

УДК 621.37-621.39(091)

Научные открытия и изобретения Ли де Фореста, способствовавшие прогрессу в радиоламповых технологиях и развитии социума

Пестриков В. М.

*Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения
ул. Правды, 13, Санкт-Петербург, 191119, Российская Федерация
pvm205@yandex.ru*

Получено: 2 июля 2023 г.

Отрецензировано: 5 июля 2023 г.

Принято к публикации: 10 июля 2023 г.

Аннотация: *Рассмотрен и сделан анализ научных открытий и изобретений Ли де Фореста, которые оставили заметный след в радиоламповых технологиях и социуме. Описана борьба де Фореста за приоритет в открытии обратной связи в усилителе звуковой частоты. Отмечено первенство де Фореста в записи звука на киноленту на основе изобретенной им технологии Phonofilm. Показано, как в драматической жизни де Фореста нашлось место не только занятиям научными исследованиями, но и любви к женщинам.*

Ключевые слова: *Ли де Форест, обратная связь, регенеративный радиоприем, гридлик, триоды DV, Фонофильм, Мари Москони.*

Для цитирования (ГОСТ 7.0.5—2008): Пестриков В. М. Научные открытия и изобретения Ли де Фореста, способствовавшие прогрессу в радиоламповых технологиях и развитии социума // *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2023. Т. 6, № 4. С. 410—439.

Для цитирования (ГОСТ 7.0.100—2018): Пестриков, В. М. Научные открытия и изобретения Ли де Фореста, способствовавшие прогрессу в радиоламповых технологиях и развитии социума / В. М. Пестриков // *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. — 2023. — Т. 6, № 4. — С. 410—439.

1. Введение

Данная статья является последней в серии статей [1—4] о том, как американский радиотехник Ли де Форест (26.08.1873—30.06.1961) изобрел вакуумную трехэлектродную радиолампу, и благодаря своей целеустремленности и настойчивости сумел с помощью своего изобретения и при под-

держке своего друга Джона Стоуна, совершить научно-техническую революцию в области радиотехники.

Современные средства массовой информации происходят от одного общего источника, изобретения, о котором сегодня редко упоминают, но которое сыграло столь же решающую роль в формировании общества, как лампочка накаливания или автомобильный двигатель внутреннего сгорания. Таким изобретением явилась вакуумная трехэлектродная лампа под названием «аудион», которая открыла направление разработки первого электронного усилителя звука. Создателем этой революционной лампы явился американский радиотехник Ли де Форест [5]. Благодаря этому *AT&T*, купив патенты де Фореста, сумела разработать надежный телефонный ретранслятор для осуществления дальней междугородной телефонной связи [6, 7], а компания *General Electric* смогла создать речевой модулятор для высокочастотных генераторов переменного тока [8]. Доведение промышленными лабораториями этих компаний примитивного триода де Фореста до промышленного образца сделало возможным практическую радиотелефонию доступной человеческому обществу.

Де Форест в то время не мог подумать о том, что он открыл век электроники. Аудион был первым устройством, позволявшим точно управлять электрическим током через интенсивность потоков электронов. Триодные вакуумные лампы по мере развития стали в XX веке технологическим центром современной индустрии связи, развлечений и средств массовой информации. Их можно было найти в радиопередатчиках и приемниках, в комплектах *Hi-Fi*, в системах громкой связи, в гитарных усилителях, киноаппаратуре и многом другом. Массивы ламп также служили процессорами и системами хранения данных во многих ранних цифровых компьютерах. В первых мощных вычислительных системах их часто было несколько десятков тысяч. В 50-е годы XX века электронные лампы начали заменяться меньшими по размеру, дешевыми и более надежными твердотельными транзисторами, что привело к резкому росту популярности электронных приборов. В миниатюрной форме триодного транзистора изобретение Ли де Фореста стало рабочей лошадкой нашего информационного века. Твердотельные транзисторы давно заменили громоздкие аудионные лампы, первоначально использовавшиеся в различных радиоустройствах благодаря изобретению и энтузиазму Ли Де Фореста. К концу своей карьеры он получил большое количество патентов на различные изобретения и тем самым проложил путь к электронному веку. Де Форест называл себя «отцом радио», даже после того, как он перестал активно заниматься исследованиями в области беспроводной связи и в область его научных интересов были включены другие инновации, в первую очередь запись звука на киноленту

(система *Phonofilm*). “*Father of Radio*” (Отец радио), такое название он дал своим мемуарам, вышедшим в 1950 году, рис. 1 [9].

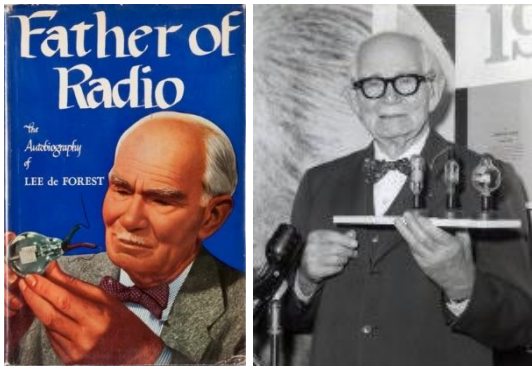


Рис. 1. Обложка книги мемуаров Ли де Фореста «Отец радио». 1950 г. Ли де Форест и его первые аудионные лампы. 1960. Золотой юбилей де Фореста.

Fig. 1. Book cover of Lee de Forest's memoir “The Father of Radio”. 1950. Lee de Forest and his early audion tubes. 1960. De Forest Light's Golden Jubilee

Достижения де Фореста в области радиотехники гораздо шире: он не только изобрел аудион, но и раскрыл его технологический потенциал. Он знал в то время, что аудион является его главным изобретением, которое позже оказалось его «величайшим изобретением» и единственным действительно успешным изобретением; но, несмотря на это, он не мог объяснить его принцип работы. К сожалению, де Форест скоропалительно сделал ошибочный вывод, основываясь на своей предыдущей работе с различными детекторами газов, что остаточный газ внутри аудиона необходим для его функционирования. Он не стал тратить время на то, чтобы разобраться, как именно работает изобретенная им триодная вакуумная лампа.

Полное теоретическое объяснение принципа работы аудиона появилось в 1914 году благодаря усилиям молодого инженера-электрика по имени Эдвин Армстронг [10]. Армстронг, студент Колумбийского университета, подтвердил, что, вопреки первоначальным теориям де Фореста, работа аудиона не зависит от ионизированных газов. Он также продемонстрировал то, что подача части выходного сигнала с анода аудиона обратно на его сетку позволяет не только усиливать сигналы, но и генерировать непрерывные радиоволны, способные передавать человеческий голос.

Де Форест был в восторге от растущего значения аудионов и других электронных ламп в развитии современной электроники, но ему не нравилась идея разделить признание своего изобретения с Армстронгом. В отстаивании своего приоритета в научных разработках он использоваллюбые методы. Почти все его знаковые открытия и изобретения были связаны с судебными тяжбами, в частности, так произошло с отстаиванием приоритета в открытии принципа положительной обратной связи в ламповом усилителе и даже с изобретением гридлика, сеточного резистора утечки.

Примерно с 1908 по 1920 год несколько человек экспериментировали с фотографической записью звука на пленку. Эти системы имели ограниченный технический успех и коммерческий провал из-за невозможности обеспечить достаточно громкий звук, чтобы его могли услышать несколько человек. Как и в любой сложной системе, заслуга изобретения звукового кино не может быть предоставлена какому-либо человеку. Однако накопленные изобретения Ли Де Фореста, в том числе лампа «Аудион», которая позволяла усиливать электрические сигналы, сыграли ключевую роль в развитии звука как на пленке, так и на дисках. Изобретения де Фореста были усовершенствованы такими компаниями, как *AT&T* и *RCA*. Сам де Форест был первым, кто успешно записал звук на кинопленку на основе изобретенной им технологии, которую он назвал *Phonofilm*.

2. Истоки регенеративного радиоприема

Большая часть технологий, изменивших современную жизнь, основана на разработках необычайно творческих людей, многие из которых остаются относительно неизвестными. Открытие положительной обратной связи в ламповом усилителе произошло случайно; интересно, что причастные к этому радиотехники об этом даже не подозревали. Исследование исторических материалов показывает, что в этом открытии ключевой фигурой явился американский радиотехник Пол Уоллес (*Paul E. Wallace*) [11].

Пол Уоллес до 1911 года жил в Рочестере, штат Нью-Йорк. С 1905 года он был заядлым радиолобителем и использовал аудион по схеме де Фореста. В январе 1910 года он совершил поездку в Нью-Йорк, где посетил радиостанцию де Фореста в Метрополитен Тауэр (*Metropolitan Tower*). Во время этой поездки Уоллес познакомился со специалистом по научному оборудованию О. Т. Луи (*O. T. Louis*) из компании *O. T. Louis Company* (Нью-Йорк). В феврале 1911 года Уоллес переехал в Нью-Йорк. Он арендовал помещение у *O. T. Louis Company* и начал свою деятельность в составе отдела беспроводной связи этой компании. После покупки необходимых деталей у *Murdock Co.* и *Clapp-Eastham Co.* и аудионов у *McCandless* О. Т. Луи начал производить свои радиоприемные устройства. В мае 1911 года Уоллес взял к себе на работу Мерритта Д. Мошера (*Merritt D. Mosher*), который стал разрабатывать вместе с ним радиоприемные устройства.

Первым устройством на аудионе, разработанным летом 1911 г., изготовленным и проданным Уоллесом, был полный приемный комплект *Wallace Valve Receiver Type 1* (ламповый приемник Уоллеса тип 1), рис. 2а. Этот приемник был собран Уоллесом и Мошером и имел кристаллический

и ламповый детекторы. Первый набор «с обычным круглым аудионом» был продан по почте летом 1911 года. Во второй версии этого набора под названием *Wallace Valve Detector* (ламповый детектор Уоллеса) использовался трубчатый аудион.

