

Научная статья
УДК 001(091)
doi: 10.17223/15617793/477/13

Практическое применение струнного гальванометра Эйнтховена в первой четверти XX в.

Анна Николаевна Иванова¹

¹ Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук, Сыктывкар, Россия, anna1486@mail.ru

Аннотация. Рассматривается история струнного гальванометра Виллема Эйнтховена – измерительного прибора, разработанного для научных исследований в области физиологии. Приведены сведения о начале промышленного производства в 1900-е гг. коммерческих моделей прибора. Сделан вывод о том, что промышленное изготовление струнного гальванометра Эйнтховена несколькими производителями, усовершенствование его конструкции способствовали успешному практическому применению прибора в разных областях науки и техники.

Ключевые слова: Виллем Эйнтховен, струнный гальванометр Эйнтховена, коммерческая модель прибора, электрокардиография, телеграфия, звуковая разведка

Для цитирования: Иванова А.Н. Практическое применение струнного гальванометра Эйнтховена в первой четверти XX в. // Вестник Томского государственного университета. 2022. № 477. С. 119–125 doi: 10.17223/15617793/477/13

Original article
doi: 10.17223/15617793/477/13

The practical use of the Einthoven string galvanometer in the first quarter of the 20th century

Anna N. Ivanova¹

¹ Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russian Federation, anna1486@mail.ru

Abstract. The article considers the history of the Einthoven string galvanometer. The instrument was invented by the Dutch physiologist Willem Einthoven for electrophysiological research at the beginning of the 20th century, but later the sphere of its application extended. In particular, the invention of the Einthoven string galvanometer allowed using a method of electrocardiography in clinical medicine. In the article, the introduction of the Einthoven string galvanometer into practice is considered. The chronological scope of the study covers the period from 1901 to 1924. In 1901 Einthoven published his first article on the string galvanometer. In 1924 he was awarded the Nobel Prize for his achievements in electrocardiography. The article is aimed at identifying the factors that contributed, in the given chronological scope, to the practical use of the Einthoven string galvanometer – an instrument originally designed for scientific research. The sources of the study are publications of scientists and physicians who worked with the Einthoven string galvanometer in the 1900s–1910s, materials of the periodical press, textbooks. The article contains a short description of the construction of the Einthoven instrument and the principle of its use. The first commercial models of the instrument appeared in the 1900s as a result of Einthoven's cooperation with instrument makers, improvements in the construction of the instrument and its manufacturing. Consumers were given an opportunity to choose a suitable model of the Einthoven string galvanometer according to its price and characteristics. In the 1910s, the instrument was manufactured in several European countries and in the United States of America. The data on possibilities of the Einthoven string galvanometer as well as the description of research carried out with its help appeared in different scientific publications that contributed to the spread of information about the instrument and attraction of new customers. The purchase of the necessary device for registration of human electrocardiogram by medical institutions led to the development of a new instrumental method of diagnosis of the functional state of the heart. The high sensitivity of the Einthoven string galvanometer made possible to use it in wireless telegraphy for recording messages. A modified model of the Einthoven instrument with six strings was used in sound-ranging during World War I. The author comes to the conclusion that the manufacturing of the Einthoven string galvanometer by several instrument makers and the improvement of its construction facilitated successive practical applications of the instrument in different spheres of science (physiology, medicine) and technology (telegraphy, **military technology**).

Keywords: Willem Einthoven, Einthoven string galvanometer, commercial model of the instrument, electrocardiography, telegraphy, sound-ranging

For citation: Ivanova, A.N. (2022) The practical use of the Einthoven string galvanometer in the first quarter of the 20th century. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal*. 477. pp. 119–125. (In Russian). doi: 10.17223/15617793/477/13

В 1924 г. за «открытие механизма электрокардиограммы» лауреатом Нобелевской премии по физиологии или медицине стал голландский физиолог Виллем Эйнтховен [1]. Именно разработанный Эйнтховеном струнный гальванометр сделал возможным применение электрокардиографии в медицинской практике. Прибор Эйнтховена появился в начале XX в., когда четко прослеживалась «тенденция возрастания роли науки в техническом прогрессе» [2. С. 358]. Научные приборы находили применение в области техники и промышленности, сфера их применения постоянно расширялась [3. Р. 65].

Цель данной статьи заключается в том, чтобы определить факторы, способствовавшие внедрению в практику в первой четверти XX в. струнного гальванометра Эйнтховена – прибора, первоначально разработанного для научных исследований в сфере физиологии. Источниковой базой для статьи стали научные труды ученых, работавших с прибором Эйнтховена в 1900–1910-е гг., материалы периодической печати, учебная литература. Хронологические рамки исследования охватывают период с 1901 по 1924 г. – с появления первой публикации Эйнтховена о струнном гальванометре до получения Эйнтховеном Нобелевской премии за достижения в области электрокардиографии.

