



**№ 15. АВГУСТ 1922.**

**Издание Нижегородской Радиолaborатории Н. К. П. и Т.**  
Типография Нижегородской Радиолaborатории.

### **СОДЕРЖАНИЕ.**

|                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| О природе электрического тока. <i>В. Ф. Миткевича</i> . . . . .                                                                                                       | 468 |
| Опыт многократного телефонирования токами высокой частоты.<br><i>П. Шамова и Г. Куприянова</i> . . . . .                                                              | 481 |
| О выборе наиболее рациональной системы оттяжек для радиотелеграфных мачт. <i>В. Н. Тимофеева-Радзивилла</i> . . . . .                                                 | 489 |
| О терминологии и об основных величинах в технике пустотных приборов. <i>И. Г. Фреймана</i> . . . . .                                                                  | 508 |
| Катодный музыкальный инструмент. <i>Л. С. Термена</i> . . . . .                                                                                                       | 515 |
| О применении триода в качестве электрометра. <i>А. Минц</i> . . . . .                                                                                                 | 520 |
| К вопросу о причинах колебания силы приема при радиопередаче.<br><i>Б. Ильина</i> . . . . .                                                                           | 525 |
| Суточный ход силы приема на маломощных радиостанциях параллельно ходу ионизации и относительной влажности. <i>Б. Ильина</i> . . . . .                                 | 530 |
| Сравнительный экономический расчет различных систем радиостанций и проволочного телеграфа на дальность действия в 1000—3000 километров. <i>А. Ф. Шорина</i> . . . . . | 531 |
| Генерирующие точки кристаллов. <i>О. В. Лосева</i> . . . . .                                                                                                          | 564 |
| К вопросу о расчете мощности радиостанций. <i>Н. Н. Циклинского</i> . . . . .                                                                                         | 570 |
| Библиография . . . . .                                                                                                                                                | 575 |
| Письма в редакцию . . . . .                                                                                                                                           | 576 |
| Из иностранной литературы . . . . .                                                                                                                                   | 578 |
| Хроника; из жизни Нижегородской Радиолaborатории. . . . .                                                                                                             | 585 |

## О природе электрического тока<sup>1)</sup>.

*Проф. В. Ф. Миткевича.*

1. В связи с достижениями последнего времени наши представления о природе электрического тока приобрели до некоторой степени конкретное содержание. В течение долгого времени весь объем понятия „электрический ток“ сводился к признанию того факта, что электрический ток есть явление кинетического характера, т.е. какое-то движение. Фарадей мыслил об электрическом токе именно в таком направлении. И Максвелль в своей „Динамической теории магнетизма“ ограничился лишь этим общим представлением об электрическом токе. Однако, как ни кажется бедным и малосодержательным это представление, но в руках Максвелля оно оказалось весьма плодотворным. Оно позволило Максвеллю применить к системе токов уравнения движения обычной механики и при их помощи получить выражение для всех сил, проявляющихся в системе токов.

Пятьдесят лет тому назад, говоря об электрическом токе, как явлении кинетического характера, Максвелль не мог не отметить того обстоятельства, что он ничего больше не в состоянии сказать о природе тока. Между прочим, он говорит в одном месте<sup>2)</sup>: „Что касается скорости электрического тока, то мы уже показали, что ничего не знаем относительно этого: она может быть равною одной десятой дюйма в час или сто тысяч миль в секунду. Во всяком случае, мы настолько далеки от знания абсолютной величины этой скорости, что мы даже не осведомлены о том, представляет ли собою то, что мы называем положительным направлением тока, действительное направление движения или наоборот“.

Так обстояло дело пятьдесят лет тому назад. В настоящее время мы имеем возможность утверждать, что кое что нам уже известно о характере того движения, которое происходит в цепи электрического тока. Есть полное основание думать, что действительное движение в металлическом проводнике при прохождении по нему электрического тока совершается в направлении обратном тому, которое условно принимается за положительное. С современной точки зрения, в данном

<sup>1)</sup> Доклад на 8-м Всеросс. Электрот. съезде в Москве в окт. 1921 г. Перепечатывается из „Труды 8 Всеросс. эл. съезда“, выпуск 1, стр. 99—109 с разрешения и корректуры автора.

<sup>2)</sup> Maxwell. Treatise on El. and Magn. Vol. II, § 569.



случае мы имеем дело с движением электронов, т.е. атомов отрицательного электричества. Положительное электричество в явлении металлической проводимости, повидимому, активного участия не принимает. При прохождении же электрического тока через электролиты в процессе тока принимают участие и отрицательные, и положительные ионы, являющиеся более или менее сложными комбинациями атомов вещества. Полный ток складывается, если можно так выразиться, из двух токов положительного и отрицательного электричества, текущих одно навстречу другому. При прохождении электрического тока через газообразную среду, кроме тяжелых положительных и отрицательных ионов в числе носителей электричества присутствуют еще и электроны. Наконец, в случае электрического тока сквозь пространство, в совершенстве освобожденное от присутствия газа, мы опять можем иметь дело только с движущимися электронами. Что касается средней скорости движения электронов и ионов в различных случаях тока, то она в зависимости от условий колеблется в пределах от малых долей миллиметра в секунду до многих тысяч километров в секунду.

2. Было бы в высокой степени ошибочно думать, что процесс кинетического характера, называемый нами электрическим током, ограничивается упомянутым выше движением электронов и ионов внутри проводника. Как известно, в пространстве, окружающем проводник с током, наблюдается магнитное поле, которое мы должны рассматривать, как существеннейшую часть процесса тока, и которое обладает запасом энергии, имеющей все признаки кинетической энергии. Максвелл назвал ее электрокинетической энергией тока. Она равна  $\frac{1}{2}Li^2$ , где  $L$  — коэффициент самоиндукции контура цепи, а  $i$  — сила тока. Таким образом, магнитное поле тока само по себе связано с каким то движением, происходящим в том именно пространстве, где находится магнитное поле. Сверх того, необходимо считаться еще с одним родом движения, происходящего в пространстве вокруг проводника с током. Дело в том, что с современной точки зрения электромагнитная энергия, посылаемая вдоль проводов от генератора к приемникам, передается не веществом проводников, а диэлектриком, окружающим проводники. Последние, таким образом, являются лишь направляющими потока энергии, движущегося сквозь диэлектрик. Подобное представление о роли диэлектрика, окружающего проводник, было разработано в значительной степени, благодаря трудам Пойнтинга и Дж. Дж. Томсона. Они же сделали первую попытку обрисовать механизм переноса энергии в этом случае. Однако, как ни изящна сама по себе основная картина движения так называемых фарадеевских трубок, предложенная Пойнтингом и Дж. Дж. Томсоном, в некоторых случаях, как например, в явлении электромагнитной индукции, получаются столь сложные и запутанные построения, что невольно приходится задать вопрос, имеют ли эти построения отношение к тому, что действительно совершается в природе.

Я полагаю, что механизм процесса, происходящего вокруг проводника, в связи с движением электромагнитной энергии, можно представить в довольно несложной форме, если оперировать непосредственно с магнитным полем тока<sup>1)</sup>. Мои идеи, относящиеся к этому вопросу, в значительной степени подкрепляются в настоящее время своеобразной трактовкой закона электромагнитной индукции, принадлежащей Липпману<sup>2)</sup>, который исходит из недавно открытого Камерлинг—Оннесом состояния сверхпроводимости.

3. Попытаемся теперь представить вероятную картину того, что с моей точки зрения происходит в магнитном поле тока. С этой целью рассмотрим прежде всего простейший случай электромагнитной индукции. Наибольшего упрощения мы достигнем, взяв по примеру Липпмана контур, составленный из сверхпроводника, т.е. из проводника, для которого

$$r = 0.$$

Как известно, Камерлинг—Оннес показал, что такое состояние сверхпроводимости достигается металлическими проводниками при охлаждении их до температуры кипящего гелия.

Итак, допустим, что наш замкнутый контур составлен из сверхпроводника. Пусть, далее, некоторую свою часть контур этот охватывает магнитный поток, создаваемый каким-либо магнитом. Сначала в контуре нет тока. Он возникает, как только мы начнем, например, удалять друг от друга магнит и контур. Последний при этом будет стремиться перерезывать магнитные линии. Обозначая через  $\Phi$  внешний магнитный поток, сцепляющийся с контуром, и через  $\Phi_s$  — поток самоиндукции, вначале равный нулю, можем написать для рассматриваемого случая следующее уравнение электродвижущих сил:

$$-\frac{d\Phi}{dt} - \frac{d\Phi_s}{dt} = ri = 0,$$

откуда:

$$\Phi + \Phi_s = \text{const.}$$

Получается замечательный результат: магнитный поток, сцепляющийся с данным контуром, оказывается неизменяемым. Мы не властны изменить его как бы то ни было. Мы можем удалить магнит, который создает охватываемый контуром поток  $\Phi$ . Но вместо последне-

<sup>1)</sup> 15 ноября 1911 г. в заседании Физич. Отделения Р. Ф.-Х. О. автором сделан на эту тему доклад под заглавием: „К вопросу о механизме явления электромагнитной индукции“.

<sup>2)</sup> Lippmann. Comptes Rendus, t. 168, 1919, p. 73.

го возникает поток самоиндукции  $\Phi_s$ , равный ему и одинаково ориентированный относительно нашего контура, так что в результате контуром будет охватываться тот же магнитный поток.

Как известно, магнитный поток всегда стремится сохранить свою величину. Но в данном случае, при  $r = 0$ , это осуществляется полностью. Магнитный поток ведет себя, как некоторое количество движения, которое сохраняет свою величину при отсутствии сопротивления среды.



Черт. 1.

Итак вместо внешнего потока  $\Phi$  возникает такой же по величине поток самоиндукции  $\Phi_s$ . Все происходит так, как будто наш сверхпроводящий контур, охватывающий некоторый магнитный поток  $\Phi$ , не позволяет ни одной, магнитной линии этого потока уйти прочь из контура. Все происходит так, как будто бы сверхпроводник непроницаем для магнитных линий внешнего потока  $\Phi$ . Иными словами, при движении сверхпроводника поперек магнитных линий с ними происходит нечто подобное тому, что изображено на чертеже 1. Здесь проводник, перпендикулярный плоскости чертежа и представленный в сечении кружком, движется слева направо, стремясь перерезывать магнитный поток, исходящий из полюса  $N$  и входящий в полюс  $S$ . При этом, вследствие непроницаемости сверхпроводника, магнитные линии деформируются, вытягиваются в виде петель, охватывающих проводник, и, наконец, отрываются в виде замкнутых магнитных звеньев, нанизывающихся на контур проводника. Таким образом, кажущееся перерезывание магнитного потока нашим идеально проводящим контуром сопровождается отрыванием от каждой магнитной линии по одному звену, сцепляющемуся с контуром<sup>1)</sup>.

Необходимо здесь отметить, что мы оперируем с магнитными линиями, как с некоторыми реально существующими упругими нитями. В этом отношении мы поступаем в полном согласии с идеей Фарадея о „физических силовых линиях“ магнитного поля.

Итак, в процессе электромагнитной индукции на наш контур нализываются магнитные звенья. Они возникают в том месте, где происходит кажущееся перерезывание контуром внешнего магнитного потока, но вследствие бокового распора они, взаимно отталкиваясь, рас-

<sup>1)</sup> Мысль об отрывании звеньев от основного магнитного потока в процессе электромагнитной индукции высказывалась в 1899 году Флемингом (Fleming, Electrician, Vol. XLII, p. 764). Однако, он не обосновал этой идеи и не сделал ряда выводов, могущих привести к новому взгляду на природу электрического тока.



пределяются равномерно вдоль всего контура. При совершенном удалении нашего сверхпроводящего контура из сферы действия внешнего магнитного поля с контуром будут сцепляться только эти магнитные звенья, в совокупности образующие поток самоиндукции  $\Phi_s$ . Все части контура, даже сколь угодно далеко отстоящие от места возникновения магнитных звеньев, будут охватываться ими, будут, следовательно, окружены магнитным полем, которое мы рассматриваем, как магнитное поле тока, протекающего по сверхпроводнику. Подобного рода токи, индуктированные в лишенных сопротивления цепях, были в действительности недавно наблюдаемы Камерлинг—Оннесом в Лейдене. Эти токи существуют по инерции без всякой электродвижущей силы неопределенно долго, раз только сопротивление остается равным нулю. Единственным объективным признаком существования этих токов является именно связанное с ними магнитное поле, могущее действовать на вне расположенную магнитную стрелку.

Вместе с тем мы должны, конечно, мыслить, что внутри сверхпроводника текут электроны. В рассматриваемой схеме образование магнитных звеньев и нанизывание их на контур цепи сопровождается возникновением движения электронов внутри сверхпроводника. Как именно эти два явления связаны, сказать что-либо вполне определенное пока довольно затруднительно, но нельзя все же не вспомнить, что Максвелл представлял себе реально существующие магнитные линии, как замкнутые вихревые нити<sup>1)</sup>. В таком случае, при нанизывании этих вихревых колец на некоторый проводящий контур, с вращательным движением в вихрях мы невольно ассоциируем представление о каком-то поступательном движении вдоль контура.

4. Обратимся теперь к вопросу о запасе энергии в рассматриваемом случае электрического тока. Эта энергия есть электрическая энергия тока, и мы должны выразить ее через  $\frac{1}{2}Li^2$ . Для определения этой величины можем воспользоваться тем, что поток самоиндукции  $\Phi_s$  равен  $Li$ , откуда:

$$i = \frac{\Phi_s}{L}.$$

Пока сопротивление цепи равно нулю, джоулево тепло не выделяется,  $ri^2 = 0$ , электрическая энергия в цепи сохраняется, и сила тока остается неизменной неопределенно долго, сохраняется неизменным также и магнитный поток самоиндукции.

Представим себе теперь, что температура рассматриваемого сверхпроводника повышается и перейдет, наконец, предел, за которым сопротивление его становится конечным. Это сопротивление начнет теперь

<sup>1)</sup> Maxwell. Phil. Mag. 1861, Vol. XXI, p. 161 and 1862, Vol. XXIII, p. 12.

поглощать кинетическую энергию, запасенную в цепи и равную  $\frac{1}{2}Li^2$ . Мало по малу эта энергия будет превращаться в джоулево тепло в проводнике, пока весь запас ее не исчерпается, причем магнитное поле исчезнет, и сила тока станет равной нулю. Мы будем иметь то же явление, которое практически очень отчетливо наблюдается, когда цепь, обладающая значительным коэффициентом самоиндукции и несущая ток от какого-либо внешнего генератора, внезапно оказывается коротко замкнутой. Как известно, ток в рассматриваемой цепи при этом не прекращается внезапно, но ослабевает лишь мало по малу, асимптотически приближаясь к нулю.

Представляет большой интерес вопрос о том, каким именно путем энергия  $\frac{1}{2}Li^2$ , которая была распределена в пространстве, окружающем проводник, переходит теперь в вещество проводника. Носителями энергии  $\frac{1}{2}Li^2$  являются магнитные линии потока самоиндукции. Мне представляется неприемлемой мысль, что энергия магнитных линий может переходить внутрь вещества проводника сама по себе, как-то отделяясь от этих магнитных линий. В полном соответствии с представлением Фарадея о свойстве магнитных линий стягиваться, я полагаю, что в рассматриваемом случае все происходит так, как будто бы магнитные линии потока самоиндукции, т.-е. магнитные звенья, нанизанные на проводящий контур, начинают сокращаться, последовательно проникая внутрь вещества проводника и давая ему свою энергию. Направление вектора Пойнтинга в каждой точке поля определяет направление предполагаемого мною движения магнитных линий.

5. Продолжая рассуждать в намеченном выше направлении, мы естественно должны будем признать, что механизм, путем которого входит в проводник энергия, появляющаяся в форме джоулева тепла, должен быть тождественным во всех случаях электрического тока. Следовательно, в случае, например, постоянного тока, протекающего по обычной проводящей цепи с конечным сопротивлением, присоединенной к зажимам динамо-машины, относительно всех частей цепи, где выделяется джоулево тепло, мы должны представлять себе, что замкнутые магнитные звенья, сокращаясь, входят внутрь проводника и вносят при этом энергию, им присущую. Процесс этот продолжается при постоянном токе неопределенно долго. Следовательно, непрерывная убыль магнитных звеньев из состава потока самоиндукции должна непрерывно же восполняться за счет какого-то процесса. Так как с этим связано и движение энергии от генератора, в данном случае динамо-машины, то естественно в генераторе же видеть и источник для пополнения запаса магнитных звеньев. В этом отношении остается в силе картина возникновения самостоятельных магнитных звеньев, которую мы развили применительно к индукции тока в контуре сверхпроводника. Насколько наша обычная цепь является проводящей электрический ток, в такой же мере она оказывается непроницаемой для маг-

нитных линий внешнего магнитного потока. Действительно, если цепь проводит электрический ток, то все части ее окружены магнитным полем тока, которое в виде замкнутых магнитных звеньев, образующих поток самоиндукции, охватывает проводник цепи. Известное количество этих замкнутых магнитных звеньев, не сливающихся с магнитным потоком динамо-машины, окружает и проводники, которые при своем движении поперек этого магнитного потока должны, казалось бы, его перерезывать. Но это не может иметь места, ибо проводник, так сказать, „забронирован“ окружающими его замкнутыми магнитными звеньями, которые, в силу бокового распора между одинаково направленными магнитными линиями, препятствуют магнитным линиям внешнего магнитного потока приблизиться к самому проводнику. Следовательно, кажущееся перерезывание некоторой магнитной линии нашим проводящим ток проводником должно сопровождаться деформированием этой магнитной линии согласно схеме, нарисованной нами для сверхпроводника, и в результате магнитная линия не перерезывается проводником, но, в связи с отделением магнитного звена, оказывается перекинувшейся на другую сторону проводника. Таким образом, мы должны представлять себе, что в динамо-машине при движении проводников поперек основного магнитного поля от него непрерывно отделяются замкнутые магнитные звенья, нанизывающиеся на проводник и затем через посредство коллектора и щеток переходящие на внешнюю часть нашей замкнутой цепи. Каждое магнитное звено несет с собою некоторое количество энергии и именно столько, сколько израсходовано было механическим двигателем, приводящим в движение динамо-машину, на деформирование соответствующей магнитной линии основного потока. По мере расходования магнитных звеньев в различных частях цепи, туда продвигаются вновь образовавшиеся звенья, неся с собою запас энергии, восполняющий ту убыль, которая имеет место вследствие выделения джоулева тепла.

6. Мы знаем, что энергия электрического тока может расходоваться не только на нагревание проводника. Из числа других случаев расходования этой энергии остановим наше внимание на превращении ее в механическую работу. Это имеет место в электродвигателях. Но энергию электрического тока мы теперь отождествляем с энергией магнитных звеньев, сцепляющихся с проводящим контуром. Как же энергия этих магнитных звеньев может превращаться в механическую работу вместо того, чтобы превращаться в джоулево тепло? Очевидно, это должно осуществляться при помощи некоторого процесса, снимающего магнитные звенья с контура электрической цепи. Выше рассмотренный чертеж, послуживший нам для выяснения механизма электромагнитной индукции, может иллюстрировать и происходящее в электродвигателе. Пусть в магнитном поле, исходящем из  $N$  и входящем в  $S$ , т.е. направленном на чертеже сверху вниз, находится проводник с током, перпендикулярный плоскости чертежа и представленный в сечении



кружком. Допустим, что ток идет от нас. В таком случае результирующее магнитное поле, образовавшееся от слияния основного магнитного поля и поля тока, получит хорошо знакомый нам вид, представленный на чертеже. Мы знаем, что возникающая в настоящем случае электромагнитная сила будет двигать проводник справа налево. Все происходит так, как будто бы проводник стремился двигаться, вследствие тенденции искривленных магнитных линий выпрямиться с сокращением длины. Но по мере продвижения проводника влево все новые и новые линии основного потока будут сливаться с магнитными звеньями, непрерывно притекающими к рассматриваемой части цепи. И вновь образовавшиеся искривленные магнитные линии, выпрямляясь, будут продолжать двигать проводник.

Мы здесь имеем дело с процессом, обратным тому, который происходит в генераторе. Именно, в генераторе от основного магнитного потока отрываются магнитные звенья, убегающие вдоль проводов во внешнюю цепь. В электродвигателе эти магнитные звенья, притекающие непрерывно со стороны генератора, вновь воссоединяются с главным магнитным потоком. В генераторе на деформирование магнитных линий основного потока и на образование отрываемых магнитных звеньев расходуется энергия механического двигателя, разносимая этими звеньями по всей цепи. В электродвигателе энергия сливающихся с основным потоком магнитных звеньев обратно превращается в механическую работу при выпрямлении искривленных магнитных линий. Проводники, соединяющие генератор с электродвигателем, играют роль направляющих, вдоль которых бегут магнитные звенья, некоторые из которых, не успев дойти до электродвигателя, сокращаются и входят в проводник, выделяя джоулево тепло. Прочие звенья достигают электродвигателя и исчезают в нем, расходуясь на совершение механической работы и, отчасти, на нагревание проводников электродвигателя.

Такова, в общих чертах, картина процессов, происходящих, с моей точки зрения, в пространстве, окружающем проводник с током и дополняющих то движение электричества, которое происходит внутри проводника.

7. Обратимся теперь к некоторым соотношениям, вытекающим из развиваемой мною точки зрения на природу электрического тока. Прежде всего, остановимся на соотношении между направлениями магнитного поля, движения проводника и индуктированного тока. Представление об отрывании от основного магнитного поля магнитных звеньев, нанизывающихся на проводник, делает совершенно излишними правило Флеминга и другие правила для определения направления индуктированного тока. В самом деле, картина отрывания магнитных звеньев непосредственно дает нам направление магнитного поля вокруг проводника, по которому течет индуктированный ток. Отсюда, пользуясь единственно правилом штопора, мы получаем направление индуктированного тока.

