

Влияние способов отвода теплоты от сорбента на эффективность процесса криосорбционной откачки

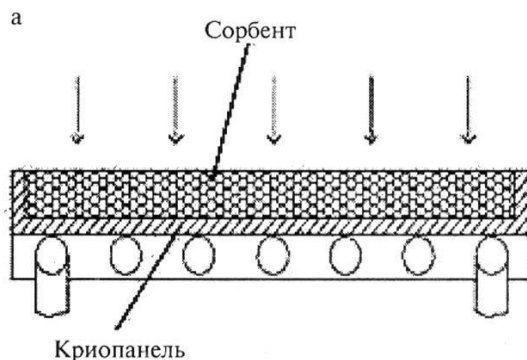
П. Н. ЗОБКОВ, А. Л. ШРАМОВА, С. В. СЕРГЕЕВ, д-р техн. наук В. И. ИВАНОВ

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Modern mechanical engineering and instrument-making require extensive application of material processing innovation technologies, particularly laser processing. Chemical oxygen-iodine laser is accepted to be forward-looking. The essential constituent of the oxygen-iodine laser is the gas evacuation system under pressure of 10–1500 Pa. As the magnitude of the gas flow is tens of molar portions per second, there is no rational alternative to the cryogetter evacuation method with energy as well as overall dimension characteristics, especially when the matter concerns mobile laser systems. In this connection sorbent heat abstraction represent vital issue. This article is devoted to cryogetter evacuation process analyses under sorbent cooling by means of flat and finned cryo-panel.

В ряде современных технологических процессов, например для химических лазеров [1], требуется откачивать значительные потоки газа при давлении 10–1500 Па. Для такого режима наиболее перспективным является криосорбционный метод откачки. Однако его использование затруднено тем, что выделяющаяся теплота сорбции разогревает адсорбент и, как следствие, происходят снижение скорости откачки и повышение давления до предельно допустимого значения. Для того чтобы увеличить число включений лазера, необходимо эффективно отводить теплоту сорбции. В данной статье рассматриваются два способа:

1) когда сорбент охлаждается плоской криопанелью, на которой он размещен;



2) когда криопанель имеет ребрение (рис. 1). Криопанель и ребра находятся при температуре 80 К.

Для того чтобы оценить эффективность этих двух способов отвода теплоты, были решены одномерная и двумерная задачи нестационарной теплопроводности для слоя сорбента NaX при импульсном напуске газа (азот). Толщина слоя — 0,016 м, шаг ребрения также 0,016 м. Для цеолита NaX принимались следующие теплофизические параметры: теплопроводность $\lambda_{\text{ц}} = 0,052$ Вт/(м·К), теплоемкость $C = 230$ Дж/(кг·К), насыпная плотность $\rho = 700$ кг/м³, теплота сорбции $q_c = 400 \cdot 10^3$ Дж/кг [2]. При решении рассматриваемых задач использован метод конечных разностей [3]. Критерий Фурье принимался равным $Fo = 1/4$ для одномерной задачи и $Fo = 1/6$ для двумерной задачи.

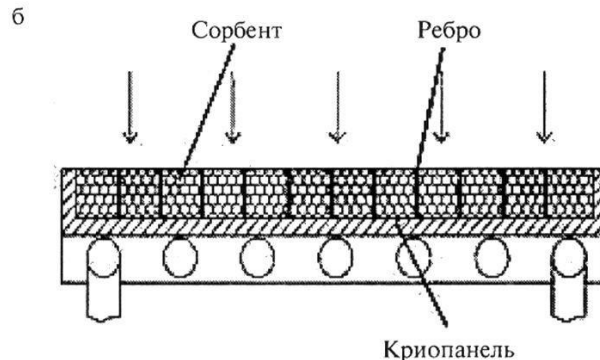


Рис. 1. Криопанель:

