

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОСУШЕНИЯ ВОЗДУХА В УСЛОВИЯХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**К. В. Лицин, Д. В. Белых**

Новотроицкий филиал НИТУ «МИСИС» (г. Новотроицк, Россия)

Рассмотрена возможность создания системы автоматизации осушителя воздуха холодной генерации. Для отделения влаги из пневматического потока, который генерируется компрессором или компрессорной станцией, используется адсорбционный осушитель. Осушители воздуха производятся для каждого частного случая по индивидуальным проектам. Поэтому такое производство влечет за собой привлечение проектировщиков к каждой модели осушителя, в дополнение к этому работники участка монтажа тратят много усилий, собирая каждую модель по новым чертежам. Все это приводит к замедлению производства, а также к невозможности широкой продажи данного оборудования. В статье предложена разработка системы осушения воздуха, которая будет обладать достаточной универсальностью и повышенной надежностью по сравнению с имеющимися стандартными системами осушения воздуха. Подобрано основное оборудование для создания системы автоматизации, разработана функциональная схема автоматизированной системы, а также разработана монтажная панель шкафа автоматики.

**Ключевые слова:** адсорбция, металлургия, компрессор, система осушителя воздуха холодной генерации, автоматизация.

**Р**бота в промышленных помещениях и цехах сильно зависит от местного микроклимата, однако именно там поддерживать оптимальные условия и бороться с повышенной влажностью труднее, чем в бытовых условиях.

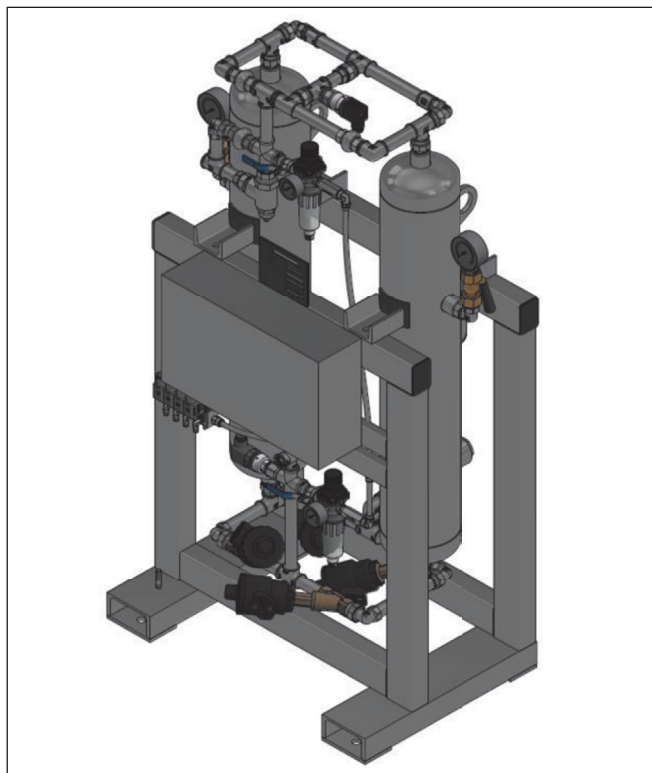
В металлургической отрасли особо важно отслеживать температуру и влажность в следующих цехах и помещениях [1 – 3]:

1. Цеха с использованием химического оборудования. Многие химические компоненты чувствительны к перепадам температуры, а также обладают повышенной поглощающей способностью. Изменение технологии приводит к нарушению химических свойств этих компонентов, следовательно, к браку конечной продукции.

2. Складские помещения с металлом. Черные, цветные металлы и сплавы подвержены воздействию высокой влажности воздуха, что вызывает риск возникновения коррозии. Следовательно, хранить подобные изделия необходимо в сухих закрытых обогреваемых складских зданиях с влажностью атмосферы не более 75 %, оборудованных вентиляцией.

3. Цеха с использованием компрессорного оборудования (кислородно-компрессорный цех, электросталеплавильный цех, прокатное производство). При превышении влажности воздуха 80 % в данных устройствах повышается вероятность поломок.

