

Международная конференция
"Современные проблемы теплофизики и энергетики"

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
КИПЕНИЯ СВЕРХТЕКУЧЕГО ГЕЛИЯ НА
ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ НАГРЕВАТЕЛЕ ВНУТРИ
ПОРИСТОЙ ОБОЛОЧКИ**

Королев П.В.

Москва
9-11 октября 2017 г.

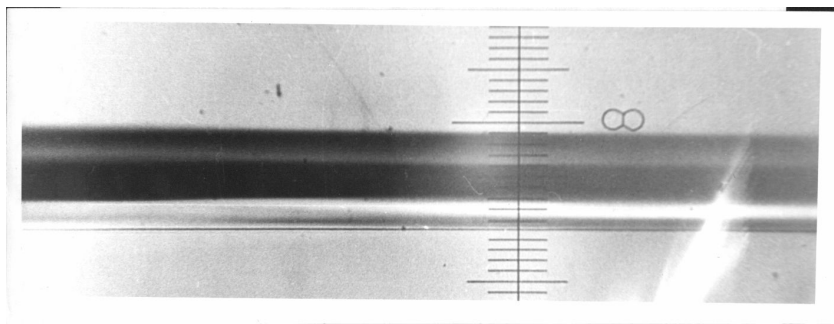
Аннотация

Рассматривается пленочное кипение сверхтекучего гелия на тонком цилиндрическом нагревателе, помещенном внутри цилиндрической пористой оболочки. Приводится описание экспериментальной ячейки, измерительного оборудования, полученных предварительных результатов. Анализируется форма межфазной поверхности пар – He-II .

Кипение гелия-II на тонкой проволоке

Аметистов Е.В., Спиридонов А.Г. (МЭИ, 1981-1986)

Гладкая цилиндрическая пленка



Диаметр нагревателя $d_w = 191$ мкм

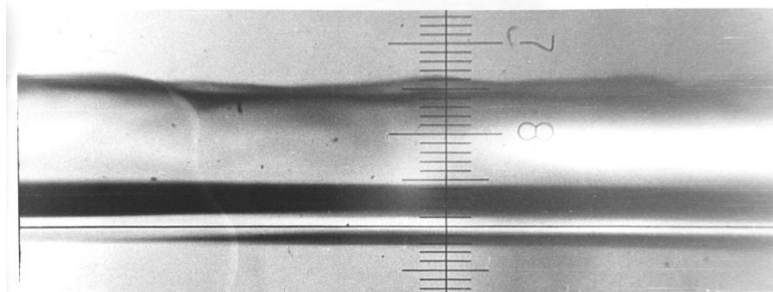
Глубина погружения $h = 28$ мм

Температура жидкости $T_b = 1.57$ К

Тепловой поток $q_w = 1.81 \cdot 10^4$ Вт/м²

Температура нагревателя $T_w = 64$ К

Всплывшая пленка



Диаметр нагревателя $d_w = 191$ мкм

Глубина погружения $h = 93$ мм

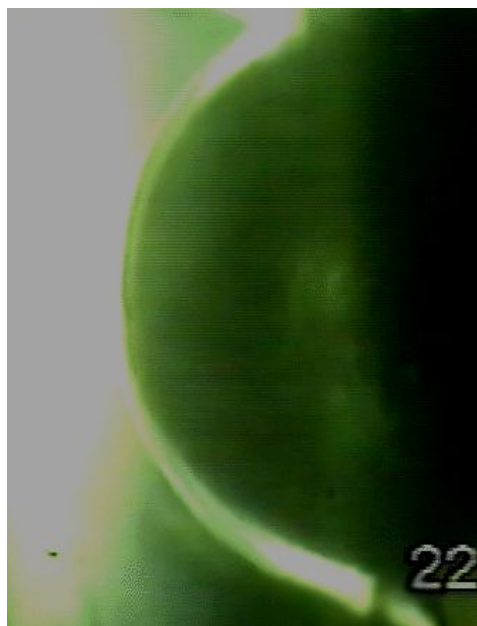
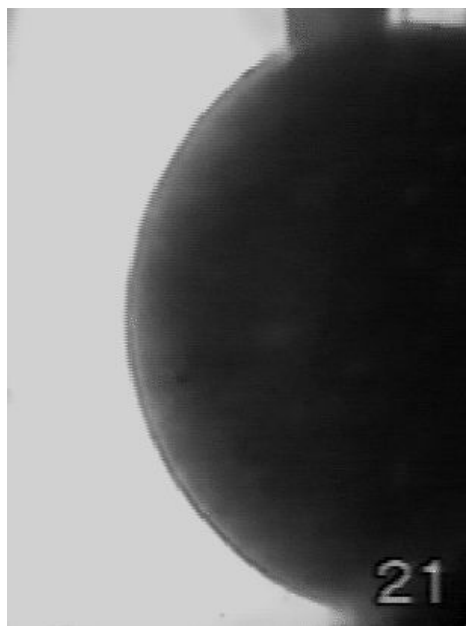
Температура жидкости $T_b = 2.14$ К

Тепловой поток $q_w = 6.7 \cdot 10^4$ Вт/м²

Температура нагревателя $T_w = 144$ К

Кипение гелия-II на шаре

Медников А.Ф., Крюков А.П. (МЭИ, 2005)



