

**ООО «Микрорадар-Сервис»**  
**Технический отчёт**  
**05.06.2013 – 09.08.2013, г. Минск**

## **Исследование возможности измерения влажности сухого молока микроволновыми методами при изменении жирности.**

**И.Ренгарт, О.Кужельный.**

**Задача:** Измерение влажности сухого молока при вариациях его жирности.

**Проблема:** Вариации жирности сухого молока в процессе его производства изменяют его физико-механические и диэлектрические характеристики, что может приводить к существенным ошибкам при измерении влажности.

**Цель работы:** Исследовать влияние вариаций жирности на точность измерения влажности резонаторными микроволновыми влагомерами

**Оборудование:** Исследования проводились на лабораторном резонаторном влагомере МИКРОРАДАР101-2 ( центральная частота резонатора – 2,7 ГГц, тип резонатора – коаксиальный четвертьволновой, геометрия измерений – металлический стакан, закрепленный на резонаторе).

**Подготовка материалов:** Пробы готовились из стандартного коммерческого сухого молока с жирностью 1,5 % и 25 % путем смешивания в пропорциях 10:1, 50:50, 75:25. Полученные пять видов материала увлажнялись в эксикаторе, затем высушивались. Влажность полученных проб определялась гравиметрическим методом, сушка 3 часа в сушильном шкафу при температуре 105 градусов С.

**Проведение измерений :** Исследуемый материал засыпался в фторопластовый измерительный стакан, который ставился в металлический стакан, закрепленный на резонаторе. Записывались амплитуда резонансного пика и его частота. Температура материала при измерении-20 градусов С.

## Результаты.

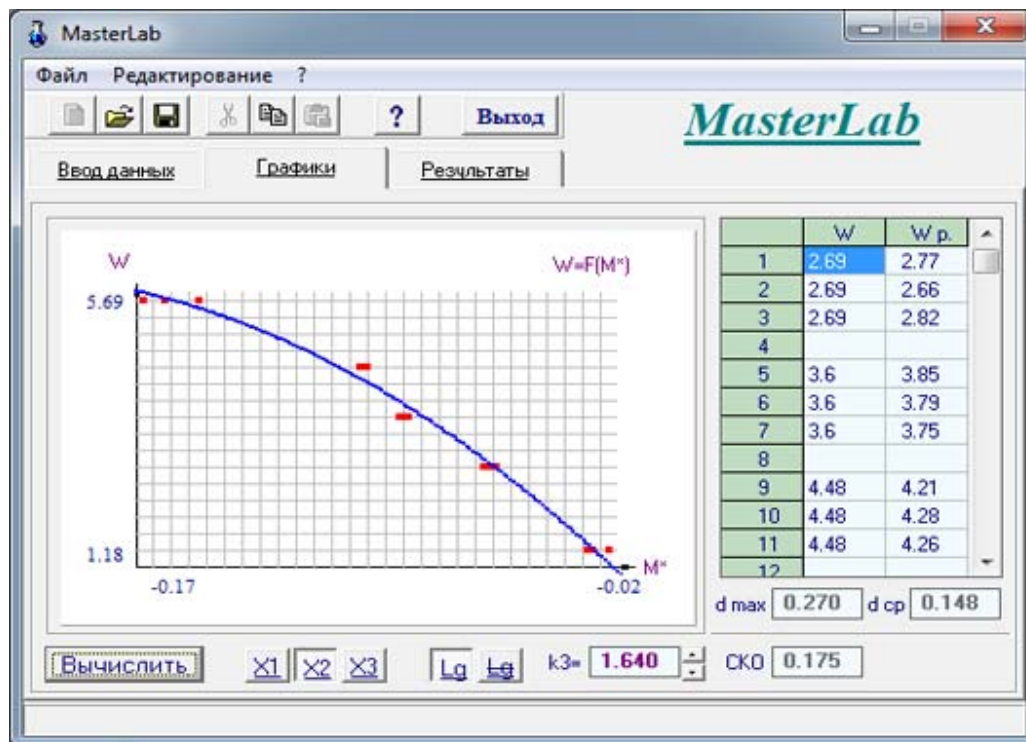


Рис.1. Зависимость между влажностью образцов с жирностью 1,5 и обобщенного выходного параметра влагомера, рассчитанного корреляционным методом.