Установка промышленных осушителей воздуха дает возможность установить оптимальный уровень влажности на производстве, что в дальнейшем может предотвратить ряд проблем, связанных с защитой оборудования и конечной продукции [4 – 6]. Существуют осушители воздуха различного типа. Среди основных способов осушения воздуха можно выделить: ассимиляцию, конденсацию и адсорбцию. Последний наиболее распространен в металлургическом производстве



**Рис. 1.** Внешний вид адсорбционного осушителя холодной регенерации

особенно в холодное время года по причине возможности работы при низких температурах [7, 8].

Цель работы – разработка автоматизированной универсальной системы осушения воздуха, обладающей возможностью использования в металлургических цехах и помещениях в широком диапазоне температур.

В работе поставлены задачи:

разработка системы автоматизации осушителя воздуха холодной регенерации;

Таблица 1. Элементы функциональной схемы ОБХР

Обозначение	Наименование
ASV01-ASV04	Отсечной клапан
NV01-NV05	Обратный клапан
SI01	Глушитель
FCV01-FCV02	Дроссельное отверстие
PI01-PI04	Манометр
PE01	Датчик давления
TE01	Датчик температуры
FR01-FR02	Фильтр регулятор
MV01-MV04	Электромагнитный клапан
TWV01-TWV02	Кран трехходовой со сбросом
MPV01	Клапан минимального давления

Таблица 2. Режимы работы автоматизированной системы

Режим работы	Описание процесса
По фиксированному времени (режим № 0)	При этом режиме фиксировано время адсорбции и время регенерации, нет режима ожидания. Осушитель работает независимо от загрузки компрессора, давления и температуры эксплуатации. Включается в работу сразу после подачи питания. В этом режиме не предусмотрено подключение каких-либо датчиков и управляющих сигналов
По загрузке компрессора (режим № 1)	В этом режиме время адсорбции считается только по фактической загрузке компрессора, т. е. если компрессор находится в разгрузке, то время адсорбции останавливается. Таким образом, время регенерации может значительно опережать время адсорбции, а это дает возможность оптимизировать потери на регенерацию путем увеличения времени работы в режиме адсорбции
По датчикам давления, температуры (режим № 2)	Этот режим является основным. Датчики служат для отслеживания показателей на выходе осушителя
По датчику точки росы (режим № 3)	Данный режим позволяет оптимизировать затраты электроэнергии и сжатого воздуха на регенерацию адсорбента. Допускается комбинированная работа датчика точки росы и датчиков давления, температуры и относительной влажности. В случаях, когда точка росы не достигается, то осушитель работает по установленному времени адсорбции (например, 5 мин), игнорируя увеличение времени адсорбции по расчетным данным и не реагируя на частичную загрузку компрессора. Время адсорбции может быть ниже установленного (5 мин), но не ниже минимального значения (3 мин) в случаях, когда точка росы становится выше заданного значения ( $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), но при условии, что фактическое время регенерации опережает установленное (определяется только по датчикам давления и температуры)
Ручной режим работы (режим № 4)	Для проверки осушителя на этапе наладки предусмотрен ручной режим работы. В этом режиме возможно ручное открытие/закрытие отсечных клапанов из меню настроек

разработка функциональной схемы автоматизации осушителя воздуха холодной регенерации;

проектирование шкафа автоматики и подбор оборудования.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования осушителя воздуха в помещениях металлургических цехов на основе повышения его надежности и универсальности.

**Автоматизированная система адсорбционного осушителя воздуха.** Адсорбционный осушитель воздуха используется для отделения влаги из пневматического потока, который генерируется компрессором или компрессорной станцией. Такой тип фильтров не про-

сто удаляет конденсат и капли, он впитывает мелкие частицы, аэрозоли и молекулы воды. С помощью такого осушителя можно осуществлять контроль влажности пневматического потока с эффективностью практически до 100 %.