Диаметр шара (нагревателя) $d_w = 6$ мм

Температура гелия-II $T_b \approx 2$ К

Схема процесса кипения Не-II в условиях невесомости внутри пористой структуры

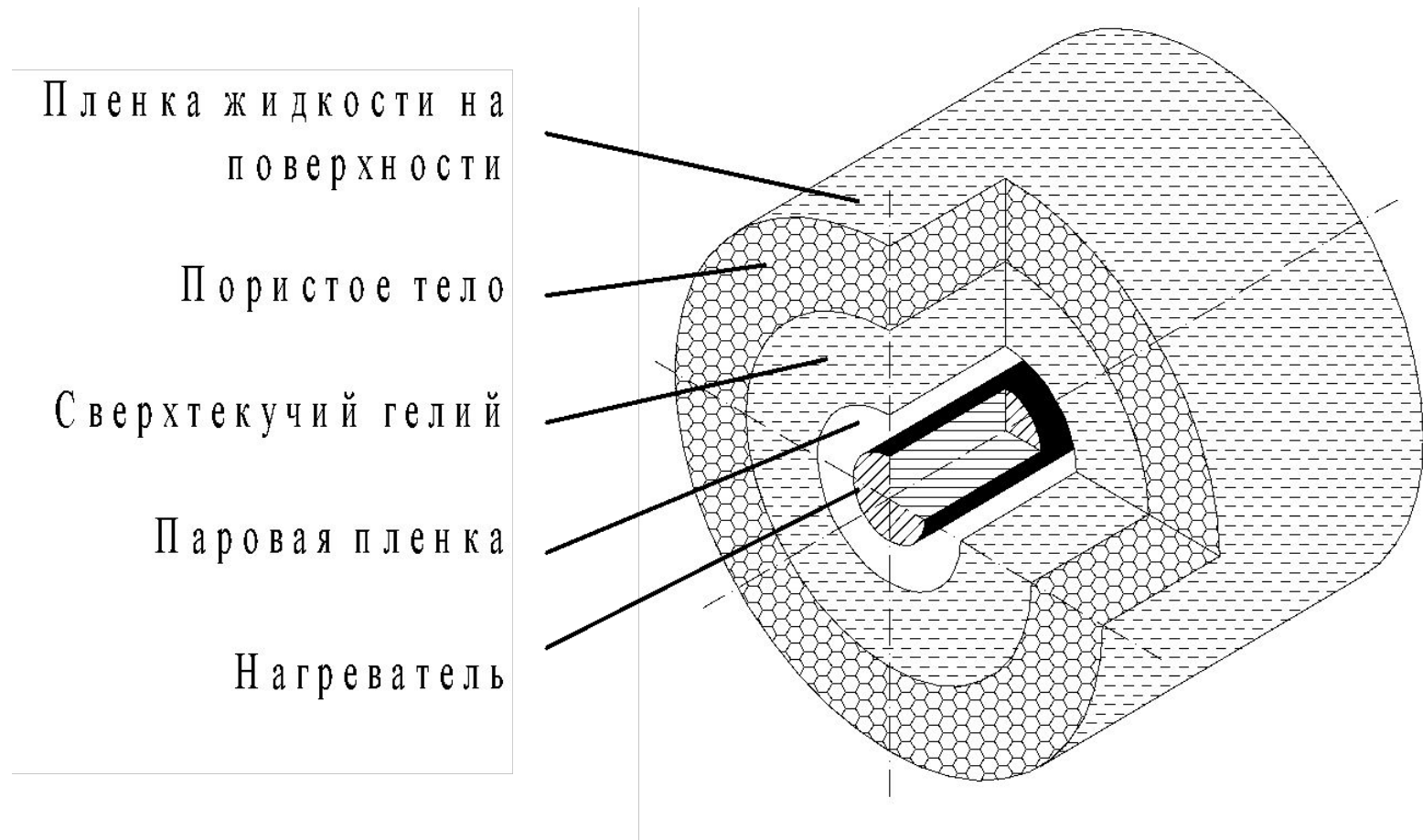
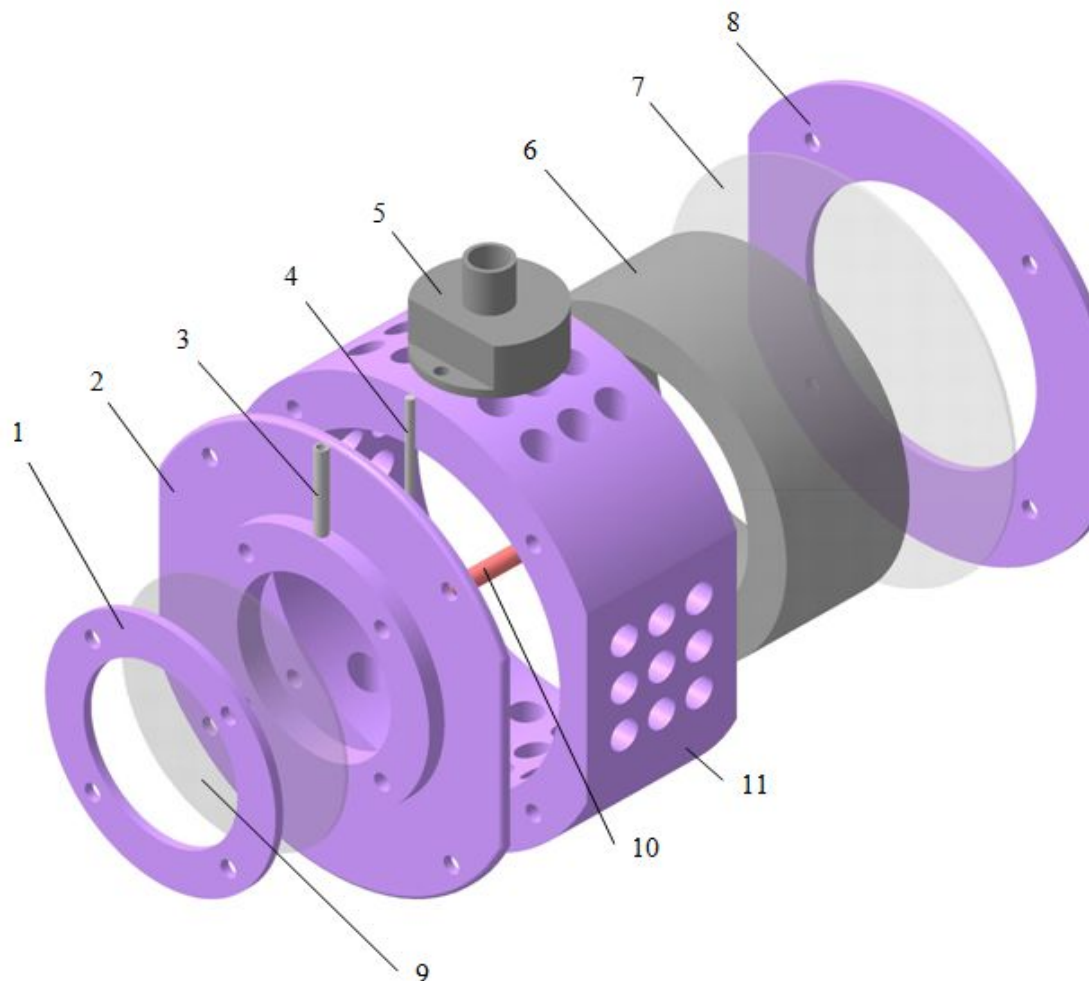
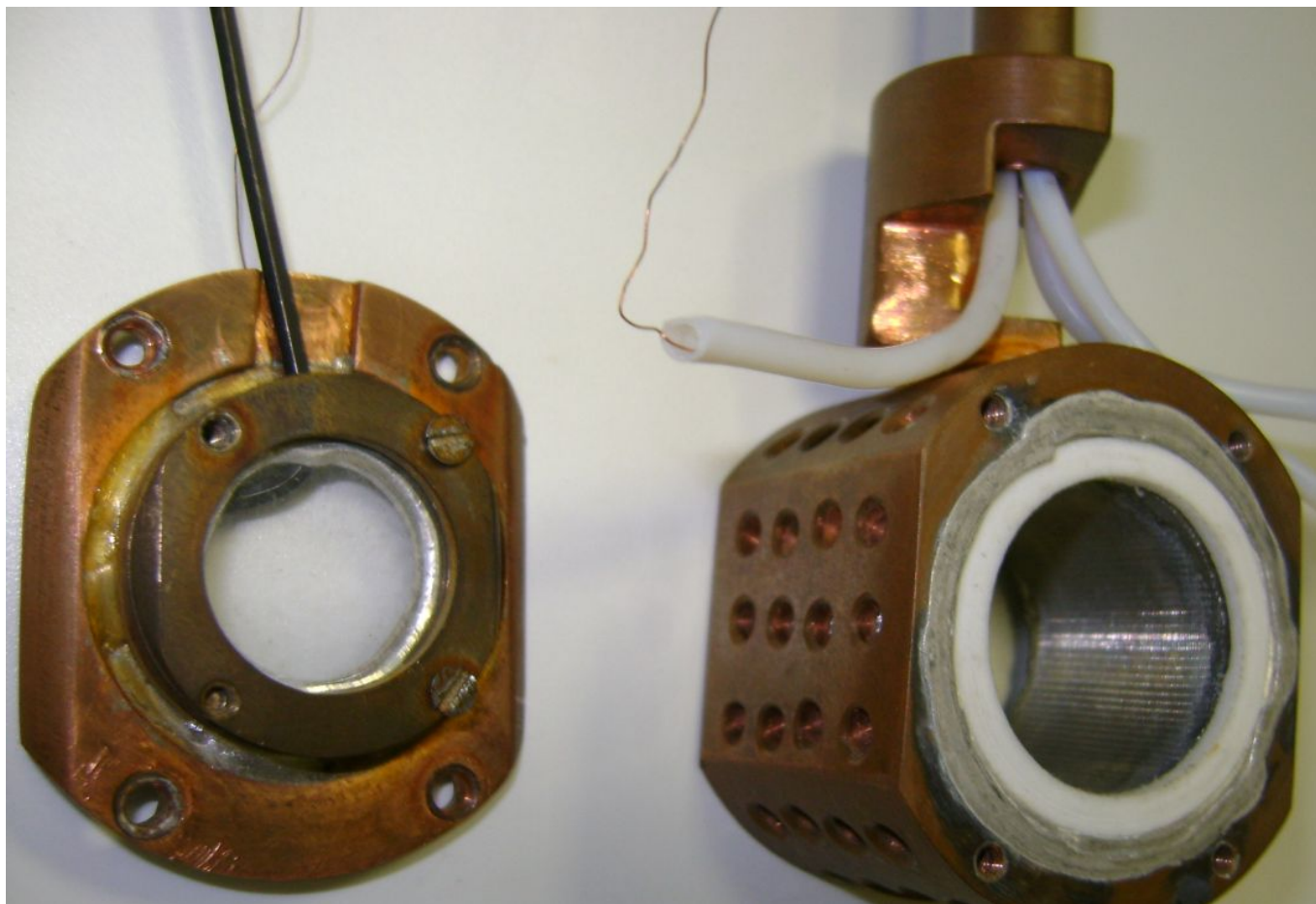