Аналогичным образом нет надобности и в особых правилах для определения направления электромагнитной силы, взаимодействия проводника с током и внешнего магнитного поля. Картина результирующего магнитного поля в связи с представлением о стремлении магнитных линий сократить свою длину совершенно просто определяет направление электромагнитной силы, как это было сказано выше.

8. С рассматриваемой точки зрения величина электродвижущей силы индукции измеряется скоростью образования магнитных звеньев, нанизывающихся на контур цепи. Можно сказать:

$$1 \text{ вольт} = 10^8 \text{ магнитных звеньев в секунду.}$$

При установившемся токе разность потенциалов, расходуемая на некотором участке цепи, измеряется числом магнитных звеньев, поглощаемых на этом участке в течение одной секунды. Часть этих магнитных звеньев,  $ri$ ,  $10^8$  исчезает в проводнике, внутрь которого они проникают, сокращаясь. Другая часть может исчезать в связи с какими-либо иными процессами, сопровождающимися расходом электрической энергии на данном участке цепи. Так, в случае электродвигателя, обратная электродвижущая сила которого равна  $e$ , в каждую секунду воссоединяется с основным магнитным потоком  $e \cdot 10^8$  магнитных звеньев, снимающихся при этом с контура цепи.

При переменном токе, сверх того, в каждый данный момент к рассматриваемому участку цепи притекают от генератора магнитные звенья со скоростью  $\frac{d(Li)}{dt}$ . Эти магнитные звенья, так сказать, поглощаются данным участком, расходуясь на создание потока самоиндукции  $Li$ . Ясно, конечно, что знак производной  $\frac{d(Li)}{dt}$  может быть положительным и отрицательным.

Весь поток самоиндукции, сцепляющийся с данным проводящим контуром, состоит из магнитных звеньев, образовавшихся в генераторе путем отрывания от главного магнитного потока. Действительно, уравнение электродвижущих сил для данного простейшего случая можно написать так:

$$ri + \frac{d(Li)}{dt} = e = \frac{dN}{dt},$$

где  $N$  есть число магнитных звеньев нанизывающихся в генераторе на проводник. Отсюда путем интегрирования получаем:

$$rq + Li = \int edt = \Delta N,$$

где  $q$  есть количество электричества,  $\Delta N$ —число магнитных звеньев, наизинных на проводник во время установления потока самоиндукции  $Li$ . Ясно, следовательно, что

$$Li \leq \Delta N,$$

т.-е. поток самоиндукции не больше числа образовавшихся в генераторе магнитных звеньев. В предельном случае, при  $r = 0$ , мы имеем

$$Li = \Delta N,$$

соотношение, рассмотренное уже нами раньше в несколько иной форме.

9. Сопротивление проводника можно рассматривать, как свойство поглощать электромагнитную энергию из пространства, окружающего проводник, т.-е. как способность поглощать магнитные звенья.

Силу тока, определяемую силою магнитного поля тока, т.-е. степенью густоты магнитных звеньев в пространстве вокруг проводника, можно также измерять скоростью, с которою магнитные звенья поглощаются проводником, имеющим некоторое определенное сопротивление. Таким образом, можно сказать, что один ампер есть такая сила тока, при которой каждый ом поглощает магнитные звенья со скоростью  $10^8$  в секунду.

10. Энергия, выделяемая в проводнике в виде тепла, должна быть равна запасу энергии в магнитных звеньях, вошедших за соответствующий промежуток времени внутрь проводника. Выражая все величины в абсолютных единицах, мы можем сказать, что в течение одной секунды выделяется в виде тепла  $e \cdot i$  эргов. В то же время проводником поглощается  $e$  магнитных звеньев. Следовательно, каждое входящее в проводник магнитное звено вносит количество энергии:

$$a = i \text{ эргов.}$$

С другой стороны, электрокинетическая энергия тока выражается следующим образом:

$$T_e = \frac{1}{2} Li^2.$$

Эта энергия может быть рассматриваема, как энергия магнитного поля тока, т.-е., следовательно, как энергия, несомая магнитными звеньями в качестве элементов магнитного поля. Но вся совокупность магнитных звеньев, сцепляющихся с контуром тока, составляет поток самоиндукции данного тока, причем величина этого магнитного потока определяется соотношением

$$\Phi_s = Li.$$



Отсюда следует, что на долю каждого магнитного звена приходится количество энергии:

$$a^1 = \frac{1}{2} i \text{ эргов.}$$

Эту величину можно определить и другим способом. Именно, можно вычислить количество энергии магнитного поля в объеме любой единичной трубки магнитной индукции, сцепляющейся с контуром тока. Выражая силу магнитного поля  $H$  через силу тока  $i$ , мы в конце концов приходим к той же величине:

$$a^1 = \frac{1}{2} i.$$

Сопоставляя этот результат с полученным ранее, имеем:

$$a^1 = \frac{1}{2} a.$$

Этот результат находится в полном соответствии с теорией Пойнтинга о движении электромагнитной энергии в поле тока. Согласно этой теории электромагнитная энергия, входящая внутрь проводника через боковую поверхность его, складывается из двух равных частей: энергии электрического поля и энергии магнитного поля. В рассматриваемом случае мы приписываем магнитным звеньям, сокращающимся и входящим внутрь проводника, свойства носителей электромагнитной энергии. Половина полной энергии, вносимой звеном внутрь проводника, есть энергия магнитного поля, как такового, и равна  $\frac{1}{2} i$  эргов. Вторая половина, тоже равная  $\frac{1}{2} i$  эргов, представляет собою, с нашей точки зрения, энергию движения магнитных звеньев, воспринимаемого нами в форме электрического поля. Полная энергия, несомая звеном внутрь проводника, есть  $i$  эргов.

12. Сосредоточим теперь наше внимание на поведении магнитных звеньев внутри проводника. Каждое магнитное звено, как было показано выше, несет с собою количество энергии, равное  $i$  эргам. Это количество энергии сохраняется неизменным во все время процесса сокращения размеров звена, пока оно не подошло к поверхности проводника и не начало входить внутрь его. Внутри же вещества проводника сокращение магнитного звена сопровождается расходом несомой им энергии, соответственно непрерывному уменьшению площади, охватываемой контуром звена, т.е. соответственно уменьшению силы

тока, проходящего сквозь контур звена. Таким образом, казалось бы, магнитное звено в процессе сокращения внутри проводника должно окончательно исчезнуть, отдав веществу проводника весь свой первоначальный запас энергии. Есть, однако, некоторое основание думать, что заключение относительно окончательного исчезновения магнитного звена не вполне справедливо. Дело в том, что по Максвеллю магнитный поток, сцепляющийся с данным контуром, определяет собою величину момента количества движения в электрокинетическом процессе, происходящем в этом контуре. Следовательно, каждое магнитное звено обладает некоторым постоянным моментом количества движения. В абсолютной электромагнитной системе этот элементарный момент количества движения равен единице. И это не зависит от каких бы то ни было сил токов, или от геометрических условий. Каковы бы ни были размеры магнитного звена, будет ли это размер земной орбиты, или речь идет о магнитном звене, сократившемся до молекулярных размеров, мы неизменно должны иметь:

$$p = 1,$$

где  $p$  есть момент количества движения в электрокинетическом процессе, приурочиваемом нами к одному магнитному звену. В связи с этим, трудно себе представить, чтобы магнитное звено, сокращающееся до молекулярных размеров, как-либо внезапно исчезло. Оно должно продолжать существовать, ибо  $p$  не изменяется. А раз величина  $p$  сохраняется, то должна сохраниться и некоторая система, являющаяся носителем этого неизменно постоянного физического количества.

Итак мы пришли к заключению, что магнитное звено, сокращаясь до предельно малых размеров, может передать веществу проводника свой запас энергии, однако, само по себе оно не исчезает. Магнитное звено может претерпевать какие угодно изменения, но при всем том оно не уничтожаемо. В этом отношении свойства магнитных звеньев весьма напоминают свойства гелимгольцевских вихрей в безграничной идеальной жидкости. Нельзя опять не вспомнить, что реально существующие магнитные линии Максвелль представлял себе, как некоторые вихревые нити.

Что же представляют собою эти сократившиеся до предельно малых размеров магнитные звенья? По этому поводу можно сказать следующие общие соображения. Элементарное магнитное звено, оказавшееся в объеме проводника, должно находиться в состоянии некоторого движения, ибо оно не может не принять участия в том непрерывном движении, которое совершается внутри вещества. К этому заключению мы придем и отождествляя замкнутое магнитное звено с некоторым вихревым кольцом. Последнее будет двигаться перпендикулярно плоскости, в которой оно находится, и при том, как показал Гельмгольц,

в строго определенном направлении, находящемся в простом соотношении с направлением вихревого движения. Но всякое движущееся подобным образом магнитное звено, или магнитный вихрь, будет обладать всеми свойствами электрического заряда, якобы находящегося в геометрическом центре вихревого кольца. Имея дело с движущимся с большою скоростью элементарным магнитным звеном, мы будем наблюдать электрическое поле, радиально расходящееся из этого центра. С другой стороны, движущийся электрон окружен магнитным полем, имеющим такой характер, какой именно мы имеем в случае движущегося магнитного звена. Одним словом, между движущимся с большою скоростью элементарным магнитным звеном и движущимся электроном нет никакого различия по существу. Таким образом мы пришли к некоторому заключению по вопросу о природе атома электричества — электрона, мы пришли к отождествлению электрона с сократившимся до предельно малых размеров магнитным звеном. Необходимо только при этом оговориться. В наших рассуждениях мы имели все время в виду движущиеся электроны. Однако, должно указать, что никакие иные электроны и не встречаются в обычной реальной обстановке. Всегда мы имеем дело лишь с движущимися электронами. Впрочем, и это обстоятельство не имеет существенного значения если имеет отношение к действительности идея Стэнли Аллена<sup>1)</sup> о кольцевом электроде, который с развиваемой нами точки зрения можно мыслить, как элементарный магнитный вихрь, движущийся по некоторой орбите, вмещающейся в объем, нормально приписываемый электрону.

Итак, наше представление о природе электрического тока привело к результатам, проливающим некоторый свет на вопрос о строении электрона. Все происходит так, как будто бы образующиеся в генераторе магнитные звенья, которые мы можем рассматривать, как кванты энергии, посылаемой от генератора к приемникам, в процессе выделения джоулева тепла поглощаются проводником и при этом не исчезают бесследно, но дают начало новым электронам. Магнитные звенья, оторвавшиеся от основного потока динамо-машины за счет энергии первичного механического двигателя, в конечном итоге превращаются в электроны, т.е. в элементы материи.

---

<sup>1)</sup> H. Stanley Allen. Phil. Mag. 1921. January, p. 113.



## Опыт многократного телефонирования токами высокой частоты.

*П. Шмакова и Г. Куприянова.*

§ 1. Мысль о многократной передаче по одному проводу как телеграфных знаков, так и разговора, уже давно искала воплощения в реальные формы. К решению этой проблемы токами низкой частоты с разных сторон подходили многие ученые и инженеры (Elisha Gray 1886 г., Pupin 1892—98 гг., Hutin et Leblanc 1892 г., Ruhmer 1909—10 гг. и др.).

Применением принципов радиотелеграфии и телефонии (германский патент С. М. Айзенштейна 1907 г., работы G. Squier'a 1910 г.) открывается новая страница в истории мультимпльной передачи по проводам. Если принять взгляд, что энергия передается окружающим эфиром, а провод служит только направляющим сердечником, то физическая картина подобной передачи становится ясной. Принципиальная схема многократной телефонии (черт. 1 стр. 485) представляется состоящей из ряда настроенных друг на друга передающих и приемных контуров. Но только развитие триодной лампы до степени устойчивого, надежно действующего инструмента как для усиления речи, так и для модуляции и демодуляции, приблизило систему передачи высокой частотой к практическому использованию. Этому же, кроме того, способствовало:

а) Развитие техники передачи энергии по проводам и методов устранения взаимного влияния цепей.

в) Выработка электрических фильтров и улучшение техники разделения частот.

Чтобы система удовлетворяла коммерческим требованиям, она должна быть в состоянии конкурировать с обычными методами, т.е. чтобы была в той же мере надежна и устойчива и давала ту же степень тайны разговора и надежности от вмешательства. Кроме того, система должна быть в случае нужды легко исправляема и неизменно всегда быть к услугам пользующихся ею, как обычный телефон. И все эти условия должны достигаться с издержками меньшими, чем при обычных системах. А т. к. при современных условиях производства стоимость установок новой системы выше обычной, то применение ее

рационально только на длинных линиях, где экономия достигается за счет проводов.

В Германии подобная система установлена и находится в ежедневном пользовании на линии Берлин—Франкфурт (600 км). Телефонных разговоров накладывается на цепь 6 пар, кроме пары обычных разговоров, телеграфных—12 пар. В Америке (U. S. A.) такие установки действуют на длинных телефонных линиях системы Белля и обслуживаются обычным кадром телефонных служащих. Телефонных разговоров накладывается 4 пары, кроме обычной, телеграфных—10. Числа эти не представляют собой высшего предела, а объясняются соображениями экономическими. Число разговоров, как это понятно, ограничено пределами частот, принятыми в системе и допускающими практически ту или иную разность их, при которых имеют место биения. Американская практика доводит эту разность до 2000 колебаний в секунду<sup>1)</sup>, немецкая—до 5000—5500<sup>2)</sup>.

Здесь следует отметить, что абонент пользуется обычным телефоном, и только при центральной станции имеется особая подстанция высокой частоты, где он включается в междугородную линию. Примерная схема междугородных сношений представлена на черт. 2.

§ 2. Наши работы, предварительные результаты которых здесь сообщаются, начаты год тому назад, когда в России было известно и притом в самых общих чертах только о работах Сквайера<sup>3)</sup>.

Первая схема передатчика, примененная нами и подкупающая своей простотой, изображена на черт. 3. Микрофон *M* включался непосредственно в колебательный контур. К микрофону, меняющему свое сопротивление сообразно с амплитудой произносимого перед ним звука, должно быть предъявлено требование, чтобы эти изменения сопротивления были достаточно велики, дабы иметь значительную модуляцию посылаемой энергии. Подбором элементов контура и сопротивления микрофона можно было достичь хорошей слышимости речи.

Схема черт. 3 с успехом может быть применена только для расстояний пригородного сообщения. А чтобы преодолеть расстояния в сотни и тысячи километров, модуляция должна быть более совершенной. И как первое приближение к этому, после испытания целого ряда схем, нами взята схема воздействия микрофона на цепь сетки (черт. 4). Здесь весьма существенную роль играет микрофонный трансформатор *Tr*. Так как в качестве генератора незатухающих колебаний применялась французская лампа, имеющая прямолинейную характеристику примерно от—5 до +25 вольт, то наш трансформатор должен иметь на зажимах

<sup>1)</sup> E. H. Colpitts and O. B. Blackwell. Journ. of the Amer. Inst. of Electr. Engin. № 4. p. 301. 1921.

<sup>2)</sup> Telefunken-Zeitung. №№ 19, 20 и 21. 1920.

<sup>3)</sup> W. H. Eccles. Wireless Telegraphy and Telephony, p. 325. London. и Д. Стоп-Стоп „Вестник Телеграфии без проводов“. 6—7. p. 166, 1913 г.

вторичной обмотки около 15 вольт, чтобы использовать полностью клапанную способность лампы. Это обстоятельство служило исходным пунктом для расчета трансформаторов, при том ограничении, которое налагалось первоначальным током в 0.4 — 0.5 амп, пропускаемым через микрофон.

Для трансформаторов достаточной мощности необходимы значительные изменения магнитного потока в его сердечнике, т. к. индуцированная эдс во вторичной обмотке будет

$$E = \frac{d\Phi}{dt},$$

где величина  $dt$ , обусловленная быстротою изменений микрофоном силы тока в первичной обмотке, от нас не зависит. А изменения  $d\Phi$  будут достаточно велики, когда сам поток  $\Phi$ , имеющий выражение:

$$\Phi = \frac{4\pi mJ}{ls},$$

будет велик. И  $\Phi$  тем больше, чем больше:  $m$ —число оборотов первичной обмотки,  $\mu$ —магнитная проницаемость,  $s$ —поперечное сечение сердечника, и чем меньше  $l$ —длина магнитной цепи. Но при большом  $m$  первичная обмотка будет обладать большим коэффициентом самоиндукции, что вызывает значительные экстратоки замыкания и размыкания и, благодаря этому, искрение между контактными поверхностями микрофона. Тогда пришлось бы для полного размагничивания сердечника или включать третью, компенсационную обмотку с емкостью, или же на зажимах вторичной дать обратного знака добавочное напряжение. Эти добавления улучшают действие трансформатора.

При испытании трансформаторов пользовались схемой черт. 5, причем, после нескольких опытов воспроизведения звука перед микрофоном  $M$ , остановились в целях постоянства на получении его с помощью телефона  $T$ , питаемого током от лабораторной 1000—периодной машинки. Испытания выяснили, что: 1) сопротивление первичной должно быть возможно малым, 2) в зависимости от степени насыщения, первичная должна иметь определенное число ампер-витков, 3) вольтаж на зажимах вторичной растет медленнее, чем коэффициент трансформации и 4) замкнутый сердечник, давая несколько большее полезное действие, нежели открытый (и особенно при указанных выше добавлениях), не вносит ощутимого искажения речи.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Применяемые нами трансформаторы обладали тем свойством, что только при определенном включении вторичной обм. на сетку генератора последний работал устойчиво, тогда как при обратном—речь рвалась. Явление протекает так, как будто вследствие несовершенной изоляции ток первичной обм. просачивается на вторичную и создает полусность. Или же, если предположить, что микрофонный ток не синусоидален, то при одном включении работаем на одной части характеристики, а при обратном—на другой, могущей зайти за перегиб.



Осциллографические исследования показали, что модулированная энергия при схеме черт. 3 не превышает 10% общей энергии, тогда как при схеме черт. 4 она составляет не менее 80%. Кроме того, осциллограммами установлено, что линия переменного тока в зависимости от накала и микрофонного тока иногда понижается, иногда повышается. Так что по показаниям антенного (линейного) амперметра нельзя точно судить о величине энергии в линии.

Опытами в лаборатории было установлено, что при приеме с одним промежуточным контуром, наши два генератора допускают разность частот до 4600—5000, не давая биений. В качестве приемника применялся обычный приемник РОБТиТ'а с простой схемой.

Для связи генератора и приемника с линией нами применялась первоначально схема (черт. 6), в которую был введен конденсатор  $C_1$  для настройки линии, или вернее, для создания условий, соответствующих ее характеристике. Выражение характеристики линии, как известно, имеет вид:

$$Z = \sqrt{\frac{i\omega L + R}{i\omega C + A}},$$

где  $A$  — утечка,  $[Z]$  имеет размерность сопротивления. Для наилучшего использования линии нужно, чтобы

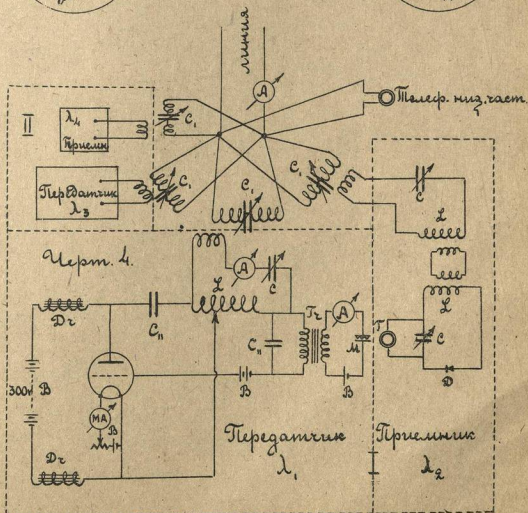
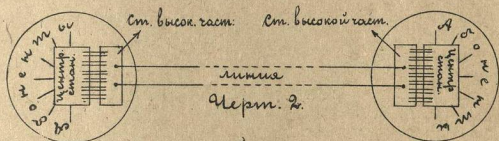
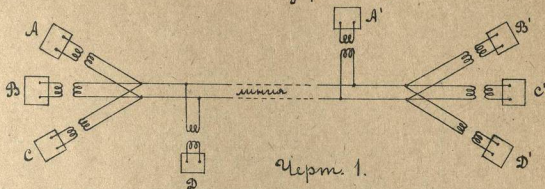
$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

сопротивлению цепи связи, которое зависит от длины волны. При изменении  $\lambda$  конденсатор  $C_1$  позволяет сохранить указанное соотношение. Но при переходе к двум и более разговорам оказалось более рациональным включение указанного конденсатора в середину катушек самоиндукции, как изображено на черт. 4.