В зависимости от того, как устроен адсорбционный осушитель воздуха, он может работать по двум технологиям [9, 10]:

1. С холодной регенерацией. Обработка адсорбента в роторе выполняется с помощью холодного потока сжатого воздуха, нагреватель в этом случае заменен на емкость, которая аккумулирует сжатый воздух, отбираемый после осушения. Стоимость «холодного»

Таблица 3. Выбранные элементы базы системы управления

Устройство	Назначение
Трехпозиционный привод с позиционером SUT Sauter AVM 105S F132	Определение регулируемого потока и контроль текущего положения клапана
Программируемое реле ПР200	Создание систем управления с логической обработкой информации
Блок питания MDR-100-24	Обеспечение необходимой потребляемой энергии

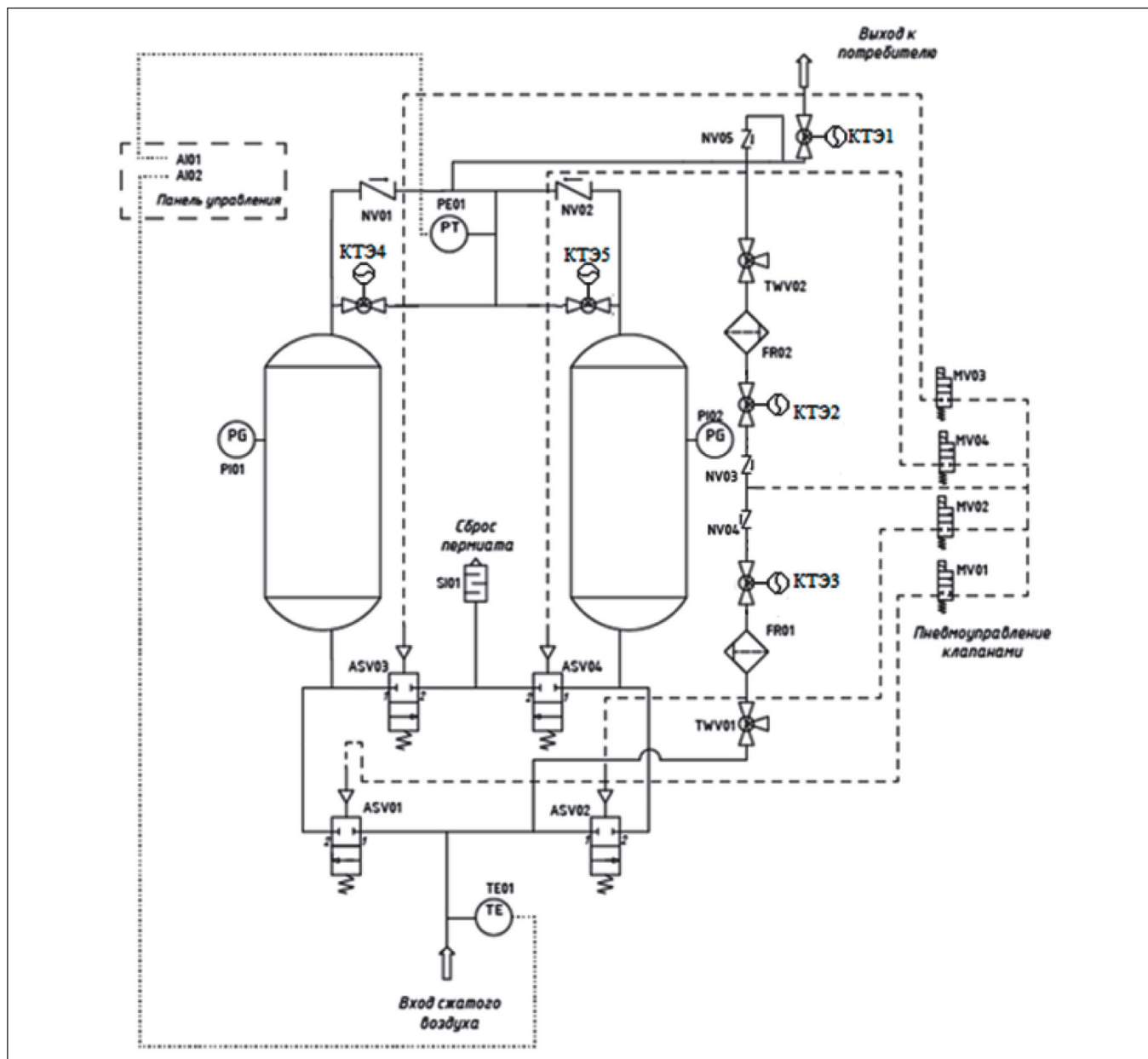


Рис. 2. Функциональная схема автоматизированной системы адсорбционного осушителя холодной регенерации

осушителя на порядок ниже, однако для регенерации адсорбента используется около 15-20 % от общего пневматического потока. Кроме того, этот осушитель не способен работать с компрессорами, чья производительность выше 100 кубов воздуха в минуту. Из преимуществ «холодного» осушения можно отметить возможность работы с воздухом, температура которого достигает -40 °С.