Схема экспериментальной ячейки для исследования кипения $He-II$ в невесомости

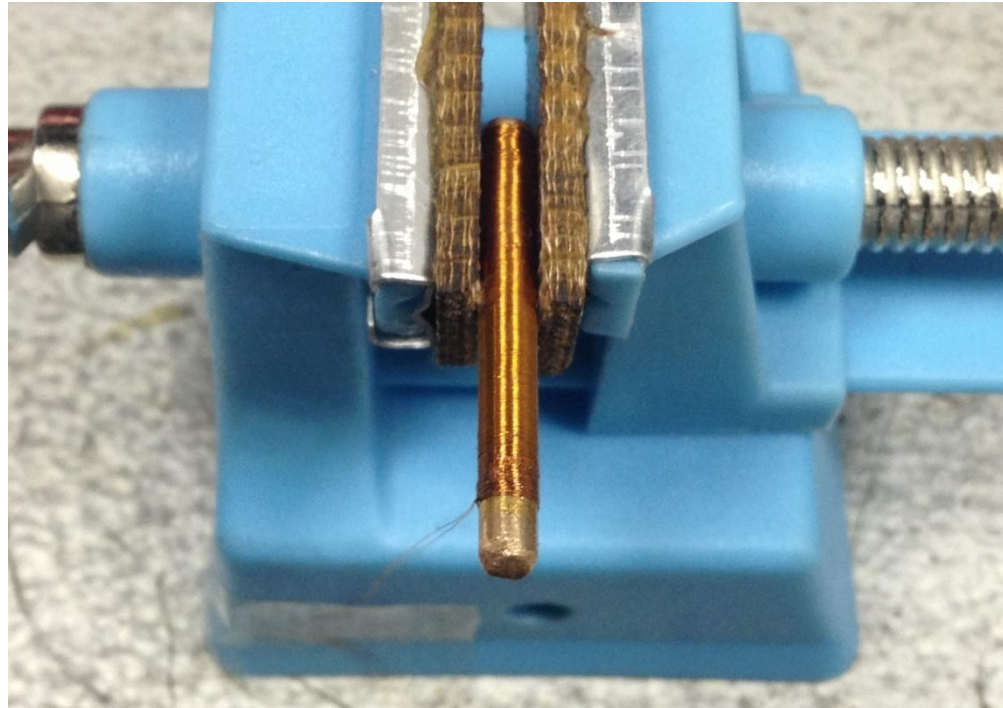


1, 2, 8 – крышки; 3 – патрубок; 4 – держатель; 5 – шток; 6 – пористая оболочка; 7, 9 – стекла смотровых окон; 10 – нагреватель; 11 – корпус