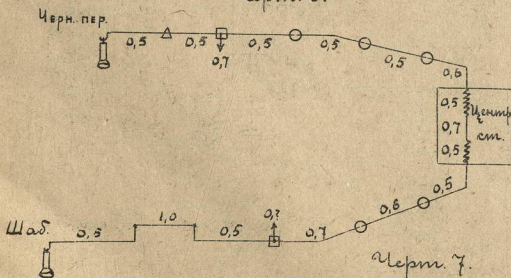
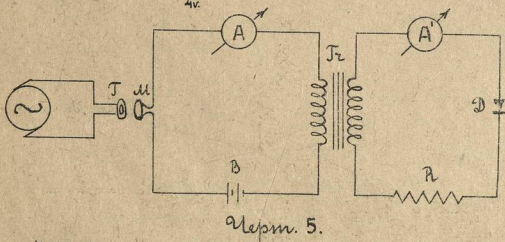
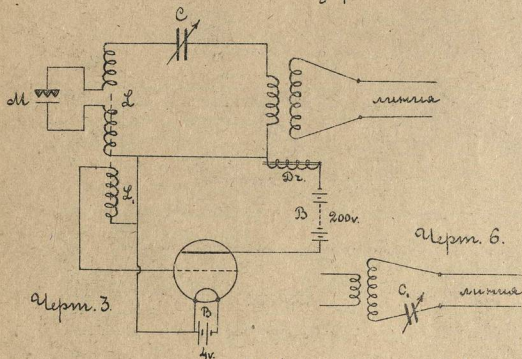
С этими техническими средствами была достигнута передача в Москве по городскому телефонному кабелю Шаболовка—Чернышевский пер. (через Центр. Телеф. Станцию) и 29 марта 1921 г. были демонстрированы в заседании РОРИ три односторонних разговора (два высокой и один низкой частоты). Передача происходила двумя, параллельно включенными, французскими лампами при 270 V. на аноде. Ток в линии—около 40 мА. Прием на усилитель 3 *ter*, с одной лампой в качестве детектора. Данные кабеля: длина 9 км, сечение различное—0,5, 0,6 и 0,7 мм, сопротивление 1500  $\Omega$ , емкость 0,2  $\mu F$  и сопротивление на изоляцию 300000  $\Omega$ . Изоляция бумажно-воздушная.

Для дальнейшего экспериментирования были сконструированы две подвижные станции по два трех-ламповых передатчика и два приемника

К статье П. Шманова и Т. Куприянова.



К статье П. Ушакова и Т. Куприянова.





на каждой панели (см. схему черт. 4). Диапазон рабочих волн—2000—17000 метров. Телефон и микрофон были заключены, как обычно, в одну трубку. Микрофонный ток, добавочное напряжение на сетку и питание накала генератора и усилителя происходило от одной общей 10-ти вольтовой батареи. Высокое напряжение для генератора и усилителя через дросселя бралось от 300 вольтовой батареи. С этими станциями были даны три встречных, одновременных разговора по одному и тому же кабелю. При этих опытах (с двумя лампами) передача речи была совершеннее, чем в обычный телефон (демонстрация 30 сентября 1921 г. перед Президиумом Всероссийской Радиоассоциации и Коллегией Научно-Технического Отдела ВСНХ). На черт. 7 изображен примерный путь рабочего кабеля, с указанием сечения его между шкафами и колодцами. Здесь ясно вырисовываются неблагоприятные условия работы, т. к. кабель имел:

1) Различное сечение—0.5, 0.6, 0.7 и мм (часть воздушной линии).

2) 11 переходов из одного сечения в другое.

3) 18 контактов, бывших не в нашем распоряжении, и кроме того, заложен в весьма различных комбинациях: однопарным кабелем, воздушной линией, 50-ти парным, 100 парным, 600 парным, 1200 парным и затем, проходя через кросс Центр. Ст.,—600 парным, 300 парным, 900 парным, 100 парным, 10 парным и парным.

Таким образом несомненно имело место сложное отражение. И тем не менее с весьма малой сравнительно энергией результаты были достигнуты очень благоприятные. Применение же большей мощности генераторов и усиления микрофонного тока несомненно даст возможность покрыть весьма значительные расстояния по воздушным линиям.

Для сравнения условий работы токами высокой частоты по кабелю и воздушному проводу интересно отметить пространственное затухание  $\beta$  для той и другой линии. В случае синусоидального тока будем иметь в конце линии:

$$I = I_{нач.} e^{-\beta l},$$

где  $l$  — длина провода. Затухание  $\beta$ , определяется из дифференц. телеграфных уравнений; в общем случае будет:

$$\beta^2 = -\frac{1}{2}(\omega^2 CL - AR) + \frac{1}{2}\sqrt{(\omega^2 C^2 + A^2)(\omega^2 L^2 + R^2)}.$$

В приводимой ниже таблице даны, по работам Fassbender'a и Habann'a,<sup>1)</sup> в зависимости от длины волны (в эфире) значения: сопро-

<sup>1)</sup> Н. Fassbender und E. Habann. Jahrb. f. drahtl. Tel. u. Tel., 15, s. 407. 1920.

тивления  $R$  в омах на километр, утечки  $A$  в микросименсах на километр и пространственного затухания  $\beta$  для бронзового провода с диаметром в 4 мм и кабеля в 0.8 мм с бумажно-воздушной изоляцией.

| $\lambda$ | $R$                        |                              | $A$                        |                              | $\beta$                    |                              |
|-----------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
|           | Провод<br>$\varphi = 4$ мм | Кабель<br>$\varphi = 0.8$ мм | Провод<br>$\varphi = 4$ мм | Кабель<br>$\varphi = 0.8$ мм | Провод<br>$\varphi = 4$ мм | Кабель<br>$\varphi = 0.8$ мм |
| 20000     | 5.99                       | 70.4                         | $A = 0$                    | —                            | 0.0053                     | —                            |
| 10000     | 9.18                       | 71.4                         |                            | —                            | 0.0081                     | —                            |
| 7000      | —                          | —                            |                            | 75.5                         | —                          | 0.284                        |
| 5000      | 12.64                      | 76.3                         |                            | 98.0                         | 0.0111                     | 0.299                        |
| 3000      | 16.03                      | 85.4                         |                            | 190.0                        | 0.0141                     | 0.341                        |
| 1500      | 22.34                      | 112.0                        |                            | 485.0                        | 0.0197                     | 0.462                        |
| 1000      | 27.17                      | 135.1                        |                            | 1590.0                       | 0.0240                     | 0.620                        |

Таким образом, грубо говоря, пространственное затухание для кабеля в 30 раз больше, чем для голого проводника.

Что же касается увеличения числа разговоров по одной цепи до предельного числа (с указанными станциями по нашим расчетам их можно довести до девяти), то это требует введения специальных электрических фильтров, каковые нами и разрабатываются.

В заключение считаем своим долгом выразить благодарность инженерам В. М. Лебеву и С. М. Айзенштейну за ценные указания и их постоянный интерес к нашей работе, а также Управляющему Моск. Телеф. Сетью, инженеру Н. В. Новикову за принятие срочных мер к исправлению линии при весьма частых обрывах.

Декабрь 1921 г.

Москва.

Радиолaborатория  
Секции „Электросвязь“  
ВСНХ.

## О выборе наиболее рациональной системы оттяжек для радиотелеграфных мачт.

*Инж. В. Н. Тимофеева-Родзивиц.*

Вопрос о конструировании радиотелеграфных мачт самым тесным образом связан с вопросом о выборе наиболее рациональной системы оттяжек, так как вертикальное давление, производимое оттяжками на мачту, вместе с собственным ее весом составляет, как это показывают расчеты, главную нагрузку на мачту. Но и собственный вес мачты в свою очередь зависит от давления, производимого оттяжками, так как при меньших давлениях получаются меньшие размеры поперечных сечений мачты и, следовательно, мачта будет легче. Отсюда ясно, какое значение в вопросе о проектировании радиотелеграфных мачт имеет вопрос о выборе системы оттяжек.

Все исследование по вопросу о выборе наиболее рациональной системы оттяжек можно подразделить на три части, соответственно тем трем факторам, которые могут характеризовать каждую систему, а именно: 1) выбор наиболее выгодного угла наклона оттяжек самого верхнего яруса, 2) выбор материала оттяжек и, наконец, 3) выбор числа рядов оттяжек.

В нижепомещенном исследовании мною были сделаны некоторые отступления от действительности, например, было принято, что ветер производит на мачту по всем направлениям одно и тоже давление, т. е. мачта была принята цилиндрической, было пренебрежено давлением ветра на оттяжки; такие отступления были сделаны исключительно с целью несколько упростить поставленную задачу и иметь возможность полученные выводы выразить математической формулой.

Разумеется, в настоящем кратком изложении не представилось возможным рассмотреть всех случаев наиболее рационального выбора системы оттяжек, имевших место на практике, да и вряд ли это было бы возможно, так как сплошь и рядом приходится делать выбор той или другой системы в зависимости от наличия материала, ограниченности места или каких-нибудь коммерческих соображений. Поэтому естественно, что исследование не может претендовать на общность и при проектировании мачт следует только придерживаться по мере возможности наивыгоднейшей системы.



Начнем рассмотрение с наиболее простого случая (черт. 1 стр. 495), когда у нас имеется мачта  $AB$  только с одним верхним ярусом оттяжек, и пусть такая мачта высотой  $H$  будет подвержена действию опрокидывающего момента  $M_0$ , например от действия ветра. Для того, чтобы удерживать мачту  $AB$  в равновесии, мы должны натянуть оттяжку  $Ab$  с такою силой  $N$ , чтобы

$$N \cos \alpha \cdot H = M_0. \quad (1)$$

Из этого уравнения, видно, что для различных оттяжек, при постоянном моменте  $M_0$ , величины сил натяжения  $N$  должны быть различными в зависимости от угла  $\alpha$  наклона оттяжек к горизонту. Как было указано выше, при расчете радиотелеграфных мачт имеет значение вертикальная слагающая силы  $N$ , т.е. сила  $P_x$ . Силы  $P_x$ , суммируясь, производят давление на мачту. Определим тот угол  $\alpha$ , при котором давление от одной оттяжки будет наименьшим. Это давление

$$P_x = N \sin \alpha; \quad N = \frac{l^2 \gamma f}{8h} + H \gamma f; \quad (2)$$

здесь  $l$  — длина оттяжки,  $\gamma$  вес материала оттяжки на единицу объема,  $f$  площадь поперечного сечения оттяжки и  $h$  — стрела прогиба. Обычно выражение для  $N$  имеет другой вид, а именно:

$$N = Sf = \frac{l^2 \gamma}{8h} \cdot f,$$

где  $S$  — напряжение материала оттяжек. Но мы вводим еще второй член  $H \gamma f$ , который учитывает добавочное увеличение натяжения в точке  $A$  оттяжки по сравнению с точкой  $b$  оттяжки, благодаря разности по высоте точек прикрепления оттяжек. После подстановки будем иметь:

$$P_x = \left( \frac{l^2 \gamma f}{8h} + H \gamma f \right) \sin \alpha = \left( \frac{l \gamma f}{0,08 \cdot p} + H \gamma f \right) \sin \alpha,$$

причем  $\frac{h}{l} = 0,01 p$ , где  $p$  выражает в % стрелу прогиба оттяжки.

Преобразуем последнее слагаемое так:  $H \gamma f = \frac{H \gamma f l}{l}$ ; тогда

$$P_x \left( \frac{l \gamma f}{0,08 p} + \frac{H \gamma f l}{l} \right) \sin \alpha = \frac{Q_x}{0,08 \cdot p} \sin \alpha + Q_x \sin^2 \alpha, \quad (3)$$

так как  $fl_{\gamma} = Q_x$  весу оттяжки, а  $\frac{H}{l} = \sin \alpha$ .

Из ур-ния (3) мы видим, что определение минимума  $P_x$  сводится к определению минимума суммы двух слагаемых  $\frac{\sin \alpha}{0,08 \cdot p} Q_x$  и  $\sin^2 \alpha Q_x$ . Найдем выражение для  $Q_x$ :

$$Q_x = fl_{\gamma} = \frac{N}{S} l_{\gamma}, \text{ где } N = \frac{l_{\gamma}^2 f}{8h} + H_{\gamma} f;$$

подставляя это значение  $N$  в выражение  $Q_x$ , получаем

$$Q_x = \frac{l_{\gamma}}{S} \left( \frac{l_{\gamma}^2 f}{8h} + H_{\gamma} f \right) = \frac{l_{\gamma}^2 f}{S} \left( \frac{l}{0,08 \cdot p} + H \right) = \frac{H}{\sin \alpha} \cdot \gamma^2 \frac{N}{S^2} \left( \frac{H}{0,08 \cdot p \sin \alpha} + H \right) = \frac{H}{\sin \alpha} \frac{\gamma^2 P_0 H}{S^2 \cos \alpha} \left( \frac{1}{0,08 p \cdot \sin \alpha} + 1 \right) = \frac{H_{\gamma}^2 M_0}{S^2 \sin \alpha \cos \alpha} \left( \frac{1}{0,08 p \sin \alpha} + 1 \right),$$

причем  $P_0 = N \cos \alpha$ . Подставляя полученное выражение  $Q_x$  в ур-ние (3), будем иметь после некоторых преобразований

$$P_x = \frac{\gamma H M_0}{S^2} \left[ \frac{1}{(0,08 p)^2 \sin \alpha \cos \alpha} + \frac{2}{0,08 \cdot p \cos \alpha} + \tan \alpha \right] \sim (4)$$

Введем обозначения:  $\sin \alpha = x$ ,  $\frac{1}{(0,08 p)^2} = a$ ,  $\frac{2}{0,08 p} = b$ , тогда определение  $\min P_x$  сведется к определению минимума выражения

$$\frac{a}{x \sqrt{1-x^2}} + \frac{b}{\sqrt{1-x^2}} + \frac{x}{\sqrt{1-x^2}}.$$

Минимум этого выражения будет при  $x$ , для которого

$$\frac{\partial \left[ \frac{a}{x \sqrt{1-x^2}} + \frac{b}{\sqrt{1-x^2}} + \frac{x}{\sqrt{1-x^2}} \right]}{\partial x} = 0 \quad (*)$$

и вторая производная от того же выражения будет больше нуля.

Решение ур-ния (\*) сводится в свою очередь, после целого ряда преобразований, к решению кубического ур-ния

$$bx^3 + (2a + 1)x^2 - a = 0;$$

для различных значений  $a$  и  $b$ , зависящих исключительно от стрелы прогиба  $p$ , получаются различные значения  $x$ , а следовательно и угла  $\alpha$ . При изменениях  $p$  от 0,5% до 2,5% (наиболее употребительных величин стрел прогиба на практике), значения  $x$  почти не изменяются, и угол  $\alpha$  при всех таких изменениях величин  $p$  можно принять равным  $43^\circ 15'$ . Так как вторая производная от выражения, заключенного в квадратных скобках, взятая по  $x$ , при значении  $x = \sin \alpha = \sin 43^\circ 15'$  более нуля, то, следовательно, при этом  $\alpha$  величина  $Px$  получает наименьшее значение.

Следует заметить, что найденное значение угла  $\alpha = 43^\circ 15'$  весьма близко к  $45^\circ$ —тому углу, при котором данной оттяжкой постоянной длины  $l$  можно развить наибольший опрокидывающий момент. На самом деле момент  $M_x$ , развиваемый оттяжкой длины  $l$ , будет  $M_x = x \cdot N \cos \alpha$ , где  $x$  — расстояние от земли до точки прикрепления оттяжки к мачте;  $x = l \sin \alpha$ , и потому

$$M_x = l \sin \alpha \cdot N \cos \alpha = \frac{1}{2} l \cdot N \sin 2\alpha;$$

при  $l$  и  $N$  постоянных  $M_x$  будет иметь максимум при  $\sin 2\alpha = 1$ , т.е. при угле  $\alpha = 45^\circ$ . Разница в  $1^\circ 45'$  получилась вследствие того, что нами в последнем случае не был принят во внимание собственный вес оттяжки.

Не останавливаясь на рассмотрении следствий полученного результата, определим теперь то значение угла  $\alpha$ , при котором получается наименьший вес для оттяжки. Не надо думать, что наименьшего веса будут оттяжки наименьшей длины, т.е. длины, близкой к высоте мачты; наоборот, по таким оттяжкам для того, чтобы они могли воспринять один и тот же опрокидывающий момент  $M_0$ , должны действовать очень большие силы, и следовательно, они должны быть очень толстыми и тяжелыми; но и очень длинные оттяжки будут очень тяжелыми, несмотря на то, что будут натянуты сравнительно слабо; следовательно, должен существовать такой угол  $\alpha$ , при котором  $Q_x$  минимум. Этот минимум будет иметь место при угле  $\alpha$ , при котором

$$\frac{\partial Q_x}{\partial x} = 0 \text{ и } \frac{\partial^2 Q_x}{\partial x^2} > 0,$$

но

$$Q_x = \left( \frac{H \gamma^2 M_0}{0,08 p S^2} \right) \frac{1}{\sin^2 \alpha \cos \alpha} + \left( \frac{H \gamma^2 M_0}{S^2} \right) \frac{1}{\sin \alpha \cos \alpha};$$

обозначим для сокращения  $\frac{H \gamma^2 M_0}{0,08 p S^2} = a$ ;  $\frac{H \gamma^2 M_0}{S^2} = b$ ;  $\sin \alpha = x$ , тогда



$$Q_x = \frac{1}{x \sqrt{1-x^2}} \left( \frac{a}{x} + b \right),$$

и решение ур-ния  $\frac{\partial Q_x}{\partial x} = 0$  после подстановки  $b = 0,08 p \cdot a$  и целого ряда преобразований сведется к решению кубического ур-ния:

$$0,08 \cdot p x^3 + (2 + 0,08 p) x^2 + (1 - 0,08 p) x - 2 = 0$$

с коэффициентами, зависящими только от  $p$ , т.е. стрелы прогиба. Но при изменении  $p$  в пределах от 0,5% до 2,5%,  $x = \sin \alpha$  удовлетворяет кубическому ур-ию при значениях, равных 0,75 — 0,78; таким образом можно сказать, что кубическое ур-ие будет удовлетворено для различных значений при  $\sin \alpha = x = 0,76$ , или угле  $\alpha = 50^\circ$ . При таком значении  $\alpha$ ,  $Q_x$  будет иметь минимум, т. к.  $\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} > 0$ .

Итак, резюмируя полученные выводы, имеем: при одном и том же внешнем опрокидывающем моменте  $M_0$ , высоте мачты и материале оттяжек, независимо от формы сечения мачты, наименьшее давление, производимое одним ярусом оттяжек, будет в том случае, если они будут наклонены к горизонту под углом в  $43^\circ 15'$ , а наименьший вес оттяжек при тех же условиях будет при угле наклона  $\alpha = 50^\circ$ .

Но на практике приходится иметь дело с одним ярусом оттяжек лишь при очень небольшой высоте мачты, а в большинстве случаев ставят несколько ярусов. Определим наименьшее давление на мачту или, вернее, на самый нижний ее пролет в случае, когда имеется несколько ярусов оттяжек. При этом мы будем сначала полагать, что наша мачта  $aA$  (черт. 2 стр. 495) имеет равные пролеты, и что внешний опрокидывающий  $M_0$  воспринимается всеми оттяжками одинаково, т.е. будем считать, что какая-нибудь оттяжка  $CO$  удерживает в равновесии только часть  $Cd$  мачты; кроме того, будем полагать, что при разных длинах оттяжек оттяжки будут иметь одно напряжение  $S$ , т.е. квадраты их длин будут пропорциональны стрелам прогиба  $h$ , как это видно из формулы  $S = \frac{l^2 \gamma}{8 h}$ . При наличии сделанных выше допущений давление на первый пролет мачты  $ab$  согласно полученного ранее выражения (А) будет равно:

$$P_1 = \frac{\gamma^2 H}{S^2} \frac{M_0}{n} \left[ \frac{1}{(0,08 p)^2 \sin \alpha_1 \cos \alpha_1} + \frac{2}{0,08 p \cos \alpha_1} + \tan \alpha_1 \right];$$

здесь  $n$  число пролетов. Давление на второй пролет будет равно  $P_1 + P_2$ , где

$$P_1 = \frac{\gamma^2}{S^2} H \frac{n-1}{n} \cdot \frac{M_0}{n} \left[ \frac{1}{(0,08 p)^2 \sin \alpha_1 \cos \alpha_1} + \frac{2}{0,08 p \cos \alpha_1} + \tan \alpha_1 \right],$$

и на последний, т. е. на самый нижний, будет действовать суммарное давление

$$\begin{aligned} \Sigma P_x &= \frac{\gamma^2}{S^2} H \frac{M_0}{n} [f(\alpha_1)] + \frac{\gamma^2}{S^2} H \frac{n-1}{n} \frac{M_0}{n} [f(\alpha_2)] + \\ &+ \frac{\gamma^2}{S^2} H \frac{n-2}{n} \frac{M_0}{n} [f(\alpha_3)] + \dots + \frac{\gamma^2}{S^2} H \frac{1}{n} \frac{M_0}{n} [f(\alpha_n)] = \\ &= \frac{\gamma^2}{S^2} H M_0 \frac{1}{n^2} \left\{ n [f(\alpha_1)] + (n-1) [f(\alpha_2)] + \right. \\ &\left. + (n-2) [f(\alpha_3)] + \dots + 2 [f(\alpha_{n-1})] + 1 [f(\alpha_n)] \right\}. \quad (5) \end{aligned}$$

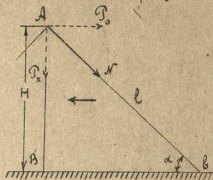
В выражении  $\Sigma P_x$  для сокращения письма выражение в квадратных скобках обозначено через  $f(\alpha_k)$ , где  $\alpha_k$  угол наклона  $K$ -ой оттяжки к горизонту, считая сверху. Если бы все углы  $\alpha$  были между собою равны, т.е. все оттяжки наклонены под одним и тем же углом  $\alpha$  к горизонту, то:

$$\begin{aligned} \Sigma P_x &= \frac{\gamma^2}{S^2} H M_0 \frac{1}{n^2} [f(\alpha_k)] \left\{ n + (n-1) + (n-2) + \dots \right. \\ &\left. \dots + 2 + 1 \right\} = \frac{\gamma^2}{S^2} H M_0 \frac{(n+1)}{2n} [f(\alpha)], \quad (6) \end{aligned}$$

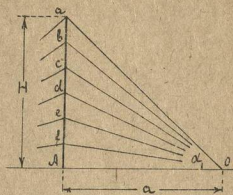
т. к. сумма ряда, заключенная в фигурных скобках, равна  $n(n+1)/2$ . Из ур-ия (6) следует, что при  $n$  равном очень большому числу, т.е. при очень большом числе ярусов давление на самый нижний пролет можно принять равным половине того давления, которое получилось бы, если бы мачта была с одним ярусом оттяжек. Такой, на первый взгляд парадоксальный, вывод получился потому, что с увеличением  $n$  уменьшается каждый пролет и, следовательно, оттяжки утоньшаются, т.е. для удержания в равновесии мачты меньшей высоты, требуется и меньшее усилие. Наименьшее значение  $\Sigma P_x$  в этом случае получится при угле наклона  $\alpha = 43^\circ 15'$ .