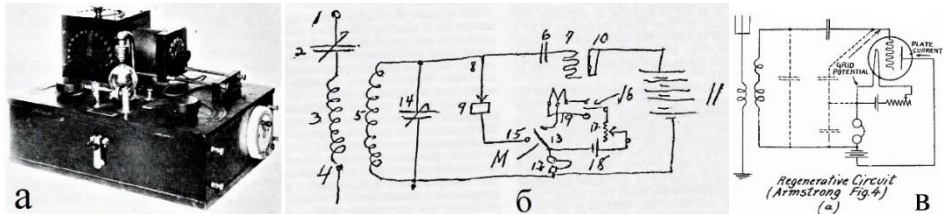


Рис. 2. Ламповый приемник *Wallace* тип 1 на сферическом аудионе производства 1911 г.: а — общий вид, б — принципиальная схема лампового приемника *Wallace* тип 1, нарисованная Полем Уоллесом [11, р. 7], в — схема регенеративного приемника *Wallace* тип 1 с указанием цепи обратной связи.

Fig. 2. Wallace tube receiver type 1 on a spherical audion made in 1911: а – general view, б – circuit diagram of a Wallace type 1 tube receiver drawn by Paul Wallace [11, p. 7], в - diagram of a Wallace type 1 regenerative receiver showing the feedback circuit

Приемник *Wallace Valve Receiver Type 1* был собран по схеме рис. 2б. Приемник *Wallace* работал громче, чем по традиционной схеме из патента де Фореста. Особенностью схемы *Wallace* является то, что колебательный контур (5, 14 на схеме рис. 2б) включен между конденсатором сетки и анодной цепью телефонов. Хотя такая схема и обладает неявно выраженной обратной связью, но все равно небольшая часть выходной энергии попадает на вход приемника, благодаря емкостной связи между телефоном, нитью накала и сеткой (рис. 2в). В этом не последнюю роль играет индуктивность телефонов и длина их соединительных проводов, что и увеличивает громкость звука. Пол Уоллес использовал этот эффект в приемнике своей конструкции по схеме рис. 2б чисто эмпирически. Именно схема согласно рис. 2б послужила Уоллесу в качестве обоснования своего приоритета при оспаривании патента US1113149А Эдвина Армстронга (*Edwin Howard Armstrong*, 18.12.1890—31.01.1954) на регенеративную схему [12]. Схема Уоллеса (рис. 2б) была приведена в патенте Э. Армстронга, рис. 3а.

Следует отметить, что несколько позже (в 1914 г.) де Форест в патенте [13] привел схему приемника *Ultra-Audion*, в котором использовал включение колебательного контура между конденсатором сетки и анодом аудиона, что позволило осуществить регенеративный прием радиосигналов, рис. 3б,в. В *Ultra-Audion* плавное приближение к порогу генерации производилось изменением напряжения накала (реостатом *R*) или анод-

ным напряжением (подключались разные секции анодной батареи), а также в небольших пределах с помощью сеточного конденсатора C_2 .

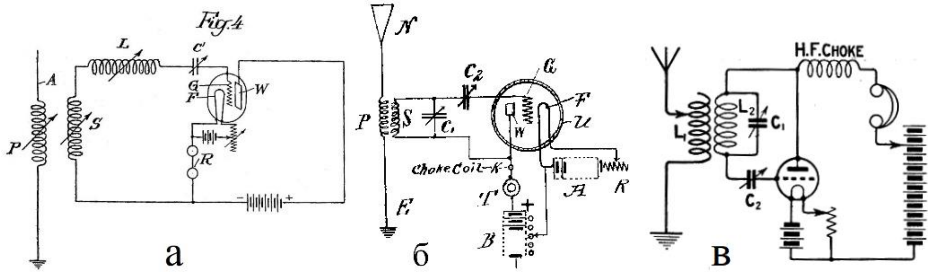


Рис. 3. Схема приемника Поля Уоллеса (а) из патента US1113149A Эдвина Армстронга [12].
Схема регенеративного приемника *Ultra-Audion* (б) из патента US1170881A Ли де Фореста [13].

Современное условно-графическое исполнение схемы регенеративного приемника
Ultra-Audion (в) Ли де Фореста.

Fig. 3. Paul E. Wallace receiver circuit (a) from Edwin Armstrong's US1113149A patent [12].

Diagram of a regenerative *Ultra-Audion* receiver (б) from US1170881A Lee de Forest [13].

Modern conditional-graphical execution of the *Ultra-Audion* regenerative receiver circuit (в) by
Lee de Forest

Уоллес превратил свое торговое заведение в магазин-салон. Покупатели приходили в магазин чтобы приобрести радиодетали, обсудить проблемы, получить совет, послушать радиоаппаратуру производства Уоллеса и Мошера и научиться ею пользоваться. Летом 1911 года магазин стал местом встреч радиолюбителей. Именно здесь Уоллес познакомился с У. Ф. Коттром (*W. F. Cotter*), Чарльзом Вернером (*Charles Werner*), студентом второго курса колледжа Эдвином Армстронгом и другими энтузиастами. Некоторые из этих друзей приглашались в магазине в комнату 29, где знакомились с новыми разработками Уоллеса и Мошера, а также с их беспроводными экспериментами. В свою очередь, Уоллес и Мошер посещали мастерские этих друзей, в частности, и Армстронга.

В ноябре 1912 года в магазине Уоллеса были организованы прослушивания радиолюбителями по приемнику *Wallace Valve* отправленных по беспроводной телеграфии связи отчетов по результатам выборов Тафта-Уилсона¹ (*Taft-Wilson*).

¹ В 1912 году, когда в США после раскола между Теодором Рузвельтом (*Theodore Roosevelt*) и Уильямом Говардом Тафтом (*William Howard Taft*) появилась Прогрессивная партия, внесшая разброд и шатания в стройные ряды республиканцев, демократ Вудро Уилсон (*Woodrow Wilson*) победил на президентских выборах. Как и его главный соперник, сенатор-республиканец Генри Кэбот Лодж (*Henry Cabot Lodge*), Уилсон имел степень доктора философии, оставшись единственным президентом в истории Соединенных Штатов с такой научной степенью.

С 1911 по 1913 год Уоллес строил свою бизнес империю, в то время как у де Фореста были большие финансовые трудности и проблемы с законом. Летом 1912 г. Ли де Форест в лаборатории Федеральной телеграфной компании (*Federal Telegraph Co.*, сокращенно *FTC*) в Пало-Альто во время экспериментов с усилителем звуковой частоты на двойном аудионе случайно обнаружил эффект обратной связи, но не придал этому значения. Он посчитал это побочным эффектом микрофонного усилителя и поэтому не взял патент на этот эффект. Упоминание обратной связи встречается в его лабораторных записях, датированных 8 июня 1912 г., рис. 4 [14].

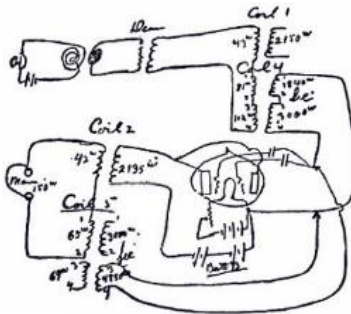


Рис. 4. Ли де Форест дома в Нью-Йорке, 1915 год. Рисунок схемы микрофонного усилителя, сделанный Ли де Форестом в лабораторном журнале. 8 июня 1912 г. [14]

Fig. 4. Lee de Forest at home in New York (1915). A drawing of the microphone amplifier circuit made by Lee de Forest in a laboratory journal. June 8, 1912 [14]

Считается, что летом 1912 года Эдвин Армстронг разработал новую регенеративную цепь, в которой часть тока с анода возвращалась обратно на сетку для усиления входящих сигналов. Испытываемый радиоприемник с обратной связью в его комнате в Йонкерсе звучал так громко, что вместо наушников можно было использовать громкоговоритель для прослушивания радиопередач. Позже он обнаружил, что при сильной обратной связи лампа генерирует высокочастотные колебания. В этом случае лампа работает в качестве передатчика и излучает электромагнитные волны. Использование положительной обратной связи (также известное как «регенерация») и является прорывным открытием Э. Армстронга.

Армстронг не сразу подал патент на свое изобретение, потому что его отец не дал ему 150 долларов за патентную пошлину. Несмотря на это его дядя посоветовал ему нотариально заверить изобретение. Армстронг последовал совету. Схема, которую он нотариально засвидетельствовал 31 января 1913 года, стала самым ранним документальным доказательством изобретения Армстронга, рис. 5. Он подал заявку на патент 29 октября 1913 года сразу после окончания Колумбийского университета. Патент US1113149A на изобретение под названием «Беспроводная приемная система» Армстронг получил 6 октября 1914 года [15]. В патенте приводится 6 схем приемников прямого усиления с обратной связью, рис. 5.

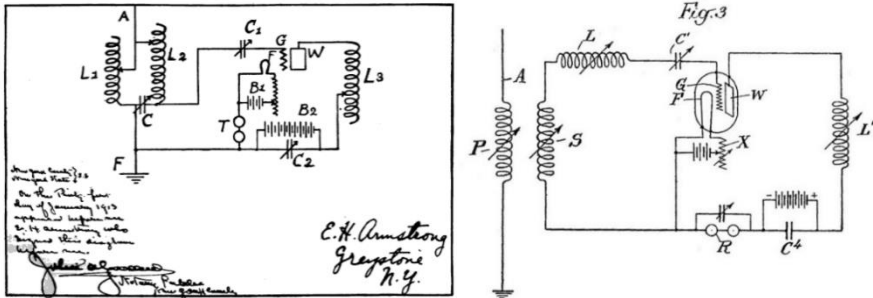


Рис. 5. Регенеративная схема Армстронга (слева), нотариально заверенная 31 января 1913 г. [16]. Одна из принципиальных схем регенеративного приемника (справа) из патента Э. Армстронга US1113149A [15].

