



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ  
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ІМ. В.С. МАРТИНОВСЬКОГО**

## **ХІІ ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ  
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ  
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

**27-28 вересня 2019 року**

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ КОНФЕРЕНЦІЇ**



**ОДЕСА 2019**

УДК 621.565 (075.6)

**Сучасні проблеми холодильної техніки та технології** / Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2019. – 229 с.

У збірнику наведені матеріали XII Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки та технології» та розглянуто різні аспекти науково-технічних питань, пов'язаних з проектуванням, виготовленням та експлуатацією холодильного обладнання різного призначення, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та криогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

В сборнике представлены материалы XII Всеукраинской научно-технической конференции «Современные проблемы холодильной техники и технологии» и рассмотрены различные аспекты научно-технических вопросов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией холодильного оборудования различного назначения, исследованием рабочих тел и процессов в элементах холодильных и криогенных систем, применением нано и когенерационных технологий, использованием холода в пищевых технологиях, применением и внедрением нетрадиционных источников энергии.

Відповідальність за достовірність інформації несе автор публікації.  
Матеріали публікуються мовою оригінала, наданого автором.

**Голова наукового комітету** – Єгоров Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, член-кореспондент НААН України, Заслужений діяч науки і техніки, д-р техн. наук, професор.

**Заступник голови** – Косой Борис Володимирович – директор Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, д-р техн. наук, професор.

**Члени наукового комітету:**

Ванєєв Сергій Михайлович - Сумський державний університет, к.т.н., доцент;

Василенко Сергій Михайлович - Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор;

Железний В.П. - зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д-р техн. наук, професор;

Лабай Володимир Йосипович - Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор;

Лавренченко Г.К. - д-р техн. наук, професор;

Мілованов В.І. - зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, професор;

Морозюк Л.І. - д-р техн. наук, професор;

Потапов Володимир Олексійович - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

Радченко М.І. - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Семенюк В.А. - к.т.н., директор НПФ «Терміон»;

Симоненко Ю.М. - зав. кафедрою кріогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор;

Снежкін Юрій Федорович - директор Інституту технічної теплофізики, д.т.н., академік НАНУ

Ткаченко Станіслав Йосипович - д.т.н., професор Вінницького національного технічного університету;

Хмельнюк М.Г. - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Щит Михайло Львович - к.т.н., пров. наук. спів. Інституту енергетики Академії Наук Молдови.

**ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Жихарєва Н.В., к.т.н. Когут В.Є., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Подмазко О.С.

## ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

**110 РОКІВ ПРОФЕСОРУ ЧУКЛІНУ СЕРГІЮ ГРИГОРОВИЧУ (1909-1974)**

### **ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ, МЕТОДЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОМФОРТНОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Н.И. Радченко, д.т.н., проф., Е.И. Трушляков, к.т.н., проф., А.Н. Радченко, к.т.н., доц.,  
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна

### **АЗОТНЫЕ ГАЗИФИКАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ**

Кириченко И.В., технический директор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса;  
Леонтьев А.А., главный конструктор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса.  
e - mail: info@krioprom.com.ua

### **ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМ КОМФОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ**