Для определения того угла  $\alpha$ , при котором  $\Sigma P_x$  будет минимальною в случае, изображенном на черт. 2, сделаем одно упрощение в

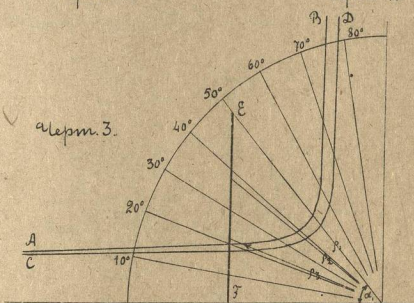
К статье: „По вопросу о выборе системы оттяжек“.



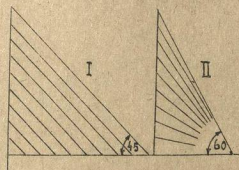
черт. 1.



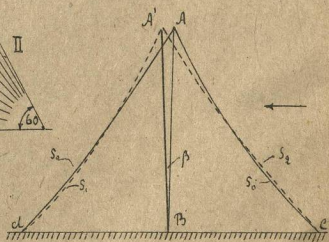
черт. 2.



черт. 3.



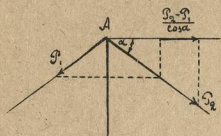
черт. 4.



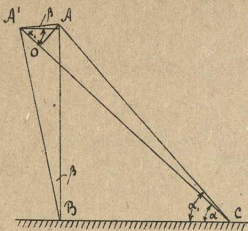
черт. 5.



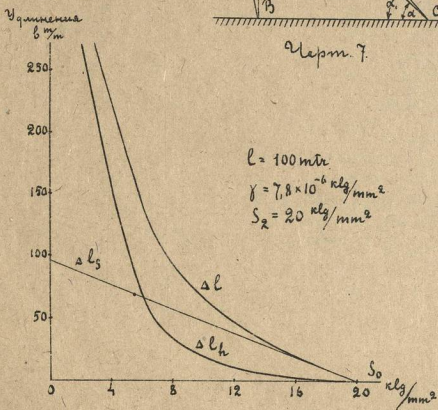
К статье: „По вопросу о выборе системы отпавек“.



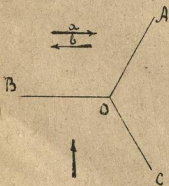
черт. 6.



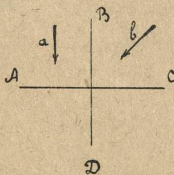
черт. 7.



черт. 8.



черт. 9.



черт. 10.

уравнении (5), а именно в каждом из выражений  $[f(\alpha)]$  отбросим два последних слагаемых. От этого характер хода кривой  $\rho = [f(\alpha)]$  изменится весьма незначительно, как это видно из черт. 3, на котором в полярных координатах изображены две кривые  $\rho = [f(\alpha)]$  (кривая  $AB$ ) и  $\rho = \frac{1}{(0,08 p)^2 \sin \alpha \cos \alpha}$  (кривая  $CD$ ) для одного и того же значения  $p$  для обеих кривых, равного 1,50%. Из этого чертежа видно еще, что обе эти кривые очень близки к эквидистантным кривым, и потому замена одной кривой другою может при определении минимума  $\Sigma P_x$  дать лишь небольшую ошибку.

Таким образом ур. (5) примет следующий вид:

$$\Sigma P_x = \frac{\gamma^2 H M_0}{S^2 n^2} \frac{2}{(0,08 p)^2} \left[ n \frac{1}{\sin 2 \alpha_1} + (n-1) \frac{1}{\sin 2 \alpha_2} + \right. \\ \left. + (n-2) \frac{1}{\sin 2 \alpha_3} + \dots + 2 \cdot \frac{1}{\sin 2 \alpha_{n-1}} + 1 \cdot \frac{1}{\sin 2 \alpha_n} \right]. \quad (7)$$

Далее  $\sin 2 \alpha$  выразим через  $\tan \alpha$ , т.е.

$$\frac{1}{\sin 2 \alpha} = \frac{1 + \tan^2 \alpha}{2 \tan \alpha} = \frac{1 + \frac{H^2}{a^2}}{2 \frac{H}{a}} = \frac{a}{2H} + \frac{H}{2a};$$

тогда, после подстановки, ур. (7) примет вид:

$$\Sigma P_x = \frac{\gamma^2 H M_0}{S^2 n^2} \frac{2}{(0,08 p)^2} \left[ \frac{na}{2H} + \frac{nH}{2a} + \frac{(n-1)an}{2H(n-1)} + \right. \\ \left. + \frac{(n-1)H(n-1)}{2an} + \frac{(n-2)an}{2H(n-2)} + \frac{(n-2)H(n-2)}{2an} + \dots + \frac{2an}{2H \cdot 2} + \right. \\ \left. + \frac{2H \cdot 2}{2an} + \frac{an}{2H} + \frac{H}{2an} \right] = \frac{\gamma^2 H M_0}{S^2 n^2} \frac{2}{(0,08 p)^2} \left\{ \frac{n^2 a}{2H} + \right. \\ \left. + \frac{H}{2an} [n^2 + (n-1)^2 + (n-2)^2 + (n-3)^2 + \dots + 9 + 4 + 1] \right\};$$

но сумма последнего ряда равна  $\frac{n(n+1)(2n+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3}$ , поэтому

$$\begin{aligned} \Sigma P_x &= \frac{\gamma^2}{S^2} \frac{H M_0}{n^2} \left[ \frac{2}{(0,08 p)^2} \left[ \frac{n^2 a}{2 H} + \frac{H(n+1)(2n+1)}{12 a} \right] = \right. \\ &= \frac{\gamma^2}{S^2} \frac{H M_0 \cdot 2}{(0,08 p)^2} \left[ \frac{a}{2 H} + \frac{H(n+1)(2n+1)}{12 a n^2} \right] = \frac{\gamma^2}{S^2} \frac{H M_0 \cdot 2}{(0,08 p)^2} \left[ \frac{1}{2 \operatorname{tang} \alpha_1} + \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{(n+1)(2n+1)}{12 n^2} \operatorname{tang} \alpha_1 \right] \right]. \end{aligned} \quad (8)$$

Минимум  $\Sigma P_x$  будет при  $\operatorname{tang} \alpha_1$ , для которого  $\frac{\partial \Sigma P_x}{\partial \operatorname{tang} \alpha} = 0$ , т.е. при

$$\operatorname{tang} \alpha_1 = \sqrt{\frac{6 n^2}{(n+1)(2n+1)}}. \quad (9)$$

Определим  $\alpha_1$ , при котором  $\Sigma P_x$  будет минимальной, если  $n = 10, 5, 2, 1$ ; в первом примере, при  $n = 10$

$$\operatorname{tang} \alpha_1 = \sqrt{\frac{6 \cdot 100}{(10+1)(20+1)}} = 1,61 \text{ и } \alpha_1 = 58^\circ;$$

при  $n = 5$

$$\operatorname{tang} \alpha_1 = \sqrt{\frac{6 \cdot 25}{(5+1)(10+1)}} = 1,509 \text{ и } \alpha_1 = 56^\circ 30';$$

при  $n = 2$

$$\operatorname{tang} \alpha_1 = \sqrt{\frac{6 \cdot 4}{(2+1)(4+1)}} = 1,265 \text{ и } \alpha_1 = 51^\circ 40';$$

при  $n = 1$ , имеем  $\alpha_1 = 45^\circ$ , вместо ранее полученного  $43^\circ 15'$ . Разница в  $1^\circ 45'$  получилась вследствие сделанных выше допущений в выражении  $\Sigma P_x$ . Из ур-ия (9) видно, что  $\operatorname{tang} \alpha_1$  увеличивается с увеличением  $n$  и стремится к своему пределу  $\sqrt{3}$ , а угол  $\alpha$  к  $60^\circ$ .

Итак при изменении  $n$  от  $\infty$  до 1 угол  $\alpha_1$  будет изменяться от  $60^\circ$  до  $45^\circ$ , т.е. чем больше брать ярусов оттяжек, тем угол  $\alpha_1$  наклона оттяжек верхнего яруса к горизонту надо брать ближе к  $60^\circ$ , чтобы получить наименьшее давление на самый нижний пролет.

Определение наивыгоднейшего угла можно было бы произвести другим способом—графо-аналитическим с помощью кривой АВ, изображенной на черт. 3. Для этого надо взять несколько углов наклона оттяжек верхнего яруса к горизонту, например  $\alpha_1 = 50^\circ, 55^\circ, 60^\circ$ ,



и полученные прямо из чертежа путем измерения величины радиус векторов  $\rho_1, \rho_2, \rho_3$  и т. д. надо множить на  $n, (n - 1), (n - 2)...$ , затем произведения суммировать и полученные таким путем суммы сравнивать. Наименьшая из них будет при искомом наивыгоднейшем угле  $\alpha_1$ . Этот способ имеет преимущество перед описанным выше в том отношении, что при пользовании им мы освобождаемся от тех допущений, которые были сделаны нами при выводе ур. (7), т. е. при этом учитывается и сумма тех двух слагаемых, которые нами были отброшены, и, во-вторых, этот способ оказывается одинаково применимым и для мачт с неодинаковыми по длине пролетами.

В заключение произведем сравнение  $\Sigma P_x$  для двух различных систем оттяжек I и II при условии, что  $n$  очень велико (черт. 4). Углы  $45^\circ$  и  $60^\circ$  взяты потому, что при этих углах  $\Sigma P_I$  и  $\Sigma P_{II}$  при  $n = \infty$  получают минимальные величины. Для сравнения  $\Sigma P_x$  в обоих случаях надо в  $\Sigma P_I$  (см. ур. 6) сделать такое же упрощение, какое нами было сделано при выводе выражения  $\Sigma P_{II}$  (см. ур. 8), тогда уже минимум  $\Sigma P_I$  будет не при угле  $43^\circ 15'$ , а при  $45^\circ$ . Положив теперь  $n = \infty$  в формулах 6 и 8, соответственно получим:

$$\begin{aligned} \Sigma P_I = \frac{1}{\sin^2 \alpha} HM_0 \frac{2}{(0,08 p)^2} \cdot \frac{1}{2} \quad \text{и} \quad \Sigma P_{II} = \frac{1}{\sin^2 \alpha} HM_0 \frac{2}{(0,08 p)^2} \left[ \frac{1}{2\sqrt{3}} + \right. \\ \left. + \frac{1}{6} \sqrt{3} \right] = \frac{1}{\sin^2 \alpha} HM_0 \frac{2}{(0,08 p)^2} \frac{1}{\sqrt{3}} \quad \text{и} \quad \frac{\Sigma P_I}{\Sigma P_{II}} = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1,15, \end{aligned}$$

т. е. во втором случае суммарное давление будет на 15% более, чем в первом. При  $n = 1$   $\Sigma P_I$  делается равною  $\Sigma P_{II}$ . Несмотря на то, что во втором случае суммарное давление получается большее, чем в первом, предпочитают на практике употреблять вторую систему оттяжек, так как она требует всего лишь одного фундамента, для каждого ряда оттяжек, а это значительно удешевляет всю установку.

При одном и том же моменте  $M_0$  и высоте мачты  $H$ , вертикальное давление, производимое оттяжками на мачту, как это видно из ур-ий 4 и 5, будет прямо пропорционально квадрату веса единицы объема материала оттяжки и обратно пропорционально квадрату допускаемого напряжения. Возьмем для примера сравнения оттяжки из пенькового каната, железного, алюминиевого и стального троссов. Веса единицы объема этих материалов будут относиться, как их удельные веса, т. е.

$$\gamma_n : \gamma_{ж} : \gamma_a : \gamma_c = 1,465 : 7,8 : 2,7 : 7,8.$$

Удельный вес волокон пеньки взят по Мюллеру равным 1,465, для железных и стальных проволок принят равным 7,8, а для алюминия 2,7. А допускаемые напряжения тех же материалов будут от-

носиться, как

$$S_n : S_{жс} : S_a : S_c = 1 : 8 : 4,6 : 20.$$

Для проволочных троссов из тигельной стали крепость на разрыв принята равной по данным завода Фельтен-Гильом-Ламейер (Hütte, 1 т. стр. 1001) 120 кгр/мм<sup>2</sup>. Для железных проволок из литого железа крепость на разрыв принята 40—55 кгр/мм<sup>2</sup>, для пеньковых канатов от 3,5—6 кгр/мм<sup>2</sup> и для алюминиевой проволоки от 23—27 кгр/мм<sup>2</sup>.

Отношение давлений будет:

$$\begin{aligned} \Sigma P_n : \Sigma P_{жс} : \Sigma P_a : \Sigma P_c &= \left(\frac{1,465}{1}\right)^2 : \left(\frac{7,8}{8}\right)^2 : \left(\frac{2,7}{4,6}\right)^2 : \left(\frac{7,8}{20}\right)^2 = \\ &= 14 : 6,25 : 2,27 : 1. \end{aligned}$$

Из этой пропорции видим, что, употребляя для оттяжек пеньковый канат, железный, алюминиевый троссы, мы увеличиваем давление на мачту соответственно в 14—6,25—2,27 раз по сравнению с давлением, вызываемым оттяжками из стального тросса. Отсюда следует, что в качестве оттяжек при построении мачт надо употреблять исключительно хороший стальной тросс. Чем больше будет допускаемое напряжение такого тросса, тем меньше будет суммарное давление от оттяжек на мачту, тем меньше будут в свою очередь поперечные размеры мачты, давление на нее ветра, и сама мачта и ее фундамент выйдут легче, а вся конструкция дешевле.

Из ур. 4 и 5 видно, что на величину  $\Sigma \bar{P}_x$  в сильной степени влияет еще величина стрелы прогиба (она входит, как слагаемое в знаменатель, в квадрате). С уменьшением ее сильно увеличивается давление  $\Sigma P_x$  и наоборот. Выбор величины стрелы прогиба  $p$  должен быть произведен, как это будет указано ниже, в зависимости от величины действующих сил и угла отклонения мачты от вертикального положения (качания мачты). К рассмотрению этого явления и факторов, влияющих на его величину, мы сейчас и перейдем.

Представим себе мачту  $AB$  (черт. 5), удерживаемую в равновесии оттяжками  $Ac$  и  $Ad$  (для простоты предположим, что горизонтального давления в точке  $A$  от сети нет). При отсутствии ветра мачта должна занимать строго вертикальное положение. Пусть при этом силы, действующие по оттяжкам, будут вызывать в них напряжение  $S_0$ .

До тех пор, пока ветра нет, никакого отклонения мачты от вертикального положения не может быть, так как не будет никаких внешних сил, которые вывели бы ее из состояния равновесия. Но стоит только появиться ветру, положим в направлении, указанном на чертеже стрелкою, как мачта отклонится на некоторый очень небольшой угол  $\beta$ ,

оттяжка  $Ac$  получит некоторое удлинение  $\Delta L$  и натянется сильнее, т.е. ее напряжение с  $S_0$  увеличится до  $S_2$ , а оттяжка  $Ad$  на такую же величину  $\Delta L$  укоротится, и ее напряжение  $S_0$  уменьшится до  $S_1$ , так что мы будем иметь неравенство:

$$S_2 > S_0 > S_1.$$

Благодаря изменению натяжений оттяжек, на точку  $A$  мачты (черт. 6 стр. 496) будут действовать две неравные силы,  $P_2$  справа и  $P_1$  слева, причем  $P_2 > P_1$ . Разность этих сил, деленная на  $\cos \alpha$ , где  $\alpha$  угол наклона оттяжки к горизонту, т.е.  $P_2 - P_1 / \cos \alpha$  и будет уравновешивать внешний момент от действия ветра согласно уравнения

$$\frac{P_2 - P_1}{\cos \alpha} H = M_0.$$

Чем меньше будет начальное напряжение  $S_0$  и чем больше давление ветра, тем на большую величину отклонится мачта  $AB$ . Таким образом мы видим, что отклонение мачты произойдет всегда при действии на нее давления от ветра и обуславливает собою, если так можно выразиться, работу мачты. Без отклонения мачты было бы невозможным неравенство сил  $P_2$  и  $P_1$  и, следовательно, невозможным сопротивление мачты внешнему опрокидывающему моменту. Выразим математически зависимость между напряжением  $S_2$  и удлинением  $\Delta L$  оттяжек.

Удлинение  $\Delta L$  при отклонении мачты на угол  $\beta$  будет равно (черт. 7)

$$\Delta L = A^1o = A^1A \cos (\alpha_1 + \beta);$$

т. к. угол  $\beta$  очень невелик, то мы можем положить  $AA^1 \perp A^1B$ ; но  $AA^1 \cos \beta = H \sin \beta$ ; тогда  $\Delta L = H \tan \beta \cos (\alpha_1 + \beta)$ . Сделаем еще одну замену без ущерба точности, а именно положим  $\alpha = \alpha_1$ ; тогда

$$\Delta L = H \tan \beta \cos \alpha \cos \beta - H \tan \beta \sin \alpha \sin \beta;$$

последнее слагаемое есть весьма малая величина 2-го порядка (как произведение  $\tan \beta$  на  $\sin \beta$ ) и ею можно пренебречь; тогда окончательно будем иметь

$$\Delta L = H \tan \beta \cos \alpha \cos \beta = H \cos \alpha \sin \beta. \quad (10)$$

Полученное удлинение оттяжки  $\Delta L$  складывается всегда из двух удлинений  $\Delta L_h$  и  $\Delta L_s$ ; первое есть удлинение оттяжки, происшедшее вследствие изменения стрелы прогиба  $h$ , и второе — удлинение, происшед-



шее вследствие изменения напряжения материала оттяжки  $S$ .

Пусть начальное и конечное напряжение оттяжки будут  $S_0$  и  $S_2$ , а удлинение (полное)  $\Delta L$ , коэффициент упругости материала оттяжки  $E$  и расстояние между точками крепления оттяжки  $l$ , тогда

$$\Delta L_s = \frac{l}{E} (S_2 - S_0);$$

$\Delta L_h$  можно определить таким образом: длина оттяжки со стрелю прогиба  $h$  равна  $L = l + \frac{8h^2}{3l}$ , но  $h = \frac{\gamma l^2}{8S}$ , следовательно

$$L = l + \frac{\gamma^2 l^3}{24 S^2} \text{ и } \Delta L_h = \frac{\gamma^2 l^3}{24} \left( \frac{1}{S_0^2} - \frac{1}{S_2^2} \right),$$

а полное суммарное удлинение

$$\Delta L = \Delta L_s + \Delta L_h = \frac{l}{E} (S_2 - S_0) + \frac{\gamma^2 l^3}{24} \left( \frac{1}{S_0^2} - \frac{1}{S_2^2} \right). \quad (11)$$

В этом уравнении мы можем считать неизвестным или начальное напряжение  $S_0$ , или конечное  $S_2$ ; так как  $S_2 > S_0$  и есть то напряжение, которое будет развиваться при действии на мачту всех внешних сил, отклоняющих мачту на наибольший угол  $\beta$ , то это напряжение  $S_2$  мы можем считать известным и равным допускаемому, а неизвестным будет начальное напряжение  $S_0$ , которое обозначим через  $x$ ; тогда

$$\Delta L = \frac{l}{E} (S_2 - x) + \frac{\gamma^2 l^3}{24} \left( \frac{1}{x^2} - \frac{1}{S_2^2} \right). \quad (12)$$

После ряда преобразований это уравнение можно представить в виде:

$$bx^3 + x^2(d - a) - c = 0, \quad (13)$$

причем

$$a = 24 \cdot l \cdot S_2; \quad b = 24 \cdot l; \quad c = \gamma^2 l^3 E; \quad d = \frac{\gamma^2 l^3 E}{S_2^2} + 24 E \Delta L.$$

Для данной высоты мачты, задавшись ее отклонением и конечным напряжением материала троса  $S_2$ , можем определить его начальное напряжение  $x = S_0$ .

*Пример:* Пусть  $H = 100$  мт и тросс стальной. Требуется определить начальное напряжение  $x = S_0$ , если мачта под действием ветра отклонилась на угол  $\beta$ ,  $\sin$  которого равен  $\frac{1}{500}$ , и оттяжки наклонены под углом  $\alpha = 54^\circ$ . Тогда, подставляя  $l = \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{100000}{0,809}$  мм;  $S_2 = 20$  кгр/мм<sup>2</sup>;  $\gamma = 7,8 \cdot 10^{-6}$  кгр/мм<sup>3</sup>;  $E = 21500$  кгр/мм<sup>2</sup>; и  $\Delta L = H \cos \alpha \sin \beta = = 100000 \cdot 0,588 \cdot \frac{1}{500}$  мм в соответствующие коэффициенты  $a, b, c$  и  $d$ , получим кубическое уравнение:

$$2,97 x^3 + 7,475 x^2 - 2470 = 0,$$

которое удовлетворяется при  $x = S_0 = 8,6$  кгр/мм<sup>2</sup>. Зная  $S_0$ , можем определить обе части удлинения:  $\Delta L_s = 65,3$  мм,  $\Delta L_h = 52,3$  мм и  $\Delta L = 117,6$  мм.