Fig. 5. Armstrong Regenerative Circuit notarized January 31, 1913 [16]. One of the schematic diagrams of the regenerative receiver (right) from E. Armstrong's patent US1113149A [15]

3. Спор за приоритет открытия положительной обратной связи в ламповом усилителе

Армстронг после получения патента US1113149A 6 октября 1914 г. опубликовал статью в журнале *Electrical World*, в которой подробно описал свои исследования с аудионом. Он объяснил принцип его работы и отметил, что функционирование аудиона как детектора высокочастотных колебаний сильно отличается от его работы как усилителя [10, р. 1150]. В этой статье отмечается: «Аудион хотя и использовался в течение нескольких лет в качестве усилителя и детектора высокочастотных колебаний, но имеющиеся объяснения его действия функционирования являются неудовлетворительными. С этой целью для прояснения некоторых особенностей работы аудиона были получены осциллограммы и сделаны к ним пояснения, которые, по-видимому, ранее не принимались во внимание».

3 марта 1915 г. Армстронг выступил с докладом «Некоторые последние разработки в области аудионного приема» (*Some Recent Developments in the Audion Receiver*) в *Institute of Radio Engineers (IRE)* в Нью-Йорке [17]. В заключении доклада был сделан вывод о проведенных исследованиях, в то время как в статье этого не было сделано. В частности, утверждалось, что для усиления колебаний в сеточном контуре можно использовать два метода: 1. Соединить сеточный контур с анодным контуром и сделать последний таким образом, чтобы радиочастотные токи могли свободно проходить через него; 2. Использовать большую индуктивность в контуре анода и тем самым настраивать его на подходящую частоту (совместно с емкостью между нитью накала и анодом в самом аудионе).

На докладе де Форест не присутствовал, но несмотря на это он принял участие в дискуссии. Он направил свои письменные комментарии Армстронгу [17, р. 239]: «Отсутствие в Нью-Йорке и загруженность делами не позволяют мне уделить внимание докладу г-на Армстронга и принять участие в тщательном обсуждении, которого я заслуживаю. Вкратце, я должен заявить, что мои исследования простого аудионного детектора, аудионного усилителя и детектора “ультра аудиона” для незатухающих волн не полностью подтверждают результаты и выводы, доложенные этим автором... Как я заявил в статье в журнале *Electrical World*² от 20 февраля, колебательное свойство аудиона было обнаружено мной несколько лет назад».

Нужно заметить, что кроме Армстронга были и другие претенденты на изобретение регенеративной схемы или ей подобной, которые подали три заявки. Один из них был ученый-инженер из GE Ирвинг Ленгмюр, который известен значительным усовершенствованием вакуумной лампы. Он самостоятельно пришел к регенерации через некоторое время после Армстронга. Ленгмюр подал заявку на патент 29 октября 1913 года, в тот же день, когда Армстронг также подал заявку на аналогичное изобретение. Следующим был немец Александр Мейснер, который 16 марта 1914 года подал заявку на регенеративную схему с газоразрядной лампой. Третьим был де Форест, который подал заявки на два патента, в частности, на ультра-аудион с цепью регенерации в марте 1914 года, но его патент не был принят Патентным ведомством из-за имеющегося патента Армстронга. Поэтому де Форест и другие подали заявку на судебное разбирательство с Патентным ведомством, после чего разбирательство началось для четырех сторон: Армстронга, Фореста, Мейснера и Ленгмюра.

Изобретение Армстронга привело к почти 20-летней юридической битве за патентные права. В период между 1914 и 1934 годами он и де Форест боролись в суде как индивидуально, так и через корпорации (*Westinghouse Electric & Manufacturing Company* и *American Telephone and Telegraph*), которые приобрели права на свои патенты. Длинная и сложная битва началась, когда Ли де Форест сидел в аудитории и слушал одну из лекций Армстронга о передающих и приемных свойствах своей регенеративной схемы. Несмотря на то, что в 1913 году де Форест прочитал лекции об особенностях своего экспериментального изобретения, он никогда не утверждал, что обращал внимание на какие-либо эффекты, подобные тем, что обнаружил Армстронг. После первого решения суда, в котором было заявлено, что доктор де Форест изготовил первый генератор на вакуумной

² Forest Lee de. The Ultraudion Detector for Undamped Waves // *Electrical World*. February 20, 1915. Vol 65. No. 8. P.465-466.

лампе, были отклонены претензии доктора Ленгмюра, а затем, за короткое время, были сняты претензии господина Мейснера по причине поздней даты подачи заявки в Патентное ведомство. Это сузило судебные сражения до требований Армстронга и Ли де Фореста.

В 1914 году Ли де Форест продолжил подавать иски, но суды в начале разбирательства в качестве патентообладателя на следующие десять лет поддержали Армстронга, чей патент на схемы регенеративного приемника был выдан в 1914 г. В результате многолетнего судебного разбирательства судья Майер в 1921 г. признал, что патент «обратной связи» Армстронга, контролируемый *Westinghouse Electric & Manufacturing Company*, является действительным [18]: «Достоинство изобретения вскоре было признано, и аппарат, который стал изобретением Армстронга, впоследствии был использован в коммерческих целях вскоре после начала войны в 1914 году в Сейвилле, Лонг-Айленд, а также для преодоления трудностей с приемом сигналов из Науэна (Германия)». Коммерческая ценность изобретения Армстронга была оценена на раннем этапе, и лицензии были получены от *Atlantic Communication Company*, *Goldschmidt Company* и *Marconi Company* в 1914 и 1916 годах. В этот период времени профессор М. И. Пупин из Колумбийского университета отметил: «Вклад Эдвина Х. Армстронга в радиотехнику — эпохальный. Тот, кто использовал его обратную связь, не может не оценить его выдающуюся ценность и неисчерпаемые возможности... Регенеративный приемник и регенеративный генератор всегда будут фигурировать среди классических изобретений и будут занимать ведущее место в исследовательских лабораториях мира, а также в коммерческой беспроводной сети. Это дает Армстронгу право на очень высокое место среди изобретателей электротехники» [19].

Несмотря на такие восторженные отзывы об изобретении Армстронга его судебный спор с Ли де Форестом продолжился. Длительный двадцатилетний спор и извилистый путь тяжбы проходил через процессы подачи апелляций и в конечном итоге дошел до Верховного суда США. В 1934 году, через два десятилетия, Верховный суд постановил, что на основании записи в лабораторном журнале 1912 года (рис. 4) де Форест действительно создал регенеративную цепь раньше, чем Армстронг, даже если он в то время не осознавал ее значения и не подавал заявку на патент. Суд вынес решение в пользу де Фореста, хотя эксперты согласились с тем, что это решение было неверным. Де Форест был обрадован выводами Верховного суда, в то время как электротехническое сообщество отнеслось к этому отрицательно.

Такая яростная борьба была связана с тем, что в то время, когда был изобретен регенеративный приемник, вакуумные лампы были очень доро-

гими и потребляли много энергии, что требовало дополнительных финансовых расходов на приобретение громоздких батарей или трансформатора переменного тока с выпрямителем. Помимо этого, было немедленно осознано коммерческое значение регенеративной схемы, которая позволила принимать трансатлантические сигналы в центре города Нью-Йорк с помощью относительно небольших антенн, что до этого было невозможно. Регенеративные приемники по бывшим патентам Армстронга производили 17 компаний. Таким образом, регенеративный приемник имел большие преимущества, которые реализовывались при наличии в схеме только одной лампы, что позволяло удовлетворять потребности быстро растущего числа радиослушателей.

Независимо от решения Верховного суда инженерное сообщество стало на сторону Армстронга и продолжало считать его законным автором регенеративного радиоприемника, а впоследствии и других изобретений. В связи с этим ему было присуждено несколько наград. В 1917 году Институт радиотехники (*IRE*) присудил ему свою Почетную медаль, а в 1942 году Американский институт инженеров-электриков (*AIEE*) наградил его медалью Эдисона, высшей наградой Института (в 1963 году *IRE* и *AIEE* объединились и сформировали *IEEE* — Институт инженеров по электротехнике и электронике). Эти престижные награды до сего дня не потеряли своей ценности.

4. Изобретение гридлика

Нестабильность работы аудиона в качестве детектора была в первую очередь связана с несовершенством схем его включения. Сигнал с входного контура поступал на сетку аудиона в одних схемах через конденсатор, в других — напрямую. В конце концов из-за накопления отрицательных зарядов на сетке аудион запырался, что приводило к нарушению протекания процесса детектирования. В этом случае для исправления ситуации приходиться повышать анодное напряжение, что не могло продолжаться бесконечно.

В 1914 году Ли де Форест, работая с передатчиком в *Metropolitan Tower*, пришел к выводу, что для предотвращения слишком большого нарастания отрицательного потенциала на сетке аудиона необходимо включить между сеткой и нитью накала резистор R_g с большим сопротивлением (несколько единиц мегаом), рис. 6. Этот резистор получил название гридлик (англ. *grid leak* — утечка сетки). Благодаря гридлику электроны медленно стекали к нити накала, предотвращая тем самым появление чрезмерного отрицательного заряда сетки.