**Фото опытного образца экспериментальной ячейки
для исследования кипения He-II
в стесненных условиях**



Цилиндрический нагреватель

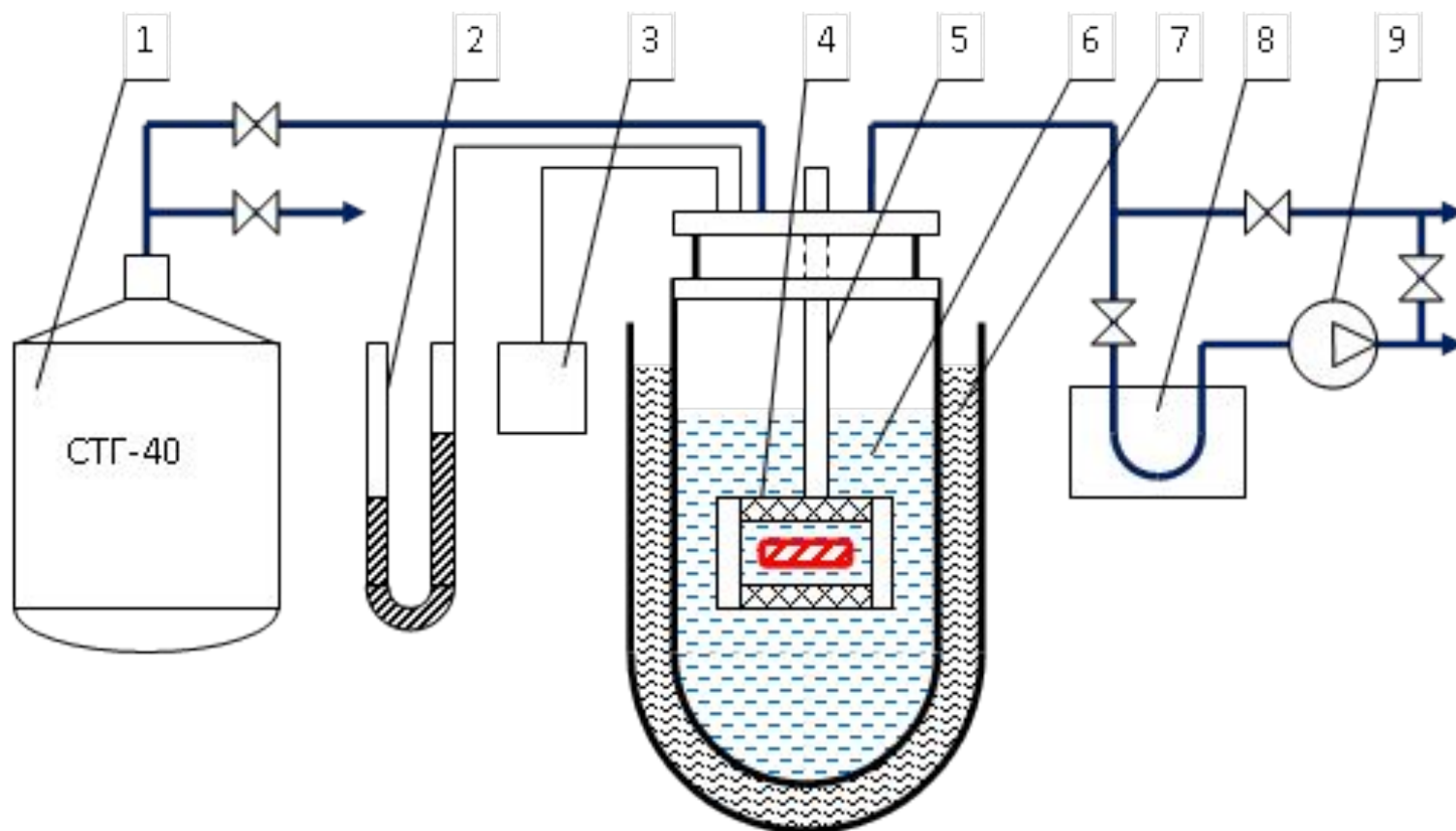


Диаметр – 3 мм

Длина – 38 мм

Диаметр проволоки – 50 мкм

Схема экспериментального стенда

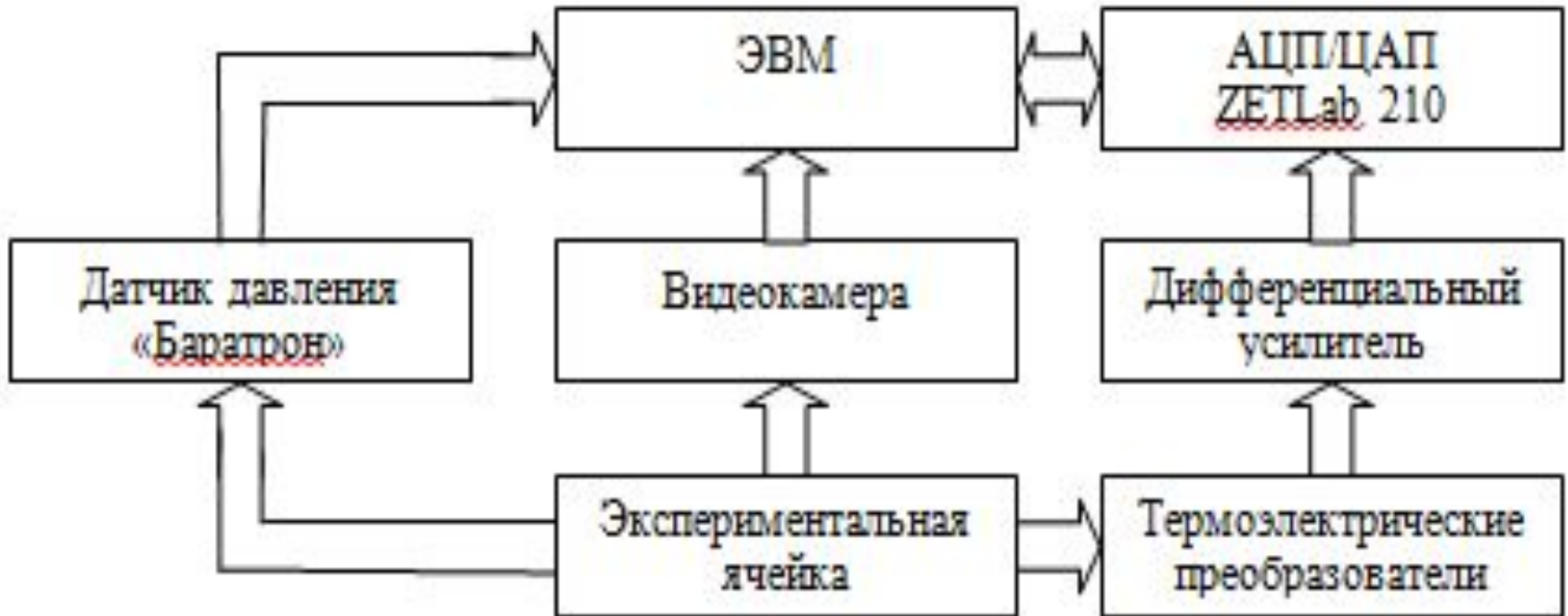


1 – транспортный сосуд Дьюара; 2 – манометр ртутный; 3 – емкостной датчик давления «Баратрон»; 4 – экспериментальная ячейка; 5 – подвес, 6 – гелиевый сосуд Дьюара; 7 – азотный сосуд Дьюара; 8 – азотная ловушка; 9 – насос вакуумный НВЗ-20

