

УДК 621.5

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ОСУШЕНИЯ ВОЗДУХА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ СУДОВЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Попов Сергей Васильевич¹, к.т.н., доцент

e-mail: popovsev3@yandex.ru

Малышев Юрий Сергеевич¹, к.т.н., доцент

e-mail: elektrikasp@mail.ru

Бурмакин Олег Анатольевич¹, к.т.н., доцент

e-mail: boa_71@mail.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Рассмотрена пневматическая система подготовленного воздуха морского теплохода и представлены недостатки осушительной установки, выявленные при эксплуатации. В результате исследования осушителя воздуха определены причины возникновения указанных недостатков и пути их устранения. Разработана система управления осушителем воздуха на базе датчика расхода воздуха. Описана работа предложенной системы управления осушителем и ее преимущества. На основании результатов экспериментальных исследований даны рекомендации по настройке датчика расхода воздуха и периодичности автозапуска. Сделаны выводы об эффективности выполненной модернизации и целесообразности применения разработанной системы управления для осушителей подобного типа.

Ключевые слова: система подготовки воздуха низкого давления, пневматическая система судна, осушитель воздуха, компрессор, гидроудар, датчик расхода воздуха, автоматическая система управления осушителем воздуха.

MODERNIZATION OF A LOW-PRESSURE AIR DRYING UNIT FOR SHIPBOARD PNEUMATIC SYSTEMS

Sergey V. Popov¹, Ph.D., Associate Professor

e-mail: popovsev3@yandex.ru

Yuri S. Malyshev¹, Ph.D., Associate Professor

e-mail: elektrikasp@mail.ru

Oleg A. Burmakin¹, Ph.D., Associate Professor

e-mail: boa_71@mail.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. This paper examines the pneumatic air conditioning system of a marine motor vessel and presents the deficiencies of the dehumidifier unit identified during its operation. A study of the dehumidifier identified the causes of these deficiencies and identified ways to address them. A

dehumidifier control system based on an air flow sensor was developed. The operation and advantages of the proposed dehumidifier control system are described. Based on the experimental results, recommendations are provided for configuring the air flow sensor and autostart frequency. Conclusions are drawn regarding the effectiveness of the upgrade and the feasibility of applying the developed control system to similar dehumidifiers.

Keywords: Low-pressure air preparation system, ship pneumatic system, air dryer, compressor, hydraulic shock, air flow sensor, automatic air dryer control system.

На судах речного и морского транспорта широко применяются пневматические системы [1-3]. На большинстве судов пневматические системы используются для запуска главных и вспомогательных двигателей. Как правило, такие системы содержат компрессор и баллоны-ресиверы для хранения необходимого объема воздуха. На ряде судов, таких как промысловые, добывающие и перерабатывающие суда, суда-мастерские и суда технического флота, сжатый воздух используется не только для пуска дизелей, но и для технических нужд. Для этих целей на судах проектируют специальные пневматические системы, которые обеспечивают работу палубных механизмов, технологических установок, пневматический инструмент и др. Такие системы относятся к системам большой воздухоемкости, имеющим запас воздуха в баллонах под сравнительно низким давлением 5-10 кг/см².

Зачастую на судне устанавливают пневматические системы различного давления и различного качества воздуха. Основу пневматических систем составляют компрессоры, ресиверы, распределительное оборудование и воздушные магистрали. Кроме этого, перед применением воздух может быть подготовлен, очищен от пыли, влаги и фракций смазочных материалов. Для этих целей применяются различные фильтры, осушители и сепараторы.

Осушители воздуха низкого давления имеют различные принципы действия, однако выполняют общую функцию снижения влажности рабочего воздуха [4]. Типовая схема осушителя компрессорного типа показана на рисунке 1. В нее входят: предохладитель 1 и теплообменник 3 - для предварительного и окончательного охлаждения воздуха до температуры окружающей среды после сжатия его компрессором, соответственно; вторичный 2 и воздухоохлаждаемый 10 конденсаторы - для отделения воды, выделившейся при охлаждении сжатого воздуха; автоматический слив 5 - для удаления воды из системы; компрессор 9 и испаритель фреона 4 - для создания условий отбора теплоты от рабочего воздуха; капиллярные трубки 6, перепускной клапан 8 и фильтр 7 - для циркуляции и очистки фреона.