Первоначально разработанный Эйнтховеном струнный гальванометр предназначался для проведения электрофизиологических экспериментов. Прибор состоял из электромагнита, между полюсами которого была натянута как струна очень тонкая посеребренная кварцевая нить. Когда через нить, расположенную в магнитном поле, проходил электрический ток, она отклонялась к одному из полюсов электромагнита. Отклонения нити можно было наблюдать в микроскоп либо фиксировать их на фотопластинке [4. Р. 625, 627, 629; 5. Р. 53–54]. Прибор Эйнтховена обладал необходимыми характеристиками для того, чтобы улавливать, а в сочетании с фоторегистрирующим устройством и записывать биоэлектрические потенциалы. В своей Нобелевской лекции Эйнтховен отмечал, что «в физиологии струнный гальванометр успешно использовали для записи электрических токов мышц, нервов, кожи, а также электрических токов органов чувств» [6. Р. 99].

Промышленное производство струнного гальванометра Эйнтховена началось в 1900-е гг. По вопросу изготовления коммерческих моделей прибора Эйнтховен обращался к нескольким голландским и иностранным производителям инструментов. Ученый не был против производства копий разработанного им струнного гальванометра [7; 8. Р. 114]. Первой компанией, куда в 1902 г. обратился Эйнтховен, стала немецкая компания «Сименс и Гальске». И хотя компания занималась выпуском разного оборудования, в том числе телеграфного и электротехнического, на тот момент она не проявила интерес к прибору. В 1907 г. компания возобновила общение с Эйнтховеном относительно производства его прибора. К тому времени уже появились публикации в научных изданиях, которые раскрыли перед производителем пер-

спективы применения прибора в разных сферах. Так, сам Эйнтховен показал возможность использования своего прибора в медицинской практике в опубликованной в 1906 г. статье «Le télécardiogramme». Ученый и его коллеги осуществили регистрацию электрокардиограмм пациентов клиники Лейденского университета, используя для этого телефонный кабель. Электрокардиограммы (в статье Эйнтховен обозначил их как «телекардиограммы») были записаны при помощи струнного гальванометра Эйнтховена в лаборатории ученого, расположенной на расстоянии приблизительно 1,5 км от клиники. Заинтересовавшись производством струнного гальванометра, компания «Сименс и Гальске» хотела получить патент на прибор Эйнтховена. Но в итоге в 1913 г. компания была вынуждена отказаться от идеи выпуска прибора из-за возникших трудностей с получением патента [7. Р. 374–375, 383–385; 9. Р. 246–247, 251].

Некоторые производители не были готовы взять на себя финансовые риски, связанные с изготовлением коммерческих моделей прибора. Они опасались, что струнный гальванометр Эйнтховена, дорогой прибор, не будет пользоваться спросом. Кроме того, производителям предстояло найти покупателей для научного прибора, а для этого требовались связи в научной среде [7. Р. 374–377]. Изготовление струнного гальванометра Эйнтховена было также связано с определенными техническими трудностями. Так, оригинальный прибор Эйнтховена был очень громоздким (одной из его частей являлся большой электромагнит, который охлаждали водой), для его размещения было необходимо просторное помещение. Поэтому изготовление струнного гальванометра Эйнтховена в коммерческих целях требовало от производителей инструментов модификации конструкции самого прибора (в первую очередь, уменьшение его веса, размера) и совершенствования технологии производства его составных частей (к примеру, совершенствование процесса серебрения нитей – струн для гальванометра) [5. Р. 62–63; 10. Р. 329; 11. Р. 8–9].

Прибор Эйнтховена заинтересовал двух производителей – компанию М. Эдельмана (Германия) и Кембриджскую инструментальную компанию (Англия) [7. Р. 378–379]. Эдельман был, вероятно, первым производителем инструментов, кто изготовил струнные гальванометры для продажи [10. Р. 339]. Первые модели прибора, выпущенные компанией, были очень похожи на оригинальный прибор Эйнтховена, затем в конструкцию прибора внесли изменения. Компания Эдельмана стала производить большие и малые модели струнного гальванометра с электромагнитом и постоянным магнитом. Малые модели прибора уступали в чувствительности большим моделям [10. Р. 339; 11. Р. 4]. Компания Эдельмана выпускала коммерческие модели прибора без взаимодействия с Эйнтховеном. По имеющимся сведениям, в начале сотрудничества Эйнтховен отправил Эдельману отпечаток своей статьи 1903 г. о струнном гальванометре и письмо, которое содержало дополнительную информацию. В письме к Эйнтховену производитель выразил свое сожаление о невозможности получить