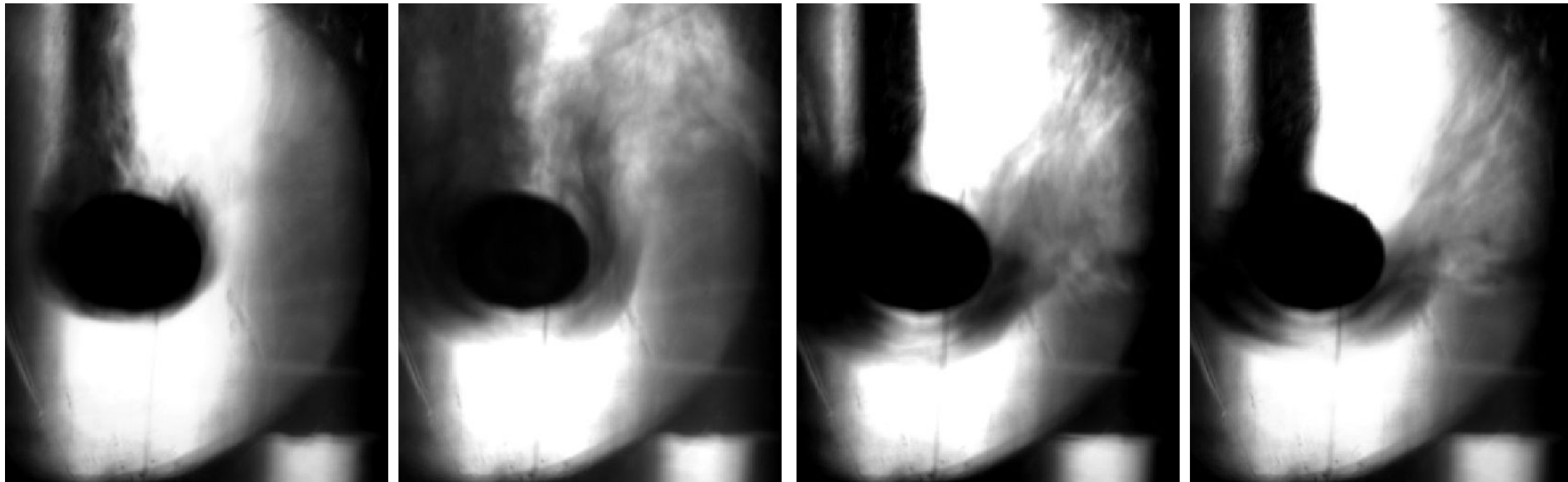
Экспериментальный стенд



Схема системы телеметрии



Кадры видеосъемки кипения He-II внутри пористой оболочки



а)

б)

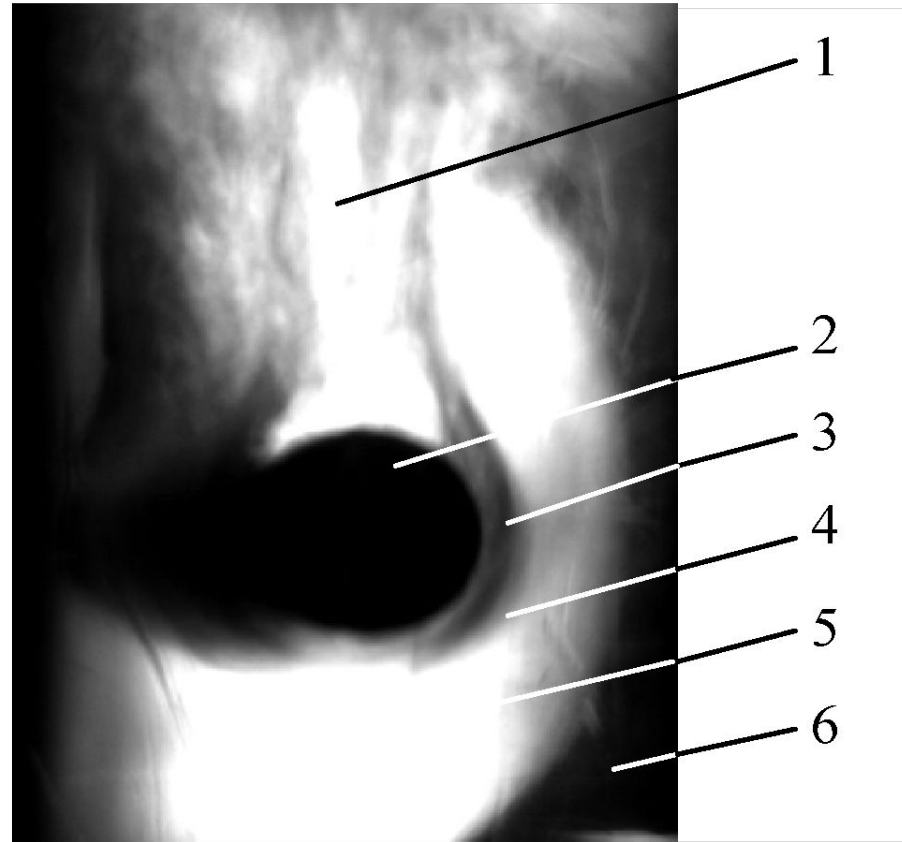
в)

г)

$$T_b \approx 2 \text{ К}, \quad q_w = 3,7 \text{ кВт/м}^2.$$

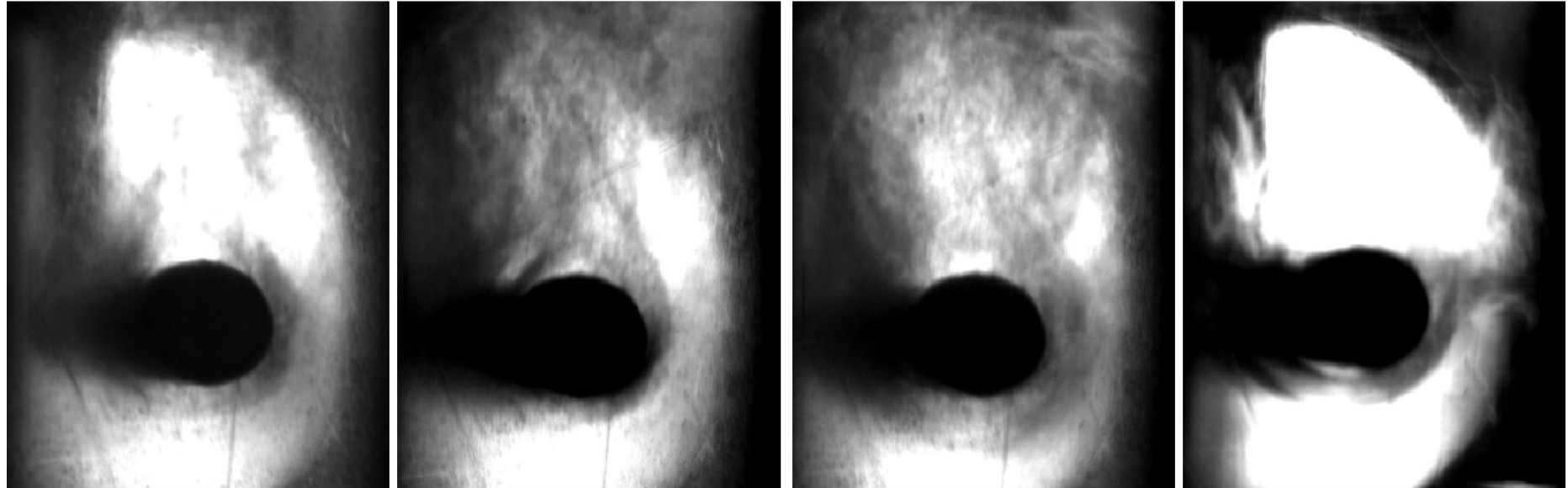
Интервал времени между кадрами – 0,67 с.

