



УДК 664.72:621.365.5

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЁМКОСТИ ЗЕРНОВЫХ ПРОДУКТОВ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18366108>

**Беккулов Б.Р**

*Андижанский государственный технический институт,  
[botirali.bekkulov@mail.ru](mailto:botirali.bekkulov@mail.ru)*

**In this article:** *describes experimental methods for determining the bulk density of granular materials, in particular the bulk density of grain crops, as well as their specific heat capacity, which is one of the main thermophysical characteristics. The results of the conducted experiments and the results are compared with the values given in the literature.*

**Keywords:** *grain, bean, lentil, heat capacity, heat quantity, thermophysical properties, device, heat generator, calorimetr.*

**Ушбу мақолада:** *донасимон материаллар тўпламининг, хусусан қишлоқ хўжалиги дон уюмининг зичлиги, ҳамда уларнинг теплофизик хоссаларидан бири бўлган солиштирма иссиқлик сизимини тажриба йўли билан аниқлаш усуллари баён қилинган. Ўтказилган тажриба натижалари келтирилган ва натижалар адабиётларда берилган қийматлар билан таққосланган ҳамда олинган натижалар тўғрисида хулосалар келтирилган.*

**Таянч сўз ва иборалар:** *дон, ловия, мош, иссиқлик сизими, иссиқлик миқдори, теплофизик хосса, қурилма, иссиқлик генератори, калориметр.*

**В этой статье:** *изложены экспериментальные методы определения насыпной плотности зернистых материалов, в частности насыпной плотности зерна сельскохозяйственных культур, а также их удельных теплоемкостей, которая является одной из основных теплофизических характеристик. Приведены результаты проведенных экспериментов и они сопоставлены со значениями приведенными в литературах, а так же приведены выводы эксперимента .*

**Ключевые слова:** *зерно, фасоль, чечевица(маш), теплоемкость, количество тепла, теплофизическое свойство, устройство, теплогенератор, калориметр.*

В настоящее время после уборки озимой пшеницы производится посев зерновых, бобовых и других культур.

Из-за недостаточного обеспечения фермерских хозяйств энергоэффективными,



энергосберегающими сушильными устройствами сушка зерна производится в полевых условиях, что приводит к снижению качества сушки зерновых продуктов.

Для улучшения качества сушки зерновых продукции необходимо изучать теплообменный процесс. Для изучения теплообменных процессов в сушильных установках и естественных условиях необходимо знать теплофизические свойства зерновых культур.

Вследствие этого особую актуальность приобретают вопросы создания энергосберегательных сушильных устройств на основе исследования теплообменных процессов при сушке и теплофизических свойств зерновой продукции.

Для экспериментального исследования теплофизических свойств зернистых, твердых материалов произведен обзор литературы [1,2,3,4,5,6,7].

Настоящая статья посвящена экспериментальным исследованиям [8,9] удельной теплоёмкости фасоли и чечевицы при нормальном атмосферном давлении при комнатной температуре и известной влажности различных материалов в виде дробинки и зернистых продуктов в засыпке в определённом количестве.

В статье приводится способ экспериментального определения удельной теплоёмкости фасоли и чечевицы выращенный в Асакинском

районе, шала сорта «Аланга» в Избасканском районе Андижанской области.

Известно что, количество тепла  $\Delta Q$  поглощенное или выделенное при нагревании или охлаждении тел (образцов), пропорционально изменению температуры  $\Delta t$  и их массы  $m$ :

$$\Delta Q = cm\Delta t, \quad (1)$$

где, коэффициент пропорциональности  $c$  называется удельной теплоёмкостью, и его величина зависит от вида материала;  $m$  – масса исследуемого материала.

В этом эксперименте определяется коэффициент удельной теплоёмкости различных материалов в виде дробинки.

Перед каждым опытом дробинки, образцы взвешиваются и нагревается в нагревательном сосуде б до определенной температуры  $t_1$  и затем открывая нижний отверстия нагревателя образцы опускается с помощью сеточной ложкой в сосуд Дьюар, где заранее налито 180 г воды с определенной температурой  $t_2$ . После тщательного смешивания, вследствие теплообмена дробинки (образцы) и воды достигает общей температуры  $t_m$ .