Эксплуатация таких осушителей в судовых условиях показала, что при номинальном давлении воздуха компрессор продолжает работать без расхода воздуха и, в силу отсутствия обмена тепловой энергии, компрессор обмерзает. В моменты последующих пусков электродвигателя с компрессором в замороженном состоянии возникают гидроудары в системе трубопроводов. Исследование работы осушителя показало, что в системе управления осушителем отсутствует контроль нижнего предела давления воздуха и расхода воздуха, что приводит к непрерывному функционированию осушителя без расхода воздуха и, как следствие, его обмерзанию. Непрерывный режим работы осушителя ведет к повышенному энергопотреблению, а значит к снижению КПД.

Устранить указанные недостатки возможно путем внедрения в систему управления датчиков контроля, однако установка датчика давления требует изменения монтажа системы трубопроводов внутри осушителя. Кроме того, установка датчика давления может быть невозможна из-за значительной плотности расположения оборудования в корпусе

осушителя. Анализ вариантов модернизации системы управления показал, что более перспективным является установка датчика расхода воздуха на выходной воздушной магистрали.

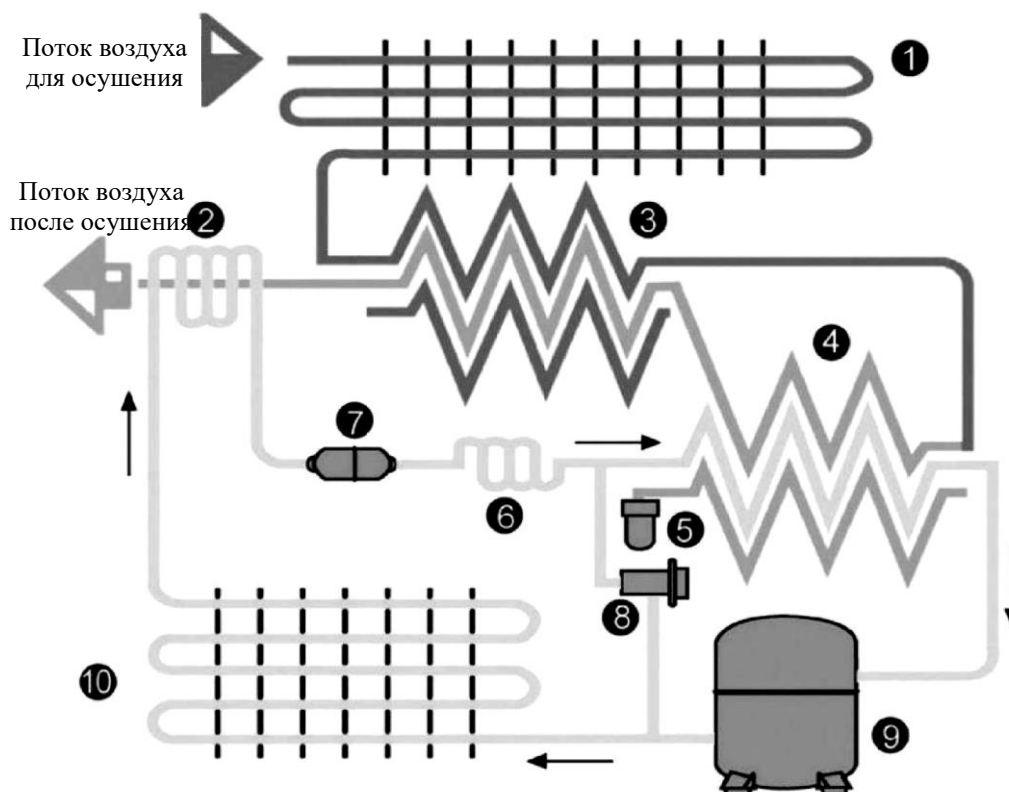


Рисунок 1 – Схема осушителя воздуха низкого давления:

- 1 – предохладитель, 2 – вторичный конденсатор, 3 – теплообменник, 4 – испаритель фреона, 5 – автоматический слив, 6 – капиллярные трубки, 7 – фильтр, 8 – перепускной клапан, 9 – компрессор, 10 – воздухоохлаждаемый конденсатор

Для определения типа и модели датчика проведен анализ параметров осушителя, его системы управления и используемых датчиков расхода воздуха в промышленных и судовых установках. На основе проведенного анализа, сделан вывод, что при выборе датчика следует учитывать диапазон рабочего расхода воздуха, который ограничивается типом действия и конструктивным исполнением. К существующей пневматической системе могут подключаться как, например, пневматические цилиндры, так и ручной пневматический инструмент, значение расхода воздуха которых сильно отличается. Согласно паспортным данным оборудования рабочий расход воздуха в одной магистрали может варьироваться от сравнительно низкого - 200 л/мин. до 1500-2000 л/мин. при одновременной работе нескольких механизмов. В технике наиболее широко применяются ультразвуковые [5], вихревые [6], турбинные [7], термоанемометрические [8] и датчики других типов, отличающиеся допустимым давлением и диапазоном измерения. Кроме параметров рабочего диапазона необходимо принять во внимание верхнее значение рабочего давления, вид выходного сигнала, конструктивные особенности (диаметры и шаг резьбы для подключения), а также возможность настройки уставки контролируемого расхода воздуха.

