

7. Баскаков В. П., Ефимов В. И., Сенаторов Г. В. Оценка рисков аварий, инцидентов и несчастных случаев. Планы управления безопасностью труда // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2011. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-riskov-avariy-intsidentov-i-neschastnyh-sluchaev-planu-upravleniya-bezopasnostyu-truda> (дата обращения: 29.10.2018).

8. Risk -Controlling the risks in the workplace // HSE URL: <http://www.hse.gov.uk/risk/controlling-risks.htm> (дата обращения: 30.10.2018).

УДК 621.317.335.2:658.512.26

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ НАСТРОЙКИ И КАЛИБРОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЯ ЕМКОСТИ CAP-10

*Канунникова Катерина Олеговна*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск*

E-mail: kok6@tpu.ru

*Айжамбаев Ержан Нурланович,*

*АО АК Алтыналмас, г. Алматы*

E-mail: e.aizhambayev@shoqpar.kz

## DEVELOPMENT OF METHODS OF CONFIGURATION AND CALIBRATION OF THE CAPACITANCE METER CAP-10

*Kanunnikova Katherine Olegovna*

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Ayzhambaev Yerzhan Nurlanovich,*

*JSC AK Altynalmas, Almaty*

**Аннотация:** Статья посвящена разработке методики калибровки и настройки измерителя погонной емкости CAP-10. В процессе работы подготовлены контрольные образцы, проведены измерения емкости прибором CAP-10, показано, что есть отклонение между измеренными и действительными значениями емкости. Для уменьшения погрешности применена разработанная методика калибровки.

**Abstract:** The article is devoted to the development of calibration methods and tuning meter linear capacity CAP-10. Control samples were prepared during operation, capacitance measurements were carried out by the device CAP-10 and the deviation between the measured and actual values of the capacitance was shown. The developed calibration technique is applied to reduce the error.

**Ключевые слова:** погонная емкость; электроемкостной измерительный преобразователь; калибровка; одножильный провод; электроемкость; поверка; контрольный образец.

**Keywords:** capacitance per unit length; electro-capacity measuring transformer; calibration; solid conductor; electric capacitance; verification; check sample.

При производстве кабельных изделий существует задача контроля емкости провода непосредственно в технологическом процессе. Для решения этой задачи используется измеритель емкости САР-10 [1].

На сегодняшний день реализован первый опытный образец прибора, который готов к производству. Для введения в эксплуатацию на кабельном предприятии прибора, необходимо подготовить пакет документов. Одним из таких документов является методика калибровки.

Согласно ГОСТ Р 8.879-2014 [2] калибровка – это ряд определённых операций, направленных на определение действительных значений метрологических характеристик необходимых для получения результата измерения. Калибровка необходима для подтверждения метрологических характеристик прибора и отслеживания их в процессе эксплуатации прибора [2].

Целью работы является подготовка проекта данного документа [2] и проверка его применимости для калибровки САР-10.

Предлагаемая методика калибровки подготовлена для измерителя погонной емкости одножильного электрического провода САР-10, разработанного в ТПУ. Для прибора САР-10 калибровке подвергается значение емкости одножильного провода и значение основной погрешности ее измерения. Измерение емкости проводятся при размещении контролируемого провода внутри измерительного электрода САР-10 и погружении его в воду, применяемую на кабельных предприятиях для охлаждения провода после наложения изоляции [3]. При калибровке в условиях лаборатории измерительный электрод САР-10 погружается в емкости, заполненную водопроводной водой, имитирующей охлаждающую ванну экструзивной линии кабельного завода.

В методике указываются перечень используемых средств измерения и об условиях окружающей среды, подлежащих соблюдению в процессе калибровки, процедура подготовки и проведения калибровки, а также процедура обработки и представления результатов измерения.