Первая «утечка сетки» (гридлик, он подключил между сеткой аудиона и его нитью накала), была разработана де Форестом все в той же комнате, где находился передатчик *Metropolitan Tower*. Высокоомный резистор представлял собой полоску бумаги, покрытую карандашным графитом, которая крепилась на поверхности куска твердой резины между двумя небольшими крепежными контактами для включения в схему. Де Форест вспоминал:

«Вскоре мы начали продавать это простое устройство, первый из современных компонентов с «нарисованной схемой», нашим «местным» клиентам. Эта доказанная ранняя дата утечки позволила мне позже аннулировать на ее основе патент Ричардса (*Richards W. L.*) из *AT&T*» [9, р. 247].

Утечка сетки часто представляла собой просто карандашную линию, проведенную по корпусу конденсатора от одной его клеммы к другой, которую можно было исправить с помощью ластика! Ток следует по этим линиям и, таким образом, освобождает сетку от блокирующего заряда.

Экспериментаторы пытались оптимизировать значение утечки сетки и часто делались коммерческие версии, состоящие, например, в заключении листа бумаги с углеродным покрытием в стеклянную трубку с металлическими концами.

К концу 1920-х годов использовалось множество различных методов изготовления гридликов. Среди этих конструкций были: тонкие стеклянные стержни, покрытые углеродом; углерод, нанесенный на внутреннюю часть стеклянных трубок; угольные стержни и старый запас бумажных полосок, пропитанных тушью и удерживаемых металлическими зажимами, рис. 7. Ни одна из этих конструкций не отличалась хорошей работой или длительным сроком эксплуатации.

Де Форест обнаружил, что «высокое и желательно неиндуктивное сопротивление» между сеткой и нитью накала значительно увеличивает энергию генерируемых колебаний, например, с микроватта до десятков или сотен ватт. Он также установил, что еще большее увеличение энергии колебаний достигается, если параллельно сопротивлению подключить небольшую емкость [9, р. 316]. На рис. 8 показана схема соединения резистора R и конденсатора C , который на самом деле является дроссельным конденсатором, управляющим обратной связью. Гридлик часто прикрепляли к зажимам сеточного конденсатора с целью простоты его замены.

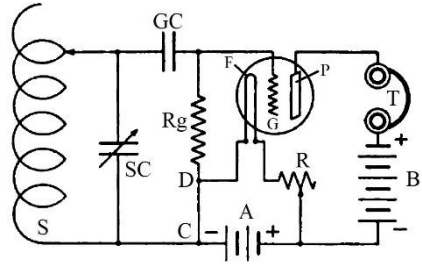


Рис. 6. Принципиальная схема радиоприемника на аудионе с гридликом R_g .

Fig. 6. Schematic diagram of a radio receiver on an audion with an R_g grid leak

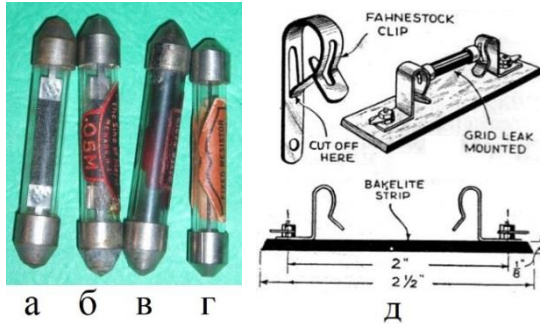


Рис. 7. Типичные утечки сетки: а, б — с пропитанными бумажными элементами, в — с внутренним покрытием, г — с покрытием внутренней поверхности стеклянной трубки и д — устройство монтажа гридлика.

Fig. 7. Typical grid leaks: a, б — with impregnated paper elements, в — with an internal coating, г — with a coating of the inner surface of the glass tube, and д — a grid mount device

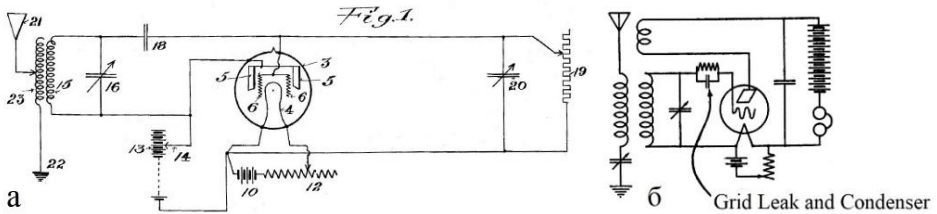


Рис. 8. Включение гридлика *R* с конденсатором *C*: а — аудионный приемник [20], б — регенеративный приемника, в — конструкция гридлика с креплением на конденсаторе.

Fig. 8. Turning on the grid lick *R* with capacitor *C*: а — audion receiver [20], б — regenerative receiver, в — capacitor-mounted grid lick design



Отметим, что в 20-е годы XX века выпускались промышленные образцы различных видов регулируемой утечки сетки, в частности, американской *De Luxe Bretwood Company* выпускались регулируемые гридлики. Сопротивление гридлика этой компании изменялось вращением винта, что обеспечивало очень точную регулировку. О важности регулировки гридлика в рекламе³ 1927 г. сообщалось следующее «Когда вы танцуете под радиомызыку, вам часто хочется, чтобы ваш приемник звучал немного громче. Требование дополнительной громкости от приемника связано с удаленностью танцующих, которые своими комплиментами и шарканьем ног заглушают музыку. Проблема решается использованием переменной утечки сетки модели *De Luxe Bretwood Variable Grid Leak*. Поверните ручку на максимальное сопротивление, и танцевальная громкость по желанию увеличится на 25 процентов. Кроме того, таким образом, у вас есть удобный комбинированный регулятор громкости и регулятор чувствительности. Модель *De Luxe*

³ Dancing Volume But No Extra Tubes! // Radio World. July 16, 1927. Vol. 11. No. 17. P. 23.

может быть установлена на передней панели радиоприемника или любом другом удобном месте на его корпусе.

Гридлик, изобретенный Ли де Форестом, стал важным элементом в радиоустройствах (подобно предохранительному клапану в паровом двигателе). Его можно назвать своеобразным «сердцем радио», так как он помогает контролировать поток электронов в цепи.

Ламповые детекторы с утечкой сетки широко использовались в 1920-е годы XX века в батарейных многодиапазонных радиоприемниках. В этих радиоприемниках применялись триоды с низким коэффициентом усиления и катодами прямого накала. Примерами такого типа радиоприемников являются модели *Zenith 11*, *12* и *14* выпуска 1927 года. Популярность схемы на триоде с утечкой сетки заключалась в том, что она не только обеспечивала демодуляцию радиосигнала, но также усиливала аудио сигнал, в отличие от классического вакуумного диода и кристаллического детектора.

5. Последние промышленные конструкции аудионов Ли де Фореста

Начало 20-х годов XX века было для интересов де Фореста периодом потрясений и разочарования. Казавшиеся бесконечными судебные процессы и тяжбы по патентам истощали ресурсы компании и отнимали время у ее сотрудников. *RCA* контролировала патенты Флеминга и получила судебный запрет, который не позволял де Форесту продавать вакуумные триоды. Сам Ли де Форест участвовал в разработке *Phonovision* (звуковых фильмов) и не принимал активного участия в делах *De Forest Radio Telephone and Telegraph Company*.

Срок действия патента Флеминга истек в ноябре 1922 года, что открыло де Форесту путь к возобновлению производства аудионов. Следует отметить, что к началу 1923 года де Форест продал свою долю в *Radio Telephone and Telegraph Company*.

Первыми рекламируемыми лампами были *DV-1* и *DV-6*, впервые опубликованные в каталоге *De Forest* в начале 1923 года. Реклама ламп *DV* в крупных радиожурналах появилась в сентябре 1923 года. Внешний вид ламп *DV-1*, *DV-6A* и *DV-2* приведен на рис. 9. На цоколе этих ламп наносилась маркировка *De Forest AUDION* и номера патентов вместе с ограничительным примечанием. Лампы были геттерированы и имели маленькие круглые оранжево-черные наклейки с номером типа. Электрические характеристики ламп были аналогичны лампе *UV199*.



Рис. 9. Радиолампы серии *DV* производства *De Forest Radio Telephone and Telegraph Company*: 1. *DV-1*, 2. *DV-6*, 3. Устройство *DV-6*, 4. Упаковка *DV-6*, 5. *DV-6A*, 6. *DV-2* и ее упаковка. 1923 г. [21].

Fig. 9. *DV* series radio tubes manufactured by *De Forest Radio Telephone and Telegraph Company*: 1. *DV-1*, 2. *DV-6*, 3. *DV-6* device, 4. *DV-6* packaging, 5. *DV-6A*, 6. *DV-2* and its packaging. 1923 [21]

Вакуумные триоды серии *DV* имели коэффициент усиления 9,7 и предназначались для усилительных и детекторных каскадов радиоприемников. Лампы имели цоколь типа *UV* [22] с никелированным покрытием *Shaw*⁴ и 4 короткими контактными штырьками (в маркировке на это указывала буква *V*). Лампа *DV-1* предназначалась для замены трубки *RCA WD11* в переносной радиоаппаратуре с питанием от гальванических батарей. Она представляла собой миниатюрный триод (35 × 39 мм) с платиновой нитью накала, покрытой оксидом. Для питания ее нити накала требовался источник питания с напряжением 1—1,5 В с током 0,2 А. В колбе лампы *DV-1* анод, сетка и нить накала располагались вертикально.

В лампе *DV-6* вольфрамовая нить накала была торирована и рассчитана на напряжение 3—5 В при токе 0,5 А. В лампе использовалось горизонтальное расположение цилиндрических электродов. Ее конструкция была аналогична европейскому типу *R*. Габариты *DV-6* составляли 35 × 80 мм. Показанная на рис. 9 *DV-6A* была улучшенной версией более ранней *DV-6*. Основная структура была примерно такой же, но использовалась торированная нить накала, которая позволяла вдвое уменьшить ток

⁴ *General Electric Company* с 1918 года использовала цоколи радиоламп производства *Shaw Insulator Company*. Эти ламповые цоколи стали известны как *Shaw Standard Base*, а в некоторых опубликованных статьях упоминаются как цоколи *Navy*.

