

С. А. Вахнюк, В. В. Маковецький

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК УКС-400В-П4 ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОСУШЕННЯ СТИСНЕНОГО ПОВІТРЯ

Анотація: за рахунок впровадження мембранного блоку осушення досліджується можливість покращення експлуатаційних характеристик уніфікованої компресорної станції УКС-400В-П4 по видобутку стисненого, очищеного повітря.

Ключові слова: компресорна станція, стиснене повітря, точка роси, блок осушки, мембрана.

Annotation: Due to the introduction of a membrane dehumidification unit, the possibility of improving the operational characteristics of the unified compressor station UKS-400V-P4 for the production of compressed, purified air is being investigated.

Keywords: compressor station, compressed air, dew point, drying unit, membrane.

У сучасних повітряних судах (ПС) широко застосовуються системи, які працюють на енергії стисненого повітря. Для безпосередньої зарядки систем літальних апаратів стисненим повітрям використовують повітрязаправники, а для зарядки їхніх балонів – компресорні станції.

Компресорна станція призначена для очищення атмосферного повітря від механічних домішок, стиснення атмосферного повітря до потрібного тиску з його одночасним охолодженням та видаленням водо-масляного конденсату.

У зв'язку з тим, що в авіації до стисненого повітря пред'являються особі вимоги щодо змісту вологи, аеродромні компресорні станції оснащуються блоками осушення і очищення повітря. В таких блоках робоче повітря після компресора додатково осушується, проходячи через шар адсорбенту (сілікагель, цеоліт) у балонах-адсорберах і очищується від механічних домішок у фільтрах.

Основним джерелом постачання стисненого сухого повітря для потреб авіації Повітряних Сил є уніфікована компресорна станція УКС-400В-П4 (рисунок 1). Станція призначена для наповнення в польових умовах балонів і систем повітряних суден стисненим сухим повітрям до тиску 400 кгс/см².



Рисунок 1 – Уніфікована компресорна станція УКС-400В-П4

На компресорній станції УКС-400В-П4 велику роль має блок осушки повітря

змонтований на окремій рамі з лівої сторони станції. Блок осушки працює за принципом адсорбційного методу осушення. Призначений для видалення із стисненого повітря вологи в пароподібному стані шляхом поглинання її адсорбентом. Установки такого типу можуть виробляти повітря з температурою точки роси до $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Основним принципом, за яким працюють установки даного типу, є пропускання потоку повітря через адсорбент. В процесі адсорбції відбувається зниження температури точки роси. Волога, що виділилася в процесі осушення, залишається в адсорбенті, тому час від часу його необхідно осушувати. Процес осушення адсорбенту називається регенерацією.

Однак під час осушення відбувається зношування поверхні адсорбенту, що знижує його ефективність, і витрачається велика кількість видобутого повітря та час на регенерацію адсорбенту. Основним недоліком адсорбера в блоці осушки є те, що краплі сконденсованої вологи, під час режиму регенерації, потрапляючи на шар адсорбенту, вбираються гранулами адсорбенту, що призводить до прискореного руйнування адсорбенту і скорочення терміну служби всього адсорбера в цілому.

Для удосконалення роботи блоку осушки пропонується використовувати більш сучасні засоби осушення стисненого повітря типу “Мембранний осушувач високого тиску PMD 7N” (рисунок 2).



Рисунок 2 – Мембранний осушувач високого тиску PMD 7N

Мембранний осушувач високого тиску PMD 7N розроблені для того, щоб осушувати стиснене повітря і азот до значень точки роси від $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (залежно від моделі) в діапазоні тиску до 400 кгс/см^2 .

Продуктивність мембранного осушувача PMD 7N з широким спектром сушіння робить його актуальним для різноманітних завдань. З відповідною попередньою фільтрацією можливе використання безпосередньо після масляних компресорів, що працюють на масляній основі. PMD 7N особливо простий в обслуговуванні.

У мембранному осушувачі повітря осушується відповідно до фізичного принципу часткового вирівнювання тиску водяної пари за рахунок дифузії. Спеціальний метод намотування волокон в мембранному елементі призводить до зменшення потреб в продувному повітрі. Фільтруючий елемент безпосередньо перед порожнинно-волоконистих мембран забезпечує ефективний захист від аерозолів і механічних частинок (рисунок 3).