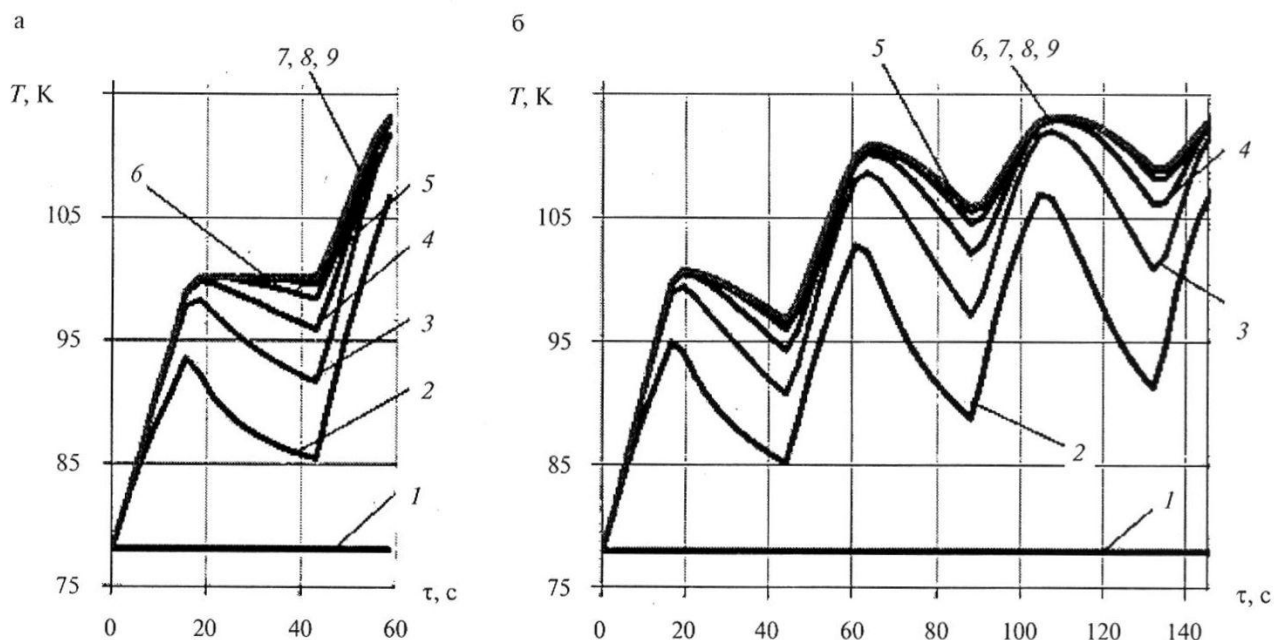


Рис. 2. Графики зависимости изменения температуры по слоям и элементам от времени $T = f(\tau)$:
 а — криопанель без ребер; б — криопанель с ребрами

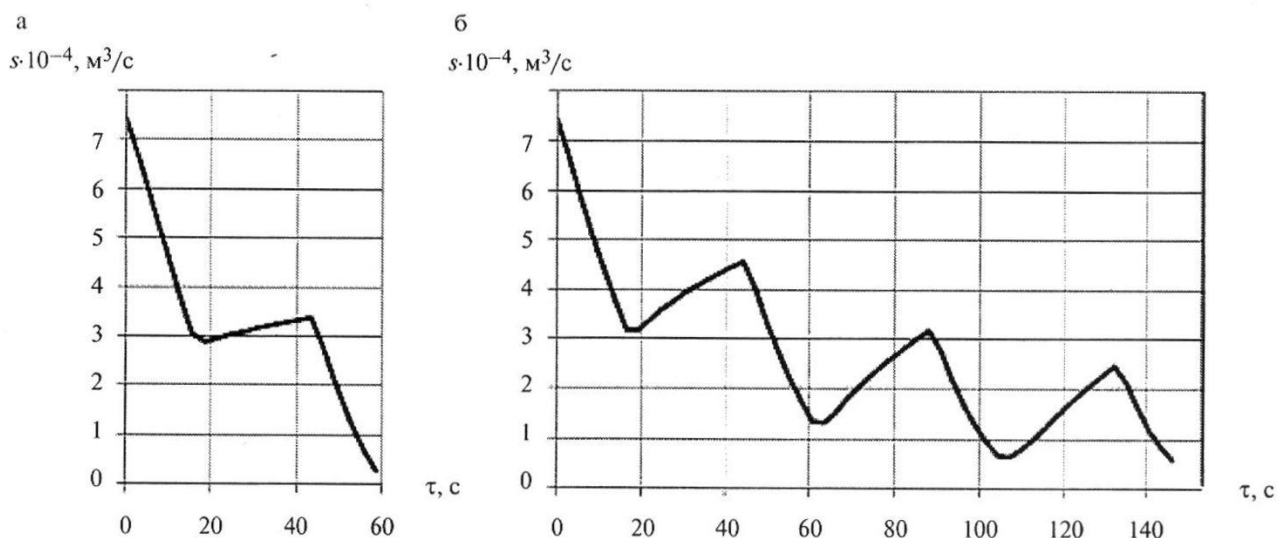


Рис. 3. Графики зависимости изменения скорости откачки от времени $S = f(\tau)$:
 а — криопанель без ребер; б — криопанель с ребрами