накала. Лампа была геттерирована и внесена в каталог как *Universal Tube DV-2* (рис. 9) была новым дополнением к серии и имела напряжение нити накаливания 5 В при токе 0,25 А.

В апреле 1924 года новая реклама показала серьезные изменения в серии ламп. Использование металлических цоколей было прекращено в пользу новых материалов. *DV-1* и *DV-6A* были исключены, а *DV-3* добавлена. *DV-6A* с ее большим током накала и низкой крутизной не могла конкурировать с лампами типа «99» и «01A» и поэтому из-за плохих продаж была снята с производства.

Детектор/усилитель триод *DV-1* производился недолго и в апреле 1924 г. был заменен на *DV-3*, который имел почти идентичные характеристики. Лампа *DV-3* имела небольшую высоту и горизонтальную структуру элементов, в отличие от более высокой лампы и вертикальной конструкции *DV-1*. В первых *DV-3* использовалась бакелитовый цоколь, цвет которого варьировался от темно-бордового до темно-коричневого. *DV-3* производился с бакелитовым цоколем примерно с апреля 1924 г. до конца 1925 г.

В 1926 году компания представила новую серию ламп *DL*. Лампы *DL* имели длинные контактные штырьки и новый на тот момент цоколь *UX*. Четыре лампы *DL* появились в 1926 году, но только одна была действительно новой конструкции. Этой новой лампой была *DL-4*, предназначенная для использования в качестве ВЧ-усилителя. Эти лампы были идентичны своим аналогам *DV*, за исключением цоколя. В 1926 году эти типы ламп были сделаны с черным бакелитовым цоколем, но к 1927 году его заменили на изолантит (англ. *Isolantite*).

В 1927 году на рынок были выпущены последние четыре лампы серии *DL*. Лампа *DL-3* представляла аналог *DV-3*, но с цоколем *UX*, а все остальные типы были новой конструкции. Лампы *DV-DL* были сняты с производства в 1928 году с появлением серии *D400*. В этой новой серии использовались стандартные отраслевые номера (например, *D400A*) и цоколи из изолантита.

В 1928 году появилась реклама новой серии аудионов Ли де Фореста, рис. 10. Объектом рекламы стал универсальный вакуумный триод типа 427, который имел подогреваемый катод, а его нить накала питалась переменным током. Интересен текст рекламы (рис. 10). Приведем небольшой фрагмент из него: «Снова говорит авторитетный голос — де Форест. Доктор Ли де Форест, чье имя почитается как отец радио, внес свой последний и самый важный вклад в радио, поскольку из лаборатории этого выдающегося ученого в области радио появилось еще одно выдающееся радиодостижение — новые усовершенствованные аудионы *De Forest...* Их превосходная четкость и громкость, а также более длительный срок службы (1000 часов гарантируется с типом А. С. 27) дадут вам новую концепцию радиоразвлечений».

В конце текста рекламного плаката звучит обращение к радиослушателям: «Настройтесь на первую программу *De Forest Broadcast* по общенациональной радиовещательной системе *Columbia* — в воскресенье вечером, 16 сентября, с 22:00 до 22:30 по восточному летнему времени, и послушайте двух великих пионеров авиации: командира Ричарда Э. Бёрда, и доктора Ли де Фореста. Посетите выставку *De Forest* — помещение L-5, главный этаж — на Всемирной выставке *Radio World* в Мэдисон-Сквер-Гарден, с 17 по 22 сентября, и оцените первый показ новых усовершенствованных аудионов *De Forest*».

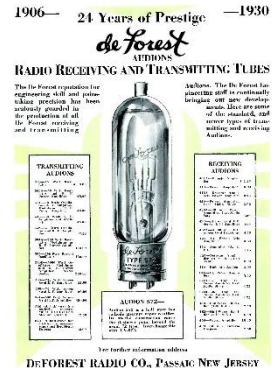


Рис. 10. Реклама новых типов аудионов де Фореста. 1928 г. Справа реклама радиоламп производства *DeForest Radio Co.* в журнале *Electronics* 1930 г.

Fig. 10. Advertising of new types of de Forest audions. 1928. On the right is an advertisement for radio tubes manufactured by *DeForest Radio Co.* in *Electronics* magazine. 1930

Одна из последних реклам радиоприемных и передающих аудионов *DeForest Radio Co.* была помещена в 1930 г. в журнале *Electronics*, рис. 10. Реклама проводилась под девизом «24 года престижа 1906—1930 гг.»: «Репутация *De Forest* в области инженерного мастерства и кропотливой точности ревностно охраняется при производстве всех принимающих и передающих аудионов *De Forest*. Персонал *De Forest Engineering* постоянно работает над новыми разработками. Вот некоторые из стандартных и новых типов аудионов передачи и приема». В дальнейшем аудионы де Фореста производила *RCA Radiotron Company*.

6. Звуковое кино

Быть первопроходцем всегда было для Ли де Фореста навязчивой идеей. Возможно, стремление исследовать новые области было наследием колониальных предков. Исчезнувшие географические границы по-прежнему оставляли для исследования гораздо более обширные области науки и техники. Ли де Фореста непреодолимо стала манить область радиотелефонии, когда ранняя беспроводная связь стала несколько тесновата для него. Радиотелефония тогда едва ли была мечтой даже среди инжене-

ров связи. Ли де Форест был изобретателем одиночкой, он любил творить вне коллектива. Примитивное начало радиовещания в 1907 году логически обусловило необходимость разработки электронного усилителя на основе детекторной лампы *Audion* и таким образом ему снова удалось избежать коллективного творчества. А когда в 1912 году этот новый усилитель оказался еще и генератором, то для научных исследований открылся бескрайний океан с заманчивыми архипелагами практического применения.

В тот момент стало очевидно, что многие забытые мечты других ранних изобретателей могут наконец воплотиться в жизнь. Среди них в мире телевидения были сканирующий диск Нипкова, электронно-лучевое изображение Розинга (*Rossing*), изобретение Кэмпбеллом-Суинтоном (*Campbell-Swinton*) катодного сканирующего луча (позднее усовершенствованное в «иконоскопе» Зворыкина) — все эти гениальные концепции, оставшиеся только в виде чертежей и патентов, не были реализованы из-за простого отсутствия безынерционного усилителя с мощностью усиления в миллиард раз.

Область говорящего кино или фонофильм (*Phonofilm*) непреодолимо манила Ли де Фореста. Это та область, в которую он мог войти почти без посторонней помощи. Ли де Форест говорил [9, p. 359]: «Возможно, единственным соображением, которое больше, чем какое-либо другое, побудило меня заняться этой областью, было мое личное желание разработать новое и полезное применение аудионного усилителя — такое, которое я мог бы разработать в значительной степени своими собственными усилиями, в отличие от его применения. к междугородной телефонной связи, где, очевидно, были необходимы интенсивные усилия большого корпуса инженеров, поддерживаемые гигантской деловой организацией. Еще одним мотивом было мое желание увидеть фонографический аппарат, который был бы свободен от многих присущих дисковому аппарату недостатков, в частности, короткой длины записи, необходимости часто менять иглы и веры в то, что с помощью светового карандаша, а не стальной иглы, можно было бы полностью избавиться от поверхностной царапины иглы, которая всегда была неотделима от существующих типов фонографов».

Интерес к новой, очень практичной области изобретения, столь радикально отличающейся от радио, вызвал заметное возрождение изобретательности Ли де Фореста. Она несколько застопорилось с тех пор как увлекшая его ранняя область радиосвязи оказалась переполненной энергичными инженерами из великих известных корпораций *Western Electric*, *General Electric*, *Westinghouse Electric* и учреждений, которые с парази-

тельным безразличием наблюдали в 1907—1917 гг. за прогрессом, достигнутым в области радиосвязи.

Для первопроходца Ли де Фореста пришло время искать новые рубежи, и он решил включить голос и музыку в длинный немой фильм, взять шум из студии и перенести его в кинотеатр! В новой области техники его изобретательность вспыхнула с новой силой. Многого предстояло сделать, и он радовался новым поставленным задачам [9, p. 359].

Де Форест в сентябре 1919 года первым запатентовал технологию «звук на пленке» (*sound-on-film*) [23]. По этой технологии звуковые колебания преобразуются в интенсивность света, излучаемого источником, и «фотографируются» на пленку. Технология *Sound-on-film*, разработанная Форестом, полностью устраняла проблемы с синхронизацией звука благодаря встроенному саундтреку к фильму в сам фильм. Каждый кадр фильма содержал точную информацию об изображении и звуке того, что происходило в кадре. Это позволяло поддерживать идеальную синхронизацию звука и изображения даже при повреждении пленки, когда кадры приходилось удалять. Де Форест назвал звуковой кинофильм, созданный по его технологии, *Sound-on-film*. Конкурентные системы той эпохи, такие как *Vitaphone* (все еще находившиеся в разработке в 1919 году), были в основном устройствами «звук на диске», которые, по сути, были вариантами проекционного *Kinetophone* Эдисона.

Sound-on-film, как следует из названия, представляет собой комбинацию на одной и той же стандартной кинематографической пленке изображения с голосом или музыкой, записанной фотографически. Звуковая запись переменной оптической плотности занимает очень узкую полосу на краю пленки шириной около $3/32$ дюйма (2,38 мм) и не уменьшает существенно ширину изображения. Схема записи (Fig. 1) и воспроизведения звука (Fig. 2) по системе Ли де Фореста изображены на рис. 11.