Исходя из анализа необходимых параметров выбран датчик расхода воздуха термоанемометрического типа. Внешний вид датчика показан на рисунке 2. Его диапазон измерения расхода воздуха составляет от 150 до 3000 л/мин. с рабочим давлением до 15

кг/см². Величина порога срабатывания может быть запрограммирована с помощью органов управления, установленных на датчике. Текущий расход воздуха отображается на семисегментном индикаторе.

Для реализации системы управления осушителем были разработаны структурная и принципиальная схемы. Элементы схемы установлены в отдельном ящике, который смонтирован на боковой стороне осушителя. На панели управления установлены дополнительные элементы автоматической системы управления. Внешний вид осушителя и его панель управления показаны на рис. 2.



Рисунок 2 – Внешний вид установленного оборудования:

1 - панель управления осушителем; 2- датчик расхода воздуха; 3 - шкаф системы управления осушителем воздуха

При проведении эксперимента выявлены:

1. необходимость в подстройке параметров датчика расхода воздуха при работе различных механизмов и устройств;
2. необходимость в подборе уставки временной задержки отключения осушительной установки при снижении расхода воздуха ниже уставки срабатывания датчика.

В результате выполнения всех настроек осушитель стал работать в требуемом режиме, т.е. запускаться при минимальном расходе воздуха и отключаться при отсутствии расхода с оптимальной задержкой времени, определенной опытным путем.

Опыт эксплуатации модернизируемого осушителя в различных режимах работы судна показал, что реализованный автоматический режим работы повысил КПД, исключил обмерзание компрессора и, как следствие, гидравлические удары в трубопроводах.

Полученный опыт при модернизации осушительной установки может быть использован при доработке автоматических систем, связанных с системами подготовки воздуха подобных или других структур.

Список литературы:

1. Васильев Б.А., Резчик Ю.И., Судовые вспомогательные механизмы. Л., Судостроение, 1979.
2. Епифанов Б.С. Судовые системы / Б.С. Епифанов. -Л.: Судостроение, 1973.-136 С.

3. Правила технической эксплуатации морских и речных судов. Вспомогательные технические средства. КНДЗ 31.2.002.07-96. -56 с.
4. Трубицына Г.Н., Морозов А.П. Энергосбережение при производстве и осушке сжатого воздуха.- Магнитогорск: Букинист, 2007.- 58 с.
5. Каталог ультразвуковых датчиков расхода жидкостей и газов https://petrospec.ru/oborudovanye/ultraflux-flowmeters?etext=2202.oH-ENykp5991eebzKGcDjpZiIJs_iPu8vcI8GGC7mASDInJ53USnghvaKpNG6zw-3wBsEiyZXN3v4E1S27RSm2hpZml4ZWpyZGJwdndtZWg.9d9d04495c8af50d3e39b4a7f439daf15d15a6cb&yclid=13419442513715658751&ybaip=1 (дата обращения 03.04.2026)
6. Каталог вихревых расходомеров <https://keypart.ru/sierra/?etext=2202.vhGAY4Zj4LQuPK7QyIq3x2nC8jKOR86ajfkoLV8CcDIweOAdYbfIXtdkq0HjpmXZzKn5jwkj7GwqOfVsB5OJ6RavaIeFoAIuo41pNZEzMTjcjZcbvAMktGglwGa7cydcmZqeXRkbGxhaXNkZ3JnZQ.6a6c5c7da4c35ed7528a42470ef5ee84ec95eb9e&yclid=11743684331777032191> (дата обращения 08.04.2026)
7. Каталог турбинных расходомеров https://spb.rusautomation.ru/catalog/s/turbinnye_raskhodomery_vision_2000/?ysclid=mgah27gqea629293402 (дата обращения 08.04.2026)
8. Каталог термоанемометрических расходомеров <https://www.smc.eu/ru-ru/products/datchiki-rashoda~22492~nav#s> (дата обращения 18.04.2026).

