



НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ім. М. Є. ЖУКОВСЬКОГО  
«ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»



# ISM-2021

**IV МІЖНАРОДНА  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
«ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ  
ТА ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ»  
ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ім. М. Є. ЖУКОВСЬКОГО «ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»**

Українська Асоціація «Комп'ютерна Медицина»  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій і систем  
НАН України і МОН України  
ВГО «Асоціація біомедичних інженерів і технологів»  
ДУ «Національний інститут терапії ім. Л. Т. Малої НАМН України»  
Харківський національний медичний університет  
Wyższa Szkoła Humanitas  
School of Economics and Management of Public Administration in Bratislava «VŠEMvs»

**IV МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**  
**«ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ**  
**ТА ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ»**  
**(ISM–2021)**

**25–26 листопада 2021 р.**  
**Харків, Україна**

Збірник наукових праць

**4-th INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE**  
**«INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES IN MEDICINE»**  
**(ISM–2021)**

**November 25–26, 2021**  
**Kharkiv, Ukraine**

Collection of scientific articles

УДК 004.9:61 (063)

Редакційна колегія: О. В. Висоцька, А. П. Порван, Г. М. Страшненко

IV Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи та технології в медицині» (ICM–2021) [Текст] : зб. наук. пр. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 260 с.

ISBN 978-966-662-842-1

До збірника включено матеріали наукових доповідей учасників IV Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні системи та технології в медицині» (ICM–2021).

Наведено основні науково-технічні досягнення, упровадження й досвід використання медичних інформаційних систем і технологій. Розглянуто питання розвитку електронної охорони здоров'я і доказової медицини; упровадження e-Health і m-Health, медичних інформаційних діагностичних технологій та інтелектуальних систем; отримання, оброблення, аналізу, зберігання, передачі й захисту медико-біологічної інформації; розроблення сучасних апаратно-програмних комплексів і телекомунікаційних технологій в медицині, біології, психології, екології. Висвітлено біоетичні аспекти впровадження медичних інформаційних систем і технологій.

Для спеціалістів медичних, науково-дослідних і промислових організацій, викладачів, аспірантів, студентів.

Видання підготовлено кафедрою радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів та технологій Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

61070, Україна, Харків, вул. Чкалова, 17.  
Тел.: +38 (057) 788-45-02

УДК 004.9:61 (063)

ISBN 978-966-662-842-1

© Національний аерокосмічний  
університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», 2021

УДК 519-7:615.841

ПОСТРОЕНИЕ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИО. А. Ерошенко<sup>1</sup>, И. В. Прасол<sup>2</sup><sup>1</sup>Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Науки, 14, кафедра Электронных вычислительных машин,  
E-mail: olha.yeroshenko@nure.ua<sup>2</sup>Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Науки, 14, кафедра Биомедицинской инженерии,  
E-mail: igor.prasol@nure.ua

*Some issues of modeling the electrical stimulation curve are considered, taking into account the presence of three modes: subthreshold, threshold and suprathreshold. An approximation of this curve based on a third degree polynomial is proposed and performed. The results obtained can be used in the selection of individual effects of electrical stimulation during one session, as well as with extrapolation during the entire rehabilitation process.*

Электрический ток, применяемый в электростимуляции для получения вызванных мышечных сокращений, характеризуется большим числом различных параметров. Множество этих параметров дает возможность получить самые разнообразные варианты электростимуляции. Однако далеко не каждый возможный вариант электростимуляции обладает достаточно высокой терапевтической эффективностью.

Электростимуляция, как правило, – это лечебное применение электрического тока с целью усиления двигательной активности скелетных мышц, а также гладких мышц внутренних органов. Для этого используют экспоненциальные или прямоугольные токи в виде одиночных импульсов или серии импульсов с паузами между ними, диадинамические, синусоидальные модулированные токи, ритмический постоянный ток, а также другие токи, приближающиеся к параметрам биопотенциалов стимулируемых мышц или органов. Например, для проведения электростимуляции двигательного аппарата применяются электрические импульсы различной частоты [1-2].

По мере увеличения интенсивности стимула амплитуда сокращения мышцы возрастает, т.к. в процесс возбуждения вовлекается все большее количество менее возбудимых мышечных волокон. При максимальном сокращении в процесс возбуждения и сокращения вовлечены все волокна мышцы. Поэтому дальнейшее повышение интенсивности стимула не сопровождается повышением амплитуды сокращения.

Терапевтическая электростимуляция должна сопровождаться оптимальными параметрами стимулирующих импульсов для каждого конкретного пациента или группы стимулируемых мышц. Это вызывает необходимость моделирования кривой электростимуляции для проведения априорных аналитических расчетов [3-5].