В течение следующих четырех лет он совершенствовал свою систему с помощью материалов и патентов, полученных по лицензии от Теодора Кейса (*Theodore Case*, 1889—1944). В 1916 году Кейс вместе с Эрлом Спонеблом (*Earl Sponable*, 1895—1977) работал с комбинациями редкоземельных элементов и инертных газов для создания светящейся лампы под названием *Aeo Light*. Световые импульсы концентрировались через щель на пленку и регистрировались в виде линий черного или серого цвета.

Первый говорящий фильм де Форест снял в 1921 году. Изобретатель записал в своем дневнике за 9 июля того же года: «Сегодня я сделал свое первое “говорящее кино” — самого себя, очень горячего и несколько взволнованного; говорили слишком громко, а фотография была плохой из-

за белого “задника” и плохого расположения света. Но в конце концов, несмотря на все сглазы и обманы, — с опозданием на два месяца и после двух лет напряженной работы — явился явным обещанием грядущих великих свершений» [9, р. 361].

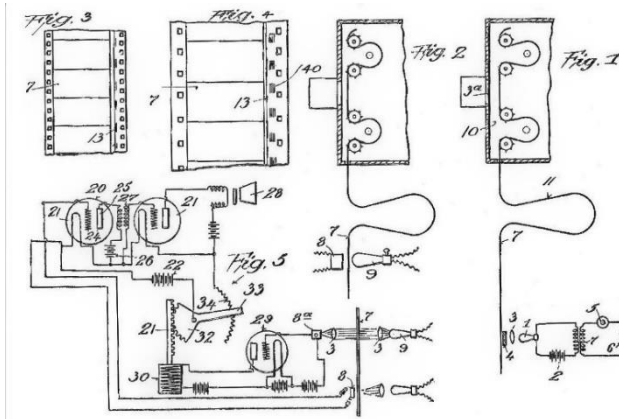


Рис. 11. Первый из множества патентов Ли де Фореста на систему *Sound-on-film*. Рисунки из патента US1446246A с приоритетом от 18 сентября 1919 г. [23].

Fig. 11. The first of Lee de Forest's many patents for the *Sound-on-film* system. Drawings from US1446246A patent, September 18, 1919. [23]

9 июня 1922 года он впервые продемонстрировал оптический звуковой фильм⁵ членам Американского института инженеров-электриков. В ноябре 1922 года де Форест организовал *De Forest Phonofilm Corporation*. Родственной организацией, основанной в то же время, была *De Forest Patent Holding Company*, которая контролировала все его патенты в области звукозаписи и воспроизведения (более 70 патентов). Производство фонофильмов началось в старой студии Талмаджа («эта древняя реконструированная пивоварня *Tec-Art*», как назвал ее де Форест) на Восточной Сорок восьмой улице в Нью-Йорке. Оператором был Гарри Оуэнс (*Harry Owens*), которого Хьюго Ризенфельд⁶ прислал на помощь де Форесту. В период расцвета студии (1923—1925) выпускалось несколько короткометражных фонофильмов в неделю — процедура, которая предвосхитила регулярное производство короткометражек *Vitaphone* компанией *Warner Bros.*, начиная с 1926 года.

⁵ В СССР системы звукового кино с фотографической записью звука начали разрабатываться в 1926 г. в Москве П. Г. Тагером (система «Тагелефон») и в 1927 г. в Ленинграде А. Ф. Шориным. Фонограмма Шорина имела переменную ширину дорожки записи, а в «Тагелефоне» — переменную оптическую плотность. Первая кинопрограмма с записью звука по системе Шорина была показана в 1929 году. Первый советский полнометражный художественный фильм с записью звука по системе «Тагелефон» — «Путевка в жизнь» вышел в 1931 г.

⁶ Хьюго Ризенфельд (*Hugo Riesenfeld*, 26.01.1879—10.09.1939) — американский композитор австрийского происхождения. Как кинорежиссер писал свои собственные оркестровые композиции для немых и звуковых фильмов. За свою карьеру написал около 100 саундтреков к фильмам.

В 1923 году Ли де Форест использовал систему Кейса для записи звука на киноленту под названием *Phonofilm*, рис. 12. Предварительный просмотр публичной премьеры *Phonofilm* состоялся 12 апреля 1923 года перед Нью-Йоркским электрическим обществом в зале здания Инженерных обществ. Переполненная публика увидела короткие фонофильмы Генри Касса (*Henry Cass*), описывающего работу системы де Форест, Эдди Кантора (*Eddie Cantor*), поющего «Чем молчаливее они становятся, тем больше они мне нравятся» (*The dumber they come the better I like 'em*) и «О, боже, Джорджи» (*Oh Gee Georgie*), и Лилиан Пауэлл (*Lillian Powell*), исполняющую танец мыльных пузырей под звуки музыки мелодии Брамса. Де Форест отметил в своей автобиографии: «Другие номера, изысканно красивые или бесшабашные комедии, следовали в непрерывной последовательности» [9, р. 370]. *Phonofilm* был запущен публично в театрах Ривальто и Риволи через три дня после предварительного просмотра. Его первоначальный успех привел к показу программ *Phonofilm* не менее чем в тридцати четырех кинотеатрах на Восточном побережье в период с 1923 по 1925 год, а также в Канаде, Южной Америке, Великобритании, Южной Африке, Австралии и Японии.

После премьеры *Phonofilm* в 1923 году де Форест и Ризенфельд сидели и ждали больших предложений из Голливуда. Могут ли студии быть глухи к чуду звука? Могли ли они отказаться от возможности, предоставленной мечтой, которую теперь осуществил де Форест? Де Фореста ждало мрачное пробуждение. Спустя годы изобретатель с горечью размышлял, «какие каменные стены равнодушия, глупости и сплошного негатива мы раскопали среди мертвых костей и бетонных черепов киномагнатов!» [9, р. 370]. Ни один голливудский руководитель не проявлял серьезного интереса к предприятию де Фореста. В 1923 году киномагнат Карл Леммле (*Carl Laemmle*), один из руководителей студии, приглашенных на презентацию звуковых фильмов де Фореста, прислал помощника, чей энтузиазм по поводу увиденного и услышанного тут же был подавлен другими руководителями *Universal*. Адольф Зукордид (*Adolph Zukor*) нашел время, чтобы посмотреть программу де Фореста, но он все еще помнил провал предприятия Эдисона с *Kinetophone* в 1913 году, и поэтому решил не тратить свои деньги на еще одно сумасшедшее изобретение без будущего [9, р. 371].

С помощью системы *Phonofilm* было создано более 200 короткометражных фильмов, в том числе шестиминутная речь губернатора Нью-Йорка Альфреда Э. Смита (*Alfred E. Smith*) для его кампании по выдвижению кандидатом в президенты в 1924 году. Это было первое применение звукового фильма в политике.



Рис. 12 Ли Де Форест позирует на фотографии 1922 года с полосой своего Фонофильма со звуком на пленке. Фонофильм де Фореста содержит изображение и голос Франклина Д. Рузвельта, выдвигающего имя А. Смита на Национальном съезде Демократической партии 1924 года. На поле кинокадров (в центре и справа) на левой их части видна дорожка звуковой записи переменной плотности в виде прямых горизонтальных линий [24].

Fig. 12. Lee De Forest poses in a 1922 photo with a strip of his Phonofilm sound-on-film. De Forest's Phonofilm documents the sight and sound of Franklin D. Roosevelt placing Al Smith's name into nomination at the 1924 Democratic National Convention. In the field of film frames (in the center and on the right), on the left side of them, a variable-density sound recording track is visible in the form of straight horizontal lines [24]

Технология *Phonofilm* де Фореста вскоре не выдержала конкуренции. Тем не менее, в 1959 году Академия кинематографических искусств и наук (*Academy of Motion Picture Arts and Sciences*) наградила его почетным «Оскаром» за «его новаторское изобретение, принесшее звук в движущиеся изображения» (англ. *his Pioneer Invention which brought Sound to the Motion Picture*) и установила звезду на Голливудской аллее славы, рис. 13.

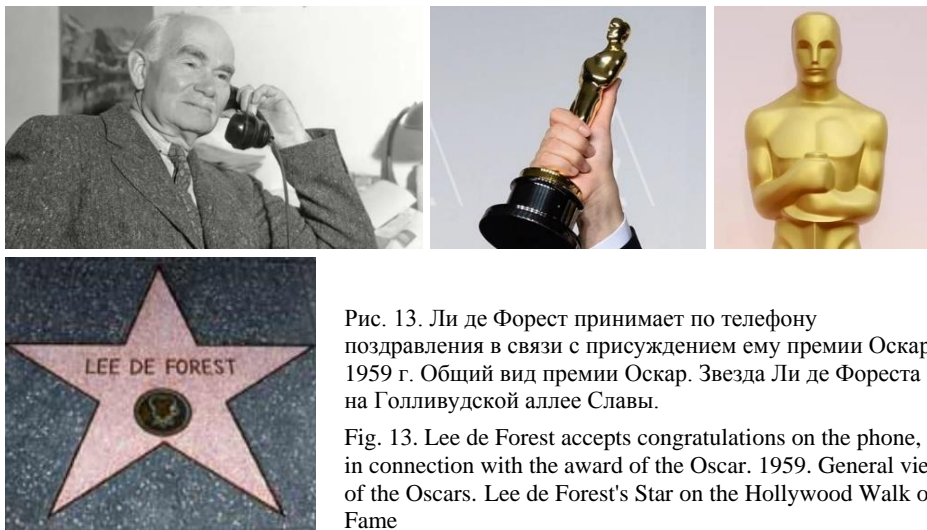


Рис. 13. Ли де Форест принимает по телефону поздравления в связи с присуждением ему премии Оскар. 1959 г. Общий вид премии Оскар. Звезда Ли де Фореста на Голливудской аллее Славы.