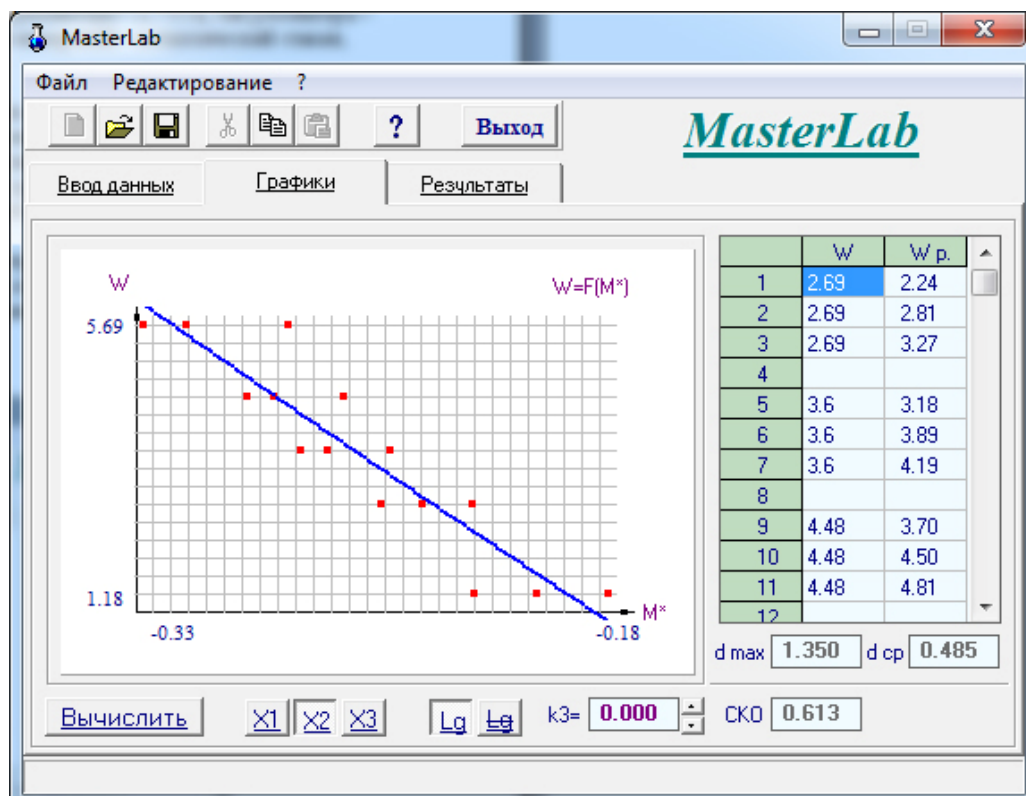


Рис.2. Зависимость между влажностью образцов с жирностью 1,5 и обобщенного выходного параметра влагомера, без применения корреляционного метода.

