

УДК 621.383.292+ [621.3.032.42: 621.383.292

© И. П. Жарков, Ю. И. Жирко, В. А. Маслов,  
В. В. Сафронов, В. А. Ходунов

## МАЛОГАБАРИТНОЕ УСТРОЙСТВО ОХЛАЖДЕНИЯ ФОТОЭЛЕКТРОННЫХ УМНОЖИТЕЛЕЙ

С целью уменьшения тепловых шумов и повышения разрешающей способности фотоэлектронных умножителей создано малогабаритное устройство для эффективного охлаждения ФЭУ.

*Кл. сл.:* фотоэлектронный умножитель, тепловые шумы, разрешающая способность, охлаждение, криостат, жидкий азот

### ВВЕДЕНИЕ

Известно, что уровень тепловых шумов полупроводниковых устройств, в частности фотоприемников, ПЗС-матриц, а также фотоэлектронных умножителей (ФЭУ) зависит от температуры. Он растет с ростом температуры устройства или, наоборот, стремится к нулю при температурах, близких к абсолютному нулю. Особенно влияние тепловых шумов становится актуальным для ФЭУ, работающих в ближней ИК и ИК областях спектра. На использовании этого явления построен ряд приборов для уменьшения тепловых шумов приемников излучения. Так, например, известен термоэлектрический холодильник для детекторов излучения типа TERMOEL-9982, изготавливаемый компанией "Криомагнитные системы" (Черноголовка, Московской обл.) [1], состоящий из двух блоков — собственно холодильника и блока питания и управления. В холодильнике расположены: охлаждаемый металлический корпус для ФЭУ, покрытый слоем теплоизоляции; два термоэлектрических модуля, имеющих тепловой контакт с корпусом; радиатор, рассеивающий тепло с "горячих" поверхностей термоэлектрических модулей и вентилятор, выдувающий горячий воздух из корпуса холодильника. Блок питания и управления поддерживает заданную температуру корпуса фотоусилителя. Недостатками такого холодильника являются: небольшая температура максимального охлаждения ( $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), большие вес и габариты.

Известны также термоэлектрические охладители типа С10372, С10373 для ФЭУ, производимые фирмой Hamamatsu (Япония) [2] и использующие явление Пельтье. Эти охладители выполнены тоже из двух блоков — собственно охладителя и блока питания и управления. В блоке охладителя, охлаждаемого водой или воздухом, расположены: металлический корпус для фотоусилите-

ля с вакууммированным окном для подведения к нему света, покрытый слоем теплоизоляции; термоэлектрический модуль, имеющий тепловой контакт с корпусом; радиатор, рассеивающий тепло с "горячих" поверхностей термоэлектрического модуля и каналы подвода воды или воздуха для удаления тепла из корпуса холодильника. Блок питания и управления поддерживает заданную температуру корпуса фотоусилителя. Недостатки такого охладителя те же: небольшая температура максимального охлаждения ( $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), вес, габариты, необходимость подвода воды или воздуха для охлаждения кожуха.

