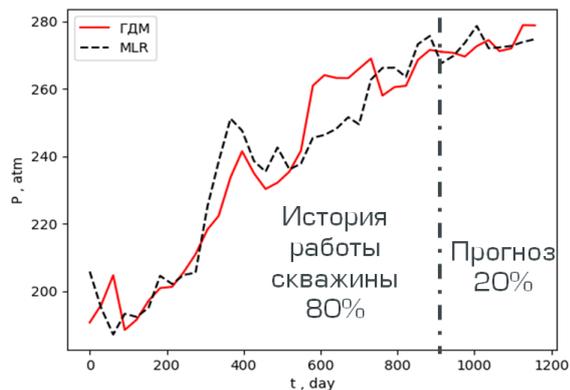
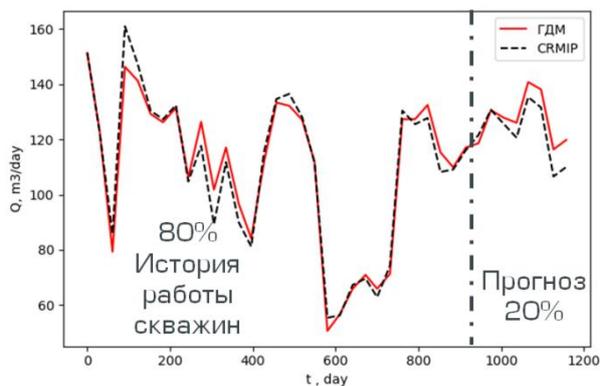


рис.1. Карта проницаемости



а) Сравнение динамики давления на реагирующей скважине  $P_1$



б) Сравнение динамики дебита на реагирующей скважине  $P_1$

рис.2. Результаты тестирования модулей MLR (а) и CRMIP (б) на синтетических данных: сплошная кривая - ГДМ, пунктирная кривая - программные модули.

Список публикаций:

- [1] Dinh A. and Tiab D., 2008. *Inferring interwell connectivity from well bottomhole-pressure fluctuations in waterfloods*. SPE Reservoir Evaluation and Engineering: 847-881, SPE 106881.  
 [2] Holanda, R. W. d., 2015. *Capacitance Resistance Model in a Control Systems Framework: a Tool for Describing and Controlling Waterflooding Reservoirs*. Master's thesis, Texas A&M University, College Station, Texas, USA: 156.

## Исследование контактной разности потенциалов и создание установки для его измерения

**Ханнанов Асхат Рамилевич**

*Набиуллин Ильсур Рашитович, Шаязданов Айгиз Рашитович*

*Башикирский государственный педагогический университет им.М. Акмуллы*

*Набиуллин Ильсур Рашитович, к.ф.-м.н.*

[askhat.hannanov@gmail.com](mailto:askhat.hannanov@gmail.com)

Теория разности контактных потенциалов имеет значительный интерес и множество применений во многих научных областях, таких как биофизика, биохимия, электрохимия, к примеру, в машиностроении это учитывается в электровакуумных установках, в частности в высоковакуумных установках, а также в твердотельных выпрямителях и детекторах кристаллов. Имеет также широкое применение в физике твердого тела и при изучении физико-химических свойств различных металлов.

В настоящее время существует множество различных методов измерения контактной разности потенциалов. Они отличаются не только методами воздействия на исследуемые образцы, но и условиями, в которых эти измерения проводятся. Все существующие методы обладают своими преимуществами и недостатками, которые необходимо учитывать при проведении измерений. Некоторые пригодны для измерений только в вакууме, другие требуют тщательного экранирования, для третьих необходимо применять ультрафиолетовые лучи и радиоактивные элементы, а четвертые можно применить лишь на малых областях. Как следствие, детальный обзор на существующие методики измерения имеет практическую важность.

Целью работы было исследование КРП и создание устройства для его измерения, для этого был выбран метод Томсона-Зисмана, основанный в изменении емкости конденсатора, образованного исследуемыми образцами, с последующей компенсацией измеряемой контактной разности потенциалов. В результате

изучения различных методов и схем была получена следующая рабочая схема для измерения КРП, полная схема которой показана на рисунке 1.