Таким образом при отклонении 100 мт мачты на угол  $\beta = = \arcsin \frac{1}{500}$ , оттяжка  $Ac$  получила удлинение на 117,6 мм и напряжение ее изменилось с 8,6 до 20 кгр/мм<sup>2</sup>; при этом удлинение произошло почти поровну за счет изменения напряжения и стрелы прогиба. Стрела прогиба  $h$  изменилась так:

$$h_0 = \frac{\gamma l^2}{8 S_0} = \frac{7,8 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{10}}{8 \cdot 8,6 \cdot (0,809)^3} = 1732 \text{ мм}, h_2 = \frac{7,8 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{10}}{8 \cdot 20 \cdot (0,809)^3} = 745 \text{ мм},$$

$$\frac{h_0}{h_2} = 2,3, \text{ т.е. начальная стрела прогиба была 2,3 раза более конечной } h_2.$$

Из ур. (12) видно, что  $\Delta L$  представляет собою сложную зависимость от  $l$  и  $x = S_0$ , причем  $\Delta L_s$  с увеличением  $l$  возрастает медленнее, чем  $\Delta L_h$  и, при одной и той же длине  $l$ ,  $\Delta L_h$  увеличивается быстрее  $\Delta L_s$ . На чертеже 8 приведены для примера изменения  $\Delta L$ ,  $\Delta L_h$  и  $\Delta L_s$  для оттяжки из стального тросса длиной 100 мт при изменении напряжения  $S_0$  от 0 до 20 и  $S_2 = 20$  кгр/мм<sup>2</sup>. Из этого чертежа видно, что при изменениях  $S_0$  близких к 20 удлинение  $\Delta L_s$  доминирует, а начиная приблизительно с 8 кгр/мм<sup>2</sup> удлинения  $\Delta L_h$  начинают расти весьма быстро. Для различных длин получаются различные кривые изменения  $\Delta L$  от  $S_0$ . Чем меньше длина оттяжки  $l$ , тем более пологой получается кривая  $\Delta L$ .

Теперь решим вопрос, на какой же величине начального напряжения  $S_0$  следует остановиться при расчете мачт?

Ранее при рассмотрении явления качаний мачт мы имели уравнение

$$M_0 = H \frac{P_2 - P_1}{\cos \alpha} \text{ или } M_0 = \frac{P_2}{\cos \alpha} - \frac{P_1}{\cos \alpha} = \frac{f S_2}{\cos \alpha} - \frac{f S_1}{\cos \alpha};$$

отсюда  $\frac{M_0}{f} + \frac{S_1}{\cos \alpha} = \frac{S_2}{\cos \alpha}$ . Так как  $S_2$  и  $M_0$  можно считать постоянными, то, чем больше взять  $S_1$ , тем больше должно быть  $f$ , и при этом силы  $P_2$  и  $P_1$  возрастут и, следовательно, мачта будет испытывать очень большое давление. Если же взять  $S_1$  очень малым, то будет получаться большое отклонение мачты, что тоже нежелательно. Для надлежащего выбора  $S_1$  следует задаваться  $S_2$  и углом отклонения мачты  $\beta$  и по этим данным уже определять первоначальное напряжение  $S_0$  из ур. (12), а по  $S_0$  можно найти  $S_1$ ; но  $S_1$  можно определить и непосредственно по  $S_2$  и  $\beta$ , если при одинаковых отклонениях и укорочениях, положить в ур. (12)

$$\Delta L = 2H \cos \alpha \sin \beta.$$

Зная  $S_1$ ,  $S_2$  и  $f$ , мы можем определить вертикальное давление на первый пролет мачты, а по нему, исходя из формулы Эйлера:  $\phi Q = \frac{\pi^2 E I}{l^3}$ , задавшись конфигурацией сечения и отношением  $\frac{l}{i}$  (где  $i$  радиус инерции сечения) в зависимости от материала мачты, можем определить длину первого пролета  $l$  и далее поступать по предыдущему. Т. о. в первом приближении могут быть определены главные размеры мачты, а затем следует произвести более детальную проверку крепости каждого пролета, принимая во внимание давление ветра на пролеты и троссы, а также температурное изменение.

Умея определять начальное натяжение троссов, перейдем к рассмотрению установок радио мачт с 3-мя и 4-мя рядами оттяжек, на предмет выбора наиболее рациональной из них (мачты с большим числом рядов редко употребляются) и попытаемся разрешить эту задачу лишь в самом простейшем случае, когда предполагается, что на мачту ветер давит одинаково т.е.  $M_0$  постоянно. Пусть в случае 3-х рядов оттяжек, расположенных в плане под углом  $120^\circ$  друг к другу (черт. 9), ветер дует сначала в направлении стрелки  $\alpha$ . Тогда в точке  $O$  мачты будет действовать сила  $P$  равная в данном случае половине всего давления ветра на мачту (давлением на оттяжки пренебрегаем). Сила  $P$  будет натягивать еще сильнее оттяжку  $OB$  и ослаблять натяжение оттяжек  $OA$  и  $OC$ . Для равновесия всей мачты необходимо, чтобы сила, действующая по оттяжке  $OB$ , уравновешивала силу  $P$  и натяжение оттяжек  $OA$  и  $OC$ . Пусть  $f$  — площадь поперечного сечения каждой оттяжки, а  $S_1$  напряжение материала оттяжек  $OA$  и  $OC$  и  $S_2$  напряжение материала оттяжки  $OB$ , тогда для равновесия необходимо, чтобы



$$P_a + f S_1^a \cos 60^\circ \cdot \cos \alpha \cdot 2 = f S_2^a \cos \alpha \text{ или } \frac{P_a}{f \cos \alpha} + S_1^a = S_2^a, \quad (13)$$

причем удлинение оттяжки  $OB$  будет  $\Delta L = H \cos \alpha \sin \beta$ , а укорочение оттяжек  $OA$  и  $OC$

$$\Delta L = \cos 60^\circ H \cos \alpha \sin \beta = \frac{1}{2} H \cos \alpha \sin \beta.$$

При действии ветра по стрелке  $b$  уравнение равновесия дает

$$P_b + f S_1^b \cos \alpha = 2 \cos 60^\circ f S_2^b \cos \alpha \text{ или } \frac{P_b}{f \cos \alpha} + S_1^b = S_2^b, \quad (14)$$

а удлинение каждой из оттяжек  $OA$  и  $OC$  при том же угле отклонения  $\beta$

$$\Delta L = H \cos \alpha \sin \beta \cos 60^\circ = \frac{1}{2} H \cos \alpha \sin \beta$$

и укорочение оттяжки  $OB$  будет  $\Delta L = H \cos \alpha \sin \beta$ ; наконец, для случая действия ветра по направлению, указанному стрелкой  $c^1$ ), будем иметь:

$$P_c + f S_1^c \cos 30^\circ \cos \alpha = f S_2^c \cos 30^\circ \cos \alpha \text{ или } \frac{P_c}{f \cos \alpha \cos 30^\circ} + S_1^c = S_2^c \quad (15)$$

и удлинение и укорочение оттяжек  $OC$  и  $OA$  при угле отклонения мачты  $\beta$  будут равны

$$\Delta L = H \cos \alpha \sin \beta \cos 30^\circ.$$

Из сравнения ур-ний (13) с (14) следует, что при  $S_2^a = S_1^b$  напряжение  $S_1^a > S_1^b$ , так как укорочение оттяжки  $OB$  в случае  $b$  будет более укорочения оттяжек  $OA$  и  $OC$  в случае  $a$  в отношении  $\frac{1}{\cos 60^\circ}$  :  $\cos 60^\circ = 4:1$  и, следовательно, должно быть  $P_b > P_a$ . Если же сравнить ур-ния (14) и (15), то опять, при  $S_2^c = S_1^b$  укорочение оттяжки  $OB$  в случае  $b$  более укорочения оттяжки  $OA$  в случае  $c$  в отношении  $1:\cos 60^\circ = 2:1$  и потому сила  $\frac{P_c}{\cos 30^\circ}$  должна быть менее силы  $P_b$  и  $P_c < P_b$ .

<sup>1)</sup> На черт. 9 при вертикально расположенной стрелке, по ошибке, опущено обозначение: „с“.

Итак мы имеем два неравенства  $P_a > P_a$  и  $P_a > P_c$ , из которых следует, что для того, чтобы в оттяжках  $OA$  и  $OC$  в случае направления ветра по стрелке  $b$  возникло напряжение  $S_2^a = S_2^c = S_2^a$ , необходимо, чтобы давление ветра было в этом направлении больше, т.е.  $b$  есть наиболее безопасное направление, по которому и следует присоединять антенну, если сечения всех оттяжек верхнего яруса одинаковы.

Расчетным ур-нием оттяжек будет или (13), или (15), смотря по тому, из которого из них  $S_2$  получает большее значение при одной и той же силе  $P$ .

Перейдем теперь к случаю установки мачты с 4-мя рядами оттяжек (черт. 10) и рассмотрим действие ветра в направлениях  $a$  и  $b$ . В случае действия ветра по направлению, указанному на чертеже стрелкой  $a$ , уравнения равновесия дают:

$$P_a + f S_1^a \cos \alpha = f S_2^a \cos \alpha \text{ или } \frac{P_a}{f \cos \alpha} + S_1^a = S_2^a, \quad (16)$$

причем удлинение и укорочение оттяжек  $OB$  и  $OD$  будет  $\Delta L = H \cos \alpha \sin \beta$ , а в случае направления ветра по стрелке  $b$  уравнения равновесия будут

$$P_a + 2 f S_1^a \cos \alpha \cos 45^\circ = 2 S_2^a \cos \alpha \cos 45^\circ \text{ или}$$

$$\frac{P_a}{2 f \cos \alpha \cos 45^\circ} + S_1^a = S_2^a, \quad (17)$$

а удлинения оттяжек  $OB$  и  $OC$ , при том же угле отклонения мачты  $\beta$  будут равны  $\Delta L = H \cos \alpha \sin \beta \cos 45^\circ$ ; таково же будет и укорочение оттяжек  $AO$  и  $OD$ .

Из сравнения ур. (16) и (17) видно, что при одном и том же удлинении и, следовательно, укорочении  $S_1^a = S_1^a$  и  $S_2^a = S_2^a$  и  $P_a = \frac{P_a}{2 \cos 45^\circ} = \frac{P_a}{\sqrt{2}}$ , т.е.  $P_a > P_a$ ; откуда следует, что направление  $a$  более опасное для крепости оттяжек и расчетным ур. для них будет ур. (16), а при равных сечениях оттяжек антенну следует присоединить по направлению стрелки  $b$  или противоположному.

Из двух рассмотренных выше установок следует остановить выбор, как на наиболее рациональной, на той из них которая при одинаковом давлении ветра и одинаковой прочности (т.е. равенстве  $S_2$ ) дает наименьшее суммарное давление на мачту. При 3-х рядах оттяжек расчетным ур-нием оттяжек можно считать ур. (15), т.е.

$$\frac{P}{f_3 \cos \alpha \cos 30^\circ} + S_1 = S_2, \quad (15)$$

а для оттяжки 4-х рядов ур. (16), т. е.

$$\frac{P}{f_4 \cos \alpha} + S_1 = S_2; \quad (16)$$

здесь через  $f_3$  и  $f_4$  обозначены площади сечения в первом и втором случаях. При равенстве  $S_2$  должны быть также равны  $S_1$ ; так как в обоих случаях удлинения равны укорочениям, то из ур-ний (15) будем иметь

$$\frac{P}{f_3 \cos \alpha \cos 30^\circ} = \frac{P}{f_4 \cos 30^\circ} \text{ или } \frac{f_3}{f_4} = \frac{1}{\cos 30^\circ} = 1,15, \text{ а}$$

$$\frac{\sum P_4}{\sum P_3} = \frac{4}{3} \cdot \frac{f_4}{f_3} = 1,15$$

т. е. сечение оттяжек мачты с 3-мя рядами будет на 15% более сечения оттяжек мачты с 4-мя рядами, а производимое оттяжками вертикальное давление на мачту будет, наоборот, в случае наличия 4-х рядов на 15% более давлений от 3-х рядов оттяжек, а потому систему оттяжек с 3-мя рядами следует признать в этом отношении безусловно более рациональной. Эти выводы были получены для мачт с одним ярусом оттяжек, но они справедливы и для многоярусных систем. Установкам мачт с 3-мя рядами оттяжек надо отдать предпочтение еще и потому, что при этом уменьшается на 25% число оттяжечных фундаментов, анкеров, тальрепов и пр. Но, правда, оттяжки в системе с 3-мя рядами выходят с сечением на 15% более таковых же для системы с 4-мя рядами и, следовательно, на столько же будут более и силы действующие по оттяжкам, и фундаменты получатся несколько солиднее. Но во всяком случае а priori можно сказать, что, употребляя систему с 3-мя рядами оттяжек вместо системы с 4-мя, мы будем иметь некоторый выигрыш.

Таким образом наиболее рациональной и, правда, труднее всего осуществимой, системой оттяжек при  $n$  ярусах, если при этом  $n$  достаточно велико, следует считать систему с 3-мя рядами оттяжек, наклонными под углом  $43^\circ 15'$  к горизонту, а наиболее приемлемой следует признать систему, с 3-мя рядами оттяжек (при  $n$  очень большом), имеющую оттяжки верхнего яруса наклоненными к горизонту под углом  $60^\circ$ . При  $n = 2, 3, 4$  и т. д. для определения наивыгоднейшего угла  $\alpha$ , следует поступать согласно вышеизложенного способа.

9 марта 1922 года.

г. Москва.



## О терминологии и об основных величинах в технике пустотных приборов.

Проф. И. Г. Фреймана.

Начав с усилительной лампочки, мы, повидимому, неуклонно втягиваемся в постоянное пользование приборами, основанными на явлении термионного тока. Вместе с ними в радиотехнику вошло несколько новых величин, которые должны получить какие-либо новые наименования. Для нашего взаимного понимания важно, чтобы все мы называли эти новые величины одинаковыми именами и чтобы в одинаковые названия все мы вкладывали одинаковое содержание.

К сожалению, в этом отношении у нас не все благополучно. В нашей, покуда еще весьма скромной литературе, содержащей по упомянутому вопросу только ряд журнальных статей, уже можно найти по два, по три названия для одного и того же понятия и по несколько различных буквенных обозначений для одного и того же названия. Положение ухудшается еще тем, что и в иностранной литературе наблюдается полный разброд в терминологии и обозначениях по этому вопросу, так что по мере более широкого проникновения иностранной литературы к нам, приходится опасаться дальнейшего расширения и укрепления существующей разногласицы.

Так как в своих лекциях я был вынужден сделать тот или иной выбор терминов, свести их для стройности изложения в некоторую систему и согласовать применяемые обозначения с другими уже установившимися обозначениями радиотехники, то у меня выработалась нижеследующая терминология, которую привожу, как материал для оценки широкими кругами радиоспециалистов.

Для всей совокупности приборов, основанных на использовании термионного тока, я предлагаю название „пустотные приборы“. Этим названием, я, между прочим, надеюсь углубить сознание важности высокого вакуума, который мало обращает на себя внимание лица, пользующегося прибором. Эпитет „электронный“, как, напр., в термине „электронное реле“ нельзя считать отличительным, т. к. нет ведь ни одного электрического процесса, который обошелся бы без электронов. Эпитет „катодный“—напр., „катодный генератор“—мне также не

представляется уместным, т. к. для работы прибора анод одинаково необходим.

Общую группу пустотных приборов я подразделяю на:

- 1) *пустотные выпрямители* или выпрямительные лампы,
- 2) *пустотные усилители* или усилительные лампы и
- 3) *пустотные генераторы* или генераторные лампы.

Термины Икклъза „диод“, „триод“ и т. д. я нахожу совершенно неудачными. Во-первых, название выпрямителя настолько уже укоренилось в технике и настолько соответствует работе прибора, что заменять его искусственным словом „диод“ нет никакой надобности; во-вторых, одно наличие данного числа электродов в лампе для техника еще ничего не говорит и потому не может определять название прибора. Напр., между трехэлектродным усилителем и трехэлектродным генератором существует неизмеримо больше различия в выполняемой ими работе, чем между трех и четырехэлектродным усилителем. Между тем первые следовало бы по Икклъзу называть одним термином, а для последнего пользоваться особым словом кватриода или кватрода.

Переходя к частям пустотных приборов, я полагаю, что необходимо остановиться на каких-либо одних названиях электродов. Невозможно иметь и анод, и цилиндр, и „пластинку, или катод, волосок, нитку“ и т. д. Следуя совету проф. Хвольсона не выбирать для терминологии слова, имеющие посторонний термину общежитейский смысл, я не мог остановиться ни на нитке, ни на волоске, а придерживаюсь слова „катод“. Этот термин давно уже вошел в физику и в популярную естественно-научную литературу, и связываемое с ним содержание вполне соответствует назначению и работе этого электрода во всех пустотных приборах.

Катоду естественно должен сопутствовать „*анод*“, имеющий одинаковую с ним историческую давность.

Термины анод и катод имеют то преимущество, что они могут выразить необходимые особенности происходящего на них электрического явления, не возбуждая при этом совершенно посторонних представлений о случайной форме или размерах электрода. Если бы лица, вновь знакомящиеся с этими терминами, встретили затруднения в запоминании, который именно катод и который анод, то в технике пустотных приборов этому, по моему, вполне может помочь созвучие, что катод накаливается.

Промежуточный электрод не имеет исторически установившегося названия. Форма сетки однако для этого электрода настолько существенно необходима, что название *сетки* мне представляется для него вполне удачным.

Работа анода и сетки, как известно, определяется их потенциа-

лами. Для обозначения этих величин довольно единодушно уже принято пользоваться символами  $V_a$  (или  $V_A$ ) и  $V_c$ . Букву  $V$  следует в данном случае предпочесть букве  $E$ , хотя последняя и рекомендуется Междунар. Эл. Ком., потому что  $E$  является общепринятым и необходимым в радиотехнике символом электрической силы (напряженности электрического поля). В вопросе о точном смысле символов  $V_A$  и  $V_c$  существует некоторая неопределенность, т. к. не всегда начинают счет разности потенциалов от одной и той же точки. Следует раз навсегда условиться считать за начальный потенциал потенциал отрицательного зажима катода и под символами  $V_A$  и  $V_c$  следует понимать только разность потенциалов анода и сетки и этой начальной точки. За выбор именно отрицательного зажима катода для начала счета потенциалов говорит: 1) то, что это вполне определенная и экспериментально легко доступная точка и 2) то, что только в этом случае при  $V = 0$  сетка действительно не имеет положительной разности потенциалов против какой-либо точки катода.

К символам  $V_A$  и  $V_c$  полезно присоединить  $V_k$ , который обозначает разность потенциалов между положительным и отрицательным зажимом катода т. е. напряжение накала.

Для силы тока не вызывают сомнения символы  $i_A$  (или  $i_a$ ) и  $i_c$ , обозначающие мгновенные значения силы тока на аноде и соответственно на сетке. В параллель с ними я пользуюсь обозначением  $i_k$  для тока накала катода.

Знак  $i$  без всяких значков мне представляется наиболее подходящим обозначением для полного термийонного тока, исходящего из катода и удовлетворяющего в случае трехэлектродной лампы очевидному условию

$$i = i_A + i_c.$$

Для предельного значения этой величины—тока насыщения, уже достаточно укоренилось обозначение  $i_s$ .

Переходя к понятиям и обозначениям, относящимся к внутренним свойствам пустотных приборов, следует иметь в виду, что разногласия в этой части вызывается не только случайностью выбора слов и букв тем или другим автором, но также и различиями во взглядах на пустотный прибор и в подходе к описанию происходящих в них явлений.

Изложение работы пустотных приборов принято теснейшим образом связывать с описанием внутреннего молекулярного процесса в нем. Следует признать, что такой прием не является обычным в остальных областях электротехники.

Устанавливая техническую терминологию и символы, мы в первую очередь должны иметь в виду нужды технических расчетов. За-



дача всякого технического расчета заключается в том, чтобы верно предсказать необходимый конечный результат.

Описание внутренних процессов, из которых этот результат вытекает, не всегда бывает безусловно необходимо для этой цели. Если же формальная сторона расчета может быть упрощена заменой величин, относящихся к действительному (или близкому к действительному) молекулярному процессу, какими-либо условными интегральными величинами, то сохранение внутренней физической картины процесса при расчетах следует, несмотря на ее поучительность, признать излишней и, поэтому нежелательной.

С обычной электротехнической точки зрения пустотный прибор ведет себя в электрической цепи, как некоторое омическое сопротивление—иногда, как сопротивление в сочетании с емкостью. Особенность омического сопротивления, представляемого пустотным прибором, заключается в том, что оно зависит от напряжения. В этом и заключается вся ценность этих приборов для техника.

Знать сопротивление прибора или, лучше, обратную ему величину проводимости прибора необходимо уже для самых простых расчетов цепи, содержащей пустотный прибор. Эта величина и должна быть первой характеристикой внутренних свойств прибора.

Обычно мы представили бы проводимость, как отношение  $i/V$ , но т. к. в данном случае это отношение зависит от  $V$ , то мы должны ограничить его небольшим участком изменения  $V$ , равным  $dV$ , указав при этом среднее значение  $V$ . Итак, *проводимость* прибора при данном напряжении между его анодом и катодом, равным  $V$ , определяемая, как отношение  $di/dV$ —это первая величина, которая необходима для того, чтобы охарактеризовать в техническом отношении пустотный прибор.