2. С горячей регенерацией. Основным преимуществом использования таких модулей являются низкие потери пневматического потока для регенерационных целей (2-3 %). Также нет никаких ограничений по производительности самого компрессора или компрессорной станции. Однако такая техника стоит недешево и обычно используется только для высокопроизводительных станций.

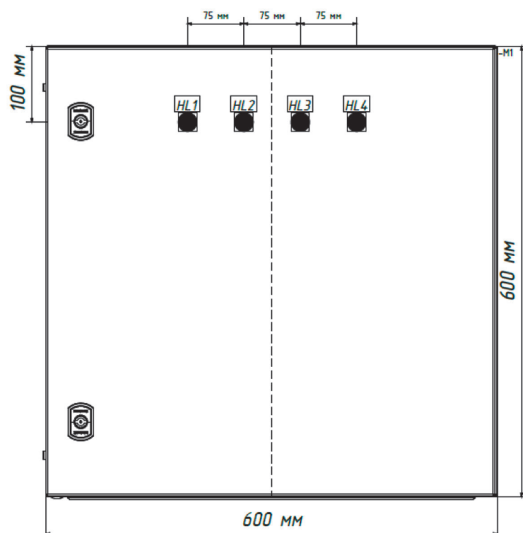


Рис. 3. Общий вид двери шкафа автоматики

Для непрерывной работы адсорбционные осушители холодной регенерации (ОВХР) используются два адсорбера, в которых попеременно фаза адсорбции сменяется фазой регенерации. Полным циклом работы считается время, в течение которого в одном адсорбере произошла фаза адсорбции, фаза регенерации, фаза наполнения, фаза уравнивания давления и фаза переключения. Полный цикл в среднем составляет около 10 мин: около 5 мин адсорбция, около 4 мин регенерация, около 57 с наполнение адсорбера, 2 с уравнивание, 1 с переключение.

Время цикла в ОВХР может автоматически меняться в зависимости от условий эксплуатации (от производительности источника сжатого воздуха, от температуры и давления на входе в осушитель). Стандартная конструкция ОВХР представлена на рис. 1.

Требования, которые могут быть предъявлены к системе ОВХР:

- программная установка выходных показателей, а также возможность плавного регулирования потока;

- предотвращение возможности выхода из строя системы «электромагнитный клапан – отсечной клапан»;

- повышение надежности и универсальности элементов осушителя.

Предлагается модернизировать предлагаемую конструкцию за счёт введения дополнительных автоматизированных элементов. Функциональная схема разработанной автоматизированной системы изображена на рис. 2. Экспликация данной схемы представлена в табл. 1.

Разработанная система ОВХР может работать в одном из пяти режимов, выбираемых в меню настроек панели управления (табл. 2).

**Элементная база системы управления.** Для оптимальной работы автоматизации был проведен подбор элементной базы системы управления. Выбранные устройства представлены в табл. 3.

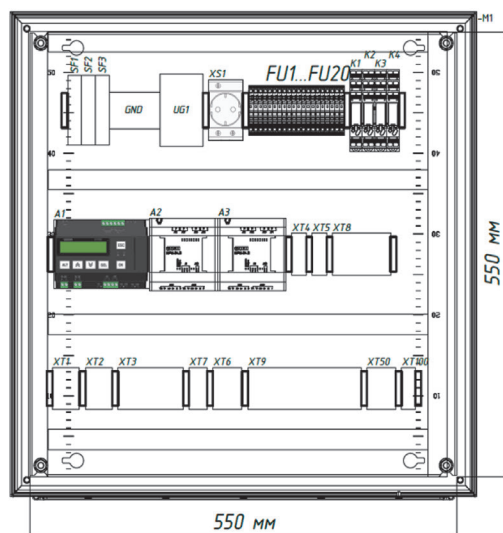


Рис. 4. Общий вид монтажной панели шкафа автоматики

Главная часть разрабатываемой системы осушителя воздуха холодной регенерации – это возможность интеграции в АСУТП заказчика для связи с верхним уровнем и для управления местным оборудованием. Так как ПР200 оснащена протоколом Modbus-RTU с возможностью связи по интерфейсу RS-485, то диспетчеризация будет осуществляться именно по этому протоколу по системе «Мастер – помощник». Внешний вид двери шкафа показан на рис. 3.

