

УДК 621.52/39-181.4

Исследование зависимостей основных характеристик матричного фотоприёмного устройства от давления криоагента микрокриогенной системы

Н. Н. Оганесян, А. В. Самвелов, Д. А. Сысоев, Д. В. Минаев

Проведены исследования зависимостей основных характеристик матричного фотоприёмного устройства от давления криоагента микрокриогенной системы. Исследования позволяют определить давление криоагента микрокриогенной системы, при котором основные характеристики матричного фотоприёмного устройства соответствуют техническим требованиям.

PACS: 85.60.Gz

Ключевые слова: матричное фотоприёмное устройство, МФПУ, инфракрасный диапазон, криоагент, микрокриогенная система, МКС.

Введение

Современные матричные фотоприёмные устройства (МФПУ) инфракрасного диапазона требуют охлаждения до криогенных температур [1]. Как правило, для достижения таких температур используют микрокриогенные системы (МКС) на основе обратного цикла Стирлинга [2—5].

Среднее расчётное давление криоагента МКС, предназначенной для криостатирования среднеформатного МФПУ, соответствующее давлению заполнения, составляет 45 бар, и (после оптимизации на этапе цеховых испытаний МКС) оно может располагаться в интервале 43—47 бар в зависимости от термодинамических характеристик конкретного образца МКС [6, 7, 9].

С точки зрения оптимизации термодинамического цикла МКС, снижение заправочного давления в процессе изготовления и испытаний понижает термодинамический КПД системы, что приводит к падению холодопроизводительности и, как следствие, к росту времени выхода на режим криостатирования МФПУ. Увеличение заправочного давления системы ограничено ростом теплопритоков в результате тепловыделений при сжатии. Это, в свою очередь, приводит к росту энергопотребления системы, а, следовательно, и к

росту потребляемой мощности МФПУ. Собственно, по этим причинам и проводится оптимизация [2, 8].

К разработанному в ОАО «НПО «Орион» МФПУ, в состав которого входит МКС, предъявлены технические требования, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Технические требования к МФПУ

Технические характеристики	Единица измерения	Значение
Напряжение питания	В	24 ⁺³
Рабочая температура охлаждаемого узла МФПУ	К	65
Время выхода МФПУ на режим	мин	6
Мощность потребления в режиме криостатирования	Вт	18
Мощность потребления в режиме регулирования	Вт	12

Поскольку рабочая температура криостатирования данного МФПУ ниже точки нормального кипения азота, а именно, 65 К, требуется повторная оптимизация МКС по среднему давлению цикла, чтобы не выйти за пределы технических требований к МФПУ по мощности потребления, необходимой для достижения температуры 65 К, так как расчётная температура охлаждения применяемой МКС составляет 80 К.

Целью исследований является определение рабочего давления криоагента МКС, при котором технические требования, предъявляемые к МФПУ, в частности, время выхода на режим и мощность потребления, полностью выполняются.

Метод измерений и результаты эксперимента

Эксперимент проводился следующим образом. Микрокриогенная система заполнялась крио-

Оганесян Николайос Норикович, инженер.
Самвелов Андрей Витальевич, начальник НТЦ.
Сысоев Дмитрий Анатольевич, инженер.
Минаев Денис Викторович, инженер.
ОАО «НПО «Орион».
Россия, 111123, Москва, шоссе Энтузиастов, 46/2.
E-mail: orion@orion-ir.ru

Статья поступила в редакцию 29 декабря 2014 г.

© Оганесян Н. Н., Самвелов А. В., Сысоев Д. А., Минаев Д. В., 2015

агентом (газообразным гелием) в диапазоне давлений от 32 до 50 бар с шагом 3 бара. При каждом давлении проводился пуск системы с охлаждением МФПУ до рабочей температуры. Во время работы контролировались пусковая мощность N_n , максимальная потребляемая мощность N_{max} , средняя мощность потребления МКС в режиме криостатирования N_{cp} , время выхода на стационарный режим τ_6 , потребляемая мощность в стационарном режиме $N_{ст}$. Полученные зависимости позволили

дать оценку эффективности МКС в составе с МФПУ и выбрать оптимальное давление криоагента, при котором параметры фотоприёмного устройства будут соответствовать предъявляемым к ним техническим требованиям [8, 11].