При этом количество тепло выделяемое дробинкой(образцом)  $\Delta Q_1$  :

$$\Delta Q_1 = c_1 m_1 (t_1 - t_m), \quad (2)$$

где,  $m_1$  – масса дробинки,  $c_1$  – удельная теплоёмкость дробинки,



равно количеству тепло поглощенное водой  $\Delta Q_2$ :

$$\Delta Q_2 = c_2 m_2 (t_m - t_2), \quad (3)$$

где,  $m_2$  – масса воды.

Здесь предполагается, что коэффициент удельной теплоёмкости воды  $c_2$  известным, температура  $t_2$  равна температуры пара. Значение неизвестного  $c_1$  может быть вычислено по экспериментально измеренным значениями  $t_m$ ,  $t_2$ ,  $m_1$ ,  $m_2$ , по формуле:

$$c_1 = c_2 \frac{m_2 (t_m - t_2)}{m_1 (t_1 - t_m)}. \quad (4)$$

Сосуд калориметра также поглощает часть тепла, выделенной

Для экспериментального определения коэффициента удельной теплоёмкости фасоли и чечевицы была использована экспериментальная установка, привезенная из Германии “LD Physics Leaflets” (рис.1).

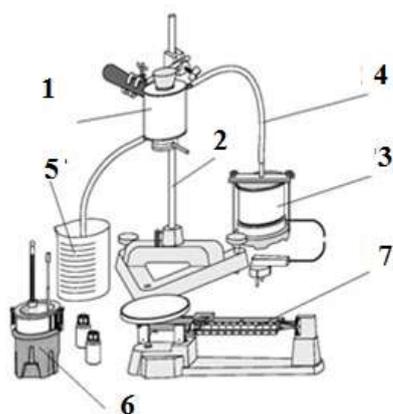


Рис. 1. Экспериментальная установка “LD Physics Leaflets”

1- нагревательный сосуд; 2-штатив; 3-парогенератор; 4- силиконовые шланги; 5-мензурка; 6- сосуд Дьюара; 7- весы (310гр).

Для проверки исследованы в определенном количестве засыпки зернистых материалов меди, свинца и стекла.

дробинкой. Следовательно, теплоёмкость калориметра будет равно:

$$c_k = c_2 m_k. \quad (5)$$

Таким образом, водяной эквивалент сосуда калориметра  $m_k$  учтен в расчетах. Количество поглощенной теплоты вычисленное по формуле (3) является более точным.

$$\Delta Q_2 = c_2 (m_2 + m_k) (t_m - t_2). \quad (5)$$

И учетом этой формулы (4) преобразуется к следующему виду:

$$c_1 = c_2 \frac{(m_2 + m_k) (t_m - t_2)}{m_1 (t_1 - t_m)}. \quad (7)$$



Убедившись в совпадении экспериментальных данных с литературными данными, приступили к экспериментальному определению коэффициента удельной теплоёмкости фасоли и чечевицы в определённом количестве в виде засыпки.

До начала основного эксперимента определяем массу, объём,

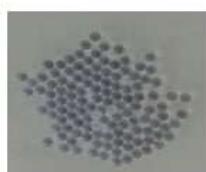
плотность эталонов (свинца, меди, стекла) и фасоли, чечевицы в определённом количестве в засыпке. Для определения массы образцов были использованы весы типа “OHAUS CENT-O-GRAM MODEL 311” (рис.2б), а для определения объёма образцов мензурка, с объёмом 150 мл (рис.2а).



Рис. 2. Измерительные приборы использованные в эксперименте.

а-мензурка; б- весы типа “OHAUS CENT-O-GRAM MODEL 311” (310 гр); в- температурный датчик с NiСi-Ni.

Во время эксперимента температуры образцов были измерены с помощью термопары (термодатчик) NiСi-Ni и получена цифровая величина с помощью “LEYBOLD”да (рис.2в).



стекло



Медь



чечевица(маш)



фасоль



шала (сорт “Аланга”)



Образцы эталонов, шала и риса показаны на рис.3.

Рис.3. Образцы эталонов, насыпи зерна.

### **Экспериментальная установка и проведение эксперимента.**

На рис.1 показана экспериментальная установка.

