

## ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ ЕМКОСТИ ПРОВОДА ПРИ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИИ

*Чеснокова Анна Константиновна, Вавилова Галина Васильевна*  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск  
E-mail: akc2@tpu.ru, wgw@tpu.ru

## ASSESSMENT OF DEPENDENCE OF THE CAPACITANCE OF THE WIRE DURING ITS MANUFACTURE

*Chesnokova Anna Konstantinovna, Vavilova Galina Vasilevna*  
National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

**Аннотация:** работа посвящена исследованию влияющих факторов технологического процесса изготовления провода на значение его электрической емкости. В работе рассмотрен технологический процесс этапа наложения изоляции при изготовлении кабельных изделий. Выявлены факторы, которые оказывают влияние на значение электрической емкости. Показано, что на значение емкости провода оказывает влияние изменение электропроводности воды, а также температура изоляции провода, которая зависит от скорости движения провода в процессе производства.

**Abstract:** the work is devoted to the study of influencing factors wire in-process on the capacitance value. In the paper considers the technological process of the stage of the overlays insulation in the manufacture of cable products. The factors that influence the value of the electrical capacitance are identified. It is shown that changes of the electrical conductivity of water, as well as the temperature of the wire insulation, which depends on the speed of the wire during production is influenced on the capacitance of the wire.

**Ключевые слова:** электрическая емкость, одножильный электрический провод, дефект, электропроводность, температура.

**Keywords:** capacitance, single core electrical wire, defect, electrical conductivity, temperature.

Производство кабельных изделий является высокотехнологическим процессом. Выпускаемые изделия должны быть качественными и безопасными. Качественное изделие имеет постоянную емкость по всей длине, поэтому изменение емкости может указывать на наличие дефекта в изоляции провода [1]. Дефект – это любое отклонение от геометрической формы изделия, наличие включений, пор, занижение диаметра по изоляции и т.д. [2].

На рисунке 1 показаны операции, характерные для этапа наложения изоляции.

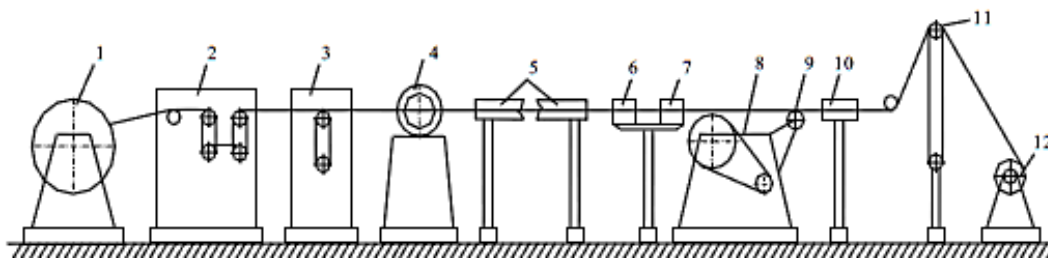


Рисунок 1 – Схема экструзионной линии технологического процесса [2]

1 – отдающий барабан; 2, 11 – компенсаторы; 3 – устройство подогрева токопроводящей жилы; 4 – червячный пресс (экструдер); 5 – охлаждающая ванна с водой; 6 – обдувка воды с поверхности провода; 7 – измеритель диаметра; 8 – тяговое компенсаторное устройство; 9 – измеритель длины; 10 – высоковольтный испытатель; 12 – приемник

С отдающего устройства 1 разматывается токопроводящая жила, которая поступает на компенсатор 2. Компенсатор управляет скоростью вращения барабана, отдающего или