патент на прибор, поскольку сведения об изобретении Эйнтховена были опубликованы. Компания попросила ученого высказать условия и предложения по возможному улучшению струнного гальванометра. Эйнтховен предоставил запрашиваемые данные, а также предложил производить прибор меньшего размера с постоянным магнитом. Производитель же сообщил ученому о том, что конструирование более простого прибора уже велось. В 1905 г. Эдельман получил в Германии правовую защиту в виде охраны модели малого струнного гальванометра собственной конструкции [8. Р. 115–116]. В дальнейшем Эдельман решил прервать соглашение с Эйнтховеном. По мнению производителя инструментов, устройство струнного гальванометра Эйнтховена было похоже на устройство другого прибора – струнного гальванометра Адера, публикация о котором вышла в 1897 г. В связи с этим компания Эдельмана считала возможным прекратить сотрудничество с ученым и не платить ему авторские отчисления (англ. royalties) от продажи приборов. Следует отметить, что хотя принцип работы струнного гальванометра Эйнтховена был похож на принцип работы струнного гальванометра Адера, приборы отличались друг от друга. Струнный гальванометр Адера, который был разработан как средство для приема телеграфных сообщений, обладал меньшей чувствительностью по сравнению с прибором Эйнтховена – измерительным прибором, чья сфера применения не ограничилась только экспериментальными исследованиями в области физиологии. После 1907 г. общение компании Эдельмана с Эйнтховеном прекратилось [5. Р. 58; 7. Р. 379–380].

Сотрудничество Эйнтховена с другим производителем инструментов – Кембриджской инструментальной компанией, одним из основателей которой являлся Гораций Дарвин – сын Чарльза Дарвина [5. Р. 67], оказалось для ученого более продолжительным и успешным. Эйнтховен первым начал переписку с производителем в 1903 г. Прибор Эйнтховена заинтересовал компанию, которая специализировалась на производстве научного оборудования и могла за счет имевшихся в научном сообществе связей найти покупателей для струнного гальванометра. Кембриджская инструментальная компания была готова произвести необходимые модификации для создания подходящей для продажи модели прибора. Однако Эйнтховен не сразу заключил соглашение с компанией, так как считал себя связанным обязательствами с компанией Эдельмана. Гораций Дарвин убедил ученого начать сотрудничество [5. Р. 63; 7. Р. 378–379, 381]. Так, в буклете Кембриджской инструментальной компании 1912 г. значилось, что профессор Эйнтховен оказал компании «значительное содействие» в производстве прибора [12. Р. 26]. По заключенному соглашению Эйнтховен получал от Кембриджской инструментальной компании денежные отчисления от продажи моделей прибора. Производитель внес свои изменения в конструкцию прибора Эйнтховена. Конструирование прибора было выполнено Уильямом Дадделлом, которому удалось уменьшить размер электромагнита. Модифицированный прибор стал легче и

меньше по размеру в отличие от оригинального прибора Эйнтховена, при этом характеристики прибора остались прежними. Для предотвращения дополнительных воздействий струну в разработанной Дадделлом модели прибора заключили в контейнер – воздухонепроницаемую коробочку со слюдяными окошками по центру. Первая модель струнного гальванометра, произведенная Кембриджской инструментальной компанией, была продана в 1905 г. в физиологическую лабораторию в Шеффилде [5. Р. 63, 75; 10. Р. 338; 11. Р. 4].

Уже в 1900-е гг. покупатели могли выбрать подходящую для них по характеристикам и стоимости модель прибора, которые выпускали несколько производителей. В 1909 г. в своей статье, посвященной струнному гальванометру, Эйнтховен сообщал, что в продаже имелись разные модели прибора. Они отличались от оригинального прибора менее сложным устройством, что уменьшало их стоимость [13. С. 318]. Производители инструментов старались сделать конструкцию коммерческих копий гальванометра Эйнтховена удобной для потребителей. К примеру, они предлагали модели, в которых был предусмотрен футляр для струны – специальный контейнер, что делало процесс смены струны менее затратным по времени [13. С. 318; 14. С. 59]. Помимо фирм – производителей инструментов, конструированием моделей струнного гальванометра Эйнтховена занимались сами исследователи. Например, Й.К.А. Вертгейм-Саломонсон, профессор Амстердамского университета, разработал и сконструировал в частном порядке несколько струнных гальванометров [10. Р. 337]. Постепенно количество стран, где изготавливали модели струнного гальванометра Эйнтховена, увеличивалось. Первый струнный гальванометр, выпущенный в Соединенных Штатах Америки, был спроектирован Горацио Уильямсом, профессором Колумбийского университета, после посещения лаборатории Эйнтховена в Лейдене. Модель по проекту Уильямса была сконструирована в 1910-е гг. механиком Чарльзом Хиндлом [10. Р. 329; 11. Р. 14]. В 1914 г. фирма «Булитт-Верден» выпускала модели струнного гальванометра Эйнтховена в Париже [15. Р. 299].

