

УДК 621.59

## Некоторые вопросы создания быстродействующих баллонных криогенных систем

Э. А. Громов, В. М. Ермаков, Е. А. Гаврин, А. В. Кочурин  
ОАО "Сибкриотехника", г. Омск, Россия

*Приведены результаты экспериментальной проверки разработанной баллонной дроссельной системы (БДС), предназначенной для кратковременного захолаживания чувствительных элементов фотоприемных устройств (ФПУ) в реальных условиях эксплуатации. Описана возможная конструкция теплового макета ФПУ с минимальной охлаждаемой массой и максимальной теплопередачей от криоагента к чувствительному элементу.*

Реальным способом обеспечения кратковременного охлаждения приемников излучения без потребления электроэнергии является использование "аккумулированного холода" реального газа (азота) в БДС.

Определяющим параметром БДС является масса, которая зависит от количества запасенного газа ("холода"), в свою очередь являющегося функцией расхода и времени работы. Расход газа определяется необходимой холодопроизводительностью БДС и его физическими свойствами (изотермическим дроссель-эффектом), время работы задается потребителем. Необходимая холодопроизводительность БДС —  $Q_H$  прямо пропорциональна массе охлаждаемого объекта  $m$  и обратно пропорциональна времени захолаживания  $\tau_3$ :

$$Q_H = f\left(m, \frac{1}{\tau_3}\right).$$

Суммируя, можно записать, что масса (М) БДС будет

$$M = f\left(m, \frac{1}{\tau_3}, \tau_{p.p}\right),$$

где  $\tau_{p.p}$  — время режимной работы;

Масса БДС тем больше, чем больше масса охлаждаемого объекта, время режимной работы и чем меньше время захлаживания;

$m$ ,  $\tau_3$ ,  $\tau_{p.p}$  обычно широко варьируются:  $m$  — 0,5—15 г;  $\tau_3$  — 1—15 с;  $\tau_{p.p}$  — 10—200 с.

Для наглядности приведена оценка массы БДС для значений:

$$\left. \begin{array}{l} \text{а) } m = 1,5 \text{ г;} \\ \tau_3 = 8 \text{ с;} \\ \tau_{p.p} = 15 \text{ с} \end{array} \right\} M \approx 0,9 \text{ кг; } \quad \left. \begin{array}{l} \text{б) } m = 1,5 \text{ г;} \\ \tau_3 = 8 \text{ с;} \\ \tau_{p.p} = 200 \text{ с} \end{array} \right\} M \approx 3,5 \text{ кг; } \quad \left. \begin{array}{l} \text{в) } m = 2 \text{ г;} \\ \tau_3 = 3 \text{ с;} \\ \tau_{p.p} = 15 \text{ с} \end{array} \right\} M \approx 2,5 \text{ кг.}$$

Данные приведены для нерегулируемых теплообменников (ТО), так как регулируемых ТО с необходимым быстродействием нет, а их разработка сложна и по идее, и по исполнению.

Учитывая существенную разницу в массе БДС, назначение  $m$ ,  $\tau_3$ ,  $\tau_{p.p}$  необходимо производить после тщательного и всестороннего анализа.

Отметим, что  $\tau_3$  состоит из двух периодов:

захлаживание собственно теплообменников;

захлаживание объекта охлаждения.

Наличие этого факта ведет к определенным ограничениям. Действительно, если мы повышаем  $Q_n$  (для уменьшения  $\tau_3$  либо из-за увеличения  $m$ ), то это возможно только за счет увеличения расхода в ТО, что в свою очередь приводит к необходимости увеличения теплопередающей поверхности и, как следствие, к увеличению массы ТО, а значит, к увеличению  $\tau_3$ . Этот парадокс может быть решен путем минимизации относительной массы ТО:

$$m_{\text{отн}} = \frac{m_{\text{ТО}}}{S},$$

где  $m_{\text{ТО}}$  — масса теплообменника;

$S$  — теплопередающая поверхность.

Минимизация относительной массы ведет к уменьшению диаметра теплообменных труб, утоньшению стенки и увеличению количества трубок, что в некоторых случаях приводит к нерешаемым технологическим проблемам. Более продуктивным является последовательное дросселирование разных криоагентов через один и тот же ТО. Результаты экспериментальной проверки этого варианта будут описаны позднее.

Одна из серьезных проблем при создании БДС, охлаждающих заданный приемник, — снятие тепла с объекта при характерно малых площадях теплового контакта. Анализ потребных плотностей теплового потока, обеспечивающих охлаждение заданных масс, показывает, что их величина может достигать до 3—4 Вт/мм<sup>2</sup>. Таковую плотность не может обеспечить в контакте даже жидкий азот из-за кризиса кипения. С этой целью было разработано и экспериментально проверено специальное теплопередающее устройство, обеспечивающее съем тепла при требуемых плотностях теплового потока.