Предлагаемая методика регламентирует порядок подготовки образцов провода, используемые в дальнейшем в качестве контрольных [4] при проведении калибровки. Для этого отобраны образцы провода с изоляцией из различных материалов (полиэтилен, поливинилхлорид, резина), используемых при производстве кабельных изделий. Действительные значения емкости контрольных образцов провода определены по требованиям ГОСТ 27893-88 [5] с использованием прибора АКТАКОМ АМ 3001.

Так как согласно технической документации на измеритель емкости САР-10 при проведении измерения необходимо соблюдать нормальные климатические условия [6–7]. Следовательно, температура воды может варьироваться от 15 до 35 °С.

**Проведение калибровки по разработанной методике.**

На первом этапе исследования были измерены действительные значения емкости контрольных образцов (пять штук) при разной температуре в диапазоне, 15 до 35 °С. На следующем этапе определена емкость контрольных образцов с помощью прибора САР-10 в тех же условиях. Были получены зависимости значений емкости от температуры, пример графика для одно из контрольных образцов приведен на рис. 1. Красными точками обозначены действительные значения емкости, а синими – результаты измерения прибором САР-10.

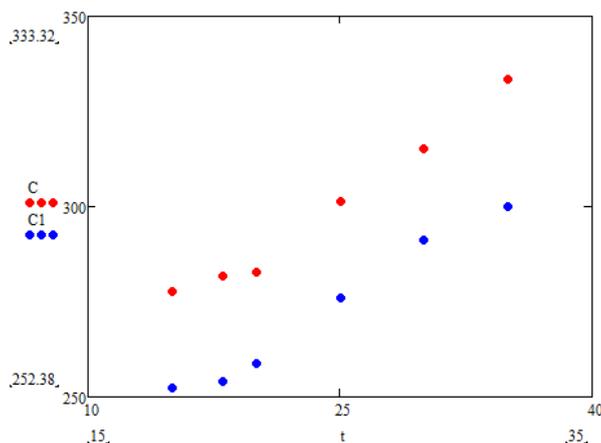


Рис. 1. Зависимость емкостей от температуры

Из представленных зависимостей видно, что действительные значения емкости С контрольного образца провода отличаются от значений емкости С1, измеренного прибором САР-10. Также следует отметить отличие действительных значений емкости контрольного образца провода при различных температурах, что объясняется изменением диэлектрической проницаемости материала изоляции при изменении температуры воды [8].

Используя процедуру обработки результатов измерения [9] рассчитана погрешность измерения

$$\Delta = X - Y = 298,7 - 272,06 = 26,64 \text{ пФ/м.}$$

Относительная погрешность измерения емкости составляет 8.9%, что не соответствует техническим характеристикам измерителя емкости САР-10 [1]. Для корректировки полученной погрешности проведена калибровка прибора САР-10 в соответствии с предложенной методикой.

На втором этапе исследования проведены повторные измерения после проведенной калибровки, результаты которых представлены на рис. 2. Аналогично с рис. 1, красными точками обозначены действительные значения емкости, а синими – результаты измерения прибором САР-10 после калибровки.

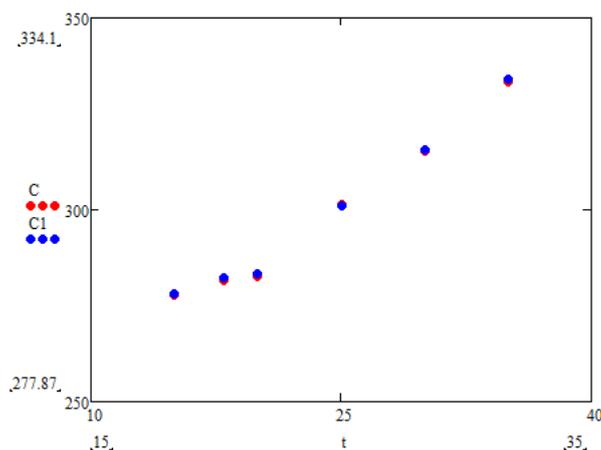


Рис. 2. Зависимость емкостей от температуры после калибровки

По данным графикам видно, что разница между действительным значением и измеренным значением емкости образца провода значительно уменьшилась после проведения калибровки.

