

Белоус М.Н., Оглоблин Г.В.

АмГПГУ Комсомольск на Амуре, Россия.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАВИТАЦИОННОГО ТЕРМОСИФОНА В УСЛОВИЯХ УЧЕБНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА.

В работе раскрывается техника и методика моделирования гравитационного термосифона на воде.

Belous M.N., Ogloblin G.V.

Komsomolsk on the Amur AmGPGU, Russia.

## SIMULATION OF GRAVITATIONAL TERMOSIFONA IN AN EDUCATIONAL EXPERIMENT.

The work reveals the techniques and methodology of modeling of gravitational water termosifona.

В процессе сбора информации об индивидуальной системе отопления на основе геотермального потенциала почвенного покрова мы обнаружили различные геотермальные системы отопления, основанные на принципе работы насоса теплообмена. Соглашаясь с уже существующими системами [1,2], попытались реализовать собственную конструкцию и, соответственно, разработать технологический процесс. Для определения принципа работы пришли к необходимости поставить эксперимент[3,4], который помог бы направить ход работы в нужном направлении.

Разбили эксперимент на две части:

- 1) Определить параметры необходимые, для парообразования и конденсации в объеме.
- 2) Промоделировать возможные сбои системы.

Эксперимент позволил нам выбрать ход дальнейших расчётов и рассуждений.

Оборудование: Колба 500 мл – 2 шт. Пробка резиновая – 1 шт. Пробка резиновая со сквозным отверстием – 2 шт. Колба Вюрца 500 мл – 1 шт. Трубка полая стеклянная – 1 шт. Вода дистиллированная. Штатив с держателем.

Рабочим веществом была выбрана дистиллированная вода.

Ход работы:

1. Колбу наполнили на 1/3 объёма рис.1А: Довели до кипения рис.1Б Плотно закрываем крышкой рис.1В. Дождаться полного остывания до комнатной температуры. Запуск термосифона от тепла руки рис.1Г.



Рис.1. Этапы проведения эксперимента с колбой. А- заполнение колбы водой. Б-нагревание колбы. В- уплотнение открытого конца колбы, охлаждение. Г- запуск термосифона от тепла руки.

1. Соберём модель системы рис.3. Модель системы (рис. 3А.). Узел парообразования 3Б. Узел конденсации 3В.

При проведении эксперимента в момент закипания воды в нижней колбе выбивало пробку с трубкой верхней колбы.