Fig. 13. Lee de Forest accepts congratulations on the phone, in connection with the award of the Oscar. 1959. General view of the Oscars. Lee de Forest's Star on the Hollywood Walk of Fame

На 30-й встрече выпускников колледжей в 1926 году Йельский университет наградил де Фореста почетной степенью доктора наук. В приветствии по этому поводу отмечено: «Доктор Де Форест - один из выдающихся магов в романтической области современной науки; он помог сделать нынешний век преимущественно веком чудес» (англ. Dr. De Forest is one of the foremost magicians in the romantic domain of modern science; he has helped to make the present age preeminently the age of miracles).

7. Четвертая жена

В 1930 году Ли де Форест, будучи президентом Института радиоинженеров, выступил в Торонто на Канадском съезде. После выступления он был приглашен его дальней родственницей киноактрисой Бебе Дэниелс (*Bebe Daniels*) к ней домой на вечеринку. Во время плавания с гостями на серфинге на волнах де Форест познакомился очаровательной девушкой. Ею оказалась звезда немого кинематографа киноактриса Мари Москини (англ. *Marie Mosquini*, 03.12.1899—21.02.1983). Короткое знакомство быстро переросло в любовь. Через шесть недель произошла их свадьба в Нижней Калифорнии. Его друг, Джон Стоун Стоун, по доверенности был шафером. Некоторое время он оставался в Сан-Диего и тепло благословил этот брак.

В октябре 1930 года газеты писали об этом союзе: «Звон свадебных колоколов, и орган играет «*O Promise Me*». В день свадьбы Ли де Форесту было 57 лет, а его невесте Мари Москини — 31 год. Заголовок в газете *Los Angeles Times* гласил: «Брак де Фореста подтверждается». По всей видимости, это был секрет Голливуда: «Ходившие в Голливуде слухи о том, что доктор Ли де Форест, известный изобретатель, а также известный как “отец радио”, и киноактриса Мари Москини, тайно поженились в Тиа Хуане (*Tia Juana*). Об этом вчера подтвердили сообщения из приграничного города». [25]. Его последний брак со Мари Москини продлился с 1930 года до самой его смерти в 1961 году, рис. 14.

По словам де Фореста: «Этот брак был благословенным. Ибо с того октябрьского дня 1930 года мы с Мари доказали всем знакомым и всему миру, что внезапный брак может длиться всю жизнь и счастье на протяжении всей жизни. Поэтому я искренне призываю следовать избитому, но хорошо зарекомендовавшему себя девизу: “Если сначала и т. д... пробуй, пробуй еще раз!”» [9, p. 409].

Ли де Форест был счастлив как никогда: «Всегда вместе, неразлучные спутники, наша супружеская жизнь не оставляла желать лучшего — за исключением того, что ни один ребенок не благословил наш союз. Вне



Рис. 14. Мари Москини (1930 г.). Ли де Форест и Роберт Милликен в помещении офиса де Фореста в Калифорнии (август 1952 г.). Ли и Мари де Форест позируют на танцполе (1950-е...1960-е гг.). Вручение мемориальной премии доктора Ли де Фореста. Слева направо: Мари де Форест, неизвестная молодая женщина, и Меррилл Свон (1960-е гг.) [26].

Fig. 14. Marie Mosquini (1930). Lee de Forest and Robert Millikan in deForest's inner office in California (August 1952). Lee and Marie de Forest, posing on dance floor (1950–1960).

Dr. Lee de Forest memorial award presentation. From left: Marie de Forest, unknown young woman, and Merrill Swan (1960s) [26]

всякого сомнения, счастлив тот муж, у которого такая редкая жена, такая любящая, заботливая и такая прелестная, какую я нашел в моей Мари Москини. В этом отношении я снова действительно богат» [9, p. 411]. Любовь — это то чувство, которое давало духовные силы де Форесту для его научных свершений до конца его жизни.

В 1961 году Мари пожертвовала документы своего покойного мужа, множество фотографий, его *OSCAR* и большую часть его технологий Фонду Перхама (*Perham Foundation*) в Сан-Хосе. В начале 1970-х коллекция Перхама стала Музеем электроники Предгорья (*Foothills Electronics Museum*). Когда в начале 1990-х годов этот музей закрылся, бумаги де Фореста были перемещены в безопасное хранилище для хранения. В 2003 году коллекция Перхама, в том числе коллекция де Фореста, были переданы Историческому музею Сан-Хосе (*History San Jose*), главному музею истории Силиконовой долины.

В 1968 году Мари стала радиолюбителем с позывным WB6ZJR. В 1973 году она приняла участие в радиопередаче, посвященной столетию со дня рождения мужа.

8. Заключение

Де Форест был изобретателем, который, вероятно, внес наибольший вклад в переход от беспроводного телеграфа А. С. Попова к радиоэлектронной системе, передающей голос и музыку. Но, несмотря на название его мемуаров «Отец радио», он лишь отчасти добился славы, к которой стремился всю свою жизнь, возможно, потому, что всегда предпочитал

работать самостоятельно. Часто его окружали нечистые на руку сотрудники, к тому же, он никогда не сопоставлял свою научную проницательность с методом или трудовой этикой, часто оставляя незавершенным то, что он блестяще воспринял.

В конце концов де Форест не был уверен, радоваться или огорчаться тому миру, который он помог создать. В *Dawn of the Electronic Age*, статье 1952 года, которую он написал для *Popular Mechanics*, он ликовав о своем создании *Audion*, называя его «этот маленький желудь, из которого вырос гигантский дуб, который сегодня охватывает весь мир» [27]. В то же время он сетовал на «моральную испорченность» коммерческих вещательных средств массовой информации. «Меланхолическое представление о нашем национальном ментальном уровне получается из обзора “дебильности” большинства сегодняшних радиопрограмм», — писал он.

Заглядывая вперед в будущее приложений электроники, де Форест становился еще мрачнее. Он считал, что «электронные физиологи» в конечном итоге смогут отслеживать и анализировать «мысли или мозговые волны», позволяя «радость и горе измерять в определенных количественных единицах». В конце концов, заключает он, «профессор может внедрить знания в сопротивляющиеся мозги своих учеников ХХII века. Какие ужасающие политические возможности могут скрываться в них! Будем благодарны, что такие вещи предназначены только для потомков, а не для нас» [28].

В 1931 году Ли Де Форест продал одну из своих компаний *RCA*. В 1934 году он выиграл дело через судебный спор с Армстронгом, но потерял в некоторой степени свой общественный имидж. Невзирая на это, Ли де Форест всю свою жизнь следовал философии Иоганна Вольфганга Гёте и добивался успеха: «Человек должен непоколебимо верить, что непостижимое постижимо, иначе он ничего не сможет исследовать».

За свой вклад Ли Де Форест был награжден в 1922 году Почетной медалью Института радиоинженеров, а в 1946 году медалью Эдисона от *AIEE*, рис. 15. Медаль Эдисона была присуждена де Форесту за «новаторские достижения в области радио и за изобретение вакуумной лампы с точным управлением, имеющее глубокие технические и социальные последствия». Дэвид Сарнофф, президент *RCA*, после анализа научных и инженерных достижений де Фореста назвал электронную лампу одним из двадцати величайших изобретений всех времен [29].

«Электронные лампы были ключом к победе в войне и сегодня являются одной из надежд на достижение мира», — сказал Сарнофф [29]. Далее он продолжил: «Важно, что это изобретение выдержало испытание временем на протяжении сорока лет и что оно все еще продолжает расширять сферу своей полезности. В современной телеграфии, телефонии, радио, кинема-

тографии, фонографах, транспорте, навигации, авиации и сотнях промышленных операций теперь используется основное изобретение де Фореста».



Рис. 15. Награждение Ли Де Фореста медалью Эдисона в *AIEE*. 1946 г. Лицевая и оборотная части медали Эдисона *IEEE* за технические достижения.

Fig. 15. Lee De Forest was awarded the Edison Medal in *AIEE*. 1946. For technical achievement the *IEEE* Edison Medal's obverse and reverse

За свою жизнь Ли де Форест получил более 300 патентов. Его последний патент был получен в 1957 году, когда ему было 84 года. Его изобретения, казалось, должны были принести де Форесту многомиллионное состояние, но на момент его смерти у него было всего 1250 долларов наличными. Когда его завещание было подано в суд, то адвокат де Фореста заявил, что его клиент ничего не делал, чтобы увеличить свои активы, хотя у изобретателя была личная собственность, и он владел патентами, которые могли бы приносить дополнительный доход [30]. Ли де Форест скончался 30 июня 1961 года в Голливуде. Его похоронили на кладбище миссии Сан-Фернандо в Лос-Анджелесе, штат Калифорния.

Список литературы

1. Пестриков В. М. Проблемы дальней телефонии на рубеже 19 и 20 веков и поиски их решения // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2022. Т. 5, № 1. С. 117—151.
2. Пестриков В. М. Майкл Пупин и пупинизация телефонных линий // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2022. Т. 5, № 2. С. 260—293.
3. Пестриков В. М. Выбор тренда развития Bell System в начале XX века // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2022. Т. 5, № 3. С. 395—427.
4. Пестриков В. М. Роберт Милликен и его роль в рождении современных радиоламп // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2022. Т. 5, № 4. С. 587—610.
5. Пестриков В. М. Генезис аудиона Ли де Фореста // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2021. Т. 4, № 1. С. 42—79.
6. Пестриков В. М. Продажа Ли де Форестом прав на аудион AT&T и ее значение для развития радиотехники // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2023. Т. 6, № 2. С. 211—249.
7. Пестриков В. М. Успех бизнес-плана компании AT&T // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2023. Т. 6, № 3. С. 327—355.