Абсолютная погрешность рассчитана по той же формуле:

$$\Delta = X - Y = 298,7 - 299,1 = -0,4 \text{ пФ/м}$$

Относительная погрешность измерения емкости после калибровки составляет 0,1%, что соответствует техническим характеристикам измерителя емкости САР-10 [1].

Следовательно, предложенная методика и проведенная в соответствии с ней калибровка позволяет скорректировать метрологические характеристики измерителя емкости САР-10. Проект документа представленной методики был представлен и одобрен разработчиками измерителя емкости САР-10.

### Список литературы

1. Вавилова Г.В., Гольдштейн А.Е. Прибор для технологического контроля погонной ёмкости электрического провода// Измерительная техника, 2018. – № 3. – С. 46–50.
2. ГОСТ Р 8.879-2014. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению. [Электронный ресурс] – Введ. 2015-09-01. Режим доступа: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200118303>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 20.09.2018).
3. Кабели и провода. Основы кабельной техники/ А.И. Балашов, М.А. Боев, А.С. Воронцов и др. Под редакцией И.Б. Пешкова. – М.: Энергоатомиздат, 2009. – 470 с.
4. Гаврилин А.Н., Мойзес Б.Б. Диагностика технологических систем: учебное пособие в 2 частях. Часть 2. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 128 с.
5. ГОСТ 27893-88 (СТ СЭВ 1101-87). Кабели связи. Методы испытаний. [Электронный ресурс] – Введ. 1990.01.01. – с измен. 2018.01.18. – Режим

доступа: URL: <http://meganorm.ru/Index/11/11797.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 21.09.2018).

6. Власов В.А., Степанов А.А., Зольникова Л.М., Мойзес Б.Б. Основы научных исследований: учебно-методическое пособие. – Томск, Изд-во ТПУ, 2007 – 202 с.

7. ГОСТ 20.57.406-81. Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний [Электронный ресурс]. – Введ. 1982.01.01. – с измен. 2015.01.16. – Режим доступа: URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/1612/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 01.06.2015).

8. Мазиков С.В., Вавилова Г.В. Свойства воды, влияющие на результат технологического контроля емкости провода // Сборник научных трудов «Наука. Технологии. Инновации» – 2016. – С. 33-35.

9. Кокорева А.Е., Плотникова И.В., Гальцева О.В., Китаева М.В. Контроль точности результатов измерений // Ползуновский вестник. – 2016. – № 4-2. – С. 84-87.

УДК 620.178.5-048.35

## **РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОСРЕДСТВОМ МОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА «ВИБРОРЕГИСТРАТОР-M2».**

*Кириллова Виктория Игоревна, Сун Шичэнь*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск*

E-mail: kirillova\_vi-1995@mail.ru, 839170112@qq.com

*Какимова Клара Шамелевна*

*Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда*

E-mail: k.kakimova1971@mail.ru

## **THE DEVELOPMENT OF DATA MEASURING SYSTEMS BY MEANS OF A MOBILE COMPLEX «VIBROREGISTRATOR – M2»**

*Kirillova Viktoriya Igorevna, Sun SHichehn'*

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Kakimova Klara Shamelevna*

*Karaganda State Technical University, Karaganda*

**Аннотация:** Статья посвящена вопросам развития информационно-измерительных систем на базе гидравлических агрегатов. Цель работы – создание и апробация гидравлического стенда для вибродиагностики элементов технологического оборудования посредством мобильного диагностического комплекса «Виброрегистратор-M2».

**Abstract:** The article is devoted to the development of information-measuring systems based on hydraulic units. The purpose of the work is to create and test a hydraulic stand for vibration