Этой величиной уже широко пользуются; ее обыкновенно представляют, как наклон кривой, выражающей зависимость  $i$  от  $V$ . Конечно, можно прибегать к кривой ( $i, V$ ) для пояснения понятия о проводимости прибора, когда в этом встречается надобность; вообще же этого можно и не делать.

Установившегося буквенного обозначения для  $di/dV$  пока нет. Я полагаю, что для него следовало бы придерживаться общего символа проводимости  $G$ , рекомендуемого Межд. Эл. Ком.

В случае пустотных выпрямителей нет надобности снабжать  $i$  и  $V$  какими-либо значками, т. к. во всем приборе есть только одна сила тока и одна разность потенциалов—между анодом и катодом.

В пустотных усилителях и генераторах мы часто имеем полную силу тока только у катода. Электрическая сила, поддерживающая этот ток, создается не одной только разностью потенциалов между анодом

и катодом, но на нее влияет еще разность потенциалов между катодом и сеткой.

Совершенно очевидно, что всякая данная электрическая сила, создаваемая потенциалами нескольких тел, может быть получена также от какого-либо одного эквивалентного потенциала на соответственно выбранном одном теле — подобно тому, как вообще несколько сил могут быть заменены их равнодействующей. В виду сего, данная сила тока, исходящая из катода при совокупном действии потенциалов нескольких электродов, могла бы быть получена также под действием некоторого одного электрода, имеющего некоторый эквивалентный потенциал  $V_s$ .

Я бы предложил остановиться на этом понятии эквивалентного потенциала и на этом обозначении  $V_s$ . Они позволяют определить весьма важную величину — полную проводимость прибора, понимаемую, как и выше — как  $di/dV_s$ .

Данное значение эквивалентного потенциала определяется всеми составными потенциалами. Зависимость между ними должна быть линейная. Если, напр., имеются два электрода, несущие слагающие потенциалы, анод с потенциалом  $V_a$  и сетка с потенциалом  $V_c$ , то эквивалентный потенциал можно представить в виде

$$V_s = a V_a + c V_c.$$

Я предлагаю придерживаться для коэффициентов пропорциональности  $a$  и  $c$  именно этих обозначений, чтобы легче было запомнить, к какому электроду они относятся. Я нахожу совершенно неприемлемыми греческие обозначения  $\lambda$ ,  $\mu$  и т. д., встречающиеся в некоторых авторитетных работах, не столько потому, что довольно трудно запомнить, к какому электроду они относятся, сколько потому, что в радиотехнике эти буквы уже заняты:  $\lambda$  — длина волны,  $\mu$  — магнитная проницаемость.

Наряду с понятием о полной проводимости пустотного прибора, определяемой, как  $di/dV_s$ , я предлагаю ввести понятия о *частичных* проводимостях на данный электрод, именно — проводимость на анод, определяемую, как  $di/\partial V_a$ , и проводимость на сетку, определяемую, как  $di/\partial V_c$ . Если угодно, их можно обозначать соответственно  $G_a$  и  $G_c$ .

Частичные проводимости на отдельные электроды обладают тем общим для всяких параллельно соединенных проводимостей свойством, что в сумме они равны полной проводимости. Поэтому мы напр. имеем

$$\frac{di}{dV_s} = \frac{\partial i}{\partial V_a} + \frac{\partial i}{\partial V_c}.$$

Отсюда, если принять во внимание, что  $a = \frac{\partial V_s}{\partial V_a}$ ,  $c = \frac{\partial V_s}{\partial V_c}$ , следует важное соотношение между коэффициентами при потенциалах отдельных электродов в выражении для эквивалентного потенциала

$$a + c = 1.$$

Сумма всех коэффициентов остается равной единице при любом числе электродов.

Предлагаемые понятия несколько не новы. Мы пользуемся ими уже давно и широко, однако только в связи с характеристиками—графиками зависимости  $i$ ,  $V_a$  и  $i$ ,  $V_c$ . В некоторых случаях представляется возможным обойтись без графиков, а поэтому основные величины, определяющие свойства прибора, желательно установить независимо от них.

Некоторое данное изменение силы тока, исходящего из катода,  $di$ , мы всегда можем представить в виде

$$di = \frac{di}{dV_s} \cdot dV_s = G \cdot dV_s.$$

В частном случае постоянного  $V_a$  оно принимает вид  $di = G \cdot c dV_c$ , а в частном случае постоянного  $V_c$  имеем  $di = G \cdot a dV_a$ .

Отсюда следует, что в отношении изменения полной силы тока  $i$  равноценны изменения потенциалов  $a dV_a$  и  $c dV_c$ , или, что то же самое,  $dV_a$  и  $\frac{c}{a} dV_c$  или  $dV_c$  и  $\frac{a}{c} dV_a$ .

Отношение  $c/a$  и есть та наиболее важная для усилителей и генераторов величина, которую можно назвать *коэффициентом усиления*. В первой, ставшей у нас известной иностранной теории усилителей, именно теории Лэнгмюира, она была обозначена буквой  $K$ . Я предлагаю присоединиться к этому обозначению.

Для множителей  $a$  и  $c$ , определяющих участие потенциалов соответствующих электродов в образовании эквивалентного потенциала, по моему, особых терминов вводить не следует. В случае надобности их можно называть описательно: коэффициент анодного потенциала, коэффициент потенциала сетки и т. д.

Итак, мы пришли к следующим терминам для выражения внутренних свойств пустотных приборов:

1. Полная проводимость  $di/dV_s$ ; ее можно обозначать  $G$ .
2. Частичные проводимости на отдельные электроды  $di/dV_a$ ,  $di/dV_c$ , которые при надобности можно обозначать  $G_a$ ,  $G_c$ .



Для этих величин должны быть указаны потенциалы, к которым они относятся, или пределы потенциалов, в которых они остаются постоянными.

### 3. Коэффициент усиления— $K$ .

Эти величины вполне определяют пустотный прибор в том объеме, который необходим для простейших расчетов электрической цепи, в которую такой прибор входит.

Надобность еще в одной величине может встретиться при расчете пустотного прибора, в частности—его сетки. Для этой величины, а именно отношения  $\frac{V_s - V_c}{V_a - V_s}$ , которое зависит только от геометрических размеров электродов, и которую в немецкой литературе обозначают буквой  $D$ , я пользуюсь термином „проницаемость“ сетки. Буквенное обозначение его  $D$ , весьма понятное на немецком языке, как первая буква соответствующего термина, теряет на русском языке это преимущество, сохраняя тот недостаток, что  $D$  имеет общепринятый смысл тока смещения. Я, однако, затрудняюсь предложить какое-либо более обоснованное обозначение.

Изложенным, на мой взгляд, исчерпывается тот минимум новой терминологии, который со вступлением пустотных приборов в технику стал необходимым, и с которым пока можно будет обойтись.

Некоторое расширение терминологии потребуется, когда в нашу практику войдут многосеточные лампы. Заграницей, как известно, пользуются иногда добавочной сеткой между обычной сеткой и анодом для защиты сетки от реакции анода или же другой добавочной сеткой, помещаемой между обычной сеткой и катодом для компенсации пространственного заряда. Пока что я называю в своих лекциях первую—анодной сеткой, а вторую—катодной сеткой в надежде, что последующая практика выдвинет для них более короткие названия, если в этом почувствуется надобность.

Петроград.  
Электротехнический Институт.  
Февраль 1922.

# Катодный музыкальный инструмент.

*Л. С. Термена.*

Из доклада на 2-м Публичном заседании Государственного Института Музыкальной Науки 11 ноября 1921 года.

В существующих музыкальных инструментах и механизмах для получения тонов различной высоты применяются или явления периодического колебания так или иначе закрепленного твердого тела (струны, мембраны, пластинки, колокола и т. п.), или периодические колебания в газе соответственно форме и размерам его вместилища (трубы, резонаторные ящики), или комбинации того и другого.

Электричество применялось лишь побочно, напр. для приведения в движение двигателя и вспомогательных приспособлений музыкальных инструментов, притяжения ударных частей и т. п. Тем не менее уже давно известны различные способы получения тональных звуков посредством периодических колебаний электрического тока (поющая вольтова дуга, вращающийся разрядник, зуммер, генератор переменных токов акустической частоты и т. п.). Музыкального значения пока эти способы не получили повидимому вследствие сравнительной трудности управления звуком и непригодности их музыкальных качеств. Однако в технике часто пользуются звуками, получаемыми таким электрическим способом (телефон, фонический вызов в телефонах, прием на слух радиостанций, различные зуммерные измерения и пр.).

Полученные при этом переменные электрические токи создают звуковые колебания, действуя своими внешними проявлениями (магнитными—телефон; электрическими—прибор Рабэка и Ионсена; тепловыми—вольтова дуга).

Появление катодных реле в большой мере способствовало развитию радиотехники не только потому, что они усиливают слабые токи, но и вследствие возможности с помощью их без движущихся частей получать весьма устойчивые переменные токи всевозможных частот. Это весьма облегчило прием на слух радиостанций, работающих незатухающими колебаниями,—явилась возможность слышать приходящие колебания высокой частоты, всегда значительно превышающей частоту верхнего предела слышимости человеческим ухом, заставляя их интерферировать

с колебаниями почти такой же частоты, генерируемыми на приемной радиостанции с помощью катодного реле. Слухач, изменяя частоту биения при такой интерференции, имеет возможность слышать передаваемые сигналы в том тоне, какой находит наиболее удобным.

В настоящее время катодные реле все более и более входят в различные отрасли техники, где пользуются или их усилительную способностью, или возможностью получения переменных токов любых частот.

Сама собою возникает уверенность в том, что и для целей искусства эти последние успехи техники могут иметь немаловажное значение, и что для музыкальных целей на ряду с другими способами получения звуков могут быть выдвинуты инструменты, основанные на электрических принципах.

Задачей моей работы являлось выяснить, какие из имеющихся технических возможностей применимы в музыке и каким образом оканчивается возможным создать новый электрический музыкальный инструмент, в котором эти достижения были бы использованы.

При создании сольного инструмента, могущего служить тем же целям, как напр. скрипка, альт, виолончель или соответствующие им духовые инструменты, напр. кларнет, но основанного на электрическом принципе, хотелось иметь разрешенными следующие задания:

1) Исполнитель на инструменте не должен быть обременен работою чисто механического характера; он должен лишь в возможно более полной мере управлять звуками инструмента, но не добывать звуковую энергию из сил собственного организма. Я полагал, что движение руки в пространстве, не обремененное нажиманием на струну или на смычок, способно к значительно более тонкому повиновению воле исполнителя, и если бы инструмент давал звуки, легко подчиняемые такому свободному движению в пространстве, то это могло бы иметь некоторые преимущества.

2) Инструмент должен иметь возможность давать столько голосов, сколько одновременно могут управляться исполнителем (на скрипке, напр., их maximum 4).

3) Тембр и характер звука должен варьироваться по желанию.

4) Должна иметься возможность получать звуки такой силы (*forte* и *piano*), какая только потребуется для художественного впечатления.

5) Должна иметься возможность давать сколь угодно длительные звуки при полной их непрерывности и ровности.

Для получения тональных звуков посредством электричества необходимо: I) получение переменных токов нужной частоты, формы и амплитуды и II) при посредстве какого-либо внешнего проявления этого тока (магнитное, электрическое или тепловое) произвести колебания воздуха, достигающего слухового органа слушателя.



1. Из всех способов получения переменного тока, дающих наибольшую возможность быстрой вариации частот и отличающихся наибольшей простотой и надежностью, следует признать непосредственное генерирование колебаний акустической частоты катодным реле. Такие реле, включенные напр. по схеме, применяемой в радиотехнике, дают переменный ток нужной частоты в зависимости от постоянных колебательного контура (главным образом емкости и самоиндукции). Для получения различных частот можно включать (напр. клавишами музыкального инструмента) емкость или самоиндукцию. Музыкальный инструмент, устроенный на этом принципе, требовал бы постоянного передвижения играющим на нем каких-либо рычагов или нажима клавиш. Кроме того перекрывание значительного диапазона тонов при перемене одной из колебательных постоянных контура весьма затруднительно; перемена же одновременно и  $L$ , и  $C$  весьма усложнила бы устройство инструмента и игру на нем. При построении клавишного инструмента для одновременного звучания нескольких тонов соответственно нажатым клавишам, необходимо столько реле и колебательных систем, сколько имеется ступеней в диапазоне инструмента. Во всяком случае свободное движение руки в пространстве при таких схемах управления частотой токов (высотой звуков) становится невозможным.

2. Для получения периодических токов акустической частоты можно пользоваться перерывом с этой частотой колебаний значительно более высокой частоты. Такие перерывы токов высокой частоты имеют, напр., место при возникновении паразитных колебаний в некоторых приемных радиотехнических приборах с катодным реле и предложены для измерения больших сопротивлений по частоте перерывов тока (напр. Beaty,<sup>1)</sup> и С. Ржевкин и Б. Введенский<sup>2)</sup>). Клавишный музыкальный инструмент на этом принципе также мог бы быть построен и, хотя устройство его может быть и более простым, чем по первому способу, однако движение свободной руки изменить его тона все же не может.

3. Значительное преимущество применения катодного реле сказывается при использовании для акустических целей интерференции (разностный ток) двух электрических колебаний высоких (выше верхнего предела слышимости) частот.

При наличии достаточно больших частот интерферирующих колебаний, весьма небольшое процентное изменение частоты одного из них может вызвать значительное процентное изменение частоты биений (частота биения равна разности интерферирующих частот). Действительно, при наличии частоты 1000000 и 1000100 в секунду, получается тон интерференции равным  $1000100 - 1000000 = 100$ ; при изменении частоты 1000100 на 1000200, т.-е. приблизительно на 0,01%, частота интерференции станет  $1000200 - 1000000 = 200$ , т.-е. тон интерференции изменится на 100%.

<sup>1)</sup> Phil. Mag., October 1920.

<sup>2)</sup> С. Ржевкин и Б. Введенский. „Титбл“ № 11, стр. 67.

Понятно, что, так как для изменения частоты одного из интерферирующих колебаний на такую весьма малую величину, как напр. 0,01% или 0,001%, достаточно весьма малого изменения электрической емкости колебательной системы, то способ интерференции находит весьма широкое применение для всевозможных измерений, связанных с изменением постоянных колебательного контура, (напр. у Widdington'a)<sup>1)</sup>.

Мне представлялось весьма подходящим воспользоваться свободным движением руки в пространстве для влияния на частоту биений и, следовательно, на высоту тона музыкального инструмента.

Первая такая музыкальная установка была мною осуществлена и продемонстрирована на заседании кружка механиков имени проф. Кирпичева в Политехническом институте в Петрограде в ноябре 1920 г., после чего мною непрерывно производились работы по выработке нового музыкального инструмента чисто электрического характера. Техническую сторону вопроса я надеюсь осветить в специальном докладе и в настоящем сообщении отмечу лишь главные достижения, какие имеются на этом пути, некоторые из коих мною неоднократно демонстрировались публично.

1. Изменение высоты тона во всем акустическом диапазоне возможно перемещением руки в пространстве так, что длина и соотношение частей такого грифа на разной высоте звука могут быть устроены по желанию. Для облегчения, исполняемые движения могут быть производимы либо по плоскости (напр. по столу и т. п.), либо по линии (черте, струне).

2. Устойчивость получаемого тона может быть достигнута не ниже, чем в существующих струнных музыкальных инструментах.

3. Имеется возможность давать *forte* и *piano* от максимальной величины, имеющей музыкальное значение для данного помещения, до полного погашения звука.

4. Имеется возможность вариировать тембр полученных звуков. Может быть получен тембр определенной любой периодической кривой звуковых колебаний.

5. Может быть получено одновременно несколько тонов (аккорд), причем каждый может иметь различные тембр и силу, и управление ими может быть исполняемо как одним лицом, так и несколькими. Является возможность иметь веерный гриф на плоскости для различных двойных нот и пучкообразный в пространстве для трезвучий.

6. Возможна игра на струнах и грифах, геометрически не отличающихся от обычных (скрипки, виолончели), но без смычка. При этом отпадает обычная техника правой руки, имевшей доминирующее значение для звучности тона.

---

<sup>1)</sup> Phil. Mag., October 1920.

7. Могут быть использованы разнообразные приемы игры или на клавиатуре, обыкновенной, темперированной, многострунной, или сжатием мундштука во рту, или по грифу, сходному с грифом существующих инструментов, или даже движением всего корпуса (напр. при танце).

8. Возможна легкая передача полученных музыкальных переменных токов как по проводам, так и по радио без искажения тона и тембра микрофонным приспособлением.

9. Возможно такое размещение звучащих частей инструмента, при котором место исхода звука для слушателей не локализируется в определенном пункте, или же оно может перемещаться по аудитории в любом направлении и с требуемой быстротой.

10. Инструмент может быть весьма портативным и приключаться к щетпселю осветительной установки переменного тока.

11. Возможно легкое сочетание высоты тона с испускаемым прибором окрашенным светом по некоторым заранее выработанным зависимостям.

В заключение должен высказать уверенность, в полном отсутствии основания думать, что электричество, оказывающее столь большое влияние на технику и науку, не коснется столь же дорогой человечеству области—искусства.

Петроград.

28 мая 1922 года.



## О применении триода в качестве электрометра.

*Александра Миниц, д. ч. РОРИ.*

Доложено на заседании РОРИ 14 марта 1922 г.

§ 1. Пустотное катодное реле в соответствующей схеме с успехом может быть использовано в качестве электрометра. Исключительными преимуществами такого устройства являются его простота, чувствительность, малая инерция (обусловленная лишь инерцией регистрирующего силу тока прибора) и, что особенно важно, нулевой ток; этим прибором не отнимается тока от измеряемой цепи, что дает полную возможность измерять при его помощи емкости и большие сопротивления по разности потенциалов на их зажимах.

Ржевкин и Введенский<sup>1)</sup> использовали катодное реле в схеме прерывистого генератора и получили возможность измерения емкостей и больших сопротивлений. Однако, в методе этих авторов триод является не только регистрирующим прибором (прекращение генерации), но также и источником тока, заряжающим конденсатор, включенный в цепь сетки генерирующего триода. Следствием этого является невыгодное свойство прерывистого триодного генератора — зависимость числа прерываний от режима лампы и от частоты колебательного контура в анодной цепи, а следовательно некоторое непостоянство показаний.

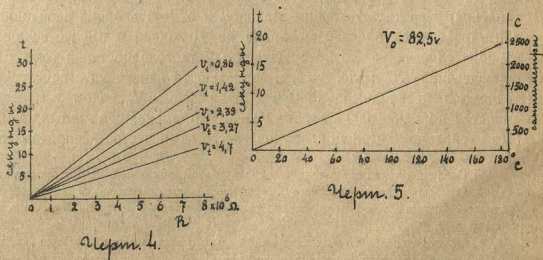
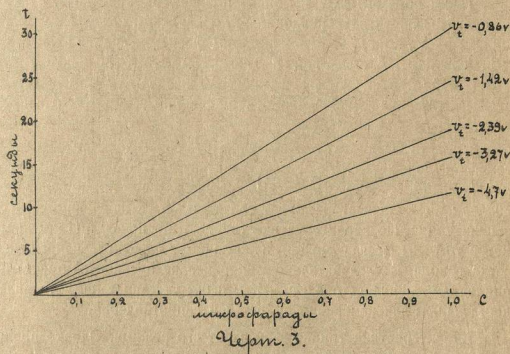
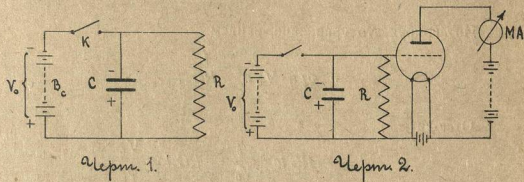
Предлагаемая мною ниже схема имеет тот же объем применения, что и прерывистый триодный генератор. Но она гораздо проще и не обладает указанными выше недостатками.

§ 2. Рассмотрим процесс нейтрализации зарядов конденсатора через большое сопротивление, которым этот конденсатор шунтирован. На черт. 1 (стр. 521)  $C$  изображает конденсатор,  $R$  — безиндукционное сопротивление,  $B_c$  — батарею, имеющую вольтаж  $V_0$ ,  $K$  — ключ, дающий возможность присоединять  $B_c$  к  $C$  и размыкать эту же цепь. В момент замыкания ключа  $K$  между обкладками конденсатора имеется разность потенциалов  $V_0$ . Заряд на обкладках конденсатора будет равен  $Q = CV_0$ .

Если мы ключ  $K$  разомкнем (примем это момент за начало счета времени,  $t = 0$ ), то начнется постепенная нейтрализация зарядов на обкладках благодаря току через сопротивление  $R$ . Напряжение на зажимах конденсатора в любой момент  $t$  будет равно

<sup>1)</sup> Ржевкин и Введенский. „Титб“, № 11, стр. 67.

Ремонт А. Мунца.



$$v_t = V_0 - \frac{1}{RC} \int_0^t v_t dt.$$

Интегрируя это уравнение, найдем

$$v_t = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}.$$

Отсюда

$$t = -RC \log \frac{v_t}{V_0} = RC \log \frac{V_0}{v_t}.$$

Таким образом, если мы знаем промежуток времени  $t$ , в течении которого разность потенциалов между обкладками конденсатора уменьшилась от  $V_0$  до  $v_t$ , то мы можем определить величину произведения  $RC$ . Если нам известен один из множителей, то легко найти и второй из них. При прочих равных условиях ( $V_0 = \text{const}$ ,  $v_t = a$ ) промежуток времени стекания зарядов прямо пропорционален емкости и сопротивлению.