Результаты эксперимента приведены в табл. 2.

По данным, полученным в эксперименте, построены зависимости основных параметров МФПУ от давления криоагента (рис. 1—5).

Таблица 2

Результаты эксперимента

№ п/п	Давление криоагента, P , бар	Пусковая мощность, N_n , Вт	Максимальная потребляемая мощность, N_{max} , Вт	Средняя мощность МКС в режиме криостатирования, N_{cp} , Вт	Время выхода на температуру 65 К режим, τ_6	Потребляемая мощность в стационарном режиме, $N_{ст}$, Вт
1	32	11,5	23,0	17,25	5'56"	11,8
2	35	12,3	23,5	17,9	5'31"	12,0
3	38	14,1	25,5	18,8	5'00"	12,3
4	41	16,6	27,1	21,85	4'50"	13,1
5	44	17,2	27,0	22,1	4'25"	12,7
6	47	17,7	27,3	22,5	4'35"	13,1
7	50	18,5	28,6	23,55	4'15"	13,5

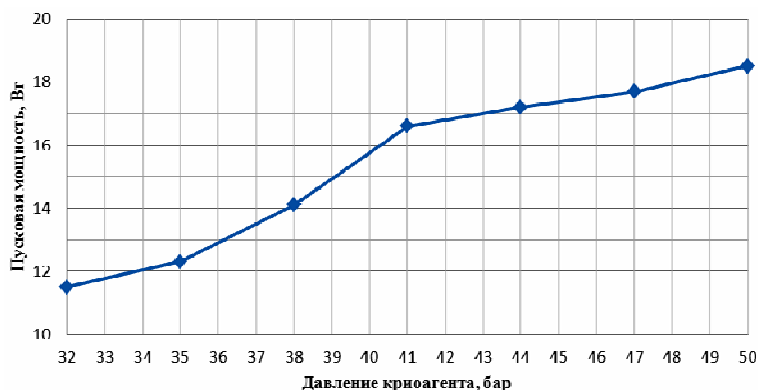


Рис. 1. Зависимость пусковой мощности от давления криоагента

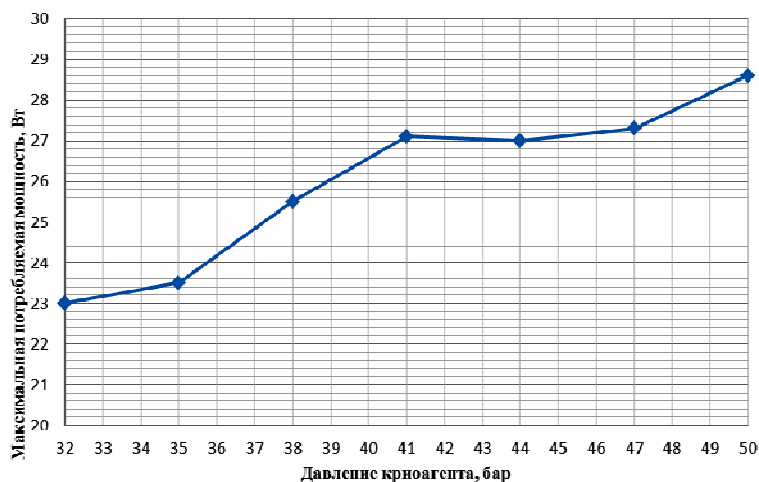


Рис. 2. Зависимость максимальной потребляемой мощности от давления криоагента

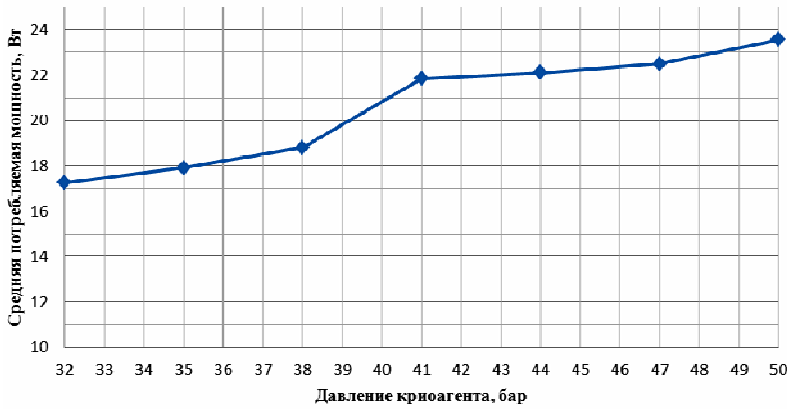


Рис. 3. Зависимость средней мощности потребления МКС в режиме криостатирования от давления криоагента

