатационных параметров двигателей вентиляторов АВО и управление двигателями с учетом контролируемых параметров;
- 10) автоматический допусковой контроль сопротивления изоляции электродвигателей;
- 11) контроль параметров сетевого напряжения;
- 12) восстановление числа работающих вентиляторов при кратковременном пропадании напряжения питания;
- 13) создание и хранение трендов технологических параметров и электронного «журнала событий»;
- 14) информационный обмен с АСУ ТП верхнего уровня.

Рассмотрим каждую САУ АВО в отдельности и затем проведем сравнение.

САУ АВО производства «Прософт-Системы» построена по централизованно-распределенному принципу (см. рис. 1).

В составе оборудования входят контроллер, в котором реализованы все алгоритмы управления, различные датчики технологических параметров, а также кабельная продукция. Для контроля температур устанавливается один датчик температуры газа на выходе каждого аппарата

и несколько датчиков температур нижнего ряда пучков труб в районе второй и третьей пары вентиляторов по ходу газа.



АРМ – автоматизированное рабочее место оператора;  
УСО – универсальное сервисное оборудование;  
НКУ – низковольтные коммутационные устройства;  
СПП – стартер плавного пуска;  
ДКСИ – допусковый контроль сопротивления изоляции.

**Рис. 1. Структура САУ АВО производства «Прософт-Системы»**

В шкафах НКУ, кроме коммутационной аппаратуры, располагаются модули удаленного ввода/вывода. Связь контроллера с модулями удаленного ввода/вывода осуществляется по кодовой линии связи. Данная конфигурация позволяет сократить количество кабельных связей, унифицировать оборудование и осуществлять полный контроль за оборудованием системы и управление технологическим объектом в реальном времени. Для обеспечения вибрационной защиты двигателей вентиляторов САУ АВО комплектуется цифровой аппаратурой контроля вибрации ЦВА.

В данной системе предусмотрено управление группой АВО с применением частотно-регулируемого привода (ЧРП). Для осуществления плавного регулирования температуры газа требуется установка частотно-регулируемого привода вентиляторов. При применении частотных преобразователей необходимость в стартерах плавного пуска отпадает, так как плавный пуск – одна из функций ЧП. При необходимости можно реализовать время-токовую и тепловую защиту двигателя, защиту от короткого замыкания, плавность регулирования частоты вращения и экономию электроэнергии, предпусковой прогрев двигателей. Однако есть ряд отрицательных моментов, которые необходимо учитывать при создании системы:

- 1) искажения питающей сети;
- 2) повышенное напряжение на двигателях при работе на длинный экранированный кабель;
- 3) повышенное тепловыделение;
- 4) повышенные габаритно-массовые характеристики шкафов;
- 5) высокая стоимость оборудования.

Первые три вопроса решаются установкой дополнительного оборудования (дрессели, фильтры, терморегуляторы) в соответствии с требованиями производителей частотных приводов и подбором шкафа по соответствующим требованиям. На шесть вентиляторов устанавливается два ЧРП – один на три вентилятора. С помощью коммутационной аппаратуры обеспечивается возможность переключения каждого ЧРП между тремя вентиляторами.

При пуске АВО через ЧРП разгоняется первая пара вентилей и, если на данный момент достаточно диапазона регулирования, то плавное регулирование осуществляется одной парой вентиляторов через ЧРП. При нехватке возможности регулирования первая пара переключается на прямую работу от сети, а вторая пара подключается к частотному приводу и осуществляет дальнейшее плавное регулирова-

ние, если температуры газа на выходе еще повышается, вторая пара вентиляторов тоже переключается на прямую работу от сети, а регулирование осуществляется третьей парой вентиляторов. При снижении температуры газа на выходе отключение происходит в обратной последовательности. Получаем плавное, точное регулирование температуры газа на выходе и температуры пучков труб с контролем нижнего ряда теплообменных трубок в четырех точках.

При достаточно низких температурах наружного воздуха при приближении температуры пучков труб к температуре гидратообразования возможен режим реверса пары вентиляторов подключенной к ЧРП для отогрева нижнего ряда пучков труб.

Это решение позволяет снизить стоимость системы, габариты оборудования, тепловыделение и помехи питающей сети без потери точности регулирования.

САУ АВО производства «БОРХИММАШ» предназначена для управления технологическим процессом охлаждения продуктов газовой и нефтяной промышленности, для контроля и визуализации технологического процесса охлаждения и параметров работы установки.