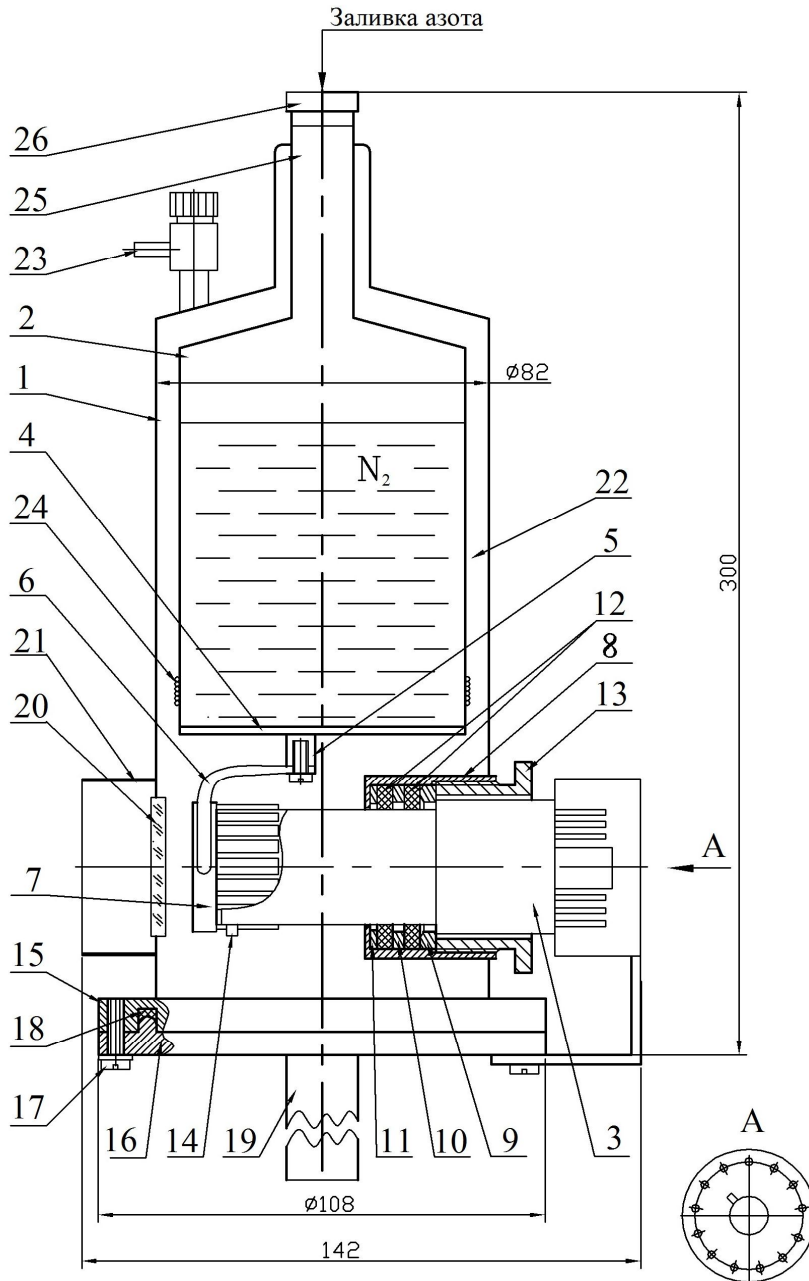
Известен также азотный криостат для охлаждения ИК-детекторов типа MN1815, выпускаемый фирмой Oxford Instruments (Англия) [3]. Указанный криостат содержит теплоизолированный азотный бак для размещения криоагента, находящийся внутри вакуумированного корпуса криостата и подвешенный к крышке корпуса на тонкостенных трубках, а также угольный крионасос, закрепленный на крышке азотного бака криостата для достижения максимального вакуума. Криостат имеет четыре боковых оптических ввода и один донный для приема оптического излучения и может принимать горизонтальное или вертикальное положение в рабочем режиме. ИК-детектор располагается на внешней поверхности азотного бака. Недостатком этого решения являются ограничения его применения — только для небольших по размерам ИК-детекторов и невозможность использования для ФЭУ, имеющих большие размеры.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Целью настоящей работы было разработать и создать малогабаритное устройство для эффективного охлаждения ФЭУ до температур, близких

к температуре жидкого азота. Поставленная задача решена тем, что ФЭУ размещен в вакуумированном корпусе со встроенным оптическим окном для подвода оптического излучения, причем стеклянный корпус ФЭУ вмонтирован в гибкий лепестковый фланец из высокотеплопроводящего материала, имеющего тепловой контакт с азотным баком через гибкий тепловой переход, а выводы динодов закреплены через изолирующие матери-

лы на внешнем кожухе криостата; сам азотный бак находится внутри вакуумированного корпуса и подвешен к крышке корпуса на тонкостенной трубке из малотеплопроводного материала; на азотном баке также установлен угольный крионасос для достижения максимального вакуума. Устройство прибора схематически показано на рис. 1.