§ 3. Если соединить отрицательную<sup>1)</sup> обкладку конденсатора с сеткой триода, а положительную с нитью накала, и в цепь анода включить миллиамперметр (черт. 2), то изменению разности потенциалов между обкладками конденсатора будет соответствовать изменение силы тока в цепи анода. По характеристике триода и по показанию миллиамперметра  $MA$  мы всегда можем однозначно определить напряжение на сетке триода, а следовательно и напряжение в данный момент между обкладками конденсатора ( $v_t$ ). Как было указано выше, это является достаточным для измерений емкостей и сопротивлений.

Характеристика триода зависит от его режима. Однако представляется возможным достигнуть полной независимости от режима лампы, если ввести метод сравнения измеряемой величины (емкости или сопротивления) с соответствующим эталоном и отмечать время необходимое для нарастания тока в цепи анода не до одной и той же величины в обоих случаях, а до прекращения заметного нарастания тока. Если произведение  $RC$  мало, то для возможности измерения с достаточной точностью необходимо повысить напряжение  $V_0$ . При измерениях емкостей порядка 1000 см и ниже<sup>2)</sup> и при применении обычных триодов (без усиленной изоляции) лучше всего в качестве сопротивления,

1) Соединение сетки триода с отрицательной обкладкой делает пространство сетка-нить совершенно непроводящим. Соединение с положительной обкладкой создало бы весьма большой ток в цепи сетки, который мгновенно нейтрализовал бы заряды конденсатора.

2) Желательно для точных измерений весьма малых емкостей или очень больших сопротивлений применять триод с высокой изоляцией сетки от остальных электродов. Эта задача стоит на очереди в нашей лаборатории.



шунтирующего конденсатор, взять сопротивление изоляции самого триода. Таким образом измерялись емкости порядка 10 см.

Специально построенный для подобных измерений триод позволил бы повысить их точность и расширить диапазон измеряемых величин.

§ 4. Приведенные ниже две таблицы (2 и 3) измерений пересчитаны относительно  $v_t$  (таблица 1) по характеристике триода, определяемой зависимостью между током в цепи анода  $J_a$  и напряжением на сетке  $v_g$ . Лампа типа В. Т. Н. № 42018;  $J$  накала = 0,615 ампер;  $V$  анода = 80 вольт.

ТАБЛИЦА 1.

| Показания<br>МА деле-<br>ний шкалы | 2     | 4     | 6     | 8     | 10    | 12    | 14    | 16    | 18    | 20    | 22    |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| — $V_g$<br>вольт                   | 4,70  | 3,92  | 3,27  | 2,78  | 2,39  | 2,06  | 1,72  | 1,42  | 1,14  | 0,86  | 0,53  |
| $J_a 10^{-3}$<br>ампер             | 0,051 | 0,102 | 0,153 | 0,205 | 0,256 | 0,307 | 0,358 | 0,409 | 0,460 | 0,513 | 0,564 |

Результаты измерений зависимости промежутков времени от емкости включенного в цепь сетки конденсатора приведены в таблице 2 и графически изображены на черт. 3.

ТАБЛИЦА 2.

$J$  накала = 0,615 ампер;  $V$  анода = 80 вольт;  $R = 7,6 \cdot 10^6$  ом;  $V_0 = -15$  вольт; табличные числа дают время в сек; в первой строке дается  $C$  в микрофар.

| $C \mu F$<br>$v_t$ вольт | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9   | 1,0  |
|--------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|
| 4,70                     | 1,1 | 2,2 | 3,6 | 4,7  | 6,0  | 7,0  | 8,0  | 9,5  | 10,5  | 11,5 |
| 3,27                     | 1,6 | 3,2 | 4,7 | 6,0  | 8,0  | 9,0  | 11,0 | 12,2 | 14,0  | 15,6 |
| 2,39                     | 1,8 | 3,6 | 5,4 | 7,4  | 9,5  | 11,0 | 13,0 | 15,5 | 16,8* | 18,6 |
| 1,42                     | 2,3 | 4,8 | 7,0 | 9,8  | 12,0 | 14,0 | 16,0 | 20,0 | 21,8  | 24,0 |
| 0,86                     | 3,4 | 6,8 | 9,3 | 11,8 | 15,0 | 17,2 | 20,5 | 24,9 | 26,7  | 29,0 |

Таблица 3 и черт. 4 дают зависимость промежутков времени от сопротивления, шунтирующего емкость в цепи сетки.

ТАБЛИЦА 3.

$I$  накала = 0,615 ампер;  $V$  анода = 80 вольт;  $V_0 = -15$  вольт;  
 $C = 1,0 \cdot 10^{-6}$  фарады; в первой строке дается  $R$  в мегамах.

| $R$     | 1,9 | 3,6  | 4,0  | 7,5  |
|---------|-----|------|------|------|
| $vt$ в. |     |      |      |      |
| 4,70    | 2,8 | 5,5  | 5,9  | 11,5 |
| 3,27    | 4,0 | 7,8  | 7,9  | 15,6 |
| 2,39    | 4,7 | 9,2  | 9,8  | 18,6 |
| 1,42    | 5,9 | 11,7 | 12,4 | 24,0 |
| 0,86    | 7,7 | 14,5 | 15,4 | 29,0 |

Как видно из черт. 3 и 4, время стекания зарядов является строго пропорциональным емкости и сопротивлению, включенным в цепь сетки.

Черт. 6 изображает градуировку воздушного конденсатора переменной емкости по этому методу. По абсциссе отмечены градусные деления, а по ординатам время полного стекания и емкость. В качестве шунтирующего сопротивления служила изоляция цоколя лампы.

Описанный в этой работе метод измерения емкостей и сопротивлений имеет широкий круг применения. Разработанная нами схема вполне заменяет электрометр и частично может заменить чувствительные гальванометры как для научных, так и для технических целей. Главным преимуществом этого метода является исключительная простота, чувствительность, постоянство показаний и широкий диапазон измеряемых величин. Сравнительно с прочими методами, применяющими триод для подобных измерений, описанный здесь метод совершенно независим от режима триода, что является чрезвычайно ценным качеством.

В заключение выражаю свою признательность моему сотруднику Г. Д. Файн за его постоянную помощь при измерениях и при изготовлении больших сопротивлений.

Радиолaborатория  
 Высшей Военной Школы Связи.  
 Москва. Март 1922.

## К вопросу о причинах колебания силы приема при радиопередаче.

Проф. Б. Ильина.

Впервые Маркони<sup>1)</sup> отмечено, что радиосигналы ночью передаются дальше и надежнее, чем днем. Нужно различать изменение дальности передачи и изменение интенсивности приема *в одном и том же месте*.

Кроме того одни колебания силы приема имеют привильный ход — нормальный, другие — неправильный, особенно проявляющийся при резком изменении атмосферных факторов (дождь, снег, облачность и пр.).

Причины, обуславливающие колебания, можно разбить на две группы: одни лежат в изменениях распространяющейся электромагнитной энергии в пути, другие — в самих передатчике и приемнике.

Вполне естественно прежде всего предположить, что поглощающая способность атмосферы для электромагнитных волн меняется в течение суток; и прежде всего более ионизованный днем, чем ночью, воздух и поглощает эл.-магн. волны сильнее днем, чем ночью. Однако, как показывает расчет Ценнека<sup>2)</sup>, коэффициент поглощения атмосферы при увеличении электропроводности воздуха увеличивается незначительно. Электропроводность воздуха ( $2 \cdot 10^{-25}$  cgs) очень мала по сравнению с проводимостью почвы ( $10^{-15} - 10^{-18}$  cgs) и проводимостью воды (для морской воды  $10^{-11} - 10^{-10}$  cgs).

Общий коэффициент поглощения

$$B^1 = B + A \frac{\sigma_0}{2v\epsilon_0},$$

где второй член и представляет увеличение коэффициента поглощения через электропроводность воздуха  $\sigma_0$ . Если подставить соответствующие значения, то  $B^1 = B + 0,4 \cdot 10^{-6}$  км<sup>-1</sup>. В самом благоприятном случае для влияния электропроводности воздуха на поглощение (эл.-магн. волны распространяются по морской воде с  $\sigma = 10^{-10}$  cgs)  $B = 1,5 \cdot 10^{-5}$  км<sup>-1</sup>, т.е. влияние второго члена скажется не больше,

<sup>1)</sup> Electrician. 49, p. 521. 1902; 54, p. 824. 1905.

<sup>2)</sup> Ann. d. Ph. 23 p. 862. 1907.



чем на 2%. Возможно, что это не вполне решает вопрос в отрицательном смысле для абсорбции, так как она тесно связана и с другими метеорологическими факторами (влага, прозрачность (?), большее или меньшее количество отражающих масс, днем вертикальные конвекционные токи разрушают слоистость ионизованных слоев), что в упрощенном подсчете Ценнека не учтено.

Совершенно другая точка зрения предполагается теориями Макдональда—Паункаре<sup>1)</sup>, Зоммерфельда<sup>2)</sup>, Икклза - Флеминга<sup>3)</sup>; здесь во-первых принимается в расчет отражение эл.-магнит. луча от различных ионизованных и по различному смешивающихся слоев в атмосфере (слои Хивизайда), во-вторых изгибание эл.-магн. луча вследствие переменной диэлектрической постоянной атмосферы.

Эти обстоятельства, меняющиеся при изменении ионизации от солнечного света (или и влияние почвы), вполне удовлетворительно объясняют увеличение дальности радиопередачи. Но эти теории предвидят возможность существования таких точек на земной поверхности, куда эл.-магн. луч, попадая днем, не попадает ночью, и следовательно ночью будет ослабление приема. Поэтому обыкновенно наблюдающееся при нормальном ходе метеорологических факторов увеличение силы приема ночью и отсутствие мест с противоположным ходом оставляет в этом вопросе кое-что неясным (хотя здесь, повидимому, нет безусловно исчерпывающего материала; как указывает Остин<sup>4)</sup>, в Арлингтоне ночные сигналы при волне в 4100 мт были слабы, при переходе же на волну в 3950 мт сила приема увеличивалась. Возможно, что здесь возникают светлые и темные интерференционные области, как в оптике).

К другой категории причин, вызывающих колебания силы приема, относятся обстоятельства, лежащие в самих передатчике и приемнике. Прежде всего можно предположить, что увеличивающаяся днем электропроводность воздуха создает тем самым меньшую изоляцию проводов антенны, большую утечку энергии. Но элементарный подсчет показывает, что влияние электропроводности воздуха в этом смысле мало. При наличии утечки, как показывает теория<sup>5)</sup>, затухание

$$\alpha = \frac{R}{2L} + \frac{\Gamma}{2C},$$

1) Austin. Jahrb. d. d. Tel. 8, p. 381. 1914. Macdonald, Jahrb. d. d. Tel. 12, p. 45. 1917. См. обзор проф. Чернышева, „ТелТел“ № 9 и № 10, 1921 г.

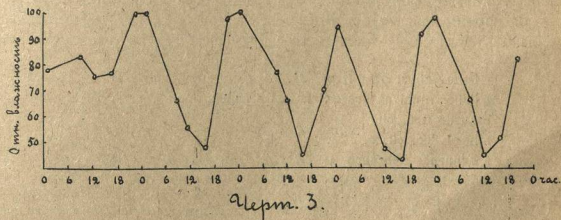
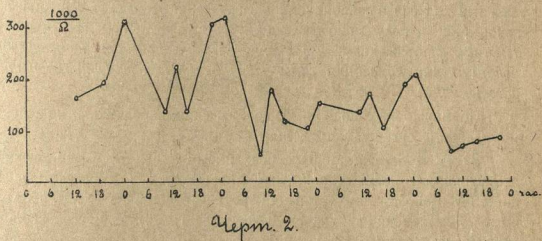
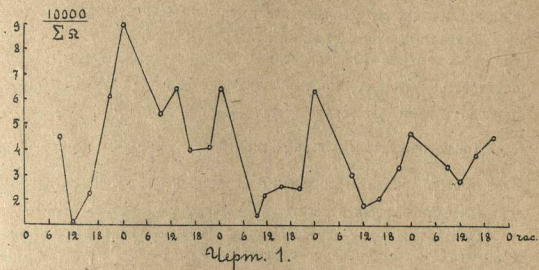
2) Sommerfeld. Ann. d. Phys. 28, p. 665. 1909.

3) Eccles. Jahrb. d. d. Tel. 8, p. 253. 1914.

4) Austin. Jahrb. d. d. Tel. 8, p. 381. 1914.

5) Петровский. Основания беспров. телеграфии. Спб. 1913, стр. 77.

К статье проф. Ильина: „Суточный ход приема.“



где  $G$  — полная проводимость диэлектрика,  $\frac{G}{2C}$  — член, обуславливающий увеличение затухания от электропроводности воздуха.

Если взять колебательный контур из антенны в 10 лучей и противовеса тоже из 10 параллельно расположенных лучей, то можно подсчитать  $\frac{R}{2L}$  и  $\frac{G}{2C}$ , взяв, например, длину каждого луча 10 мт, радиус проволоки 1 мм, расстояние между антенной и противовесом 1 мт.

Тогда, при самом благоприятном для  $\frac{G}{2C}$  подсчете, всетаки  $\frac{G}{2C}$  оказывается приблизительно в  $10^4$  раз меньше  $\frac{R}{2L}$ , т.е. при изменении проводимости воздуха в десять раз  $\alpha$  может измениться на 0,1%.

Опять, как и для случая Ценнека, возможны осложняющие обстоятельства. Резкое изменение метеорологических факторов (дождь, снег, большая влажность, ветер и пр.) резко меняют и утечку эл.-магн. энергии в радиосетях, как показали Эзау, Шварцхаупт и др.<sup>1)</sup> — увеличивается затухание. С другой стороны мною<sup>2)</sup> был обнаружен параллельный ход силы радиоприема  $J$  и затухания  $q$  и найден электрический закон  $J \cdot q^2 = const$ , показывающий, что с увеличением  $q$  уменьшается  $J$ . Этими соображениями несомненно следует объяснить неправильные, ненормальные колебания силы радиоприема (особенно при коротких расстояниях).

Но можно ли с подобными соображениями подойти к объяснению нормального суточного хода силы приема?

Здесь в настоящее время, повидимому, существует еще разногласие мнений. С одной стороны, измерения<sup>3)</sup> между станциями в Арлингтоне и Бюро Стандартов на коротких расстояниях дают для влияния ионизации на радиопередачу не более 1—2%. С другой стороны, Эзау<sup>4)</sup> для суточных колебаний декремента затухания дает 20—30%. Ценнек<sup>5)</sup> замечает, что в таких местах антенны, где напряжение ночью не настолько велико, чтобы вызвать искрение (Sprühen), последнее под прямым или косвенным действием дневного света может быть вызвано<sup>6)</sup>. Иоллосом<sup>7)</sup> отмечено своеобразное асимметрическое искривле-

1) Esau. Phys. Zt. 13, p. 721. 1912; Schwarzhaupt. E. T. Z. p. 1313. 1911.

2) Иллен. Archives des Sciences Physiques. Vol. I, p. 7. 1918.

3) Austin, loc. cit.

4) Esau, loc. cit. p. 727.

5) Zenneck. Lehrbuch, p. 320.

6) Следует указать, что уменьшение ионизации атмосферы и параллельное увеличение силы приема отмечается во время солнечного затмения. См. Take u. Vos, Ber. d. d. Phys. Ges. 10 (1912) p. 837 и Ильин, Краткий отчет об измерениях силы радиоприема и метеоролог. элементов во время солнечного затмения 8 апр. 1921 г., Успехи Физ. Наук 1921.

7) Jollos. Ann. d. Phys. 23, p. 734. 1907.



ние кривой резонанса при искрении, и нужно сказать, что подобная форма кривой резонанса наблюдается при радиопередаче. Работы Эйкхофа и других<sup>1)</sup> дают резкое увеличение декремента затухания при искрении.

По работам Гертца, Варбурга, Крейсслера, Лебединского<sup>2)</sup> свет влияет на искрообразование, нужно думать и на искрение. Возможно поэтому, что утечка через воздух у проводов значительно больше, чем это соответствует нормальной электропроводности воздуха  $10^{-25}$  cgs (кажущаяся проводимость искры<sup>3)</sup> порядка  $10^{-9}$ , т. е. в  $10^{16}$  раз больше электропроводности воздуха!). Возможны кроме того колебания в утечке энергии, связанные и с нормальным ходом метеорологических элементов (влажность, взвеси в воздухе и пр.). Общие заключения следующие:

1) Если говорить о колебаниях силы приема и дальности радиопередачи, происходящих *при резких изменениях метеорологических условий, то они вызываются колебаниями потерь электромагнитной энергии в пути, а также утечкой в самих радиосетях (увеличение затухания).*

2) Что касается нормального суточного хода силы радиоприема (максимум ночью, минимум днем), то, с точки зрения теорий отражения от слоя Хивизайда, изгибания эл.-магн. луча, в сущности можно говорить только об увеличении ночью дальности радиопередачи, но не о силе приема, так как здесь имеется чередование светлых и темных интерференционных областей.

3) Вопрос о влиянии на нормальный суточный ход силы приема утечки энергии в самих радиосетях остается не вполне выясненным, так как с одной стороны опыты в Арлингтоне указывают на ничтожность этого влияния (1—2%), с другой Эзау и др. дают суточные колебания затухания в 20—30%, и увеличение силы радиоприема во время солнечного затмения наблюдалось и на близких расстояниях.

Возможно, что *при известных условиях в радиосетях (например в сети передатчика высокий вольтаж, искрение) это влияние значительно, при отсутствии этих условий—мало.*

---

<sup>1)</sup> Eikhoff. Phys. Zt. 8, 564. 1907; 9, p. 405. 1908.

<sup>2)</sup> Warburg. Sitz. Akad. d. Wissensch. Berl. B. XII, s. 233. 1896.  
Лебединский. Возникновение электрической искры и светозлектрическое действие. Спб. 1916.

<sup>3)</sup> Fleming. Principles of electr. wave Telegr. London. 1916, p. 266.

## Суточный ход силы приема на маломощных радиостанциях параллельно ходу ионизации и относительной влажности<sup>1)</sup>.

Проф. Б. Ильина.

При использовании силы приема для контроля пеленгующих станций, мне пришлось столкнуться с явлением непостоянства силы приема в течение суток для коротких расстояний и малых длин волн (расстояния до 200 верст и  $\lambda = 500 - 1500$  метров).

*Приборы и метод.* Передатчиком служила полевая станция Сименса и Гальске; приемником—или приемная часть станции того же типа, или радиокompасная станция Электрошколы, приемник которой был заменен приемником Сименса и Гальске. Определения силы приема производились по субъективному методу. Под силой приема понималось отношение сопротивления телефона в аperiodическом контуре приемника к тому сопротивлению реостата, при котором звук в телефоне от работающей станции исчезал. Для измерений передающая станция работала в определенные часы суток. Первичная энергия передатчика (число оборотов двигателя, число вольт и ампер первичной цепи) поддерживалась постоянной, условия установки и настройки станции не менялись. Отсчет по магазину сопротивлений производился при детекторе Стевенса, другой отсчет—при детекторе 4D Сименса и Гальске—это давало возможность установить постоянство отношения чувствительностей двух детекторов. Наблюдения силы приема производились на протяжении трех лет. Из-за отсутствия собственных приборов ионизация и влажность измерялись не всегда и приборами метеорологической станции, расположенной в районе приемной станции. За представление необходимых приборов и сведений считаю своим долгом принести благодарность заведующему метеорологической станцией Буткевичу. Ниже приводятся графики (черт. 1 и 2, стр. 527), построенные на основании наугад взятого экспериментального материала.

Опыт показывает, что сила приема на коротких расстояниях (до 200 верст) в течении суток колеблется вообще неправильно, резко зависит от ряда атмосферных условий (осадки, влажность, облачность, ионизация и пр.). Но при постоянной погоде (нет осадков, небо без облаков, нет перемены ветра) сила приема приобретает правильный суточный ход с максимумом около полуночи и минимумом около полудня, идущий приблизительно параллельно суточному ходу  $10/a$ , (где  $a$ —ионизация атмосферы) и относительной влажности<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Работа эта была закончена в 1917 г., но по независящим от автора обстоятельствам печатание ее задержалось; была доложена на с'езде физиков в Петрограде в 1919 г. Параллельно изучалось влияние затухания на силу приема.

<sup>2)</sup> Ср. статью А. С. Ирисова „Титбп“, № 11, стр. 109. 1921.

# Сравнительный экономический расчет различных систем радиостанций и проволочного телеграфа на дальность действия в 1000—3000 километров.

А. Ф. Шорина.

(Продолжение со стр. 429).

## ВТОРОЙ ВАРИАНТ СО 100 МЕТРОВЫМИ МАЧТАМИ.

Для определения влияния изменения высоты мачт на стоимость слова произведем расчет радиостанции подобно предыдущим, но в предположении, что высота мачт 100 метров, обе корреспондирующие радиостанции одинаковы и работают на то же расстояние в 3000 километров.

### РАСЧЕТ РАДИОСТАНЦИИ С ИСКРОВОМ ПЕРЕДАТЧИКОМ.

Произведем подсчет мощности в антенне искровой радиостанции опять по формуле Коэн-Остина с теми же предпосылками, что и в примере с 150 метровыми мачтами и получим для расчета таблицу 6.  $\lambda_0$  считаем 3000 метров. Тогда, при волновом множителе 4,5, получим величину горизонтальной части приблизительно в 500 метров.