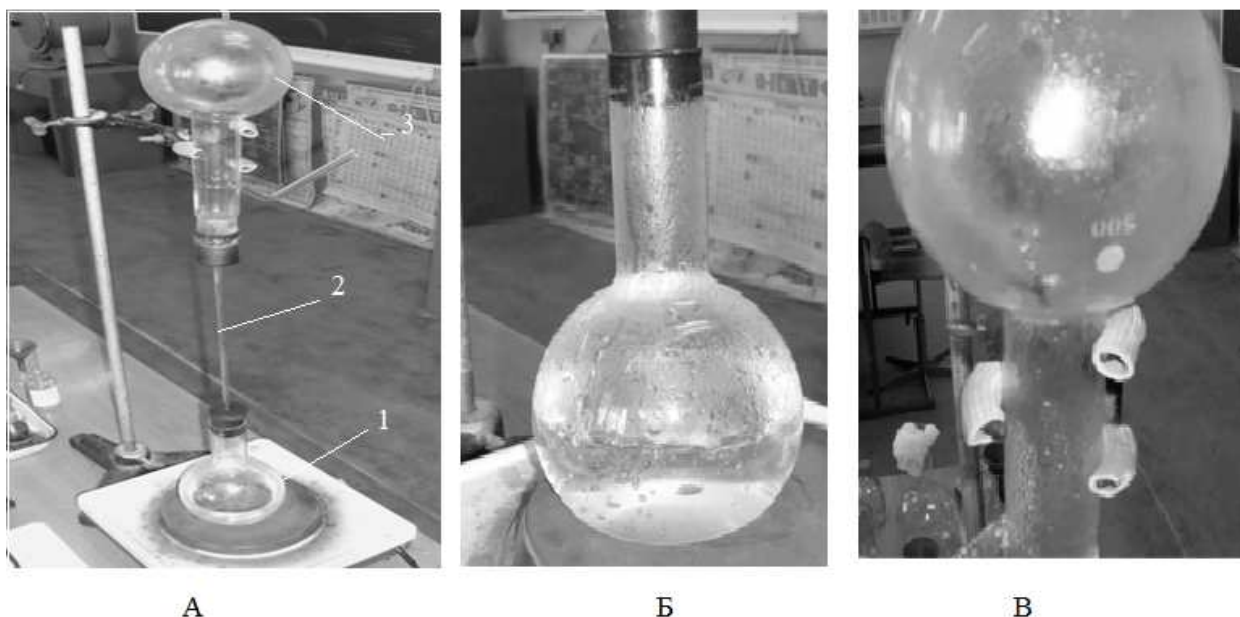


Рис. 3. Установка моделирующая разрабатываемую систему отопления. А. установка в сборе, 1.Нижняя колба, 2.Соединительная трубка.Колба Вюрца.В.Узел парообразования.В.Узел конденсации.

Это было связано с тем, что в трубке верхней колбе в момент сборки находился холодный воздух, что приводило к возникновению воздушной пробки и увеличению давления в системе. Мы это предполагали. Однако, не успевали достаточно быстро отрегулировать систему до полного остывания трубки и колбы. В этой связи взяли колбу Вюрца, используя боковую трубку колбы, как пароотводную.

И так, нижняя колба на плитке имитирует наш **тепловой насос**, вкопанный в землю на большую глубину, стеклянная трубка – **трубопровод**, а колба Вюрца – **теплообменник**, обогревающий отапливаемое помещение.

Сам эксперимент показал, что подобная система может безопасно и вполне адекватно работать, что при монтаже самой схемы необходим воздуховод в теплообменнике, через который в процессе настройки будет

откачиваться воздух из системы. При этом конденсат по стенкам трубы скатывается вниз в камеру парообразования.

Необходимо отметить, что в первом случае нашего эксперимента мы наблюдали эффект, который удовлетворяет уравнению Ван-дер-Ваальса:

$$\left(p + v^2 \cdot \frac{a}{v^2}\right) (V - vb) = vRT, \quad (1)$$

Где:  $p$  – давление среды;  $v$  – число моль вещества;  $V$  – объём среды;  $R$  – универсальная постоянная идеального газа или идеальной жидкости;  $a, b$  – постоянные Ван-дер-Ваальса.

Уравнение 1 описывает зависимость температуры парообразования от давления среды, чем ниже давление среды, тем ниже температура кипения жидкости. Так же это утверждение подтверждается опытным путём.