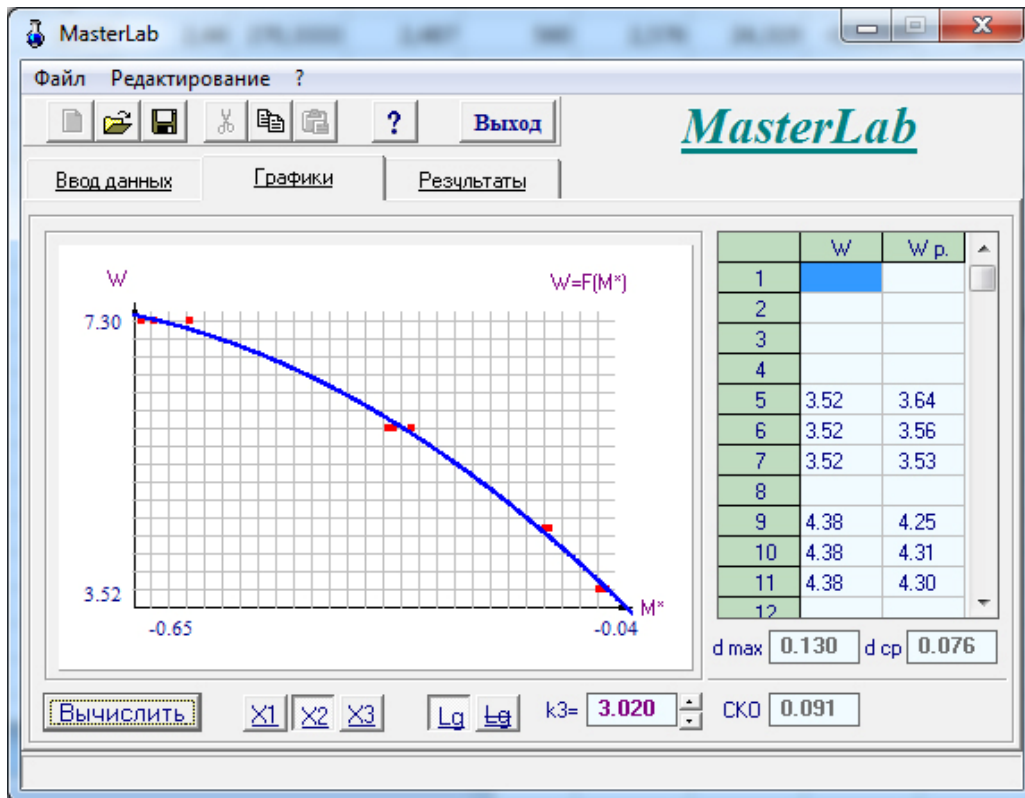


Рис.3. Зависимость между влажностью образцов с жирностью 25 % и обобщенного выходного параметра влагомера, рассчитанного корреляционным методом.

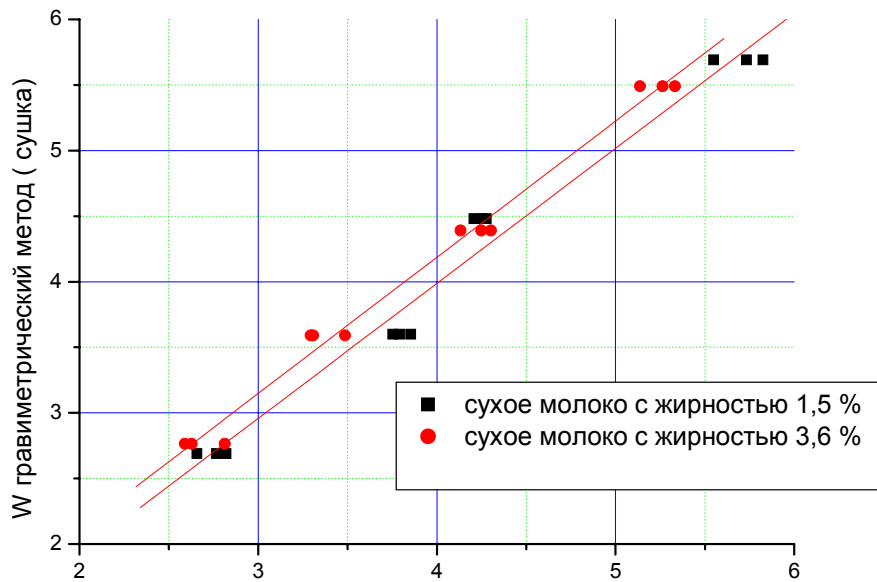


Рис.4. Влияние жирности молока на показания W microradar влагомера при не очень больших вариациях жирности.