Струнный гальванометр Эйнтховена постепенно становился частью оборудования физиологических лабораторий различных учреждений. К примеру, по опубликованному в 1910 г. данным, большой и малый струнный гальванометры Эйнтховена производства компании Эдельмана вместе с оборудованием для фотографической регистрации были в числе приборов физиологического отдела биологической станции Неаполя [16. Р. 30]. В России первый струнный гальванометр Эйнтховена появился в Казанском университете, в лаборатории основоположника отечественной электрокардиографии Александра Филипповича Самойлова. В 1906 г. профессор Самойлов ходатайствовал о приобретении прибора Эйнтховена для физиологической лаборатории физико-математического факультета университета [17. С. 32].

Появление струнного гальванометра Эйнтховена открыло возможность применения метода электро-

кардиографии в исследованиях электрических процессов в сердце. В 1910 г. В.Ф. Зеленин, врач, в статье «Электрокардиограмма, ее значение для физиологии, общей патологии, фармакологии и клиники» писал: «...что касается значения гальванометрического исследования для физиологии, то сама электрокардиограмма есть безраздельное ее достояние, как новый метод изучения работы сердца, при этом метод, имеющий большое преимущество перед практиковавшимися до сих пор (сфигмография, кардиография, наблюдение за работой обнаженного сердца и т.д.). На самом деле трудно оценить достаточно значение полного отсутствия всякого травматизма для такого нежного органа, к тому же связанного широкой сетью взаимоотношений со всеми частями тела. Немаловажно и то обстоятельство, что суждение составляется здесь не на основании промежуточных звеньев (пульс, сердечный толчок), а из непосредственного наблюдения над явлениями известной категории» [18. С. 682–683].

Научные исследования, проведенные с помощью струнного гальванометра как самим Эйнтховеном, так и другими учеными, врачами показали возможности применения метода электрокардиографии в экспериментальной работе и в клинической медицине. Вышедшие же научные издания, содержавшие сведения о новом методе исследования и новом научном приборе, служили для потенциальных покупателей источником информации о возможностях прибора. К примеру, в 1909 г. была впервые опубликована монография по электрокардиографии, написанная А.Ф. Самойловым на немецком языке [19. Р. 1624]. В период с 1910 по 1914 г. были изданы еще несколько монографий (среди авторов – исследователи, врачи Фридрих Краус и Георг Николаи [14], Томас Льюис), в которых было показано значение метода электрокардиографии для клинической медицины [7. Р. 381; 20. Р. 940–941]. Издания могли содержать не только описание конструкции струнного гальванометра Эйнтховена и методики работы с ним, но и критические отзывы о работе с прибором, как, например, в монографии Карла Виггера, посвященной системе кровообращения [21. Р. 157–159]. Сведения о струнном гальванометре Эйнтховена стали публиковать в учебных изданиях, предназначенных для студентов и преподавателей медицинских учебных заведений. К примеру, описание прибора можно найти в вышедшем в 1909 г. «Учебнике по экспериментальной физиологии», предназначенном для студентов, изучавших медицину [22. Р. 26].

С приобретением коммерческих моделей прибора в больницы, госпитали, университетские клиники у врачей появилась возможность применять наряду с уже известными инструментальными и клиническими методами исследования сердечно-сосудистой системы метод электрокардиографии. Так, медицинские учреждения для обследования пациентов могли купить у компании Эдельмана «электрокардиографическую станцию» – комплекс необходимых приборов, аппаратов для регистрации электрической активности сердца человека, о чем в своей статье в 1910 г. сооб-

щал Л.Ф. Баркер, профессор медицины Университета Джонса Хопкинса и главный врач больницы Джонса Хопкинса в Балтиморе. В состав станции Эдельмана кроме струнного гальванометра (компания Эдельмана выпускала большие и малые модели прибора) входили еще шесть составляющих компонентов, в том числе электроды, фотографический регистрирующий прибор, аппарат для определения чувствительности гальванометра. Малые модели струнного гальванометра компании Эдельмана стоили дешевле, тем не менее, для применения в больницах был желателен более дорогой комплект оборудования, снабженный большой моделью струнного гальванометра [23. Р. 363, 366]. Разработанный Эйнтховеном прибор стал основой для электрокардиографа, первая коммерческая модель которого была продана в 1908 г. [5. Р. 53].