**Рис. 1.** Схема криостата.  
 1 — корпус; 2 — азотный бак; 3 — ФЭУ; 4 — дно азотного бака; 5 — стойки крепления гибких тепловых переходов к дну бака; 6 — гибкие тепловые переходы; 7 — гибкий высокотеплопроводящий лепестковый фланец; 8 — корпус крепления ФЭУ; 9, 10, 11 — шайбы уплотнения; 12, 18 — вакуумные уплотнения; 13 — резьбовая втулка; 14 — ключ ФЭУ; 15 — прижимной фланец; 16 — днище устройства; 17 — винты крепления; 19 — стержень для крепления устройства; 20 — оптическое окно; 21 — бленда соединения с выходной щелью спектрального прибора; 22 — вакуумное пространство; 23 — вакуумный кран; 24 — угольный сорбционный крионасос; 25 — трубка для заливки азота; 26 — пробка

Прибор состоит из разборного корпуса 1, в котором установлен бак 2 с жидким азотом, охлаждающий ФЭУ 3 через дно бака 4, стойки крепления тепловых переходов 5, тепловые переходы 6 и гибкий лепестковый фланец 7. ФЭУ 3 закрепляется и уплотняется в корпусе крепления ФЭУ 8 при помощи шайб 9, 10, 11, уплотнений 12 и резьбовой втулки 13, которая ввертывается в корпус крепления ФЭУ 8. Для фиксации углового положения ФЭУ относительно корпуса 8 во фланце 7 и корпусе 8 есть пазы для ключа 14, имеющегося на ФЭУ. Разборный корпус 1 имеет прижимной фланец 15, к которому присоединяется днище 16 с помощью винтов 17 и герметизируется уплотнением 18. Снизу к днищу 16 прикреплен стержень 19, предназначенный для установки криостата на оптической скамье с возможностью регулирования положения криостата по вертикали.

Для приема оптического излучения на корпусе 1 (вдоль оптической оси ФЭУ) установлено окно 20 с блендой 21, которая используется для соедине-

ния с выходной щелью спектрального прибора. Вакуумная полость криостата откачивается форвакуумным насосом через вакуумный кран 23. Высокий вакуум обеспечивает угольный сорбционный крионасос 24.

Азотный бак 2 закреплен с помощью трубки 25 в верхней части корпуса 1. Трубка 25 закрывается пенопластовой пробкой 26 после заполнения бака 2 криостата жидким азотом.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Устройство (при незначительной доработке) позволяет охлаждать разные типы ФЭУ и легко монтируется на выходной щели монохроматора. В частности, представленное на рис. 1 устройство охлаждает ФЭУ-62 и ФЭУ-100 и монтируется на выходные щели монохроматоров производства "ЛОМО".