Характерная картина развитого кипения Не-II внутри пористой оболочки



1 – скопление пара, 2 – нагреватель, 3 – паровая плёнка,
4 – межфазная поверхность, 5 – жидкость, 6 – корпус ячейки
 $q_w = 9,8 \text{ кВт/м}^2$, $T_w = 37,4\text{К}$, $P_b = 2630 \text{ Па}$, $h = 24 \text{ см}$

Кадры видеосъемки кипения He-II внутри пористой оболочки



а)

б)

в)

г)

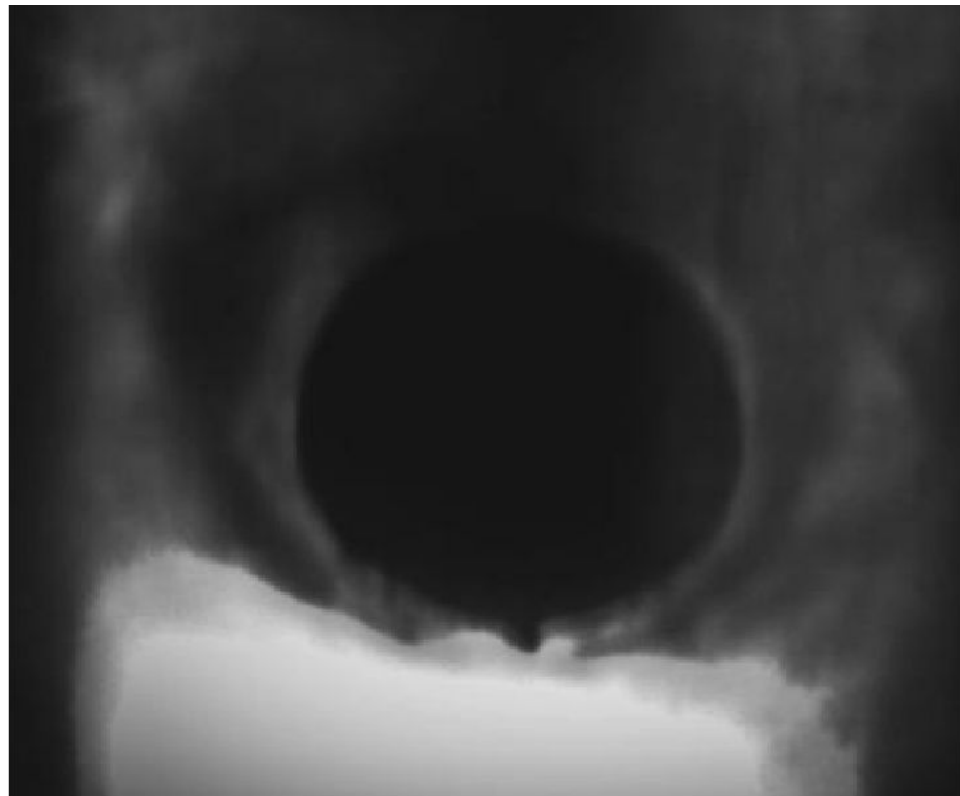
а) $q_w = 9820 \text{ Вт/м}^2$, $P_b = 2598 \text{ Па}$, $h = 25 \text{ см}$;

б) $q_w = 9749 \text{ Вт/м}^2$, $P_b = 4029 \text{ Па}$, $h = 25 \text{ см}$;

в) $q_w = 8716 \text{ Вт/м}^2$, $P_b = 4408 \text{ Па}$, $h = 10 \text{ см}$;

г) $q_w = 8647 \text{ Вт/м}^2$, $P_b = 4473 \text{ Па}$, $h = 5 \text{ см}$.