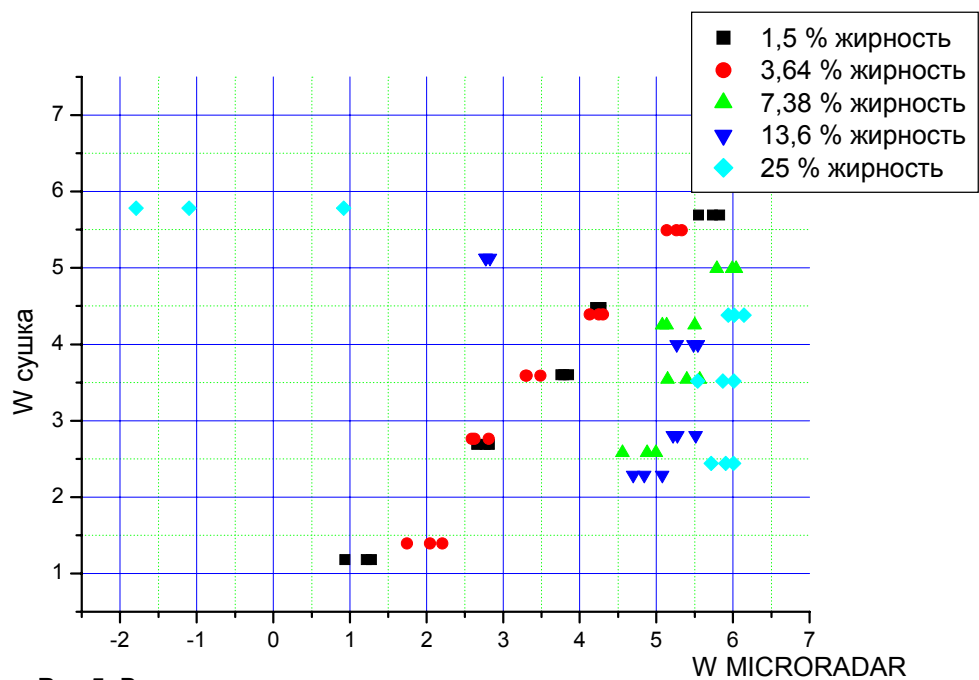


Рис.5. Влияние жирности на показания влагомера при больших вариациях.