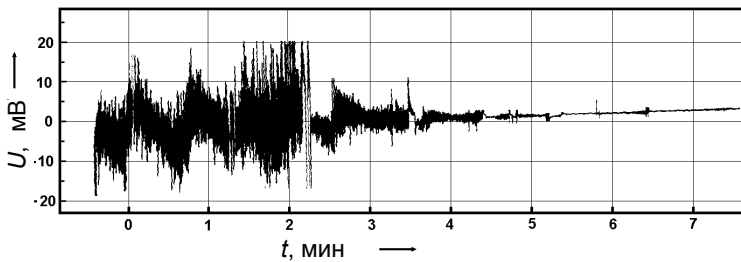


Рис. 2. Изменение тепловых шумов ФЭУ-62 во времени

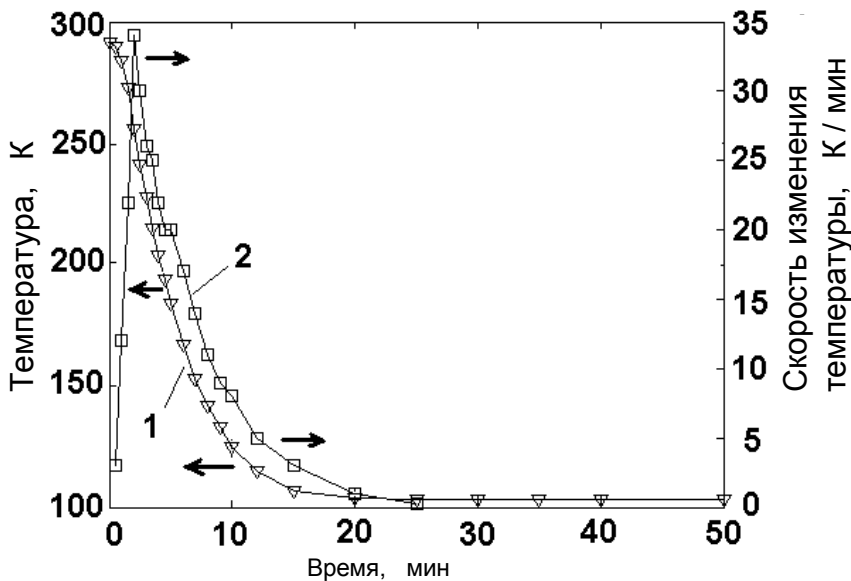


Рис. 3. Зависимости температуры (1) гибкого лепесткового фланца, обжимающего стеклянный корпус ФЭУ, и скорости ее изменения (2) от времени