Наиболее наглядно это представлено на графике рис.4

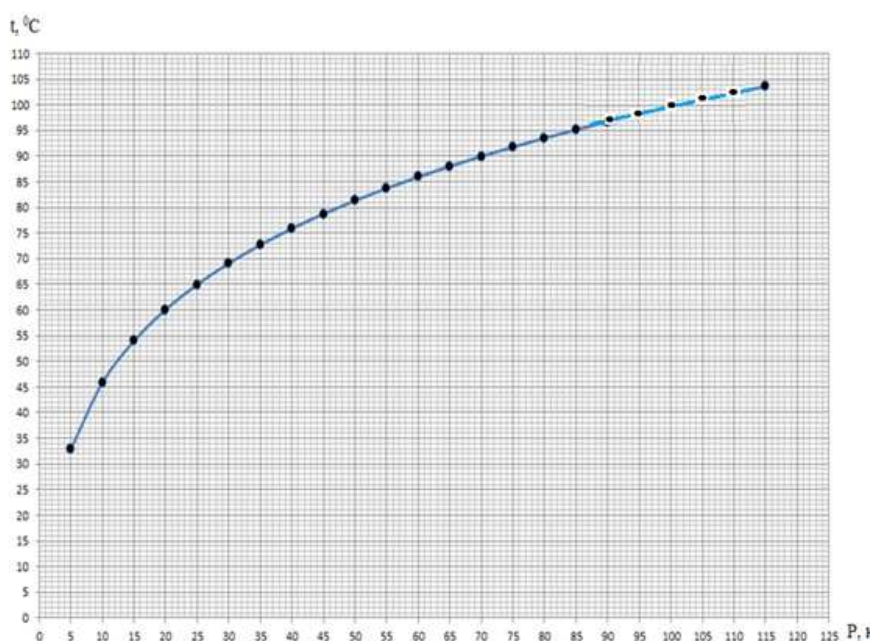


Рис.4. График зависимости кипения воды от давления.

По формуле (1) можно определить необходимый объём рабочего вещества, он будет составлять 1/3 объёма системы.

Таблица 1.

Зависимость температуры кипения воды от давления.

$P, \text{кПа}$	$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{кПа}$	$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{кПа}$	$t, ^\circ\text{C}$
5.0	32.88	91.5	97.17	101.325	100.00
10.0	45.82	92.0	97.32	101.5	100.05
15.0	53.98	92.5	97.47	102.0	100.19
20.0	60.07	93.0	97.62	102.5	100.32
25.0	64.98	93.5	97.76	103.0	100.46
30.0	69.11	94.0	97.91	103.5	100.60
35.0	72.70	94.5	98.06	104.0	100.73
40.0	75.88	95.0	98.21	104.5	100.87
45.0	78.74	95.5	98.35	105.0	101.00
50.0	81.34	96.0	98.50	105.5	101.14
55.0	83.73	96.5	98.64	106.0	101.27
60.0	85.95	97.0	98.78	106.5	101.40
65.0	88.02	97.5	98.93	107.0	101.54
70.0	89.96	98.0	99.07	107.5	101.67
75.0	91.78	98.5	99.21	108.0	101.80
80.0	93.51	99.0	99.35	108.5	101.93
85.0	95.15	99.5	99.49	109.0	102.06
90.0	96.71	100.0	99.63	109.5	102.19
90.5	96.87	100.5	99.77	110.0	102.32
91.0	97.02	101.0	99.91	115.0	103.59

Второй этап эксперимента иллюстрирует теплообмен. Перенос тепла от менее холодного (нижняя колба) источника к более холодному (верхняя колба). При этом пар, как рабочее вещество совершает работу ( $A$ ), которая формально выражается:

$$A = Q - (U_2 - U_1), \quad (2)$$

Где:  $Q$  – количество тепла, передаваемое газом;  $U_2$  – значение энергии в нижнем сосуде;  $U_1$  – значение энергии в верхнем сосуде.

Количества тепла  $Q$  можно выразить:

$$Q = C_v m(t_2 - t_1), \quad (3)$$

Где  $C_v$  – удельная теплоёмкость;  $m$  – масса нагреваемого вещества;  $t_1$  – исходная температура вещества;  $t_2$  – повышенная температура вещества.

Вывод.

1. Проведённый эксперимент показал, что предлагаемая модель вполне работоспособна.

2. В процессе проведения эксперимента выявлены технологические особенности вхождения системы в работу – согласование узла парообразования и узла холодильника по физическим параметрам.

3. Применение в канале теплопередачи вентильного пароотвода позволит в режиме запуска согласовывать парообразователь с холодильником.

Литература.

1. Миронова Г. А. и др. Молекулярная физика и термодинамика в вопросах и задачах: Учеб. пособ. – СПб.: издательство «Лань», 2012.

2. Экологическая геология : учеб. пособие / А. Д. Абалаков. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2007.

3. Жирнов А.Д., Оглоблин Г.В. ДИНАМИЧЕСКАЯ ДЕМОНСТРАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЕРМОСИФОНА // Научный электронный архив. URL: <http://econf.rae.ru/article/7530> (дата обращения: 07.05.2013).

4. Оглоблин Г.В., Горячкин М. ТЕПЛОВЫЕ ПОТОКИ В ТЕРМОСИФОНЕ. // Научный электронный архив. URL: <http://econf.rae.ru/article/7491> (дата обращен