С учетом решающего значения для массы БДС величины охлаждаемой массы объекта был спроектирован тепловой макет ФПУ с учетом наших тепло-технических пожеланий. Спроектирована, изготовлена и испытана БДС как взаимосвязанная система из баллона, теплообменника с параллельным дросселированием и теплового макета ФПУ, охлаждаемого жидкой фазой криоагента (азотом):

На рисунке представлена БДС совместно с тепловым макетом ФПУ, рассчитанная на следующие условия:

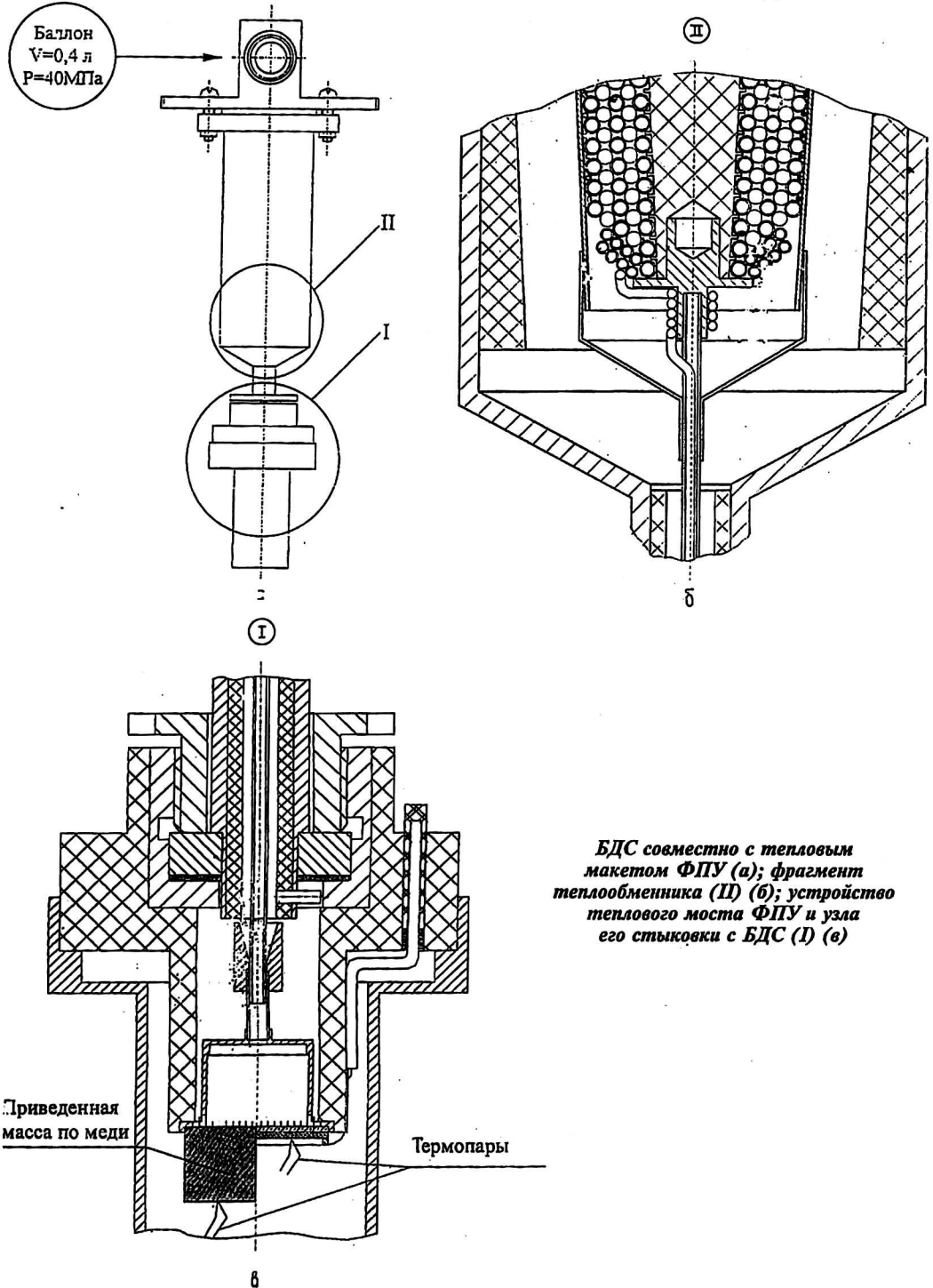
температура окружающей среды  $t_{0,ср}$  — плюс 50 °С;

приведенная масса по меди охлаждаемого объекта  $m = 1,5$  г;

рабочая температура  $t_p = 80$  К;

время захлаживания охлаждаемого объекта от  $t_{0,ср}$  до  $t_p$  ( $\tau_3$ ) — 8 с;

время работы после захлаживания при  $t_p$  в рабочем режиме  $\tau_{p,p}$  — 15 с.



*БДС совместно с тепловым макетом ФПУ (а); фрагмент теплообменника (II) (б); устройство теплового моста ФПУ и узла его стыковки с БДС (I) (в)*



## **Some development problems of the bottle-type, quick-acting cryogenic systems**

*E. A. Gromov, V. M. Yermakov, Ye. A. Gavrin, A. V. Kochurin*  
Sibkriotekhnika JSCo, Omsk, Russia

*The results of experimental check-up of the developed bottle-type throttle system (BTS) intended for a short-time cool-down of the sensitive elements in photo-detector devices (PDDs) in the conditions of actual operation are presented. The possible design of the PDD thermal model having the minimum mass cooled and the maximum cryoagentto-sensitive element heat transfer is described.*