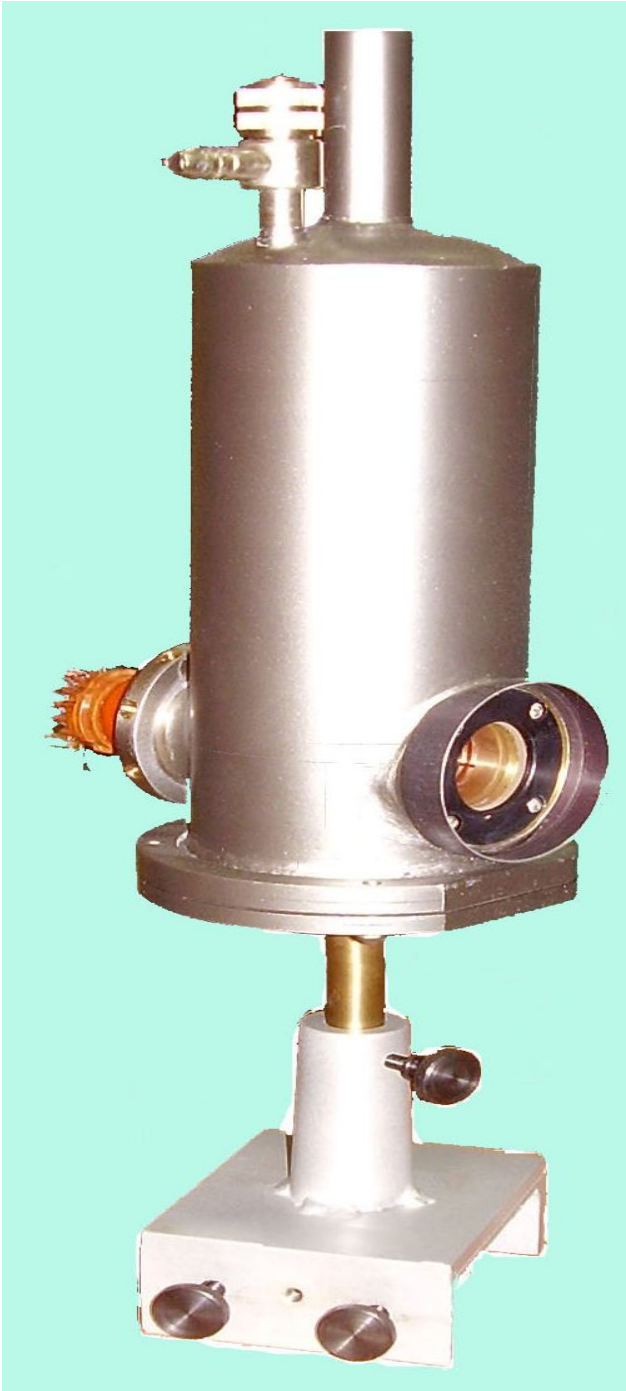


Рис. 4. Изображение устройства

На примере ФЭУ-62 в разработанном приборе исследовано влияние охлаждения на тепловые шумы ФЭУ. Для этого на ФЭУ-62, находившийся в полной темноте в устройстве при комнатной температуре, подавалось напряжение 1300 В. Обусловленный тепловыми шумами сигнал от ФЭУ-62 подавался на усилитель постоянного тока и да-

лее на двухкоординатный самописец ЛКД4-003 (скорость развертки 1800 мм/ч), который записывал изменение теплового шума ФЭУ во времени. Далее проводилась заливка устройства жидким азотом, и, как можно видеть на рис. 2, уже через 5 мин охлаждение ФЭУ-62 приводит к тому, что уровень тепловых шумов уменьшается как минимум в 80 раз. Кроме того, в этом же приборе нами проведено исследование зависимости температуры и скорости ее изменения на гибком лепестковом фланце (в месте крепления стеклянного корпуса ФЭУ) от времени. Из результатов, представленных на рис. 3, следует, что максимальная скорость изменения температуры наступает через две минуты (с учетом времени предварительного охлаждения), а сама температура составляет около 220 К, что означает при сравнении с аналогами, что приборы, использующие эффект Пельтье при охлаждении фотоприемников, дают достаточный результат для уменьшения шумов ФЭУ и могут использоваться при отсутствии жидкого азота несмотря на их громоздкую конструкцию. По истечении 15 мин обе кривые выходят на полку, и температура фланца составляет 100 К. Для полного охлаждения мини-криостата достаточно 0.5 л жидкого азота, которого хватает на 4 ч поддержания указанной температуры. После этого происходит медленный отогрев корпуса, и температура от 100 К до 220 К держится приблизительно 8 ч, а достижение комнатной температуры наступает после 12 ч с момента заливки жидкого азота. Т. е. на протяжении целого рабочего дня обеспечивается работа с уменьшенными шумами. На рис. 4 представлена фотография устройства.

Устройство имеет следующие технические характеристики.

Тип криоагента	жидкий азот
Габариты, мм:	
высота	300
диаметр	108
Объем азотного бака, л	0.32
Расход криоагента, л/ч	0.1
Вес, кг	2

Работа выполнена в рамках Программы научного приборостроения НАН Украины, грант П2/09-40. PACS: 07.20Mc.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оборудование для физических исследований. Черногловка: Объединенная научная компания "Криомагнитные системы", ИФТТ РАН, 1995. 54 с.
2. High performance thermoelectric coolers C10372, C10373 series. URL: (www.hamamatsu.com).
3. Oxford Instruments Ltd. Systems for Spectroscopy. Oxford: Scientific Research Division. Research Instruments, 1996. 31 p.

*Институт физики НАН Украины, г. Киев, Украина*

Контакты: *Жарков Иван Павлович,*  
zharkov@iop.kiev.ua

Материал поступил в редакцию 6.07.2010.

## COMPACT NITROGEN CRYOSTAT FOR PHOTOMULTIPLY TUBES

**I. P. Zharkov, Yu. I. Zhirko, V. A. Maslov, V. V. Safronov, V. A. Khodunov**

*Institute of Physics of NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine*

With the purpose of diminution of thermal noises and heightening resolving ability of photomultiplying tubes the compact nitrogen cryostat for effective cooling of a photomultiplying tubes is made.

The work is carried out within the framework of the Program of scientific instrument making of NAS of Ukraine, grant П2/09-40. PACS: 07.20Mс.

*Keywords:* photomultiply tube, thermal noises, resolving ability, cooling, cryostat, liquid nitrogen