приёмного устройства, и обеспечивает постоянство натяжения жилы. Подогрев токопроводящей жилы до температуры 100-150 °С (устройство 3) необходим для того, чтобы предотвратить отслоение изоляции провода на следующих этапах. Изоляция формируется при прохождении жилы через экструдер 4, где расплавленные гранулы пластмассы равномерно покрывают её. В зависимости от используемого материала изоляции температура плавления массы может достигать 280 °С [2]. И чтобы избежать деформации сформированной изоляции, провод необходимо охладить до комнатной температуры, для этого его помещают охлаждающую ванну 5, заполненную водопроводной водой. Для устранения капель воды с поверхности провода после охлаждающей ванны, провод необходимо обдуть струей воздуха. Эту функцию выполняет устройство 6. Для контроля параметров изготовленного провода используются устройства 7 и 9. Тяговое устройство 8 обеспечивает непрерывное движение провода в экструзионной линии. Отсутствие потенциальных дефектов на изоляции проверяет с помощью высокого испытателя 10. Готовое изделие наматывается на приёмное устройство 12 [2].

На рисунке 2 показана модель одножильного электрического провода, которая представляет собой цилиндрический конденсатор с диаметром жилы  $d$ , диаметром изоляции  $D$  и длиной провода  $l$ . Материал изоляции характеризуется относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ .

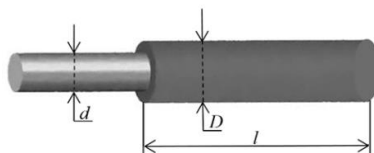


Рисунок 2 – Модель электрического провода в виде цилиндрического конденсатора [1]

Емкость такого образца провода рассчитывается по формуле [2]:

$$C = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot l}{\ln\left(\frac{D}{d}\right)} \quad (1)$$

Из формулы (1) видно, что на значение емкости влияют изменения формы провода и электрических свойств материала. Следовательно, изменение емкости может говорить об отклонении каких-либо геометрических размеров провода или электрических характеристик изоляции [1].

Емкость провода является важным параметром, по его изменению можно судить о наличии дефектов. Емкость следует контролировать на этапе наложения изоляции на жилу [3], так как именно на этом этапе формируется емкость провода.

Для контроля емкости используются приборы, которые погружаются в охлаждающую ванну [4] и используют воду, размещенную в ней, для реализации измерения емкости. Поэтому вода является составляющей частью измерительной схемы и необходимо учитывать ее параметры, которые оказывают влияния на значение емкости. К таким параметрам относят электропроводность воды [4].

Вода представляет собой электропроводящий раствор солей, кислот и оснований. На ее электропроводность могут влиять различные факторы, такие как концентрация примесей и температура воды. Соответственно, они косвенно влияют на значения емкости электрического провода.

По мере увеличения концентрации примесей в растворе, возрастает электропроводность этого раствора. В работе [3] проводились исследования выходного сигнала электроемкостного преобразователя, который используется в приборе для измерения емкости. На рисунке 3 представлены годографы выходного сигнала электроемкостного

преобразователя от изменения погонной емкости электрического провода  $C_n$  и весовой концентрации соли  $\lambda$ . Изменение электропроводности воды производилось за счет растворения поваренной соли NaCl в изначально водопроводной воде, чем обеспечивалось изменение весовой концентрации соли  $\lambda$  в диапазоне (0...4) г/л.

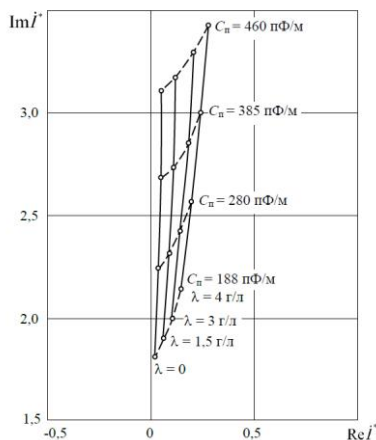


Рисунок 3 – Годографы сигнала электроемкостного преобразователя от изменения погонной емкости электрического провода  $C_n$  и весовой концентрации соли  $\lambda$  [3]

Анализ рисунка 3 показывает, что для образцов провода с разными значениями погонной емкости при увеличении концентрации соли наблюдаются изменения, как амплитуды, так и фазы измеряемого тока  $I_x$  (выходного сигнала электроемкостного преобразователя) [3].