8. Пестриков В. М. Изобретение электронного лампового усилителя звуковой частоты // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2020. Т. 3, №4. С. 433—455.
9. Lee de Forest. *Father of Radio : The Autobiography of Lee de Forest*. Chicago : Wilcox & Follett, 1950. First ed. 502 p.
10. Armstrong E. H. Operating features of the audion // *Electrical World*. December 12, 1914. Vol. 64, no. 24. P. 1149—1152.
11. Tyne Gerald F. J. The RJ4 Detector and the Wallace Mystery. In : *Antique Wireless Association Monograph (New Series)*. 1978. No. 1. P. 5—9.
12. Armstrong E. H. Wireless receiving system. Patent US1113149A. Patented October. 6, 1914. Application filed October 29, 1913.
13. De Forest L., Logwood C. Wireless receiving system. Patent US1170881A. Patented February 8, 1916. Application filed March 12, 1914.
14. Secor H. W. Dr. de Forest Wins Feed-Back Verdict // *Short Wave Craft*. 1934. No. 8. P. 199.
15. Armstrong E. H. Wireless Receiving System. Patent US 1113149A. Patent Application filed October 28. 1913. Patented Oct. 6. 1914.
16. Edwin Armstrong Invents the Regenerative Circuit.
URL: <https://historyofinformation.com/detail.php?id=2387> (01.07.2023).
17. Armstrong E. H. Some Recent Developments in the Audion Receiver // *Proceedings of the IRE*. Sept. 1915. Vol. 3, no. 3. P. 215—247.
18. Judge Mayer sustains Armstrong radio patent // *Pacific radio news*. July 1921. Vol. 2, no. 12. P. 410.
19. Armstrong E. H. The Regenerative Circuit // *The Electric Journal*. 1921. Vol. 18, no. 4. P. 153.
20. Forest Lee de. Oscillating-current generator. Patent US1201270A. Patented October 17, 1916. Application filed September 14, 1914.
21. The De Forest DV and DL Valves.
URL: <http://www.r-type.org/articles/art-277.htm> (02.07.2023).
22. Base UV. URL: <http://www.r-type.org/static/baseuv.htm> (02.07.2023).
23. Forest Lee de. Means for recording and reproducing sound. Patent US1446246A. Patented February 20, 1923. Application filed September 18, 1919.
24. Telling The Story of Sound Motion Pictures Through Contemporary Writings With additional narrative by the Curator. URL: <http://www.widescreenmuseum.com/sound/sound03.htm> (02.07.2023).
25. DeForest marriage verified // *The New York Times*. October 11, 1930.
26. Photos for Lee De Forest. Perham Collection of Early Electronics. History San Jose. Photo Record. URL: https://historysanjose.pastperfectonline.com/Photo?search_criteria=Lee+De+Forest+&onlyimages=false (02.07.2023).
27. Carr N. The shallows. What the Internet Is Doing to Our Brains. New York–London : W. W. Norton & Company, 2010. P. 54—55.
28. Forest Lee de. Dawn of the Electronic Age // *Popular Mechanics*, January 1952. P. 364.
29. De Forest honored as radio pioneer // *The New York Times*. January 2, 1947.
30. Lee de Forest // *Los Angeles Times*, July 2, 1961.
URL: <https://projects.latimes.com/hollywood/star-walk/lee-de-forest/index.html> (02.07.2023).

Информация об авторе

Пестриков Виктор Михайлович, д. т. н., профессор Санкт-Петербургского государственного института кино и телевидения, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация. ORCID 0000-0003-0466-881X.

Scientific Discoveries and Inventions of Lee de Forest, which Contributed to the Progress in Radio Tube Technology and Social Development

V. M. Pestrikov

*St. Petersburg State University of Film and Television
13, Pravda st. St. Petersburg, 191119, Russian Federation
pvm205@yandex.ru*

Received: July 2, 2023

Peer-reviewed: July 5, 2023

Accepted: July 10, 2023

Abstract: *The scientific discoveries and inventions of Lee de Forest, which left a noticeable mark in radio tube technologies and society, are considered and analyzed. De Forest's struggle for priority in opening feedback in an audio frequency amplifier is described. The superiority of de Forest in recording sound on film based on the Phonofilm technology invented by him was noted. It is shown how in the dramatic life of de Forest there was a place not only for scientific research, but also for love for women.*

Keywords: *Lee de Forest, feedback, regenerative radio reception, gridlick, DV triodes, Phonofilm, Marie Mosquini.*

For citation (IEEE): V. M. Pestrikov, "Scientific Discoveries and Inventions of Lee de Forest, which Contributed to the Progress in Radio Tube Technology and Social Development," *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 6, no. 4, pp. 410–439, 2023, doi: 10.29039/2587-9936.2023.06.4.31. (In Russ.).

References

- [1] V. M. Pestrikov, "Problems of Long-Distance Telephony at the Turn of the 19th and 20th Centuries and the Search for their Solutions," *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 5, no. 1, pp. 117–151, 2022, doi: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.10. (In Russ.).
- [2] V. M. Pestrikov, "Michael Pupin and Pupinization of Telephone Lines," *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 5, no. 2, pp. 260–293, 2022, doi: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.20. (In Russ.).
- [3] V. M. Pestrikov, "Choice of Development Trend of Bell System at the Beginning of the 20th Century," *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 5, no. 3, pp. 395–427, 2022, doi: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.30. (In Russ.).
- [4] V. M. Pestrikov, "Robert Millikan and His Role in the Birth of Modern Radio Tubes," *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 5, no. 4, pp. 587–610, 2022, doi: 10.29039/2587-9936.2022.05.4.41. (In Russ.).
- [5] V. M. Pestrikov "The genesis of Lee de Forest audion," *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 4, no. 1, pp. 42–79, 2021. (In Russ.).

- [6] V. M. Pestrikov, "Lee de Forest's Sale of Audion Rights to AT&T and Its Importance for the Development of Radio Technics," *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 6, no. 2, pp. 211–249, 2023, doi: 10.29039/2587-9936.2023.06.2.18. (In Russ.).
- [7] V. M. Pestrikov, "Success Business Plan for AT&T," *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 6, no. 3, pp. 327–355, 2023, doi: 10.29039/2587-9936.2023.06.3.25. (In Russ.).
- [8] V. M. Pestrikov "Invention of an electronic tube audio frequency amplifier," *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 3, no. 4, pp. 433–455, 2020. (In Russ.).
- [9] Lee De Forest, *Father of Radio*. 1950.
- [10] E. H. Armstrong, "Operating features of the audion," *Electrical World*, vol. 64, no. 24, pp. 1149–1152, December 12, 1914.
- [11] G. F. J. Tyne, "The RJ4 Detector and the Wallace Mystery", in : *Antique Wireless Association Monograph (New Series)*, no. 1, pp. 5–9, 1978.
- [12] E. H. Armstrong, "Wireless receiving system." Patent US1113149A. Patented October. 6, 1914. Application filed October 29, 1913.
- [13] L. De Forest and C. Logwood, "Wireless receiving system." Patent US1170881A. Patented February 8, 1916. Application filed March 12, 1914.
- [14] W. H. Secor, "Dr. de Forest Wins Feed-Back Verdict," *Short Wave Craft*, no. 8, p. 199, 1934.
- [15] E. H. Armstrong, "Wireless Receiving System." Patent US 1113149A. Patent Application filed October 28, 1913. Patented Oct. 6, 1914.
- [16] "Edwin Armstrong Invents the Regenerative Circuit."
URL: <https://historyofinformation.com/detail.php?id=2387>. (01.07.2023).
- [17] E. H. Armstrong, "Some Recent Developments in the Audion Receiver," *Proceedings of the IRE*, vol. 3, no. 3, pp. 215–247, Sept. 1915.
- [18] "Judge Mayer sustains Armstrong radio patent," *Pacific radio news*, vol. 2, no. 12, p.410, July 1921.
- [19] E. H. Armstrong, "The Regenerative Circuit," *The Electric Journal*, vol. 18, no. 4, p.153, 1921.
- [20] Lee de Forest, "Oscillating-current generator." Patent US1201270A. Patented October 17, 1916. Application filed September 14, 1914.
- [21] "The De Forest DV and DL Valves."
URL: <http://www.r-type.org/articles/art-277.htm> (02.07.2023).
- [22] "Base UV." URL: <http://www.r-type.org/static/baseuv.htm> (02.07.2023).
- [23] Lee de Forest, "Means for recording and reproducing sound." Patent US1446246A. Patented February 20, 1923. Application filed September 18, 1919.
- [24] "Telling The Story of Sound Motion Pictures Through Contemporary Writings With additional narrative by the Curator."
URL: <http://www.widescreenmuseum.com/sound/sound03.htm> (02.07.2023).
- [25] "DeForest marriage verified," *The New York Times*. October 11, 1930.
- [26] "Photos for Lee De Forest. Perham Collection of Early Electronics. History San Jose. Photo Record." URL: https://historysanjose.pastperfectonline.com/Photo?search_criteria=Lee+De+Forest+&onlyimages=false (02.07.2023).
- [27] C. Nicholas, *The shallows. What the Internet Is Doing to Our Brains*. New York–London : W. W. Norton & Company, pp. 54–55, 2010.
- [28] Lee de Forest, "Dawn of the Electronic Age," *Popular Mechanics*, p. 364, January 1952.
- [29] "De Forest honored as radio pioneer," *The New York Times*, January 2, 1947.
- [30] "Lee de Forest," *Los Angeles Times*, July 2, 1961.
URL: <https://projects.latimes.com/hollywood/star-walk/lee-de-forest/index.html> (02.07.2023).

Information about the author

Viktor M. Pestrikov, Dr. Tech. Sc., Professor, St. Petersburg State University of Film and Television, St. Petersburg, Russian Federation. ORCID 0000-0003-0466-881X.