В связи с этим предлагается построения такой модели в виде полинома определенной степени. Модель представлена в форме

$$F_m(x) = q_0 x^m + q_1 x^{m-1} + \dots + q_m,$$

где  $m$  – степень полинома модели;

$x$  – выбранная текущая амплитуда стимулов;

$q$  – вектор параметров модели,  $q = (q_0, q_1, \dots, q_m)$ .

Исследования показывают, что оптимальным является  $m=5$ . На этой основе построена модельная траектория объекта электростимуляции (рис. 1), определены коэффициенты полинома ( $q = -0.8455 \quad 8.5158 \quad -28.5341 \quad 39.403 \quad 0 \quad 181.4599$ ) и оценена точность модели с помощью модуля максимального отклонения  $\varepsilon = \max|y_i - y_{mi}|$ , где  $y_{mi}$  – значения отклика, рассчитанные с помощью модели, а  $y_i$  – экспериментально полученные данные.

Достоинство состоит в возможности использовать данную модель и с экстраполяцией результатов, причем такая экстраполяция происходит в ходе многократных последовательных процедур. Предположим, в течение  $N$  сеансов, которые проводятся каждый день или через день в зависимости от методики. По результатам предыдущей стимуляции прогнозируется дальнейшее поведение так, чтобы оперативно выйти на пороговую стимуляцию.

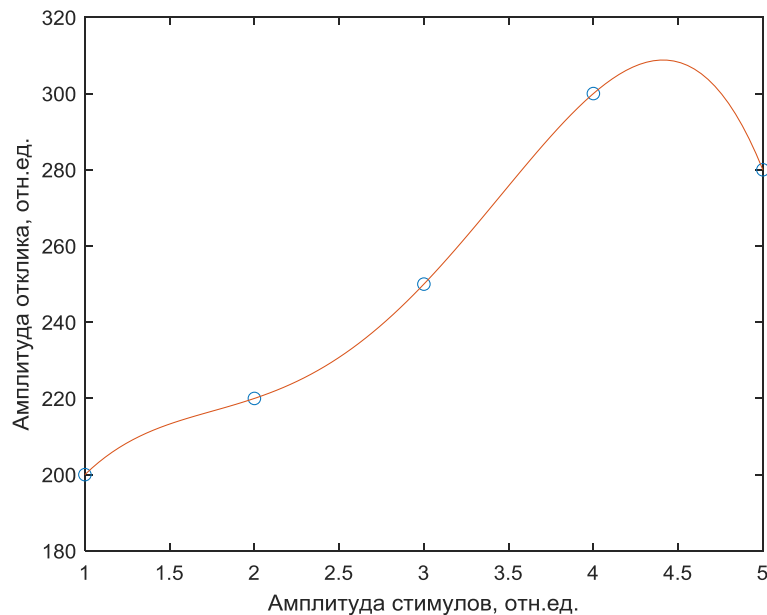


Рис. 1. Модельна траєкторія об'єкта

Предложенная модель электростимуляционной характеристики, основанная на аппроксимации данной зависимости полиномом пятой степени, может быть использована для адаптивных процедур электростимуляции, а также выхода на оптимальный режим в течение ряда сеансов реабилитации. Погрешность находится в допустимых для практики пределах, что позволяет использовать такую модель в ходе инженерной деятельности при построении устройств адаптивной электростимуляции.

#### Перечень ссылок:

1. Yeroshenko O., Prasol I., Datsok O. Simulation of an electromyographic signal converter for adaptive electrical stimulation tasks. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2021. № 1 (15). С. 113-119. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2021.15.113>.
2. Дацок О.М., Прасол І.В., Єрошенко О.А. Побудова біотехнічної системи м'язової електростимуляції. *Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання*. 2019. № 13 (1338). С. 165 – 175. DOI: <https://doi.org/10.20998/2411-0558.2019.13.15>.
3. Himori K., Tatebayashi D., Kanzaki K., Wada M., Westerblad H., Lanner J.T. Neuromuscular electrical stimulation prevents skeletal muscle dysfunction in adjuvant-induced arthritis rat. *PLoS ONE*. 2017. Vol. 12 (6).
4. Yeroshenko O., Prasol I., Trubitsyn O., Rebezyuk L. Organization of a Wireless System for Individual Biomedical Data Collection. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2020. Vol. 9. No. 4. Pp. 2418-2421. DOI: <https://doi.org/10.35940/ijitee.D1870.029420>.
5. Vysotska O.V., Bepalov Y.G., Pecherska A.I., Koval S.M., Lytvynova O.M., Dyvak A.M., Maciejewski M., Kalizhanova A. Mathematical simulation of the structure of pulsed arterial pressure relations with vascular damage factors in patients with arterial hypertension. *Information Technology in Medical Diagnostics II*. 2019. P. 47-53.