

УДК 621. 791. 04: 543. 712

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЕМКОСТНОГО ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ОТ ВЛАЖНОСТИ СВАРОЧНОГО ФЛЮСА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТОТАХ

А.В. Дуда, Д.Е. Кривобоков

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул

Статья посвящена исследованию зависимостей чувствительности емкости и сопротивления емкостного первичного преобразователя со сварочным флюсам к его влажности на разных частотах.

Ключевые слова: емкость, сопротивление, чувствительность, емкостный первичный преобразователь, сварочный флюс.

Измерение влажности сварочного флюса в узком диапазоне влагосодержания требует использования высокочувствительного метода контроля [1]. В качестве такого метода может быть использован диэлькометрический метод. Данный метод основан на определении электрических параметров емкостного первичного преобразователя (ЕПП), функционально связанных с показателем влажности контролируемого вещества. Как правило, такими параметрами являются электрическая емкость и сопротивление (проводимость) ЕПП. Анализ литературных источников показал, что до 2009 года широкое распространение получили схемотехнические решения позволяющие определять влажность сыпучих веществ путем измерения электрической емкости и подавления активной проводимости ЕПП с веществом. Такой подход является довольно эффективным, однако вызывает определенные трудности при измерении влажности сыпучих веществ имеющих физико-механическую связь частиц с влагой [2]. Начиная с 2009 года появляются работы, посвященные двухкомпонентной диэлькометрии, т.е. отдельному измерению емкости и проводимости ЕПП [3]. При использовании данного подхода, возможно не только определить влажность сыпучего материала, но и косвенно определить такие параметры как плотность вещества в датчике и т.п. Ранее авторами данной работы было установлено, что использование подхода с отдельным измерением электрических параметров ЕПП позволит применить диэлькометрический метод в области малых значений влажности, за счет повышения чувствительности измерительных преобразований [1].

Целью данной работы является анализ зависимости чувствительности емкости и проводимости ЕПП к изменению влажности сварочного флюса при различных частотах.

В рамках данной работы был проведен ряд экспериментов по определению частотной зависимости емкости и сопротивления от влажности и гранулометрического состава.

Эксперимент проводился на установке, представленной на рисунке 1.

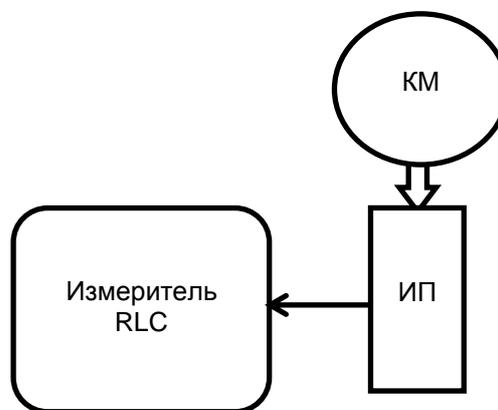
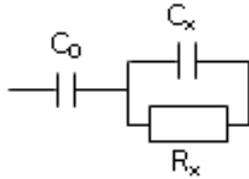


Рисунок 1 – Экспериментальная установка

В качестве измерительной схемы был использован измеритель RLC AM-3016. Первичный измерительный преобразователь (ИП) представляет собой плоскопараллельный конденсатор с изолированными электродами. Эквивалентная электрическая схема замещения измерительного преобразователя с контролируемым веществом представлена на рисунке 2 [4].

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЕМКОСТНОГО ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ОТ ВЛАЖНОСТИ СВАРОЧНОГО ФЛЮСА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТОТАХ



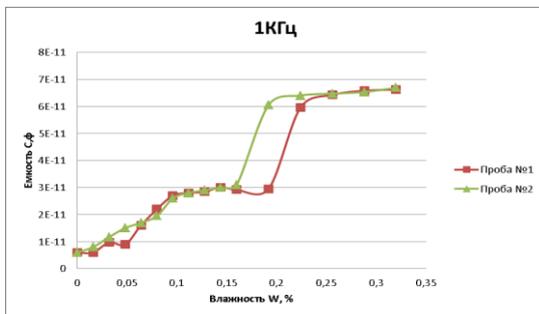
Условные обозначения:

C_0 – емкость изолятора, C_x и R_x – емкость и сопротивление контролируемого вещества

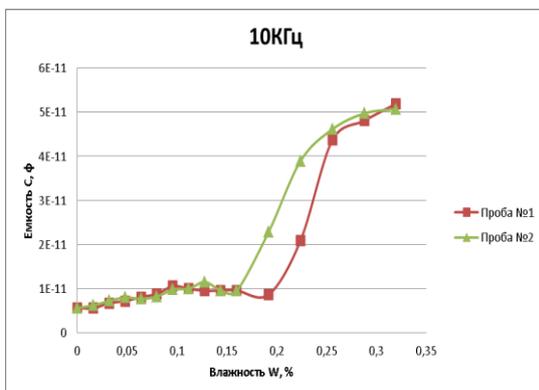
Рисунок 2 – ЭЭСЗ емкостного первичного преобразователя

В качестве контролируемого материала (КМ) был выбран сварочный флюс марки АН-47. Флюс путем просеивания через сита был разделен на 2 фракции. Проба №1 состояла из частиц размером от 0,25 до 1,5 мм, а проба №2 из частиц размером от 1,5 до 2,5 мм. Далее каждая проба засыпалась в емкостный преобразователь и происходило измерение его электрических параметров. После чего в каждую пробу добавлялось одинаковое количество воды и происходили повторные измерения. Диапазон влажности при этом составил 0-0,35%. Такой диапазон выбран в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52222-2004.

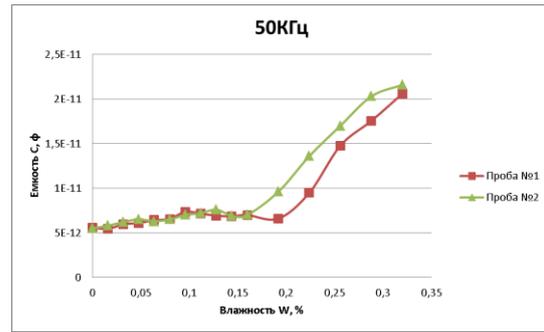
В результате эксперимента получены следующие результаты:



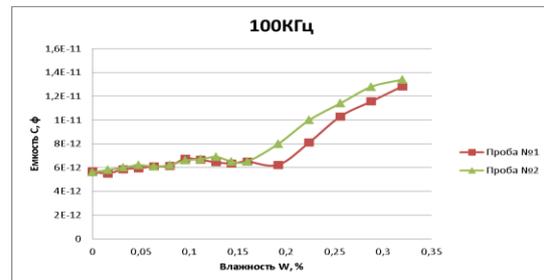
а)



б)



в)



г)

Рисунок – 3 Зависимость емкости ЕПП со сварочным флюсом от влажности на частотах: а) 1КГц, б) 10КГц, в) 50КГц, г) 100КГц

Из представленных графиков видно, что различный гранулометрический состав проб №1 и №2 по-разному влияет на зависимость емкости ЕПП от влажности флюса. Увеличение гранулометрического состава ведет к перемещению точки перегиба зависимости в сторону уменьшения влажности флюса. Это связано с тем, что при изменении размера частиц изменяется момент перехода влаги от связанного состояния в свободное. Такой переход может служить определенным индикатором для внесения поправки или определения, как гранулометрического состава контролируемого сыпучего материала, так и плотности его засыпки. Если посмотреть на графики 2 – а, 2 – б, 2 – в и 2 – г, то можно увидеть что изменяется крутизна перегиба обеих проб. Это говорит о том, что частота электрического поля ЕПП влияет на чувствительность емкости датчика к изменению влажности. На рисунке 3 представлены графики зависимостей чувствительности емкости ЕПП с пробой №1 к изменению влажности этой пробы на разных частотах.