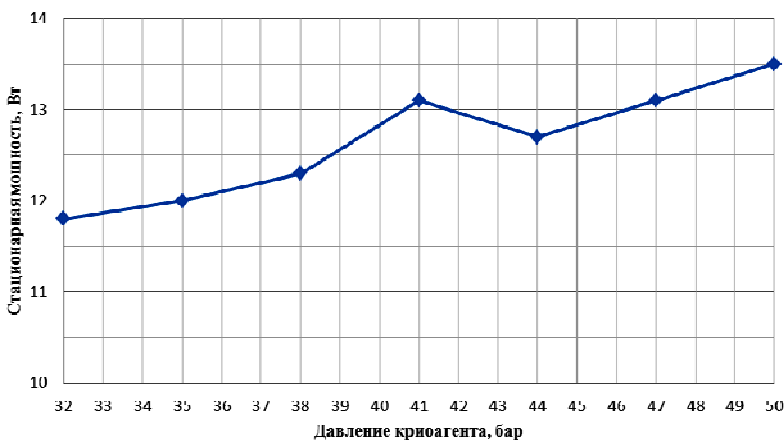


Рис. 4. Зависимость времени выхода на стационарный режим от давления криоагента

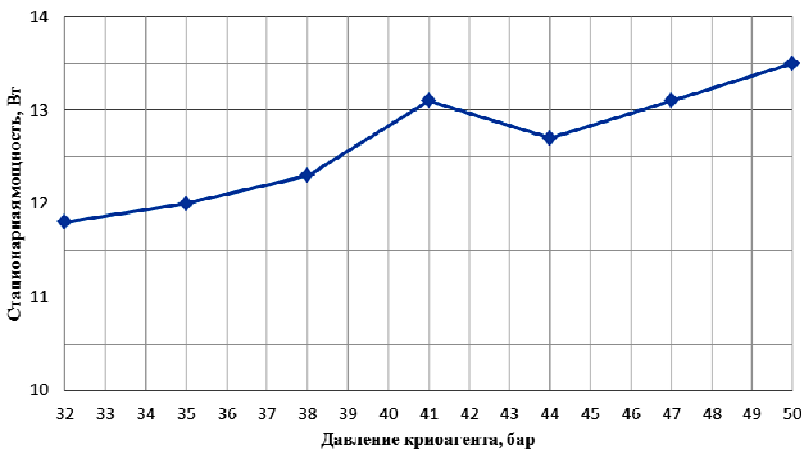


Рис. 5. Зависимость стационарной мощности от давления криоагента

Полученные зависимости подтверждают, что повышение давления заполнения криоагентом МКС, а значит, и среднего давления рабочего тела в цикле, приводит к росту потребления энергии системой. Это приращение энергии направлено на сопротивление силам давления. Повышение среднего давления до некоторого допустимого значения приводит к повышению максимального давления в цикле, способствующего росту полезной мощности (холодопроизводительности) цикла, а значит, к снижению времени достижения температуры криостатирования.

Зависимости выявляют оптимальные значения основных характеристик матричного фотоприёмного устройства при работе МКС при давлениях заполнения, располагающихся в интервале 32—35 бар. Время выхода МФПУ на рабочую температуру 65 К в этом интервале давлений несколько завышенное, но находится в пределах технических требований, а потребляемая мощность МКС, как максимальная, так и стационарная, будучи завышенной при расчётном давлении, в интервале 32—35 бар входит в пределы технических требований к фотоприёмному устройству.

Заключение

В результате исследований получены зависимости некоторых основных характеристик матричного фотоприёмного устройства от давления криоагента микрокриогенной системы.