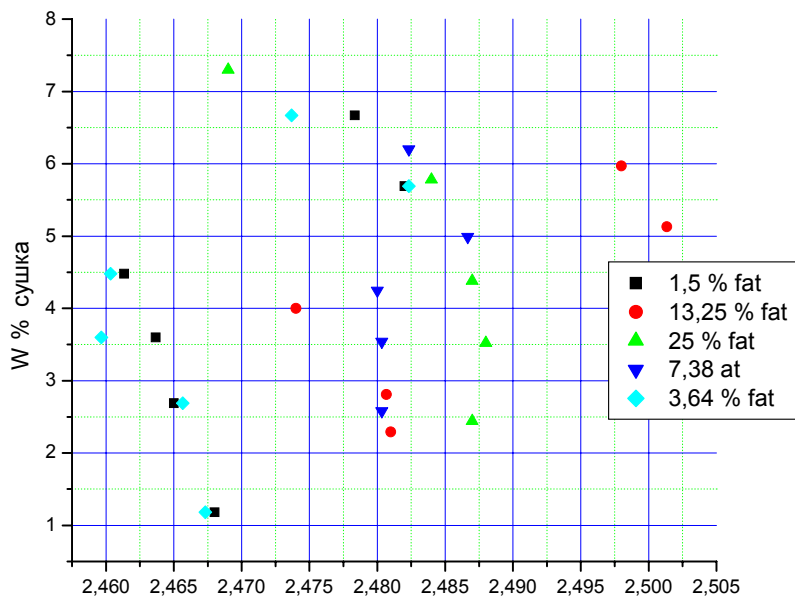


Рис.6. Зависимость резонансной частоты от влажности

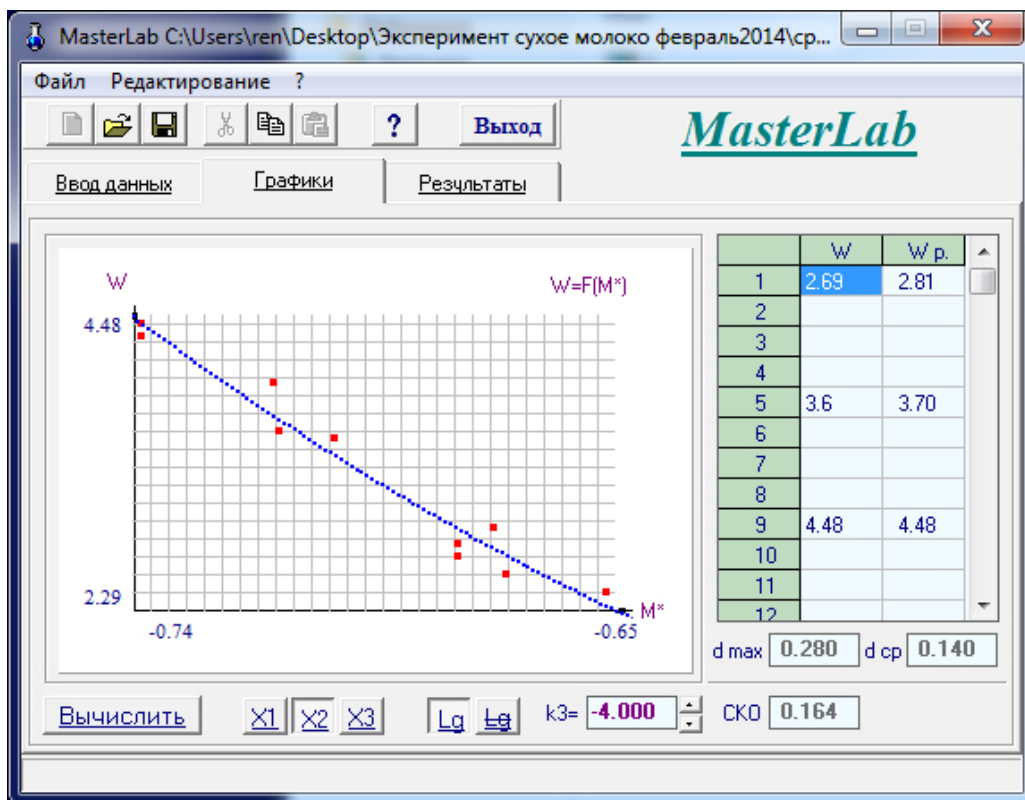
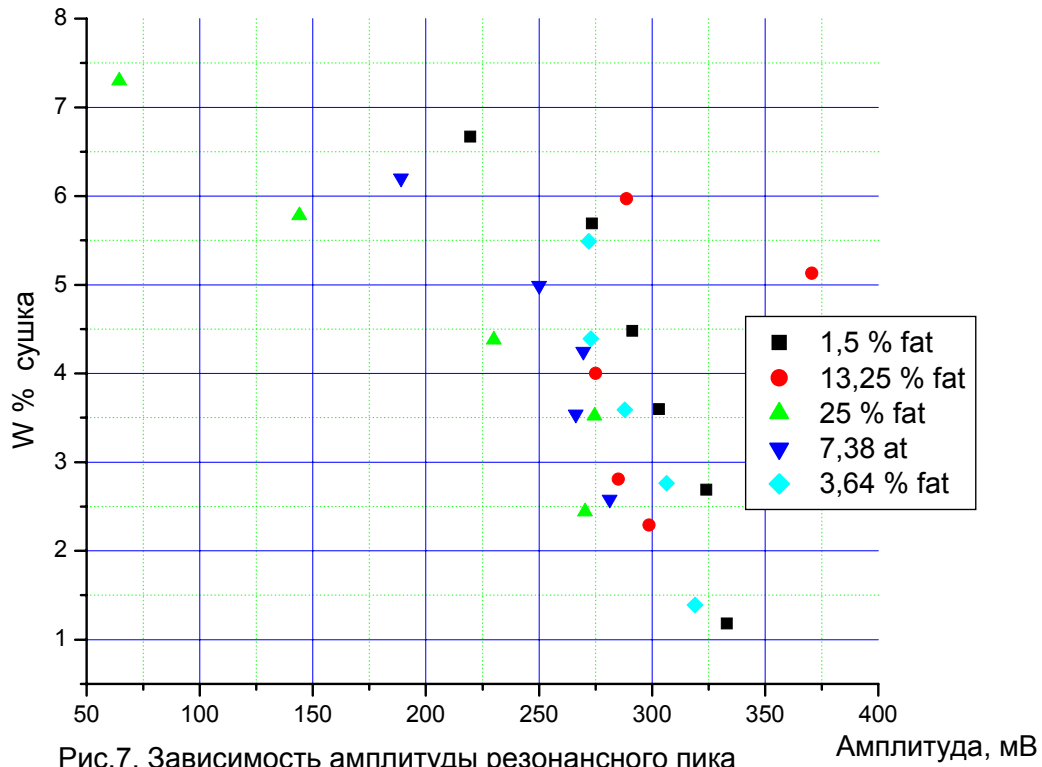


Рис.8. Зависимость между влажностью образцов с жирностью 1,5 %, 7, 38, 13,6 и 25 % и обобщенного выходного параметра влагомера, рассчитанного корреляционным методом по средним значениям амплитуд и частот.