Струнный гальванометр Эйнтховена использовали и в других сферах. В начале XX в. быстро развивалась беспроводная связь, происходило усовершенствование аппаратов и устройств для передачи и приема сообщений на расстоянии [2. С. 314]. Высокая чувствительность струнного гальванометра Эйнтховена позволяла использовать его в беспроводной телеграфии для приема сообщений. Отклонения струны гальванометра могли быть зафиксированы с помощью фотографий. На негативе пленки фотографическое изображение выглядело как широкая темная полоса с тонкой светлой линией (изображение струны) по центру. Когда при приеме сигнала струна смещалась со своей обычной позиции на короткий промежуток времени или на несколько более длительный срок, изображение линии менялось. На линии появлялись короткие и длинные выемки, соответствующие точкам и тире, сигналам малой и большой продолжительности. Подобный способ фиксации сообщений в некоторых случаях имел преимущество перед восприятием сообщений оператором на слух. Прибор Эйнтховена использовали в работе трансатлантических станций компании Маркони [24. Р. 263–264; 25. Р. 294–296; 26. Р. 549, 582]. Так, по имеющимся сведениям, струнные гальванометры Эйнтховена были приобретены компанией беспроводного телеграфа Маркони у Кембриджской инструментальной компании в 1909 и 1912 гг. [5. Р. 75–76].

В своей Нобелевской лекции Эйнтховен отметил модель струнного гальванометра, сконструированную инженером В. Эйнтховеном, подходившую для использования очень тонких струн [6. Р. 96]. Виллем Эйнтховен вместе с сыном Виллемом Фредериком Эйнтховеном, который изучал электрическую инженерию, во время Первой мировой войны работали над тем, чтобы использовать прибор как приемник для радиотелеграмм для прямой передачи сообщений с острова Ява в его страну-метрополию Нидерланды. В военное время передача сообщений на дальние расстояния посредством радиотелеграфии, в частности из Нидерландов на станцию острова Ява, без использования наземных станций, расположенных на территории других стран, была актуальной проблемой. Эйнтховен-младший предложил увеличить чувствительность струнного гальванометра и для этого умень-

шить длину и диаметр струны и поместить струну в вакуум [8. Р. 49–50]. Результаты проведенной работы были опубликованы в 1923 г. в трудах Королевской академии наук и искусств Нидерландов [27].

С началом Первой мировой войны сфера применения струнного гальванометра Эйнтховена расширилась. Прибор Эйнтховена стали использовать в звуковой разведке, проведение которой было необходимым для определения местоположения батарей противника в условиях повышавшейся маневренности артиллерии и ведения огня с закрытых огневых позиций [2. С. 418–419]. Звуковую разведку производили при помощи звукометрических станций – системы различных приборов. Модифицированный для применения в военном деле струнный гальванометр Эйнтховена был задействован в качестве регистрирующего устройства. Прибор содержал шесть струн. Каждая струна присоединялась к отдельному микрофону, который должен был улавливать звуковые волны, шедшие от орудий противника. От каждого из шести звукоприемников преобразованный в колебания электрического тока сигнал переходил к регистрирующему устройству, в частности вызывал колебания соответствующей струны, ее движения записывались на фотографической пленке. Наличие нескольких звукоприемников позволяло по разности времен начала записей сигналов, поступивших от звукоприемников, определить направление на источник звукового сигнала и расстояние до него. Разработчиком прибора для звуковой разведки на основе струнного гальванометра Эйнтховена был Люсьен Булл, исследователь, работавший в Париже в Институте Марей (известно, что прибор Эйнтховена производства Кембриджской инструментальной компании был куплен Институтом

в 1909 г.). Струнный гальванометр Эйнтховена, модифицированный Люсьеном Буллом, был на вооружении в английской, французской и американской армиях [5. Р. 75; 10. Р. 340; 28. Р. 248].

Таким образом, взаимодействие Виллема Эйнтховена, разработавшего в начале XX в. новый прибор для электрофизиологических исследований, с производителями инструментов, а также усовершенствование фирмами-изготовителями конструкции прибора и технологии его производства способствовали появлению в 1900-е гг. первых предназначенных для продажи промышленных копий струнного гальванометра. Выпуском коммерческих моделей прибора занимались несколько производителей инструментов из разных стран, что давало возможность потребителям выбрать подходящую по стоимости и характеристикам модель. Выходившие научные публикации о проведенных с помощью прибора исследованиях раскрывали для покупателей сведения о конструкции, характеристиках и возможностях струнного гальванометра Эйнтховена.

Измерительный прибор, обладавший высокой чувствительностью, конструкция которого позволяла производить регистрацию электрических потенциалов, стал востребованным в разных сферах деятельности. В первой четверти XX в. струнный гальванометр Эйнтховена получил применение как в области науки (физиология, медицина), так и в области техники (телеграфия, военная техника). Техническое совершенствование прибора Эйнтховена вело к появлению более удобных для потребителей моделей прибора, что способствовало успешному практическому применению струнного гальванометра Эйнтховена в разных областях науки и техники.