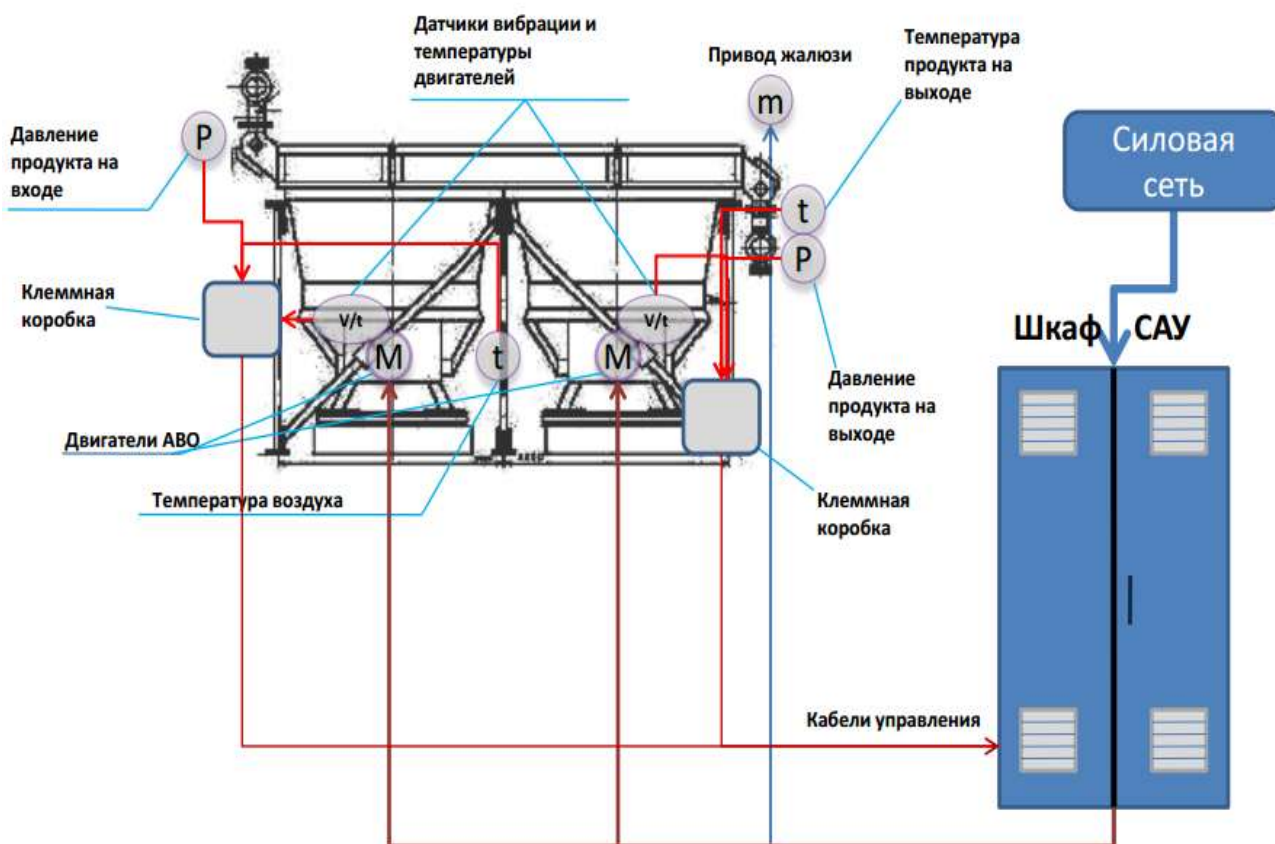
Система применялась на нефтегазоконденсатном месторождении и Касимовском подземном хранилище газа ООО «Газпром ПХГ».

Преимущества установки данной системы:

- снижение до 40 % энергопотребления АВО;
- продление срока службы работы электродвигателей за счет:
- плавного запуска и остановки электродвигателей;
- частотного регулирования скорости вращения электродвигателей;
- токовой и времятоковой защиты электродвигателей;
- контроля уровня вибрации электродвигателей;
- равномерной выработки моторесурса электродвигателей.

С помощью данной системы возможно управление не только самим АВО, но и другим вспомогательным оборудованием:

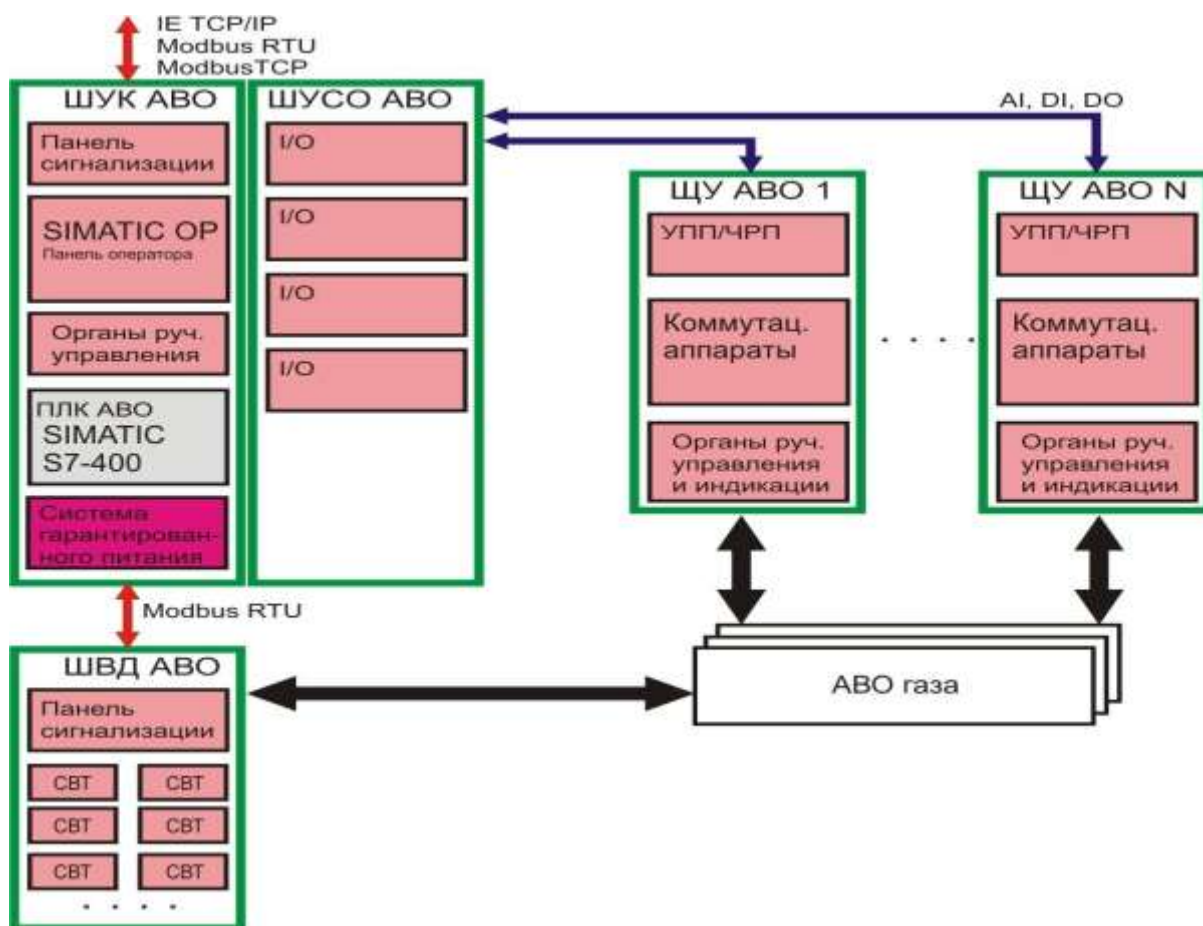
- жалюзи;
- отсеченными клапанами;
- вентилями.



**Рис. 2. Схема САУ АВО производства «БОРХИММАШ»**

В системе управления применяется ПЛК фирмы «SchneiderElectric» Modicon Quantum, отличающийся высокой надежностью, гибкостью и наличием диагностики. Высокий уровень надежности достигается с помощью горячего резервирования и топологии «daisychainloop». При обрыве кабеля или отказа одного из устройств время восстановления работоспособности системы менее 50 мс.

САУ АВО производства НПО «КАСКАД ГРУП» предназначена для автоматического поддержания заданной температуры газа. Данная система позволяет оператору следить за состоянием оборудования, осуществлять изменение параметров, включать и выключать любой электродвигатель, производить диагностику аппаратуры. Система обеспечивает различные технологические, типовые защиты и блокировки двигателей.



ШУК – шкаф управления контроллерный;  
 ШУСО – шкаф удаленных модулей устройства сопряжения с объектом;  
 ШВД – шкаф вибродиагностики;  
 ЩУ – щиты силовые.

**Рис. 3. Структура построения САУ АВО**

В данной системе управления применен ПЛК фирмы «Siemens» SimaticS7-400. Этот контроллер применяется для построения систем управления средней и высокой степени сложности. Отличается высокой надежностью, модульной конструкцией, гибкостью расширения, большими коммуникационными возможностями. Диапазон применения данного контроллера – от решения стандартных задач автоматического управления до построения систем противоаварийной защиты и обеспечения безопасности.