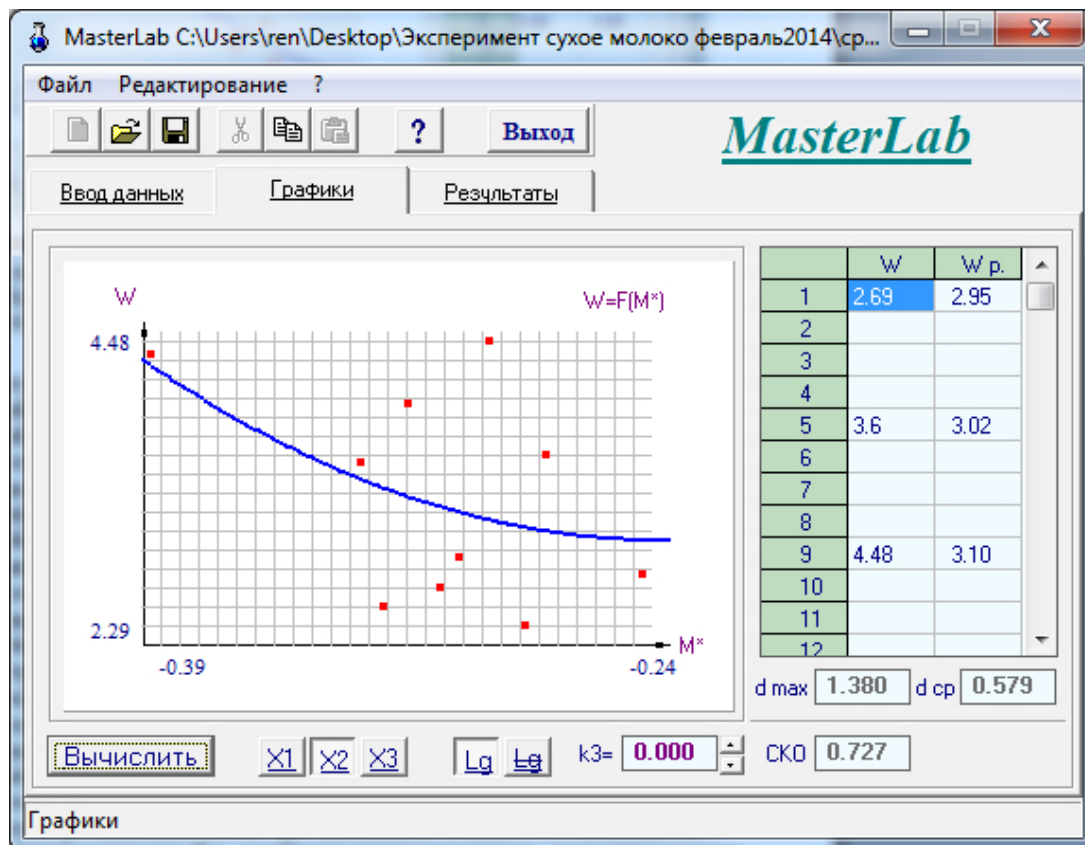


Рис.9. Зависимость между влажностью образцов с жирностью 1,5 %, 7, 38, 13,6 и 25 % и обобщенного выходного параметра влагомера, без применения корреляционного метода .

#### Обсуждения :

1. При стабильной жирности сухого молока измерение влажности возможно с высокой точностью как обезжиренного молока, так и молока высокой жирности. Рис.1, Рис.3.
2. Компенсация плотности необходима, и двухпараметрический корреляционный метод с этой задачей справляется. Рис.2.
3. При работе с обезжиренным молоком и незначительных вариациях жирности дополнительная погрешность от этих вариаций составляет 0,1 % на 1 % жирности. С повышением жирности влагомер занижает влажность. Рис.4.
4. При существенных вариациях жирности картина существенно усложняется. Вероятно, начинают работать два разных механизма влияния на диэлектрические свойства сухого молока. Первое – при влажности более 4,5 % происходит скачок резонансной частоты, ( Рис.6 ) что говорит о резком разрыхлении материала, т.к. плотность влияет на частоту в большей степени, чем влажность. Второй механизм заключается в замещении сухого белка и углеводов молока жиром, не имеющего удельной поверхности, и соответственно, не способного удерживать влагу. При этом, средние амплитуды резонансных пиков при одинаковой влажности уменьшаются с увеличением жирности. Т.е., плотность материала падает, а диэлектрические потери растут. Этот факт хорошо иллюстрируют Рис.8 и 9 , причем, коэффициент  $K3$ , характеризующий в двухпараметрическом корреляционном методе производную  $d(\text{tg}\delta)/df$  меняет знак по отношению к обычным случаям, когда потери уменьшаются с уменьшением плотности.

## **Выводы :**

Микроволновые резонансные методы могут быть успешно применены для измерения влажности обезжиренного сухого молока с использованием двухпараметрического корреляционного метода. Дополнительная погрешность от вариаций жирности составляет около 0,1 % влажности на процент жирности. Для измерения влажности высокожирного сухого молока резонаторные методы могут быть применены для влажности не более 5 %.