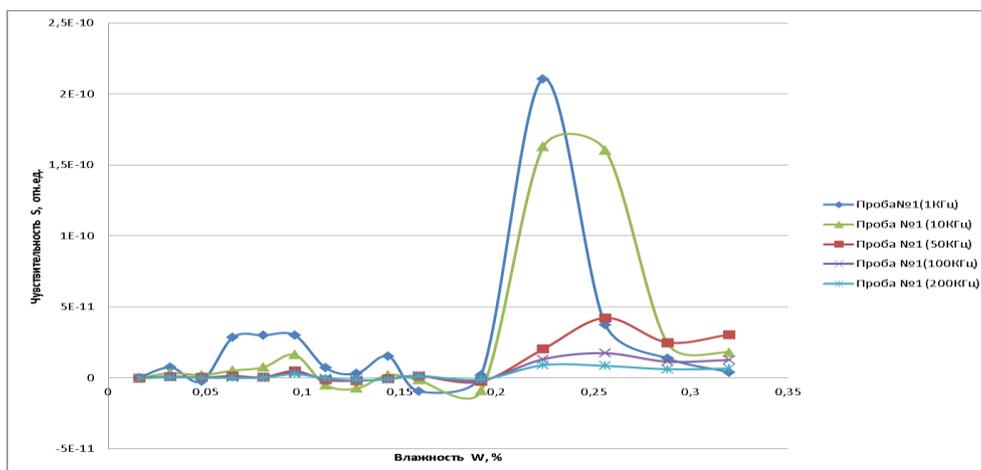


Рисунок 4 – Зависимость чувствительности S емкости к изменению влажности пробы №1 на разных частотах

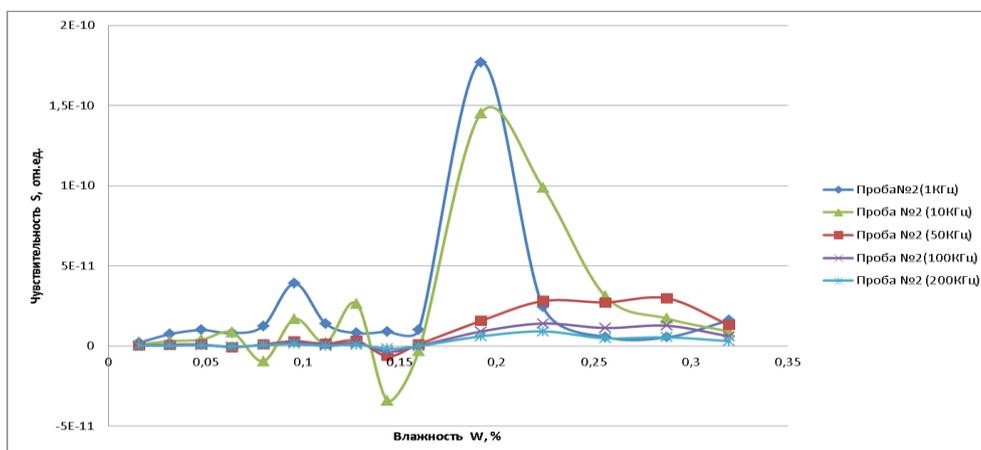
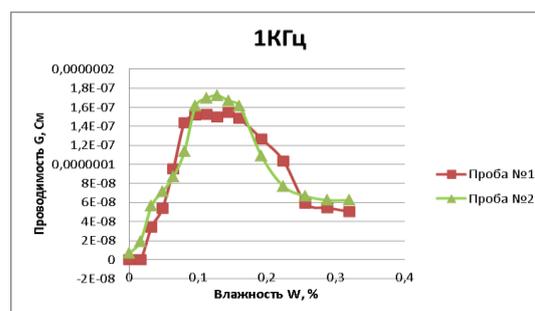


Рисунок 5 – Зависимость чувствительности S емкости к изменению влажности пробы №2 на разных частотах

Из рисунка 4 видно, что чувствительность емкости ЕПП на частотах 1 и 10 КГц имеет экстремумы. Причем экстремум на частоте 1 КГц возникает при влажности 0,22%, а экстремум на 10 КГц возникает при 0,25% влажности. Если обратить внимание на зависимости на других частотах, то можно наблюдать, что с увеличением частоты экстремум смещается в область более высоких влажностей и имеет менее выраженный характер. На рисунке 5 можно наблюдать подобные экстремумы. Только в отличие от предыдущего графика вершины экстремумов на 1 и 10 КГц практически совпадают. Обобщив выше сказанное можно сделать вывод, что изменение гранулометрического состава вызывает изменение крутизны зависимости емкости ЕПП от влажности, а соответственно