Список источников

1. The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1924. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2021. URL: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1924/summary/> (дата обращения: 28.07.2021).
2. Техника в ее историческом развитии (70-е гг. XIX – нач. XX в.). / отв. ред. С.В. Шухардин, Н.К. Ламан, А.С. Федоров. М.: Наука, 1982. 510 с.
3. British scientific instruments // Nature. 1922. Vol. 109, № 2725. P. 65–66.
4. Einthoven W. Un nouveau galvanomètre // Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles. 1901. T. VI. P. 625–633.
5. Burnett J. The origins of the electrocardiograph as a clinical instrument // Medical History, Supplement. 1985. № 5. P. 53–76.
6. Einthoven W. Nobel Lecture: The string galvanometer and the measurement of the action currents of the heart. P. 94–111. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2021. URL: <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/einthoven-lecture.pdf> (дата обращения: 28.07.2021).
7. Grob B. Willem Einthoven and the development of the string galvanometer. How an instrument escaped the laboratory // History and Technology. 2006. Vol. 22, № 4. P. 369–390. doi: 10.1080/07341510601003081. URL: <http://ieeemilestones.ethw.org/images/3/3a/Einthoven.pdf> (дата обращения: 31.07.2021).
8. Snellen H.A. Willem Einthoven (1860–1927). Father of electrocardiography. Life and work, ancestors and contemporaries. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 1995. 140 p.
9. Einthoven W. Le télécardiogramme // Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles. 1906. Vol. XI. P. 239–272.
10. Williams H.B. The Einthoven string galvanometer, a theoretical and experimental study. Part 2. Reprinted from The Journal of the Optical Society of America and Review of Scientific Instruments. 1926. Vol. XIII // Studies from the Department of Physiology. Columbia University. Reprints 1922–1926. 1928. Vol. X. P. 313–382. URL: <https://archive.org/details/studiesreprints10coluuoft/page/4/mode/2up?q=Studies+from+the+Department+of+Physiology.+Columbia+University.+Reprints+1922%E2%80%921926> (дата обращения: 24.07.2021).
11. Barron S.L. The development of the electrocardiograph. With some biographical notes on Prof. W. Einthoven. Cambridge monograph no. 5. London: Cambridge Instrument Company Ltd., 1952. 26 p.
12. Some electrical instruments. Manufactured and supplied by the Cambridge scientific instrument company, LTD., Cambridge, England. Cambridge, 1912. 107 p. URL: <https://www.sil.si.edu/DigitalCollections/trade-literature/scientific-instruments/files/51687/> (дата обращения: 24.07.2021).
13. Einthoven W. Die Konstruktion des Saitengalvanometers // Archiv für die gesammte Physiologie des Menschen und der Thiere. 1909. Bd. 130. S. 287–321.
14. Kraus F., Nicolai G. Das Elektrokardiogramm des gesunden und kranken Menschen. Leipzig: Verlag von Veit & Comp., 1910. 322 S. URL: <https://wellcomecollection.org/works/ywpuub9e/items?canvas=5> (дата обращения: 23.07.2021).
15. Meyer J.De. Les méthodes modernes d'examen du coeur et des vaisseaux. Paris: Librairie J.-B. Baillière et Fils, 1914. 537 p. URL: <https://archive.org/details/b28035914> (дата обращения: 23.07.2021).