### **Порядок проведения эксперимента.**

Установим нагреватель 1 на штатив 2, заполняем водой парогенератор 3 осторожно закрываем устройство и с помощью силиконовых трубок 4 соединяем его с верхним шланговым соединителем нагревателя вход пара. Закрепляем другую силиконовую трубку в нижнем входе (выхода пара) шланговому соединению нагревателя и другой конец положим в мензурку 5. Следим, чтобы силиконовые шланги надежно закреплены во всех соединениях. Теперь заполняем камеру образцов нагревателя дробинками образца как можно плотно и закрываем её стопором. Соединяем парогенератор в электрическую печь, а затем нагреваем дробинку (образец) на нагревателя в течении (20-25) минут, пропуская через них пара . За это время

определяем массу пустого сосуда Дьюара 6 и затем заливаем в него 180 г воды. Закрываем сосуд Дьюара с кожухом и вставим термометр или температурный датчик соответственно. Измеряем температуры воды  $t_2$ . Открываем крышку сосуда Дьюара и отпускаем сетку с образцами температура которых  $100^{\circ}\text{C}$  в сосуд Дьюара, закрываем крышку и тщательно смешиваем образцы дробинки с водой, до тех пор когда температура воды перестанет понижаться, определяем температуру смеси. Дополнительно определяем массу образца. Таким образом, повторяем эксперимент другими образцами. Полученные результаты эксперимента приведены в табл.1. и в виде графика на рис.4.



таблица 1

Измеренные значения необходимых для определения удельной теплоёмкости образцов

Вещество, (засыпка)	Температура вещества $t_1, ^\circ\text{C}$	Температура воды $t_2, ^\circ\text{C}$	Температура смеси $t_m, ^\circ\text{C}$	Масса вещества $m, \text{г}$	Плотность вещества $\rho, \text{кг/м}^3$	Удельная теплоёмкость $c_b, \text{кЖ/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$
Медь	100	24,0	26,2	69	8960	0,367
Стекло	100	23,4	24,5	19	2600	0,652
Чечевица	100	24,4	26,5	20	760-850	1,423
Фасоль	100	24,2	26,8	20	700-800	1,510
Шала (сорт "Аланга")	100	22,2	27	15	480-492	2458

Примечание: насыпная плотность глины-(1400-1700), песка природного влажного-(1500-1600)  $\text{кг/м}^3$  [10].

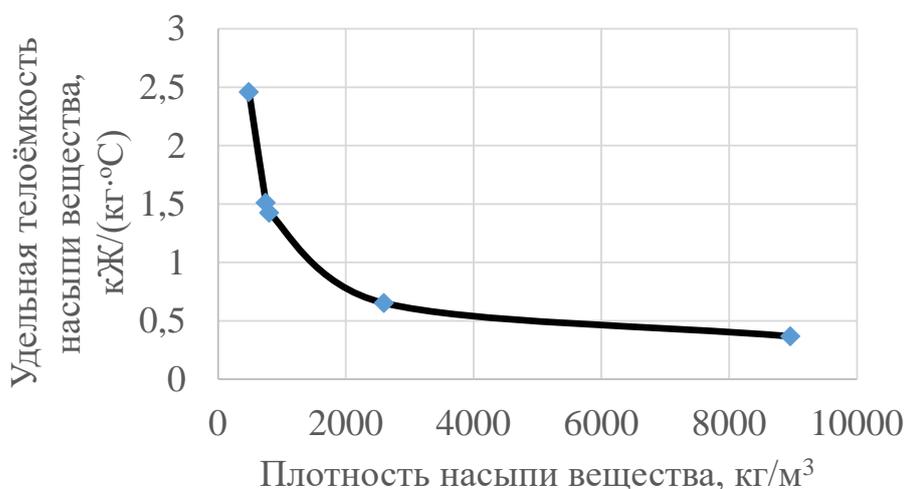


Рис.4. Зависимость удельной теплоёмкости от плотности насыпи вещества



Анализ табл.1 и графика изображенное на рис.4 показывает, что с увеличением плотности насыпи вещества значения удельной теплоёмкости уменьшается.

В табл.3 приведены значения удельной теплоёмкости веществ (образцов), вычисленных по формуле (4) и соответствие их с данными

приведенных из литературы удовлетворительное только для эталонов.