При работе с системой автоматического управления используется продукция известных производителей оборудования (частотный регулируемый привод, клеммы, искробезопасные барьеры и т.д.), таких как Danfoss, ABB, Rittal, Pepperl-fuchs, Phoenix Contact.



Таблица 1

## Сравнение систем автоматического управления различных фирм

Критерии сравнения	САУ АВО «Прософт-Систем»	САУ АВО «Борхиммаш»	САУ АВОНПО «КАСКАД ГРУП»
Автоматическое поддержание температуры продукта на выходе блока АВО	Есть, путем вкл/выкл или регуля-ия частоты вращения вентиляторов	Есть	Есть, путем вкл/выкл или регуля-ия частоты вращения вентиляторов
Обеспечение электрической, тепловой, технологической и вибрационной защиты двигателей вентиляторов	Есть	Есть	Есть
Плавный пуск	Есть, с программно-временным изменением напряжения и ограничением пускового тока	Есть, с возможностью плавного торможения	Есть, с программно-временным изменением напряжения и ограничением пускового тока
Запуск группы электродвигателей при восстановлении напряжения после его исчезновения	Есть, программный посл-ый плавный запуск	–	Есть, программный посл-ый плавный запуск
Управление отсечными кранами	На входе и выходе секции АВО	На входе и выходе секции АВО	На входе и выходе секции АВО
Управление двигателями вентиляторов и электрическими приводами жалюзи	В четырех режимах: а. автоматическом, б. диспетчерском, с. дистанционном, д. местном.	–	В четырех режимах: а. автоматическом, б. диспетчерском, с. дистанционном, д. местном.
Контроль технологических параметров	Во входном и выходном коллекторах: темп-ры окружающего воздуха, темп-ры, давления и перепада давления газа на АВО	Есть	Во входном и выходном коллекторах: темп-ры окружающего воздуха, темп-ры газа, темп-ры нижних участков труб
Контроль эксплуатационных параметров двигателей вентиляторов АВО и управление двигателями с учетом контролируемых параметров	Вибрация, изоляция, время наработки	Вибрация, изоляция, время наработки	Вибрация, изоляция, время наработки
Автоматический допусковый контроль сопротивления изоляции электродвигателей	Есть	Есть	–
Контроль параметров сетевого напряжения	Фазные амплитуды, сдвиг фаз, выбросы напряжения, обрыв фаз, короткое замыкание	Фазные амплитуды, сдвиг фаз, выбросы напряжения, обрыв фаз, короткое замыкание	Фазные амплитуды, сдвиг фаз, выбросы напряжения, обрыв фаз, короткое замыкание

Продолжение таблицы 1

Критерии сравнения	САУ АВО «Прософт-Систем»	САУ АВО «Борхиммаш»	САУ АВО НПО «КАСКАД ГРУП»
Восстановление числа работающих вентиляторов при кратковременном пропадании напряжения питания	Есть	–	Есть
Создание и хранение трэндов технологических параметров и электронного «журнала событий»	Есть	Есть	Есть
Информационный обмен с АСУ ТП верхнего уровня	Есть	Есть	Есть
Защита АВО от гидратообразования	Есть, путем изменения положения жалюзи или частоты вращения вентиляторов (возможен реверс)	Есть, также есть возможность предупреждения гидратообразования	Защита от образования гидратов с помощью реверса технологического потока от верхних рядов теплообменных трубок. Многоточечный контроль температуры выходных участков нижнего ряда теплообменных трубок и выходных коллекторов каждой секции АВО для предупреждения гидратообразования

При проведении сравнительного анализа было показано, что системы по многим критериям схожи. Все три системы обеспечивают защиту от гидратообразования в трубках АВО тем или иным способом. Однако можно выделить САУ АВО производства «Борхиммаш», так как она имеет возможность прогнозирования гидратообразования на основании математической модели, что весьма благотворно сказывается на эффективности работы оборудования и продлении ресурса его работы.

## Список использованных источников

1. Елов А.И. Система автоматического управления аппаратами воздушного охлаждения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://neftegaz.ru/science/view/367-Sistema-avtomaticheskogo-upravleniya-apparatami-vozdushnogo-ohlazhdeniya>
2. Презентация САУ АВО БОРХИММАШ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.оаобhm.ru/uploads/CAУ\\_ABO.pdf](http://www.оаобhm.ru/uploads/CAУ_ABO.pdf)
3. Системы автоматизированного управления АВО БОРХИММАШ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.оаобhm.ru/products/sistemy-avtomatizirovannogo-upravleniya>
4. САУ АВО газа Каскад-Групп. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kaskad-asu.com/index.php/produkcija-i-uslugi/avtomatizirovannye-sistemy/sau-avo-gaza>