16. Kofoid Ch.A. The biological stations of Europe. United States Bureau of Education Bulletin. No. 4. Washington : Government Printing Office, 1910. 360 p. URL: <https://archive.org/details/b24875995/page/360/mode/2up?q=The+biological+stations+of+Europe> (дата обращения: 20.07.2021).
17. Григорян Н.А. Александр Филиппович Самойлов. М. : Изд-во Академии наук СССР, 1963. 203 с.
18. Зеленин В.Ф. Электрокардиограмма, ее значение для физиологии, общей патологии, фармакологии и клиники // Военно-медицинский журнал. 1910. Т. CCXXVIII. С. 677–688.
19. Krikler D.M. The search of Samojloff: a Russian physiologist in times of change // British Medical Journal. 1987. Vol. 295 (6613). P. 1624–1627.
20. Fye W.B. A history of the origin, evolution, and impact of electrocardiography // The American Journal of Cardiology. 1994. Vol. 73, № 13. P. 937–949.
21. Wiggers C. Modern aspects of the circulation in health and disease. Philadelphia ; New York : Lea & Freiberg, [1915]. 376 p. URL: <https://archive.org/details/modernaspectsofc00wigg/page/376/mode/2up> (дата обращения: 24.07.2021).
22. Alcock N.H., Ellison F.O'B. A textbook on experimental physiology for students of medicine. London : J. & A. Churchill, 1909. 139 p. URL: <https://archive.org/details/b24755965> (дата обращения: 20.07.2021).
23. Barker L.F. Electrocardiography and phonocardiography. A collective review // The Johns Hopkins Hospital Bulletin. 1910. Vol. XXI, № 237. P. 358–389. URL: <https://archive.org/details/johnshopkinsmedi21john/page/8/mode/2up?q=The+Johns+Hopkins+Hospital+Bulletin+1910> (дата обращения: 24.07.2021).
24. Pierce G.W. Principles of wireless telegraphy. New York ; London : McGraw-Hill Book Company, 1910. 350 p. URL: <https://archive.org/details/principlesofwire00pierrich/page/342/mode/2up> (дата обращения: 24.07.2021).
25. Zenneck J. Wireless telegraphy. New York : McGraw-Hill Book Company, Inc ; London : Hill Publishing CO., Ltd, 1915. 443 p. URL: <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.212404/page/n3/mode/2up?q=Wireless+telegraphy> (дата обращения: 24.07.2021).
26. Fleming J.A. The principles of electric wave telegraphy and telephony. 4th ed. London ; New York ; Bombay ; Calcutta ; Madras : Longmans, Green and Co., 1919. 707 p. URL: <https://archive.org/details/principlesselect01flemgoog/page/n8/mode/2up> (дата обращения: 24.07.2021).
27. Einthoven W.F. The string galvanometer in wireless telegraphy // Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the section of sciences. 1923. Vol. XXVI, № 7–8. P. 635–649. URL: <https://www.dwc.knaw.nl/toegangen/digital-library-knaw/?pagetype=publDetail&pId=PU00014598> (дата обращения: 24.07.2021).
28. E.N. da C.A. Range-finders and position-finders // Encyclopaedia Britannica. The new volumes. 12th ed. London: The Encyclopaedia Britannica Company, LTD; New York: The Encyclopaedia Britannica, INC, 1922. Vol. XXXII. P. 242–249. URL: <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.83474/page/n13/mode/2up> (дата обращения: 22.07.2021).

References

1. NobelPrize.org. (2021) The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1924. *Nobel Prize Outreach AB 2021*. [Online] Available from: <https://www.nobelprize.org/pri-zes/medicine/1924/summary/> (Accessed: 28.07.2021).
2. Shukhardin, S.V., Laman, N.K. & Fedorov, A.S. (eds) (1982) *Tekhnika v ee istoricheskoy razvitiy (70-e gg. XIX – nach. XX v.)* [Technology in Its Historical Development (1870s – beginning of the 20th century)]. Moscow: Nauka.
3. Nature. (1922) British scientific instruments. *Nature*. 2725 (109). pp. 65–66.
4. Einthoven, W. (1901) Un nouveau galvanomètre. *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles*. VI. pp. 625–633.
5. Burnett, J. (1985) The origins of the electrocardiograph as a clinical instrument. *Medical History, Supplement*. 5. pp. 53–76.
6. Einthoven, W. (2021) Nobel Lecture: The string galvanometer and the measurement of the action currents of the heart. *Nobel Prize Outreach AB 2021*. pp. 94–111. [Online] Available from: <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/einthoven-lecture.pdf> (Accessed: 28.07.2021).
7. Grob, B. (2006) Willem Einthoven and the development of the string galvanometer. How an instrument escaped the laboratory. *History and Technology*. 4 (22). pp. 369–390. DOI: 10.1080/07341510601003081 [Online] Available from: <http://ieeemilestones.ethw.org/images/3/3a/Einthoven.pdf> (Accessed: 31.07.2021).
8. Snellen, H.A. (1995) *Willem Einthoven (1860–1927). Father of electrocardiography. Life and work, ancestors and contemporaries*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
9. Einthoven, W. (1906) Le télécardiogramme. *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles*. 11. pp. 239–272.
10. Williams, H.B. (1928) The Einthoven string galvanometer, a theoretical and experimental study. Part 2. Reprinted from The Journal of the Optical Society of America and Review of Scientific Instruments. 1926. Vol. XIII. *Studies from the Department of Physiology. Columbia University*. Reprints 1922–1926. Vol. 10. pp. 313–382. [Online] Available from: <https://archive.org/details/studiesreprints10coluuoft/page/4/mode/2up?q=Stu-dies+from+the+Department+of+Physiology.+Columbia+University.+Reprints+1922%E2%80%921926> (Accessed: 24.07.2021).
11. Barron, S.L. (1952) *The development of the electrocardiograph. With some biographical notes on Prof. W. Einthoven. Cambridge monograph no. 5*. London: Cambridge Instrument Company Ltd.
12. Anon. (1912) *Some electrical instruments. Manufactured and supplied by the Cambridge scientific instrument company, LTD., Cambridge, England*. Cambridge: [s.n.]. [Online] Available from: <https://www.sil.si.edu/DigitalCollections/trade-literature/scientific-instruments/files/51687/> (Accessed: 24.07.2021).
13. Einthoven, W. (1909) Die Konstruktion des Saitengalvanometers. *Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Thiere*. Vol. 130. pp. 287–321.
14. Kraus, F. & Nicolai, G. (1910) *Das Elektrokardiogramm des gesunden und kranken Menschen*. Leipzig: Verlag von Veit & Comp. [Online] Available from: <https://wellcomecollection.org/works/ywpuub9e/items?canvas=5> (Accessed: 23.07.2021).
15. Meyer, J.De. (1914) *Les méthodes modernes d'examen du coeur et des vaisseaux*. Paris: Librairie J.-B. Baillière et Fils. [Online] Available from: <https://archive.org/details/b28035914> (Accessed: 23.07.2021).
16. Kofoid, Ch.A. (1910) *The biological stations of Europe. United States Bureau of Education Bulletin. No. 4*. Washington: Government Printing Office. [Online] Available from: <https://archive.org/details/b24875995/page/360/mode/2up?q=The+biological+stations+of+Europe> (Accessed: 20.07.2021).
17. Grigoryan, N.A. (1963) *Aleksandr Filippovich Samoylov*. Moscow: USSR AS.
18. Zelenin, V.F. (1910) Электрокардиограмма, ее значение для физиологии, обшей патологии, фармакологии и клиники [Electrocardiogram, its significance for physiology, general pathology, pharmacology and clinic]. *Voenno-meditsinskiy zhurnal*. 228. pp. 677–688.
19. Krikler, D.M. (1987) The search of Samojloff: a Russian physiologist in times of change. *British Medical Journal*. 295 (6613). pp. 1624–1627.
20. Fye, W.B. (1994) A history of the origin, evolution, and impact of electrocardiography. *The American Journal of Cardiology*. 13 (73). pp. 937–949.
21. Wiggers, C. (1915) *Modern aspects of the circulation in health and disease*. Philadelphia; New York: Lea & Freiberg. [Online] Available from: <https://archive.org/details/modernaspectsofc00wigg/page/376/mode/2up> (Accessed: 24.07.2021).
22. Alcock, N.H. & Ellison, F.O'B. (1909) *A Textbook on Experimental Physiology for Students of Medicine*. London: J. & A. Churchill. [Online] Available from: <https://archive.org/details/b24755965> (Accessed: 20.07.2021).
23. Barker, L.F. (1910) Electrocardiography and phonocardiography. A collective review. *The Johns Hopkins Hospital Bulletin*. 237 (21). pp. 358–