Жихарева Н.В., к.т.н., доц., Одеська національна академія харчових технологій

<b>СЕКЦІЯ № 1. ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ. КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ.</b>		стр.
19.	<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНЫХ РЕЖИМОВ В ПЛОТНОМ ПРОДУВАЕМОМ СЛОЕ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ</b>	68
20.	<b>АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ АНОДНОГО БЛОКА МАГНЕТРОНА</b>	71
21.	<b>ЗНИЖЕННЯ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ХОЛОДОАГЕНТІВ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ІЗОТЕРМІЧНИХ НАПІВПРИЧЕПІВ THERMO-KING В УКРАЇНІ</b>	73
22.	<b>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ЗАМКНУТЫХ ДВУХФАЗНЫХ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ С РАЗЛИЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ ДВИЖЕНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ</b>	75
23.	<b>ЕНЕРГЕТИЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОХВИЛЬОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОТРИМАННІ БІОПЕСТИЦИДІВ</b>	78
24.	<b>ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ ТЕЧІЇ ПІД ЧАС КОНДЕНСАЦІЇ ПАРИ У ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ТРУБАХ</b>	80
25.	<b>ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ИСПАРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ</b>	82
26.	<b>ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ</b>	85
27.	<b>КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ЗАСОБІВ СКОРОЧЕННЯ ВТРАТ СВІТЛИХ НАФТОПРОДУКТІВ ПРИ ЗБЕРІГАННІ</b>	88
28.	<b>ПІДВИЩЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ УКРАЇНИ</b>	90
29.	<b>ШТУЧНЕ ЗАМОРОЖУВАННЯ-ВІДТАВАННЯ ОСАДУ СТІЧНИХ ВОД</b>	93
30.	<b>ПЕРСПЕКТИВНІ СХЕМИ І КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМ ОХОЛОДЖУЮЧИХ ЗЕРНОВИХ КОМПЛЕКСІВ</b>	95
31.	<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ ЛАВРОВОГО ЛИСТА ЗРІДЖЕНИМ ГАЗОМ</b>	98
32.	<b>ПЕРСПЕКТИВЫ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ МАГНЕТРОНА</b>	100
33.	<b>СИСТЕМА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ДВОСТУПЕНЕВОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ МАШИННОГО ВІДДІЛЕННЯ АВТОНОМНИХ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ</b>	103
34.	<b>АНАЛИЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВОСТУПЕНЕВОЇ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ АВТОНОМНОЇ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ</b>	105
35.	<b>ОХОЛОДЖЕННЯ ЦИКЛОВОГО ПОВІТРЯ СУДНОВОГО ДВИГУНА ЕЖЕКТОРНОЮ ХОЛОДИЛЬНОЮ МАШИНОЮ З РЕЦИРКУЛЯЦІЄЮ ГАЗІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГОЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ</b>	107
36.	<b>ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ БЛОКІВ АМІАЧНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ СИСТЕМ ТА РАДІУСІВ ЗОН МОЖЛИВИХ РУЙНУВАНЬ</b>	111

## ПЕРСПЕКТИВЫ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ МАГНЕТРОНА

Сагала Т. А., доцент каф. ТТТЕ ОНАПТ; Колесниченко Н. А., доцент каф. Автотехнического обеспечения Военной академии г. Одесса; Паскаль А. А., аспирант каф. ТТТЕ ОНАПТ

[sagala.onaft@gmail.com](mailto:sagala.onaft@gmail.com)

Проблема эффективного обеспечения теплового режима генератора микроволновой энергии в значительной степени тормозит внедрение промышленных микроволновых установок. Этой проблеме следует уделять большое внимание, т. к. при превышении температуры поверхности анодного блока магнетрона выше допустимой генератор быстро выходит из строя. Анодный блок – это основная часть магнетрона. Анодный блок состоит из медного цилиндра, с полостями в центре, которые являются кольцевой системой объемных резонаторов. Электронный КПД магнетрона, определяющий эффективность преобразования энергии электронного потока в энергию высокочастотных колебаний, достаточно высок (до 80 %), однако практически вся оставшаяся часть выделяется в виде тепла на анодном блоке, вызывая его разогрев. Для его охлаждения на поверхности маломощных магнетронов, которые выпускаются для микроволновых печей, устанавливают ребристые радиаторы. Есть определенный интерес применения таких магнетронов для промышленных установок, для чего следует сделать систему охлаждения более надежной. Выпускаемые промышленностью маломощные магнетроны рассчитаны на бытовые микроволновые печи. При использовании их в промышленных установках такие магнетроны часто перегреваются и выходят из строя. При этом целесообразность их использования связана с тем, что они достаточно надежны (при соблюдении тепловых режимов) и значительно дешевле магнетронов с высокой выходной мощностью. Кроме того, равномерное распределение микроволновой энергии легче достичь применением нескольких магнетронов малой мощности, чем одного высокоомощного. Проблема поддержания устойчивого теплового режима магнетронов с выходной мощностью до 1 кВт при их длительном применении в установках промышленного назначения может быть решена за счет замены системы воздушного охлаждения (СВО) на систему жидкостного охлаждения (СЖО). При этом необходима замена ребер, установленных на анодном блоке, на рубашку охлаждения, плотно подогнанной к поверхности анода. Переход на СЖО должен сопровождаться тепловыми конструкторскими расчетами, результатом которых является определение рабочих параметров системы. Актуальность работы связана с тем, что модернизация системы обеспечения тепловых режимов (СОТР) выпускаемых магнетронов малой мощности до настоящего времени не проводилась, поскольку их применение ограничивалось условиями работы домашних микроволновых печей. Для непродолжительной работы в домашних условиях система воздушного охлаждения является предпочтительной, но при использовании в производстве не гарантирует надежность поддержания требуемого температурного режима.