Кипение He-II в экспериментальной ячейке со снятыми торцевыми стеклами

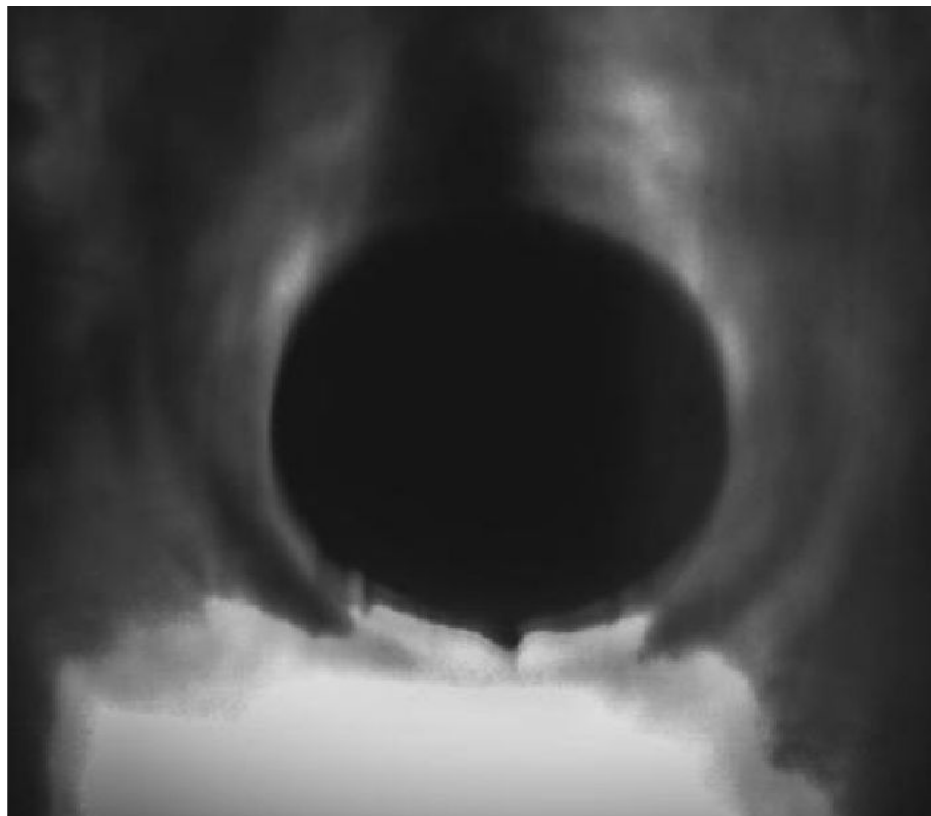


a)

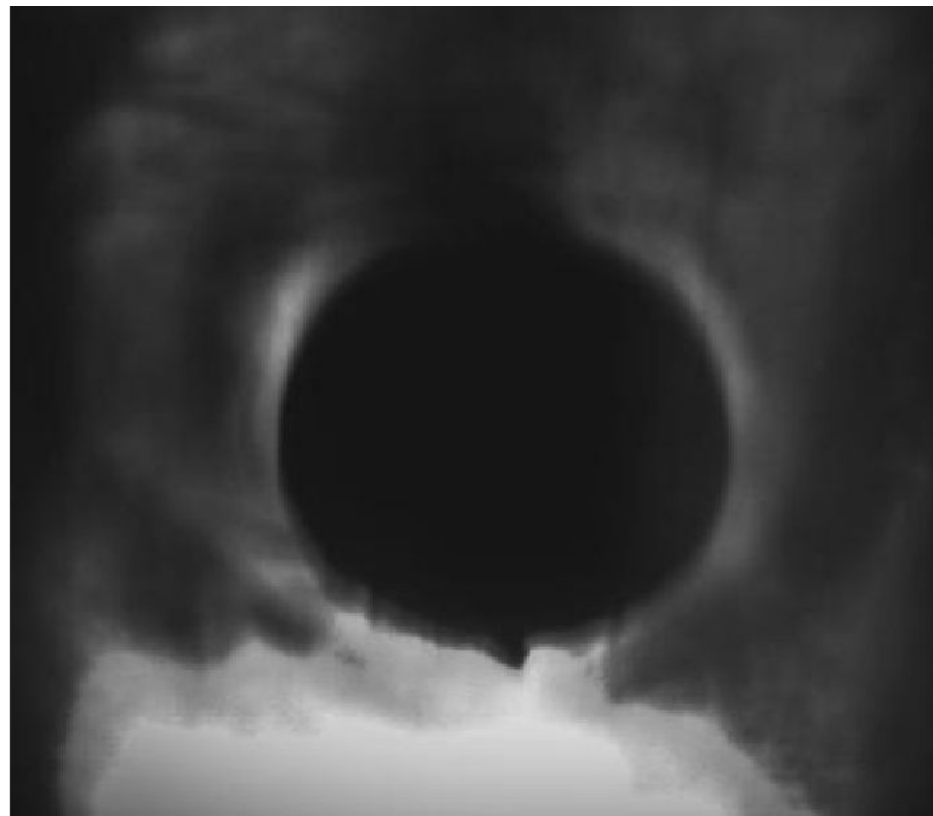


б)

Кипение He-II в экспериментальной ячейке со снятыми торцевыми стеклами (продолжение)



В)



Г)

Заключение

В экспериментах по исследованию кипения гелия-II на цилиндрическом нагревателе, расположенном внутри пористого тела, видеосъемка впервые осуществлялась с торца нагревательного элемента. Результаты проведенных опытов показали, что при разных глубинах погружения экспериментальной ячейки в жидкость картины пленочного кипения, характерной для гелия-II не наблюдается. Предварительный расчетный анализ позволял предполагать возможность существования на поверхности нагревателя гладкой устойчивой паровой пленки коаксиальной нагревателю. Вместо этого во всех экспериментах наблюдалась незамкнутая паровая пленка, при этом пар скапливался в верхней части внутренней полости пористой оболочки. Таким образом, формировалась картина пленочного кипения близкая к таковой у обычных жидкостей. Поэтому в дальнейшем предполагается провести анализ процессов тепломассопереноса, приводящих к нарушению целостности пленки и скоплению пара в ячейке. С этой же целью планируется проведение экспериментов при более низких температурах гелия-II.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!