таблица 3

Экспериментальные значения удельной теплоёмкости и соответствующие им значения полученных из литературы

Наименование образца	Экспериментально определённое значение $C_1$ образца, кЖ/(кг·°C)	Приведённое значение $C_1$ в литературе кЖ/(кг·°C)	Примечание (литературный источник)
Медь	357	367	[11]
Стекло	670,3	656	[11]
Чечевица	1,423	1,3868	[12]
Фасоль	1,510	1,3868	[12]
Шала(сорт "Аланга")	2,458	1,27- 4,83	[13]
		1,1502-2,1464	[14]

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Были исследованы удельные теплоёмкости образцов от вида материала и установлено, что их значения значительно меньше чем теплоёмкости воды.

2. Соответствие эталонных образцов (медь, стекло) с литературными данными приведенными "LD Physics Leaflets" показывает, что эксперимент поставлен правильным образом.

3. Удельная теплоёмкость насыпи чечевицы, фасоли и шала сорта "Аланга" и определены в точности пределах погрешности. По полученным экспериментальными

данными определено, что теплоёмкость насыпи зерна зависит от вида и сорта зерна.

4. С увеличением плотности насыпи зерна значения удельной теплоёмкости уменьшается.

5. Полученные удельные теплоёмкости насыпи чичивицы, фасоли и шала сорта "Аланга" могут быть использованы при сушки естественным способом и при сушки малогабаритных, энергоэкономических устройствах. Экспериментально определённое значение теплоёмкости насыпи зерна позволяет вычислить количество тепло, по значений последнего



определяется требуемая энергия для [15].  
процесса сушки зерна в устройствах

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Миснар А. Теплопроводность твердых тел, жидкостей, газов и их композиции. “Мир”, Москва - 1968.
2. Исаченко С.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. “Энергия”, Москва 1975.
3. Чудновский А.Ф. Теплообмен в дисперсных средах. “Государственная издательство технико-экономической литературы”, Москва - 1954.
4. Осипова В.А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена. “Энергия”, Москва 1972.
5. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. “Энергия”, Москва -1974.
6. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. “Атомиздат”, Москва -1974.
7. Михеев М.А. Основы теплопередачи. “Гос.энерго.изд.” Москва - 1949.
8. Bekkulov B.R., Aliyev R.U., Khalilov M.T., Mamirov Y.T., Jalolova Z.X. Experimental research for paddy and rice. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – India, 2018. – Vol. 5, Issue 7. – p.p. 6327 – 6331.
9. Беккулов Б.Р., Халилов М.Т, Махмудов Х.А. Экспериментальные исследования удельной теплоёмкости насыпи шала и риса. // Материалы IV Международной конференции по оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро-и наноструктурах. – Фергана: ФерПИ, 2018. – с.117 – 121.
10. Насыпная плотность сыпучих грузов.  
([https://www.pereezd.net.ua/sypuchie\\_gruzy.html](https://www.pereezd.net.ua/sypuchie_gruzy.html))
11. LD Physics Leaflets GmbH. D-50354 Huerth/Germany. E-mail: [info@id-didactic.de](mailto:info@id-didactic.de) by LD Physics Leaflets GmbH.
12. Timbers. G.E. . Properties of rapeseed 1. thermal conductivity and specific heat.// Canadian agricultural engineering. – Canada,1975. Volume 7, Issue 2. – p.p.81 – 84.
13. Mohapatra D., Bal S. Determination of Specific Heat and Gelatinization Temperature of Rice using Differential Scanning Calorimetry.// DOI: 10.13031/2013.15335. – Las Vegas, 2003. – p.p.135-142.
14. Iguaz. A., San M., Arroqui M.B., Fernández. C.T., Maté. J.I., Vírveda. P. Thermophysical properties of medium grain rough rice ( LIDO cultivar ) at medium and low temperatures. // European Food Research and Technology. DOI: 10.1007/s00217-003-0760-x. – Italy, 2003. – Volume 217, Issue 3. – p.p.117-126.
15. Беккулов Б.Р, Алиев Р, Рузиев А.А. Мобильное устройство для сушки зерна. Book, LAP LAMBERD Academic Publishing, Latvia -2018, стр.24.