При заполнении МКС давлением 32—35 бар удалось получить значения основных характеристик МФПУ, удовлетворяющих техническим требованиям (время выхода на режим не более 6 минут, средняя мощность потребления МКС в режиме охлаждения не более 18 Вт, мощность потребления МКС в режиме криостатирования не более 12 Вт).

Подобным способом подбора давления криоагента микрокриогенных систем можно добиться оптимальных характеристик матричных фотоприёмных устройств при критических условиях их работы, в данном случае, при пониженной температуры криостатирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филачев А. М., Таубкин И. И., Тришенков М. А. Твердотельная фотоэлектроника. Фоторезисторы и фотоприёмные устройства. — М.: Физматкнига, 2012.
2. Грезин А. К., Зиновьев В. С. Микрокриогенная техника. — М.: Машиностроение, 1977.
3. Колесников А. М., Самвелов А. В., Словеснов К. В. // Прикладная физика. 2010. № 2. С. 80.
4. Архаров А. М. и др. Криогенные системы. — М.: Машиностроение, 1987.
5. Сулов А. Д. и др. Криогенные газовые машины. — М.: Машиностроение, 1982.
6. Вопросы криогенной техники. — М.: Цинтихимнефтомаш, 1968.
7. Мясников В. М. / Сборник научных трудов. Омск. 1997. Вып. 1. Ч. 1. 74.
8. Еремчук А. И., Оганесян Н. Н., Патрашин А. И. и др. // Успехи прикладной физики. 2013. Т. 1. № 1. С. 112.
9. Еремчук А. И., Самвелов А. В., Широков Д. А. и др. // Успехи прикладной физики. 2013. Т. 1. № 2. С. 224.
10. Шимко Д. Н. // Прикладная физика. 2011. № 2. С. 107.
11. Соляков В. Н., Кортиков М. В. // Прикладная физика. 2011. № 5. С. 96.

The study of the dependence of main characteristics of matrix photodetectors on cryoagent pressure of microcryogenic system

N. N. Oganessian, A. V. Samvelov, D. A. Sysoev, and D. V. Minaev

Orion R&P Association Inc.
46/2 Enthusiasts highway, Moscow, 111123, Russia
E-mail: orion@orion-ir.ru

Received December 29, 2014

Consideration is made to the dependence of main characteristics of matrix photodetectors on cryoagent pressure of microcryogenic system. Researches allow us to determine the pressure of cryoagent in microcryogenic system, at which the main characteristics of matrix photodetectors meet the technical requirements.

PACS: 85.60.Gz

Keywords: FPA, IR range, cryoagent, microcryogenic system.

REFERENCES

1. A. M. Filachev, I. I. Taubkin, and M. A. Trishenkov, *Solid-State Photoelectronics. Photoresistors and Photodetectors*. (Fizmatkniga, Moscow, 2012) [in Russian].
2. A. K. Grezin and V. S. Zinov'ev., *Microcryogenic Systems*. (Mashinostr., Moscow, 1977) [in Russian].
3. A. M. Kolesnikov, A. V. Samvelov, and K. V. Slovesnov, *Prikladnaya Fizika*, No. 2, 80 (2010).
4. A. M. Arkharov et al., *Cryogenic Systems* (Mashinostr., Moscow, 1987) [in Russian].
5. A. D. Suslov et al., *Cryogenic Gas Machinery* (Mashinostr., Moscow, 1982) [in Russian].
6. *Problems of Cryogenic Systems* (Tsintikhimneftomash, Moscow, 1968) [in Russian].
7. V. M. Myasnikov, *Collected Scientific Papers* (Omsk, 1997). No. 1. Part 1. P. 74.
8. A. I. Eremchuk, N. N. Oganessian, A. I. Patrashin, et al., *Uspekhi Prikladnoi Fiziki* **1**, 112 (2013).
9. A. I. Eremchuk, A. V. Samvelov, D. A. Shirokov, et al., *Uspekhi Prikladnoi Fiziki* **1**, 224 (2013).
10. D. N. Shimko, *Prikladnaya Fizika*, No. 2, 107 (2011).
11. V. N. Solyakov and M. V. Kortikov, *Prikladnaya Fizika*, No. 5, 96 (2011).