Общий вид монтажной панели представлен на рис. 4. Для добавления в систему ОВХР электропривода требуются определение регулируемого потока и контроль текущего положения клапана. Регулирование потока может проводиться с помощью датчика давления, а для определения положения клапана подходящего оборудования нет. Конечно, можно было бы рассмотреть ситуацию с математическим определением положения клапана и управлением дискретными сигналами, однако такой способ подразумевает возможность появления ошибки, связанной с перепадами напряжения, аварийным отключением, выходом из строя элементов пневматики и др. К тому же есть вероятность ошибки на стадии расчета либо программной настройки, что в итоге приведет к накоплению этой ошибки и, в свою очередь, к некорректному определению положения клапана [11, 12].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненной работы спроектирована универсальная система осушителя воздуха холодной регенерации. Замена некоторых элементов на краны с электроприводом не только решила разного рода проблемы, но и обеспечила возможность изменением сечений управлять работой всего ОВХР. Таким образом, разработанный осушитель с автоматизированной системой стал более надежным благодаря наличию датчиков контроля температуры и давления, а также более универсальным из-за возможности встраивания в автоматизированную систему любого из цехов. Кроме

того, разработанная автоматизированная система осушителя воздуха холодной регенерации получила возможность работы при низких температурах, что особенно актуально для металлургических предприятий в холодное время года. Дополнительно к проделанной работе, целесообразно переработать трубную линию и трубные элементы, чтобы таким образом снизить температуру газа. Оптимизировав толщину труб, можно укомплектовать систему доохладителем.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **ГОСТ Р ИСО 7183–2017.** Осушители сжатого воздуха. Технические условия и методы испытаний. Утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 октября 2017 г. № 1439-ст.
2. **Петракович М.А.** Оценка направлений использования теплоты жидкой стали: часть 2 // Энергетика теплотехнологий. 2018. № 3. С. 17 – 22.
3. **Агабабов В.С., Филиппов В.А.** Использование комплекса взаимовостребованных установок на стадии прокатного производства предприятия черной металлургии // Промышленная энергетика. 2022. № 11. С. 2 – 10.
4. **Мусоров И.С., Торгаев С.Н., Чертихина Д.С.** и др. Осушитель воздуха на элементе Пельтье // Вестник Сибири. 2015. № 15. С. 173 – 181.
5. **Козлов В.В.** Эффективность работы осушителей сжатого воздуха конденсационного типа // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Серия «Машиностроение». 2011. № 5. С. 132 – 137.
6. **Крутиков П.В., Евдокимов А.К.** Разработка технологии изготовления корпуса фильтра осушителя для холодильных установок // Изв. Тульского госуниверситета. Технические науки. 2013. № 6. С. 71 – 78.
7. **Litsin K.V., Gnedkov D.A., Morev A.D., Nekipelov D.V.** Development of an Automated Control System for a Gas Turbine Unit // Steel in Translation. 2024. Vol. 54. No. 6. P. 577 – 582.
8. **Tsukanov A.V., Litsin K.V.** Development of an automated control system for the coiler mandrel drive // Metallurgist. 1968 No. 1. P. 136 – 144.
9. **Кузнецов Ю.В., Кузнецов М.Ю.** Сжатый воздух. 2-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург : УрО РАН, 2007. – 499 с.
10. **Степанов Е.В.** Вентиляция и кондиционирование воздуха. – Санкт-Петербург: АВОК Северо-Запад, 2005. – 399 с.
11. **Остриров В.Н.** Проектирование электронных преобразователей для регулируемых электроприводов: учебное пособие. – М. : ИД МЭИ, 2008. – 72 с.
12. **Анучин А.С.** Системы управления электроприводов. – М. : ИД МЭИ, 2015. – 373 с.

*Статья поступила 27.02.2025*