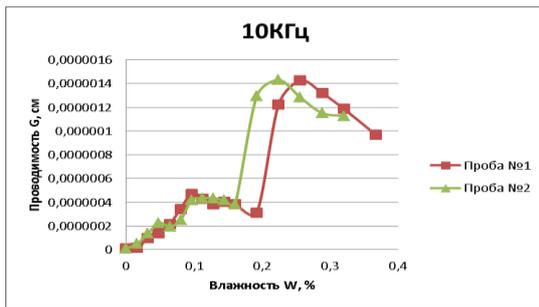
и чувствительности на разных частотах по-разному.

Так же в ходе эксперимента были получены зависимости сопротивления ЕПП с флюсом от влажности на разных частотах. Для удобства представления сопротивление представлено как проводимость.

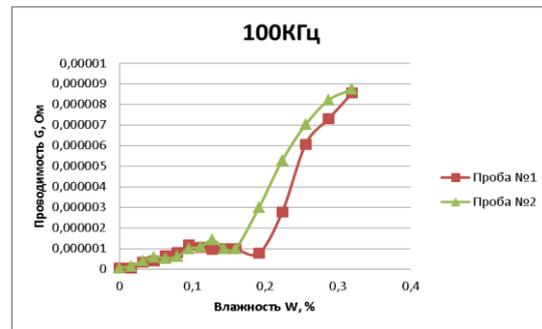


а)

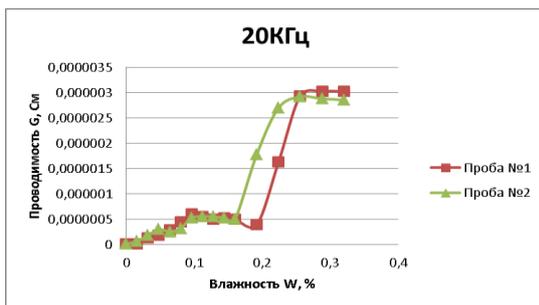
ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЕМКОСТНОГО ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ОТ ВЛАЖНОСТИ СВАРОЧНОГО ФЛЮСА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТОТАХ



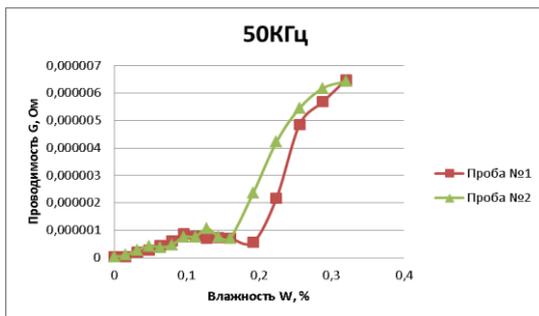
б)



д)



в)



г)

Рисунок 6 – Зависимость емкости ЕПП со сварочным флюсом от влажности на частотах: а) 1КГц, б) 10КГц, в) 20КГц, г) 50КГц, д) 100КГц

Из представленных графиков видно, что на частотах 1 и 10 КГц проводимость имеет не свойственное физической проводимости поведение. Это может быть связано с тем, что измеритель RLC имеет схему уравнивания не достаточно точно описывающую схему замещения датчика с веществом. Таким образом, в дальнейшем необходимо произвести более тщательное исследование схемы замещения ЕПП с контролируемым веществом. На рисунке 6 так же наблюдается изменение крутизны наклона зависимости проводимости от влажности с ростом частоты и ее смещение при изменении гранулометрического состава. Ниже представлены графики зависимости чувствительности от влажности на разных частотах.