Следует отметить, что скорость движения провода, также косвенным образом может оказывать влияние на значения емкости провода. При различных скоростях провода степень его охлаждения разная, поэтому в точке установки средства измерения емкости температура провода будет неодинаковой.

Как уже ранее отмечалось, электропроводность воды зависит не только от концентрации примесей, но и от температуры воды. Температура оказывает воздействие на электропроводность воды вследствие изменения концентрации ионов и изменения их подвижности.

Зависимость удельной электропроводности воды от температуры описывается формулой [3]:

$$\sigma_t = \sigma_{25} \cdot [1 + \alpha_t \cdot (t - 25)], \quad (2)$$

где  $\sigma_t$  и  $\sigma_{25}$  – электрическая проводимость при температуре  $t$  и  $25$  °С, мкСм/см;

$\alpha_t$  – температурный коэффициент электрической проводимости растворенного вещества.

При температуре  $25$  °С воды удельная электропроводность будет равна  $0,055$  мкСм/см [3], а при температуре  $100$  °С –  $0,7$  мкСм/см. Подобные изменения могут значительно исказить результат измерения емкости провода. В приборах для технологического контроля емкости провода реализована отстройка от влияния электропроводности воды [5, 7], которая позволяет учитывать текущую электропроводность воды.

Для изготовления изоляции провода в кабельной промышленности используются различные термопласты (поливинилхлоридные пластикаты, полистиролы, фторопласты, полиолефины) и термопластичные эластомеры. Процесс наложения изоляции на токопроводящую жилу происходит при достаточно высокой температуре, и в зависимости от

используемого материала изоляции может достигать 280 °С [2]. Также следует подчеркнуть, что каждый провод имеет разную толщину изоляции, что значительно влияет на скорость её охлаждения. Поэтому у каждого конкретного провода температура изоляции будет разная, и её необходимо учитывать.

Диэлектрическая проницаемость материала изоляции провода зависит от температуры [6]. На рисунке 4 показана нелинейная зависимость относительной диэлектрической проницаемости  $\epsilon_r$  ПВХ-пластиката от температуры воды.

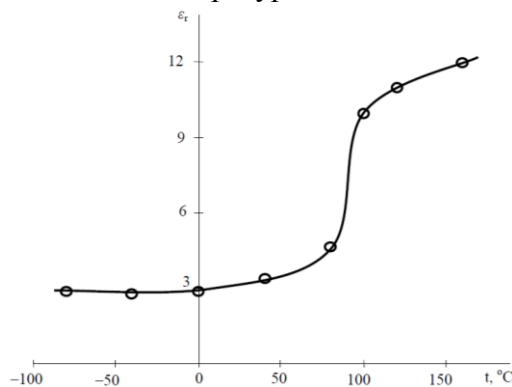


Рисунок 4 – График зависимости относительной диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  ПВХ-пластиката от температуры воды [6]

Следует отметить, что в зоне изменения температуры от 50°С до 100 °С происходит резкое изменение диэлектрической проницаемости примерно в 3 раза, что, естественно, приведет к значительному изменению емкости провода. Более подробная информация по исследованиям влияния температуры на значение диэлектрической проницаемости приведены в работах [3, 5-7].

Выводы: в работе рассмотрен технологический процесс этапа наложения изоляции при изготовлении кабельных изделий. Отмечено, что температура изоляции провода в зоне измерения емкости (в охлаждающей ванне) сильно зависит материала изоляции, толщины изоляции, а также от скорости движения провода, что следует учитывать при проведении контроля емкости, так в отличие от изменения электропроводности воды, от которой средство технологического контроля может отстроиться.