389. [Online] Available from: <https://archive.org/details/johnshopkinsmedi21john/page/8/mode/2up?q=The+Johns+Hopkins+Hospital+Bulletin+1910> (Accessed: 24.07.2021).
24. Pierce, G.W. (1910) *Principles of Wireless Telegraphy*. New York; London: McGraw-Hill Book Company. [Online] Available from: <https://archive.org/details/principlesofwire00pierrich/page/342/mode/2up> (Accessed: 24.07.2021).
25. Zenneck, J. (1915) *Wireless Telegraphy*. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc; London: Hill Publishing CO., Ltd. [Online] Available from: <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.212404/page/n3/mode/2up?q=Wireless+telegraphy> (Accessed: 24.07.2021).
26. Fleming, J.A. (1919) *The Principles of Electric Wave Telegraphy and Telephony*. 4th ed. London; New York; Bombay; Calcutta; Madras: Longmans, Green and Co. [Online] Available from: <https://archive.org/details/principleselect01flemgoog/page/n8/mode/2up> (Accessed: 24.07.2021).
27. Einthoven, W.F. (1923) The string galvanometer in wireless telegraphy. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the section of sciences*. 7–8 (26). pp. 635–649. [Online] Available from: <https://www.dwc.knaw.nl/toegangen/digital-library-knaw/?pagetype=publDe-tail&pId=PU00014598> (Accessed: 24.07.2021).
28. E.N. & C.A. (1922) Range-finders and position-finders. In: *Encyclopaedia Britannica. The new volumes*. 12th ed. Vol. 32. London: The Encyclopaedia Britannica Company, LTD; New York: The Encyclopaedia Britannica, INC. pp. 242–249. [Online] Available from: <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.83474/page/n13/mode/2up> (Accessed: 22.07.2021).

Информация об авторе:

Иванова А.Н. – научный сотрудник отдела сравнительной кардиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (Сыктывкар, Россия). E-mail: anna1486@mail.ru

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Information about the author:

A.N. Ivanova, researcher, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Syktyvkar, Russian Federation). E-mail: anna1486@mail.ru

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 15.08.2021;
одобрена после рецензирования 20.10.2021; принята к публикации 29.04.2022.

The article was submitted 15.08.2021;
approved after reviewing 20.10.2021; accepted for publication 29.04.2022.