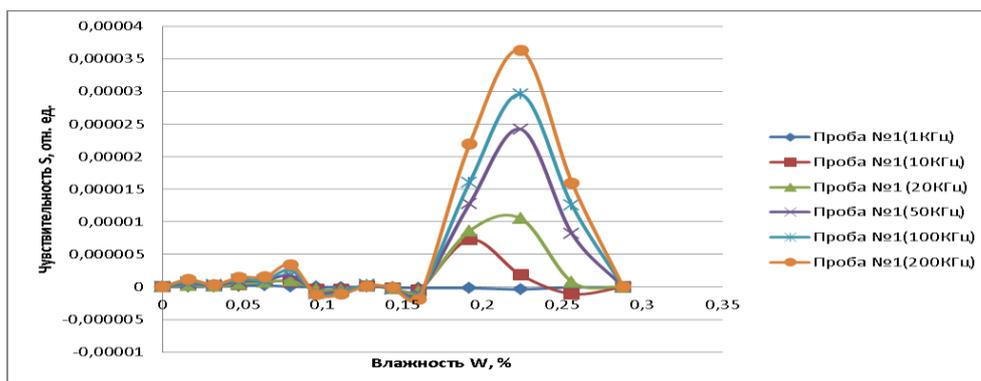


Рисунок 7 – Зависимость чувствительности S проводимости к изменению влажности пробы №1 на разных частотах

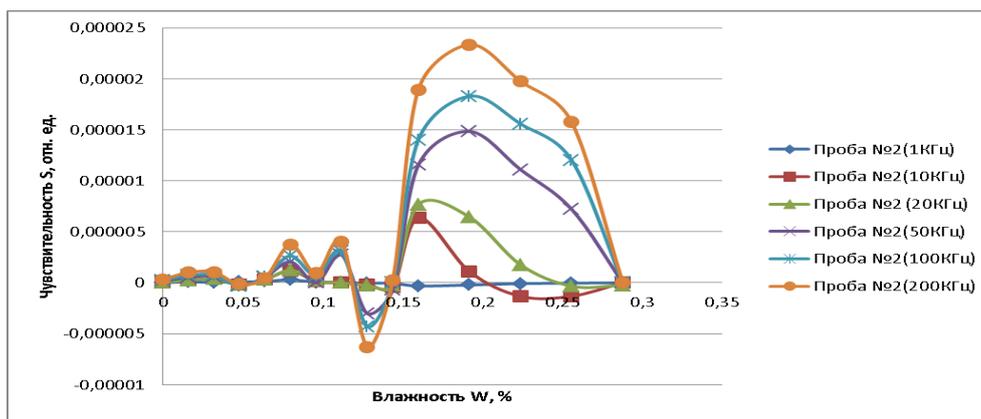


Рисунок 8 – Зависимость чувствительности S проводимости к изменению влажности пробы №2 на разных частотах

Из рисунков 7 и 8 видно, что при изменении гранулометрического состава существенно меняется ширина вершины экстремума. Так же на обоих графиках наблюдается уменьшение значения экстремума с ростом частоты.

В заключении можно сделать следующие выводы: 1) обе составляющие имеют зависимость от частоты. Это может быть вызвано тем, что схема замещения измерительного преобразователя с веществом описана не достаточно точно. В связи с этим зависимости емкости и проводимости от влажности могут иметь экстремумы на определенных частотах. 2) учет параметра чувствительности на различных частотах в процессе измерения позволит ввести поправку на изменение гранулометрического состава сыпучего вещества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дуда А.В., Афонин В.С. и др. Оценка чувствительности влагомера сыпучих материалов с разделением составляющих проводимости измерительного преобразователя Вестник Югорского гос-ударственного университета. Ханты-Мансийск: Изд-во ЮГУ, 2013. – с.71.
2. Дуда А.В., Афонин В.С. Уменьшение погрешности измерения влажности сварочных флюсов. Измерение, Контроль, Информатизация: Материалы 13-й международной научно-технической конференции. Том 1. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2012. – С. 74.
3. Ананьев И.П. Автогенераторные измерительные преобразователи двухкомпонентной диэлектрики сельскохозяйственных материалов. – Автореф. дис. на степень д.т.н. ГНУ АФИ Россельхозакадемии, 2009.
4. Берлинер М.А. Измерения влажности. М.: Энергия. 1973. 400 с.

Кривобокров Дмитрий Евгеньевич – к.т.н., e-mail: dmitriikrivobokov@mail.ru; Дуда Антон Васильевич – аспирант.