#### Список литературы

1. Чеснокова А. К. Повышение точности измерения емкости в условиях изменения электропроводности воды / А. К. Чеснокова, Г. В. Вавилова, М. Н. Белик // Информационные технологии (ИТ) в контроле, управлении качеством и безопасности сборник научных трудов VIII Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых "Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее", 7 -12 октября 2019 г., г. Томск. – Томск: Изд-во ТПУ, 2019 – С. 334-338.
2. Основы кабельной техники: учебник для студ. высш. учеб. заведения / В.М. Леонов, И.Б. Пешков, И.Б. Рязанов, С.Д. Холодный, под ред. И.Б. Пешкова – М.: Издательский центр «Академия», 2006 – 432 с.
3. Вавилова Г.В. Разработка методов и средств контроля погонной емкости одножильного электрического провода в процессе производства: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – Томск, 2016 – 140 с.
4. Гольдштейн А.Е., Вавилова Г.В. Измеритель погонной емкости одножильного провода для технологического контроля// Ползуновский вестник. – 2015. – № 3. – с. 38-42.
5. Мазиков С.В. Метрологическое обеспечение измерителя емкости САР-10.1 / С.В. Мазиков, Г.В. Вавилова // Ползуновский вестник / Алтайский

- государственный технический университет им. И. И. Ползунова (АлтГТУ). – 2016. – № 2. – С. 65-68.
6. Редько В.В. Разработка методов и средств электроискрового технологического контроля изоляции кабельных изделий: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – Томск, 2013 – 207 с.
  7. Вавилова Г.В., Гольдштейн А.Е. Прибор для технологического контроля погонной ёмкости электрического провода // Измерительная техника. – 2018. – № 3. – С. 46-50.

УДК 620.179.162

## ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В ФАРМАКОЛОГИИ

*Шарычев Иван Павлович, Фех Алина Ильдаровна*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск*

E-mail: ips1@tpu.ru, fehai@tpu.ru

## APPLICATION OF GRAPHIC METHODS OF RESEARCH IN PHARMACOLOGY

*Sharychev Ivan Pavlovich, Feh Alina Ildarovna*

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

**Аннотация:** в статье приведены примеры использования графических методов для изучения и создания новых лекарственных средств. Проведенное исследование позволяет утверждать, что фармакология во многом зависит от инженерной графики, так как большинство биомедицинских процессов не осуществимо без чертежа или модели. В работе рассматриваются ключевые этапы развития фармакологии, однако особое внимание уделено современным графическим методам создания лекарств и изучения их активности. Поднятая в статье проблема имеет большое значение в век развития компьютерных технологий.

**Abstract:** the article provides examples of the use of graphic methods for the study and creation of new drugs. The conducted research suggests that pharmacology largely depends on engineering graphics, since most biomedical processes are not feasible without a drawing or model. The paper discusses the key stages in the development of pharmacology, but special attention is paid to modern graphical methods for creating drugs and studying their activity. The problem raised in the article is of great importance in the age of development of computer technology.

**Ключевые слова:** фармакология; инженерная графика; моделирование; графические методы; лекарственные средства.

**Keywords:** pharmacology; engineering graphics; modeling; graphic methods; medicines.

Значение инженерной графики во многих областях знаний велико. Прав был П.К. Галактионов, некогда сказавший: «Способом начертательной геометрии можно представить весь вещественный мир в одной прекрасной верной картине, понятной для каждого». Действительно, чертёж является основой практически любого проекта в строительстве и машиностроении, в артиллерийском, ткацком и горном деле, в работе плотника, кузнеца и токаря. Кроме того, важную роль в фармакологии играет моделирование, компьютерная и инженерная графика. Эти методы имеют огромное значение в процессе разработки новых лекарственных средств и в дальнейшем их испытании.

Ещё в далёкой древности, когда фармакология только начинала развиваться, люди пытались лечить болезни с помощью лекарственных средств. Свои знания они передавали из поколения в поколения, об этом свидетельствуют древнейшие памятники культуры. В Институте рукописей Национальной Академии Наук Азербайджана хранится труд XIII века, где описаны фармацевтические свойства растений, субстанций животного происхождения, минералов, а также различных лекарств [1-4].