Она состоит из преобразователя тока в напряжение, фильтра верхних частот, неинвертирующего усилителя, фильтра нижних частот и делителя напряжения для изменения  $V_k$ . Делитель напряжения позволяет выбирать напряжения  $V_k$  обоих знаков. Операционный усилитель в преобразователе тока в напряжение должен иметь входное сопротивление, намного превышающее выбранное значение  $R$  (в этом случае  $20 \text{ M}\Omega$ ); в противном случае, значительная потеря сигнала будет на входе преобразователя тока в напряжение. Фильтр верхних частот (75 Гц) отделяет постоянное напряжение  $V_k$  от сигнала переменного тока, который дополнительно усиливается. Наконец, фильтр нижних частот (2 кГц) уменьшает высокочастотный шум до того, как сигнал отобразится на осциллографе.

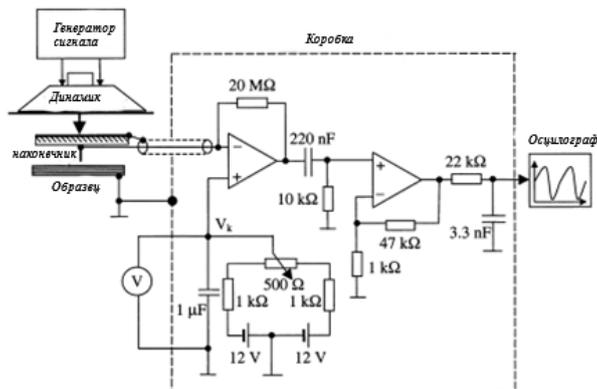


рис. 1. Электронная схема экспериментальной установки измерения КРП.

Выбранный метод представляет собой следующее: имеются наконечник и пластина из разнородных металлов, которые взаимодействуя образуют конденсатор, от источника питания на пластины подается разность потенциалов. Далее, с помощью вибраций, происходит процесс изменения емкости конденсатора, что способствует возникновению электрического тока в цепи, сила которого считается по формуле (1) и равна:

$$I(t) = \frac{dQ}{dt} = \frac{Udc}{dt}, \quad (1)$$

Чтобы наблюдать переменный ток, при помощи какого-либо измерительного прибора, его необходимо усилить при помощи усилителя с высоким входным сопротивлением. Теперь для измерения контактной разности потенциалов необходимо подать такое напряжение, при котором перестанет протекать ток в цепи, что происходит, когда  $U = -U_k$ .

Выходной сигнал может быть обработан двумя способами. Во-первых, напряжение на конденсаторе может быть измерено повторителем напряжения. Это решение очень близко к историческому расположению Зисмана. Во-вторых, ток может быть измерен в цепи, состоящей из конденсатора и источника переменного напряжения, преобразователем тока в напряжение. Этот преобразователь ведет себя как идеальный амперметр, устраняя влияние сопротивления в источнике переменного напряжения. Таким образом, сравнивая два способа, измерение тока приводит к гораздо более простой зависимости между  $U_a(t)$  и зависящей от времени емкостью  $C(t)$  конденсатора. Рассчитать это можно по формуле (2) и в итоге отношение гласит:

$$U_a(t) = (V_{крп} - V_k) * R * C(t) + V_k, \quad (2)$$

где переменная часть  $U_a(t)$  является выходным сигналом, который пропорционален разности  $V_{крп}$  и  $V_k$ , сопротивлению  $R$  преобразователя ток-напряжение и производной по времени от емкости.

Список публикаций:

- [1] Мамонова, М.В. Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы: монография [Текст] / М.В. Мамонова, В.В. Прудников, И.А. Прудникова. – Москва: Физматлит, 2011. – 400 с
- [2] Царев, Б.М. Контактная разность потенциалов и ее влияние на работу электровакуумных приборов [Текст] / Б.М. Царев. – 2-е перераб. и доп. изд. – М.: Гос. изд-во технико-теорет. лит., 1955. – 280с.
- [3] Galembeck, A. Scanning electric potential microscopy imaging of polymers: electrical charge distribution in dielectrics. *Polymer*, 2001, vol. 42, pp. 4845-4851.
- [4] Klein, U. Contact potential differences measurement: Short history and experimental setup for classroom demonstration. *IEEE Transactions on Education*, 2003, no. 46(3), pp. 338-334.
- [5] Zharin, A.L. Contact potential difference techniques as probing tools in tribology and surface mapping. *Scanning probe microscopy in nanoscience and nanotechnology*, Heidelberg, Springer-Verlag, 2010, pp. 687-720).