В работе [1] предложен метод модификации системы охлаждения серийных магнетронов, используемых в бытовых и промышленных микроволновых печах. Модификация заключается в переходе с воздушной системы охлаждения на водяную. Показано, что жидкостное охлаждение может быть организовано навивкой тонкостенной медной трубки непосредственно на корпус прибора или установкой водяного радиатора в виде моноблока. Однако не приведены результаты тепловых расчетов разрабатываемых систем. Без надежных зависимостей, которые позволяют оценить режимные параметры работы СЖО, конструирование не будет завершеным. Вопросы конструирования и сопряженности частей микроволновых устройств изложены в [8]. Представленные данные позволяют установить фундаментальные концепции конструирования микроволновых устройств. Однако системам охлаждения и их модернизации уделяется недостаточно внимания. В [2] рассматриваются особенности преобразования электрической энергии в энергию микроволнового поля и результаты моделирования частотных характеристик магнетронов в непрерывном режиме. Исследование частотных характеристик магнетронов и их анализ показывает, что флуктуация частоты в магнетронных генераторах связана с электронно-волновым механизмом взаимодействия, режимом работы прибора, условиями и особенностями его эксплуатации и другими

факторами. Это подчеркивает важность применения надежной системы обеспечения теплового режима магнетрона. При отклонении от требований к поддержанию стабильной температуры анодного блока сдвигается рабочая точка магнетрона по выходной частоте. Сдвиг рабочей точки приводит к ухудшению эффективности работы магнетрона как источника энергии. Кроме того, при перегреве уменьшается срок службы магнетрона.

Важность разработки надежной СОТР отмечается в [3]. Указывается, что влияние изменения температуры на надежность аппаратуры проявляется, во-первых, в изменении (обратимом и необратимом) электрических параметров и характеристик изделий, во-вторых, в зависимости показателей надежности изделий от температуры. Одним из главных этапов проектирования, определяющим направление всей разработки системы обеспечения тепловых режимов, является выбор способа охлаждения магнетронов [4]. Представлены результаты экспериментальных исследований возможной нестабильности частоты в магнетронах, включая результаты исследования влияния температуры анодного блока на частоту генерации. Установлено, что повышение температуры анодного блока от 20 °С до 60 °С приводит к снижению частоты генерации магнетрона на 0,1 %. Стабилизация температуры анодного блока способствует к стабилизации частоты. Исследование системы охлаждения маломощного магнетрона с использованием теплообмена с естественной конвекцией отражены в [5]. Выявлено определяющее влияние температуры на дрейф мощности магнетрона. Таким образом, анализ литературных данных подтверждает целесообразность модернизации системы охлаждения маломощных магнетронов при их эксплуатации в составе промышленных микроволновых установок. На рис. 1 схематично представлена схема анодного блока серийно выпускаемого магнетрона в первоначальном виде и после замены СВО на СЖО.

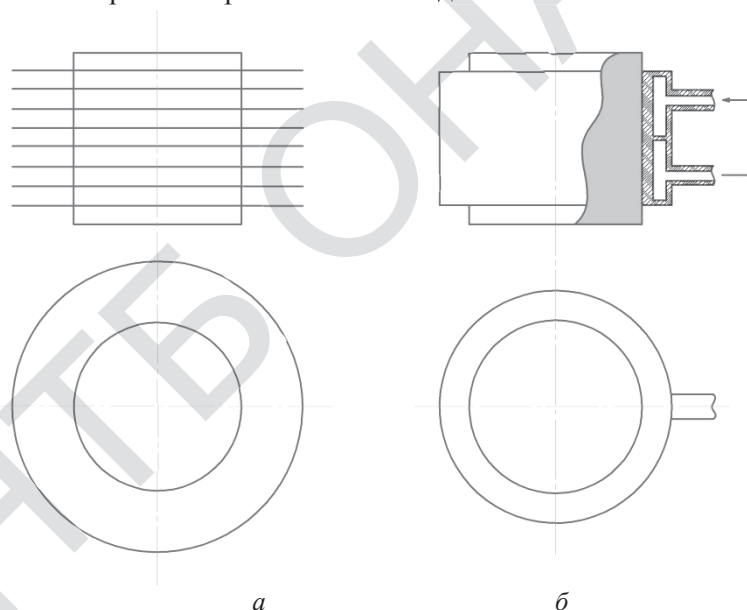


Рис. 1. Схема анодного блока магнетрона с элементами системы охлаждения: *а* – магнетрон с элементами СВО; *б* – модернизированный магнетрон с СЖО

Рабочие жидкости (теплоносители) для заправки СЖО выбираются по следующим критериям:

- рабочий диапазон температур:  $-20 \dots + 50$  °С;
- жидкость должна быть нетоксична;
- отсутствие химической активности;
- оптимальная стоимость;
- доступность.