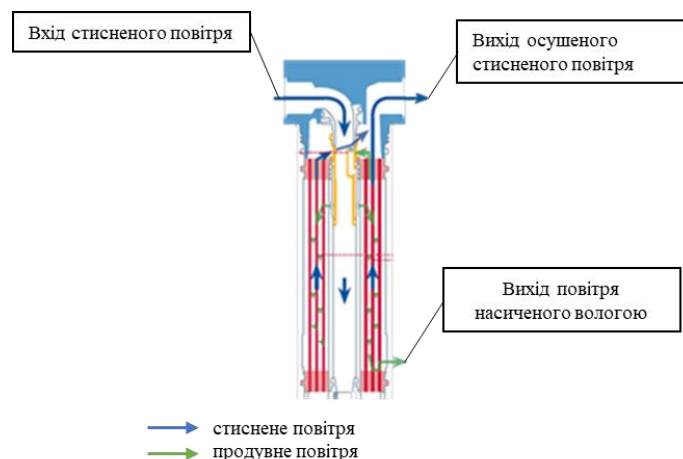


Рисунок 3 – Принцип роботи мембранного осушувача

Робота даного блоку полягає в наступному:

1. Стиснене повітря подається в основну трубку мембранного осушувача.
2. У фільтруючому елементі воно розгалужується; відфільтроване стиснене повітря надходить до порожнистих волокон мембранного елемента.
3. Продувне повітря, необхідне для осушення, безперервно відводиться в вихідній зоні мембранного елемента і розширюється під впливом атмосфери через певний отвір сопла. Це продувне повітря значно сушіше завдяки розширенню, оскільки волога, що міститься в стисненому повітрі, тепер розподіляється в кратному об'єму. Сухе продувне повітря виводиться через зовнішню сторону волокон мембрани.
4. Два потоки повітря з різним вмістом вологи рухаються в зворотному напрямку через мембранний елемент, розділені лише стінкою мембрани. Вологе стиснене повітря протікає в порожнисто-волоконистих мембран, а сухе продувне повітря виходить назовні. В результаті різного вмісту вологи, волога дифузує зі стисненого повітря в продувне. Процес сушіння є високоефективним завдяки контрольованому намотуванню волокон мембрани.
5. Сухе стиснене повітря виходить з мембранного елемента.
6. Вологе продувне повітря виводиться в навколишнє середовище.

Проаналізувавши будову та принцип роботи мембранного осушувача PMD 7N, встановлення його в уніфіковану компресорну станцію УКС-400В-П4 пропонується після 5 ступені компресора, замінивши повністю адсорбційний блок старого зразка на PMD 7N.

Запропонований мембранний блок осушки високого тиску PMD 7N значно економічний за рахунок мембран, та фільтрів РМН G та РМН С, які забезпечують більшу продуктивність роботи станції за рахунок скорочення часу на регенерацію. Мембрани при правильній експлуатації є довговічні на відміну від адсорбента котрий з часом потрібно додатково осушувати або з часом замінювати повністю. Використання блоку PMD 7N в порівнянні з існуючим блоком осушки станції УКС-400В-П4 зменшить експлуатаційні витрати станції.

Список використаних джерел

1. Інформаційно-довідкове видання від 2024 року № ПвВП 32–03(12).01 “Засоби аеродромно-технічного забезпечення польотів авіації”.
2. Наказ МО України від 22.01.2014р. № 47 “Про затвердження Інструкції з організації контролю якості стиснених та зріджених газів у державній авіації України”.
3. Додаток № 2 до наказу МО України № 1 від 06.01.1999 р. “Норми витрати пального, масел, мастил і спеціальних рідин при експлуатації, ремонті та консервації військової техніки та озброєння ЗС України”.
4. PMD 1-7 Membrane Dryers: <https://www.pneumatech.com/en-na/compressed-air-dryers/membrane-dryers/pmd-membrane-dryers-1-7>.

Вахнюк Сергій Анатолійович – Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, старший викладач кафедри № 205, Харків, Україна; email: vakhniuk.ser@gmail.com; ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3584-7730>.

Маковецький Володимир Володимирович – Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, слухач штатний, Харків, Україна; email: makovetskyi.vova@gmail.com; ORCID <https://orcid.org/0009-0000-4432-4697>.

Vakhniuk Serhiy Anatoliyovych – Kharkiv National University of the Air Force named after Ivan Kozhedub, senior lecturer of department No. 205, Kharkiv, Ukraine; email: vakhniuk.ser@gmail.com; ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3584-7730>.

Volodymyr Volodymyrovych Makovetskyi – Kharkiv National University of the Air Force named after Ivan Kozhedub, full-time student, Kharkiv, Ukraine; email: makovetskyi.vova@gmail.com; ORCID <https://orcid.org/0009-0000-4432-4697>.