Физическая модель устройства представляет собой камеру с криопанелью, на которой находится слой сорбента. В камеру циклично напускается газ. Периоды напуска газа для одномерной задачи — 16 с, для двумерной — 17 с с постоянным расходом чередуются перерывами в 28 с для одномерной и двумерной задач, когда напуск отсутствует. В течение напуска сорбент разогревается, а при

перерывах между напусками происходит снижение его температуры за счет переноса теплоты от сорбента к поверхности криопанели путем теплопроводности.

Расчетная методика процесса откачки включала в себя: а) разбивку сорбента на 8 параллельных криопанели слоев толщиной 0,002 м для одномерной задачи;

б) разбивку сорбента на 48 элементов размерами 0,002×0,0028 м для двумерной задачи.

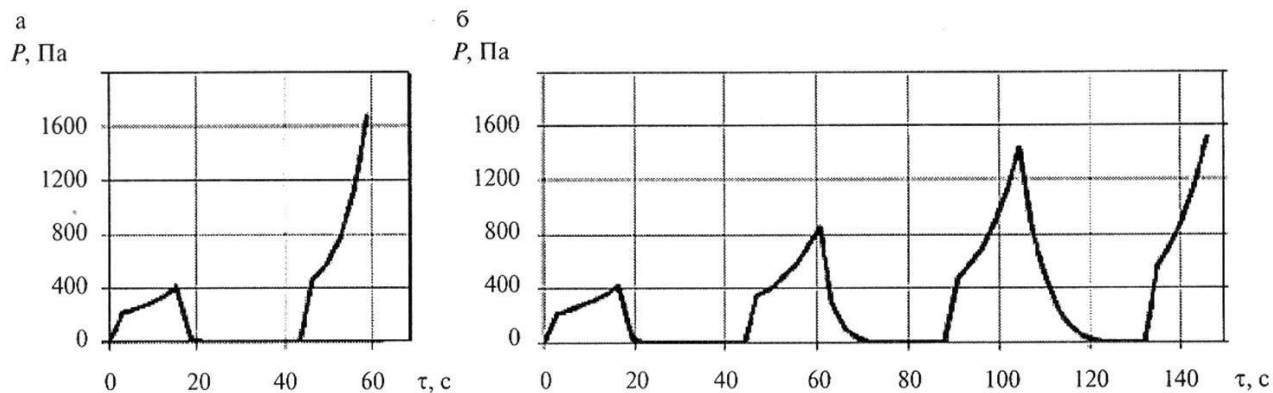


Рис. 4. Графики зависимости изменения давления в камере от времени $P = f(\tau)$:
а — криопанель без ребер; б — криопанель с ребрами

Учитывалось, что скорость откачки и тепловыделения в каждом слое (элементе) являлась функцией температуры соответствующего слоя (элемента). При достижении давления в камере 1500 Па процесс откачки прекращался.

Оценка эффективности способов отвода теплоты от сорбента производится по изменению: температуры в слое сорбента, давления в камере, скорости откачки. На рис. 2, 3, 4 представлены графики зависимостей данных величин от времени.

На рис. 2, а указаны номера слоев: 1 — криопанель, 2–9 — слои сорбента в порядке их удаления от криопанели. На рис. 2, б представлены зависимости изменения температуры от времени для элементов, расположенных в центре криопанели, и указаны номера в порядке их удаления от поверхности криопанели.

На основе полученных графиков можно сделать следующие выводы: в результате использования криопанели

с оребрением удастся повысить число включений химического лазера с двух до четырех, т. е. в два раза, и тем самым увеличить продолжительность его работы; для увеличения числа включений до значений больших четырех, необходимо помимо развития поверхности теплообмена увеличивать непосредственно теплопроводность самого слоя сорбента, например, за счет использования шихты из смеси гранул сорбента со стружкой меди.

Список литературы

1. http://www.ntpo.com/patents_lazer/patents_lazer/lazer_391.shtml.
2. Справочник по физико-техническим основам криогеники / Под ред. М. П. Малкова. — М: Энергоатомиздат, 1985.
3. Шнайдер П. Инженерные проблемы теплопроводности. — М: Изд-во иностр. лит., 1960.