При разработке микроволновых устройств часто возникает необходимость применения нескольких магнетронов, в зависимости от расчетной потребляемой мощности. В этом случае СЖО может объединять в свой контур все рубашки охлаждения по параллельной схеме. Гидравлическая

схема СЖО, предлагаемая для обеспечения теплового режима шести магнетронов, представлена на рис. 2.

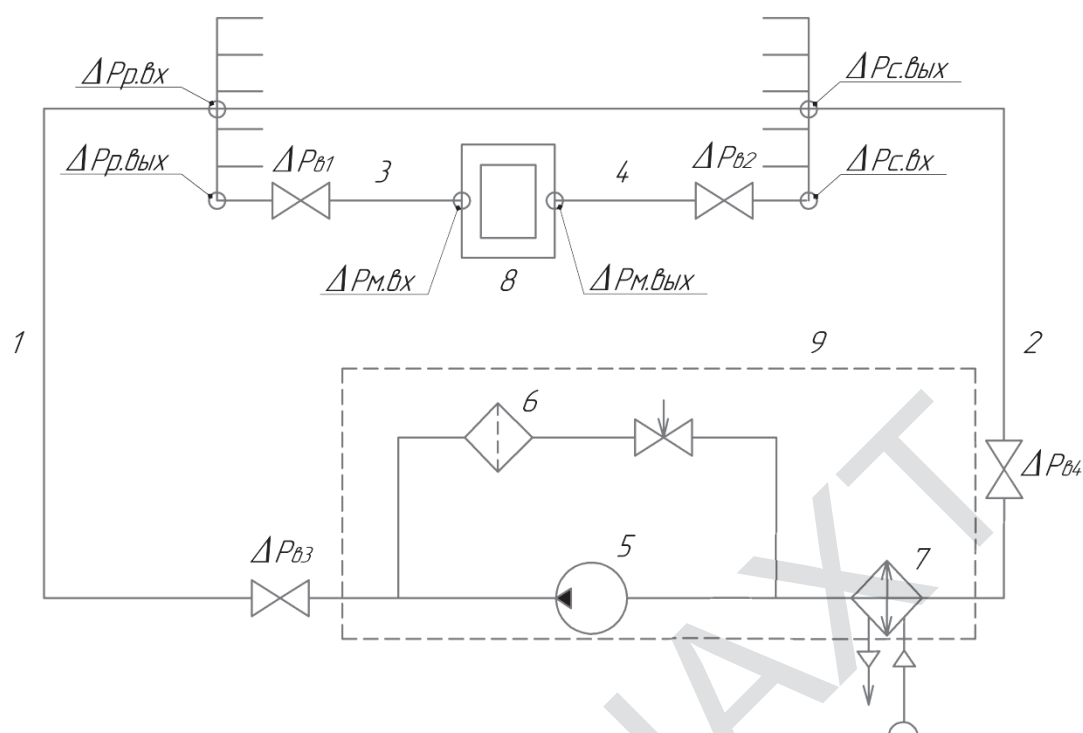


Рис. 2. Схема СЖО для микроволнового устройства: 1 – линия нагнетания, 2 – линия всасывания, 3 – вход в рубашку охлаждения магнетрона, 4 – выход из рубашки охлаждения, 5 – насос, 6 – фильтр, 7 – теплообменник, 8 – магнетрон, 9 – контур СЖО

Конструктивно СЖО может быть выполнена с учетом возможности легкой замены деталей и подключения к микроволновому устройству, как показано на разработанной схеме.

#### Список использованных источников

1. Бюджетные генераторы для микроволновых плазмотронов / Тихонов В. Н., Иванов И. А., Крюков А. Е., Тихонов А. В. // Прикладная физика. 2015. № 5. С. 102-106.
2. Pozar D. M. Microwave Engineering – 4-rd edition. – N.Y.: Wiley. 2012. 756 p.
3. Alan Wall. The Radar System – Technical Principles In book: Radar and ARPA Manual. 2014. Published by Elsevier Ltd. P.29-137
4. В. И. Азаренков, А. С. Куценко. Методика и алгоритм инженерного расчета температурного режима радиоэлектронной аппаратуры // Вісник національного технічного університету ХПІ. 2013. №2 (976). С. 22-28.
5. Г.И. Чурюмов, А.И. Экезли. Моделирование частотных характеристик магнетрона с двумя выводами энергии // Прикладная радиоэлектроника. 2012. Том 11, № 1. С. 63-71.