ТАБЛИЦА 6.

| Рабочая волна | Число амп в антенне | $R$ полезн. | $R$ вред. | $R$ общ. | Клв. |
|---------------|---------------------|-------------|-----------|----------|------|
| 3000          | 150                 | 1,75        | 1,5       | 3,25     | 73,0 |
| 5000          | 130                 | 0,63        | 2,5       | 3,13     | 53,0 |
| 7000          | 140                 | 0,32        | 3,5       | 3,82     | 76,0 |

Согласно таблицы 6 расчет силовой установки передатчика необходимо вести для случая 76 клв в антенне, исходя из того предположения, что при эксплуатации радиостанции придется работать по расписанию и менее выгодной волной и необходимо, чтобы и в этом случае вся установка имела достаточную для нормальной работы мощность.

Полагая кпд антенна—замкнутый контур 40%, получим полезную мощность трансформатора 190 клв. При кпд трансформатора равном 95%, мощность его будет 200 клв; при кпд альтернатора 85%, его мощность будет 235 клв; мощность мотора при кпд в 85% будет 275 клв. Расход энергии на вращение разрядника, дутье, рабочий ключ



25 квл и всего на работу по передаче необходимо 300 квл. Для нужд радиостанции необходимо около 20 квл и всего 320 квл. При кпд динамомашин 90% мощность силового агрегата 355 квл или 480 НР. Для получения надежной работы необходимо иметь запасный агрегат такой же мощности.

### Силовая установка.

**Оборудование.** Здесь ввиду получения значительной мощности силовой станции надлежало бы войти в рассмотрение вопроса о выборе двигателя, но не будем этого разбирать подробно, а остановимся, как на наиболее применимом при различных условиях устройстве, на установке с 3 дизель-моторами мощностью по 240 НР и аккумуляторной батареей емкостью 900 ампер-часов, т. к. при такой комбинации радиостанция готова к пуску в любое время и имеет 100% запаса, считая аккумуляторную батарею за силовой агрегат.

Перейдем к подсчету установки. Стоимость здания общей кубатурой примерно в 600 куб. саж., считая по 100 руб. за куб. саж., равна 60.000 руб. Стоимость трех дизель-моторов по 240 НР каждый с монтажом, установкой, трубопроводами и принадлежностями  $3 \cdot 120 \cdot 240 = 86000$  руб. Стоимость динамомашин с установкой из расчета приблизительно по 40 руб. за установленный киловатт равна  $2 \cdot 180 \cdot 60 = 21.600$  руб. Распределительная доска приблизительно по 10 руб. за установленный квл  $180 \cdot 3 \cdot 10 = 5400$  руб. Проводка до доски и монтаж, выводы от доски к передающим приборам по 20 руб. за установленный киловатт  $180 \cdot 3 \cdot 10 = 10.800$  руб. Фундаменты под дизель-моторы и динамо приблизительно по 15 руб. за установленный киловатт  $180 \cdot 3 \cdot 15 = 8.100$  руб. Мостовой кран, резервуары, часть трубопроводов—15000 руб. Аккумуляторная батарея с монтажом—25.000 руб. Вспомогательные работы около 5% от оборудования—10.100 руб.

Всего по оборудованию силовой станции с округлением 242.000 р.

**Эксплуатация. Косвенные расходы.** Процент на капитал 11.550 руб. Амортизация здания и фундаментов из 2%—1.360 руб. Амортизация динамомашин около 3%—650 руб. Амортизация аккумуляторной батареи с ремонтом из 6%—1.500 руб. Амортизация дизель-моторов около 3%—2.580 руб. Амортизация распределительного устройства, соединительных кабелей, крана, проводки и пр. из 5%—1.560 руб.

Всего косвенных расходов 29.200 руб.

**Прямые расходы.** Расход на топливо подсчитаем в предположении, что двигатели будут работать в течении года по 18 часов на  $\frac{3}{4}$  своей нормальной мощности с расходом нефти 0,213' кгр на силу-час. Таким образом необходимо будет  $(2 \cdot 240 \cdot 3 \cdot 18 \cdot 365 \cdot 0.213) : 4 = 23500$  пудов; при цене 65 к. за пуд, всего на сумму 15.400 рублей.

Смазочные и обтирочные материалы можно считать 0,30 руб. на выработанный киловатт и всего  $2.180.18.135.0,3 = 2.350$  руб. Ремонт дизелей из  $1\frac{1}{2}\%$  их стоимости—1.290 руб. Ремонт динамомашин из  $1\%$ —216 руб. Ремонт здания 600 руб. Ремонт распределительного устройства и пр. из  $1\%$ —385 руб.

Всего прямых расходов будет 20.025 руб. Итого эксплуатационных расходов 49.225 руб.

### Передающее устройство.

Оборудование. Стоимость трансформатора, альтернатора и мотора в двух комплектах с установкой приблизительно по 70 руб. за клв.  $2.(100 + 200 + 235).60 =$  прил. 75000 руб. при 1000 оборотах и 220 вольтах. Распределительная доска, пусковые приспособления по 150 руб. за клв.  $(190 + 200 + 235).15 = 18800$  руб. Проводка от доски к моторам и монтаж до колебательного контура по 10 руб. за клв.  $=$  приблизительно 12500 руб. Колебательный контур, конденсаторы, переключатель волн, антенные самоиндукции по 100 руб. за клв.—19000 руб. Разрядники на общем валу с умформером  $2.2000 = 4000$  руб.

Здание для пристройки к общему зданию силовой установки при объеме в 100 куб. саж., по 100 руб. за куб. саж.—10000 руб. Всего стоимость оборудования 139300 руб.

Эксплоатация: *Косвенные расходы.* Процент на капитал—6960 руб.

Амортизация трансформаторов, альтернатора, динамо из  $3\%$ —2250 руб. Амортизация здания из  $2\%$ —200 руб. Амортизация распределительного устройства, проводки, колебательного контура 2715 руб.

Всего косвенных расходов 12125 рублей.

*Прямые расходы.* Смазочный, обтирочный материал для машин и колебательного контура по примерному подсчету 300 рублей. Ремонт динамо, трансформаторов и всего электрического устройства из  $2,5\%$ —с округлением 3250 руб.

Всего прямых расходов 3550 руб. и всего эксплуатационных расходов 15375 руб.

Приемное отделение и канцелярия останутся в таком же виде, как и в первом варианте.

### М а ч т ы.

Просчитаем расходы на оборудование. Предполагая мачты той же конструкции, что и в первом варианте, и те же условия для сети.

Стоимость конструкции мачт высотой 100 метров при весе 19000 кгр по цене франко завод 6 руб. с пуда (при цене 37 к. за килограмм) будет 7100 руб. и всего за 4 мачты—28400 руб. Окраска мачт за два раза и чистка общей площади  $270 \times 4 = 1080$  кв мт, при цене 2 руб. 20 к. за кв метр,—всего 2375 руб. Доставка и установка всех четырех мачт стоит около 8000 руб.

Остановимся на мачтах с оттяжками и будем считать, что оттяжки расположены треугольником по четыре в каждой плоскости. При общей длине на одну сторону мачты  $76 + 89 + 106 + 129 = 400$  мт, при диаметре троса 2 см и цене 2 руб. за метр, получим стоимость оттяжек 9600 руб. Заготовка коушей, затяжек и пр. частей для устройства мачт—1500 руб.

Фундаменты для оттяжек предполагается изготовить из бетона и кирпичной кладки. Вес бетонного основания около 25 тонн и вес кирпичной кладки 38 тонн. Всего для 4 мачт необходимо 12 фундаментов; таким образом вес бетона 300 тонн и вес кирпичной кладки 455 тонн. Стоимость бетона, при стоимости тонны 2 р. 50 к., равна 750 руб.; стоимость кирпичной кладки, при стоимости 2 руб. тонна, равна 910 руб., считая в этой сумме рытье котлованов для отвозки земли.

Фундамент под основание мачты из кирпичной кладки требуется весом 23 тонны на каждую мачту, а на 4 мачты 92 тонны. Считая стоимость кладки по предыдущему расчету получим сумму 200 руб. Таким образом стоимость оборудования четырех мачт равна 51735 руб.

*Косвенные расходы.* Процент на капитал 2590 руб. Амортизация всего устройства мачт с металлическими конструкциями из 3% от затраченного капитала 1300 руб. Всего косвенных расходов 3890 руб.

Из *прямых расходов* будет только ремонт, который придется принять около 2%, считая в эту сумму и окраску мачт,—всего 1365 руб.

Всего эксплуатационных расходов 5255 руб.

### Сеть и заземление.

Для заземления оставим те же цифры расходов и оборудования; необходимо только проверить возможность поместить в сети в виде колебаний подсчитанную энергию, считая емкость такой сети 18000 сантиметров или 0,02 микрофарады.

Для подсчета возьмем высоту тона (число искр в передатчике) от 750 до 1000, максимальное напряжение 100 киловольт. При таких условиях сеть может вместить 100 киловатт при сетевых проводах в 4 мм диаметром. Для нашего случая такая сеть достаточна.

Отопление здания в этом случае возрастает на некоторую небольшую величину ввиду увеличения машинного отделения, но, принимая



во внимание самоотопление при работе дизелей, не будем изменять цифр полученных для первого варианта.

Оборудование мастерской, помещение для служащих, под'ездные пути, содержание личного состава останутся без изменения.

Расход на водоснабжение увеличится до 500 руб.

Эти данные собранные в таблице 11, из которой видно, что расход на оборудование выражается в сумме 518885 руб. и на эксплуатацию— в сумме 139090 руб., причем прямые расходы равны 86480 руб., а косвенные равны 52610 руб.

### РАСЧЕТ РАДИОСТАНЦИИ С МАШИНОЙ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ.

Для расчета радиостанции остановимся на тех же данных, что и в первом варианте. Определим по формуле Фуллера силу тока в передающей антенне при волнах в 3000, 5000 и 7000 метров и составим таблицу 7.

ТАБЛИЦА 7.

| Рабочая волна | Число ампер в антенне. | $R$ полезн. | $R$ вредн. | $R$ общ. | Мощность в квл. |
|---------------|------------------------|-------------|------------|----------|-----------------|
| 3000          | 142                    | 1,75        | 1,5        | 3,25     | 65              |
| 5000          | 59                     | 0,63        | 2,5        | 3,13     | 18,5            |
| 7000          | 52                     | 0,32        | 3,5        | 3,82     | 19,8            |
| 9000          | 53                     | 0,195       | 4,5        | 4,7      | 25,0            |

Из таблицы видно, что расчет необходимо вести исходя из мощности в антенне около 23 квл и что диапазон рабочих волн для радиостанций простирается от 4000 до 9000 мт.

Для определения основных величин силовой установки предположим, что мы будем работать с трансформаторами частоты системы В. П. Вологодина с кпд 60%; тогда необходимая для них мощность будет 38 квл; при кпд машины высокой частоты равном 75%, ее мощность будет 52 квл; при кпд электродвигателя равном 90%, его мощность будет 57 квл; расход на освещение, вентиляторы и пр. 15 квл, всего для полной нагрузки необходимо 72 квл. Считая кпд динамо 90%, необходимая мощность силового агрегата равна 80 квл или 110 НР.

## Силовая установка.

Здание с мастерской, с центральным отоплением и проч., при подсчете по плану 500 куб. саж., при цене 100 руб. за куб. саж., стоит 50000 руб.

Стоимость двух дизель-моторов по 110 HP каждый с монтажом, установкой, трубопроводами и принадлежностями по 120 руб. за силу— $2 \cdot 110 \cdot 120 = 26400$  руб.

Стоимость динамо с установкой приблизительно по 40 руб. за 1 клв— $40 \cdot 80 \cdot 2 = 6400$  руб. Распределительная доска, при цене 10 руб. за установленный киловатт, стоит 1600 руб. Провода до доски, монтаж их, выводы от доски к передающим приборам и вся проводка в зданиях из расчета приблизительно 25 руб. за 1 клв стоит 4000 р.

Фундаменты под дизель-моторы и динамо, при цене 15 руб. за установленный киловатт, приблизительно 2400 руб. Мостовой кран и резервуары 15000 руб. Вспомогательные работы 500 руб.

Аккумуляторная батарея в 240 ампер часов на 220 вольт с полной установкой и оборудованием 6600 руб.

Таким образом стоимость всего оборудования 112.900 руб.

*Косвенные расходы.* Процент на капитал 5550 руб. Амортизация здания и фундаментов из 2%—1050 руб. в год. Амортизация динамо-машин и дизель-моторов из 3%—980 руб. в год. Амортизация распределительного устройства, соединительных кабелей, мостового крана и пр. устройства 5%—1030 руб. в год. Амортизация аккумуляторной батареи вместе с ремонтом из 6%—400 руб. в год. Всего косвенных расходов с округлением 9085 руб.

*Прямые расходы.* Расчет расхода на топливо такой же, что и в первом варианте, именно, считая действительную нормальную нагрузку в 100 HP,  $(0,213 \cdot 365 \cdot 18 \cdot 100) : 16,4 = 8500$  пудов; при цене 65 к. за пуд на сумму 5500 руб. Смазочные и обтирочные материалы из расчета 0,30 к. на выработанную силу час—1850 руб. Ремонт принято считать от 2½ до 3%, но при хорошем уходе, как показала практика, можно брать до 1,5% первоначальной стоимости установки, т.е. 3600 руб. в год.

Ремонт динамо, крана и распределительного устройства из 1,5%—385 руб. Ремонт здания и фундаментов из 1%—525 руб. Кислота и дистиллированная вода 115 руб.

Итого прямых расходов 11975 руб., а всего эксплуатационных 21060 руб.

## Оборудование передатчика.

Для подсчета стоимости передатчика при 23 клв в антенне крайне трудно остановиться на стоимости передающего агрегата. Опреде-

лим стоимость приблизительно по действительному расходу материала и рабочей силы в соответствии со стоимостью подобных электрических машин.

Стоимость двух моторов на 57 квл при 3000 оборотах—5800 руб. Стоимость двух машин высокой частоты по 52 квл—30000 руб. Стоимость двух трансформаторов высокой частоты в 38 квл—5000 р. Две общих рамы машины и моторов стоят 600 руб. Итого стоимость двух передающих агрегатов 41400 руб.

За распределительную доску по 10 руб. за квл, всего 1200 руб. Проводка от доски к машинам, пусковые приспособления, установка ключей и пр. 2000 руб. Устройство дополнительного помещения, не вошедшего в стоимость здания силовой установки, 5000 руб. Вспомогательные работы по оборудованию, фундаменты и пр. 1500 руб. Всего оборудование передатчика 51100 руб.

*Косвенные расходы.* Процент на капитал из 5%—2555 руб. Амортизация здания из 2%—100 руб. Амортизация распределительного устройства и доски из 5%—235 руб. Амортизация моторов и машин высокой частоты прибл. из 3%—1110 руб. Амортизация умножителей высокой частоты из 10%—500 руб. Всего косвенных расходов 4500 руб.

*Прямые расходы.* Из прямых расходов расход на масло для умножителей составляет около 250 руб. в год. Расход воды, который будет учтен позднее отдельно, и ремонт установки из 2% от стоимости—1020 руб. Всего прямых расходов 1270 руб., а всего эксплуатационных расходов 5770 руб.

**Приемное устройство, сеть и заземление**—те же, что и в предыдущем варианте.

**Мачты**—то же, что в этом втором варианте, в предыдущем подсчете радиостанции.

**Отопление здания**—то же, что в первом варианте для искровой радиостанции.

**Оборудование мастерской**—как и в искровой радиостанции второго варианта.

**Помещение для служащих**, как и во всех других случаях, останется без изменения.

**Подъездные пути**—расходы остаются такими же.

**Водоснабжение**, при учете расхода воды на охлаждение дизелей, машин высокой частоты, и хозяйственные надобности, примерно 500 р.

**Содержание личного состава** останется таким же, как и в предыдущем примере, т. к. число необходимых людей останется тем же.

Все расходы по оборудованию и эксплуатации радиостанции машиной высокой частоты сведены в таблице 12.



Таким образом расходы второго варианта радиостанции с машиной высокой частоты на оборудование составляют 191585 руб; косвенные расходы 24870 руб., прямые расходы 76.450 руб., а всего эксплуатационные 101320 рублей.

### РАСЧЕТ РАДИОСТАНЦИИ С ДУГОВЫМ ГЕНЕРАТОРОМ.

Для расчета радиостанции с дуговым генератором придется опять обратиться к таблице 7 и на основании тех же соображений, что и при подсчете радиостанции, оборудованной машиной высокой частоты, остановиться на мощности в антенне в 23 квл.

Тогда, принимая кпд в 40% включая сюда и питание электромагнитного дутья, получим мощность дуги 58 квл. Мощность динамомашин высокого напряжения при ее кпд в 90% будет 65 квл. Мощность мотора постоянного тока при кпд в 90% будет 72 квл плюс расход на освещение, вентиляторы, зарядку аккумуляторов 15 квл, всего для наибольшей нагрузки 87 квл. При кпд динамомашин в 90%, мощность силового агрегата равна 96 квл или 130 НР.

### Силовая установка.

Остановимся на дизель-моторной установке, как наиболее удобной в смысле эксплуатации, состоящей из двух дизель-моторов с аккумуляторной батареей.

Мощность дизель-моторов 130 НР для работы при нормальных условиях мощностью в 100 НР. Такого рода силовая установка рассчитана у нас в первом варианте для искровой радиостанции и поэтому все цифры этих расходов вставим в таблицу 13, именно, оборудование 120850 р., косвенные расходы 10520 р., прямые расходы 11600 р.; всего эксплуатационных расходов 22120 руб.

### Передающее устройство.

Стоимость оборудования дугового передатчика установить трудно, однако, не делая большой ошибки, можно положить ее равной стоимости оборудования машиной высокой частоты. Все расходы по эксплуатации самого дугового передатчика будут те же, что и машины, за исключением расхода на масло, но плюс расход на спирт, примерно по 8 кгр в сутки при 18 часовой работе дуги, что составит в год около 2900 кгр, при цене 1 руб. за 2½ кгр на сумму с округлением 1150 руб. Таким образом прямые расходы выразятся:  $1270 - 250 + 1150 = 2170$  руб.

Расходы по передатчику с дуговым генератором следующие: оборудование 51100 руб., косвенные расходы 4500 руб., прямые расходы 2170 руб. всего эксплуатационные расходы 6670 руб. Все остальные расходы по оборудованию и эксплуатации совершенно одни и те же, что и при машине высокой частоты за исключением расходов на воду, которые при примерном расходе будут около 330 руб.

Таким образом все оборудование радиостанции стоит 199.535 руб.; прямые расходы 26.305 руб., косвенные расходы 76.805 руб. и всего эксплуатационные расходы 103.110 руб.

### РАСЧЕТ РАДИОСТАНЦИИ С КАТОДНЫМ ПЕРЕДАТЧИКОМ.

Для получения мощности в антенне в 23 квв необходима установка 30—32 ламп при существующей конструкции ее в России.

Не будем подробно останавливаться на вычислении действительной стоимости оборудования лампового передатчика. Его стоимость можно считать приблизительно одинаковой со стоимостью оборудования машиной или дугой, потому что, само собой понятно, изменение количества измерительных приборов, изменение числа оборотов машин, моторов можно всегда для конкурирующих передатчиков подогнать под одинаковую стоимость при сравнительно одинаковом техническом качестве установки. Соответственно с этим конечно и косвенные расходы останутся теми же, если мы будем считать отчисление на амортизацию устройства одним и тем же. Не будем останавливаться на этом расходе, так как он очень мал по сравнению с прямыми расходами на ламповый генератор. Считая стоимость лампы в 200 рублей и продолжительность горения 500 часов при полной 12-ти часовой работе, получим прямой расход на замену ламп с округлением в сумме 56000 руб. Таким образом, видим, что расходы по эксплуатации самого лампового передатчика возрастают в 10 раз против машины и дуги. Но эксплуатация всей радиостанции увеличивается приблизительно на 60% против машины и дуги.

При уменьшении числа часов работы этот процент вздорожания падает. Вообще вопрос эксплуатационных расходов для радиостанций оборудованных ламповым передатчиком нельзя считать установленным ввиду того, что конструкция самих ламп большой мощности не установилась. Само собою понятно, что с увеличением срока службы, величины мощности ламп прямые расходы по замене ламп сильно сократятся и тогда, принимая во внимание целый ряд достоинств лампового передатчика, большая стоимость его эксплуатации не будет играть большой роли.

На этом закончим подсчет второго варианта и определим стоимость слова при таких же условиях нагрузки, как и в первом варианте.

### РАСЧЕТ СТОИМОСТИ СЛОВА.

На накладные расходы, содержание ведомственного аппарата берем 20% от эксплуатационных расходов. Пропускную способность определяем в 5,1 слова в минуту для радиотелеграфного обмена и в 12 слов для передачи прессы.

Строим такие же кривые, что и для первого варианта (см. таблицы 8 и на черт. 3 кривые 7 и 8 стоимости слова прессы и обмена). В этих кривых и таблицах учитываются накладные расходы; стоимость эксплуатации принята для искры в 167.128 руб., для машины в 121.600 руб., для дуги в 123.930 руб. и для лампы 189.790 руб.

ТАБЛИЦА 8.

Второй вариант 100 метр. мачты.

| Число час. работ | Для искры |        | Для машины |        | Для дуги |                       | Число слов в год |           | ПРИМЕЧАНИЕ                                                                                      |
|------------------|-----------|--------|------------|--------|----------|-----------------------|------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | Обм.      | Пресса | Обм.       | Пресса | Обм.     | Пресса                | Обмен            | Пресса    |                                                                                                 |
| 24               | 12,9      | 2,62   | 9,4        | 1,92   | 9,6      | На 2,1% дороже машины | 2.600.000        | 6.350.000 | 1) Точные данные, где не требуется поправки топлива.<br>Стоимость обмена указана в обе стороны. |
| 22               | 14,1      | 2,88   | 10,3       | 2,12   | 10,5     |                       | 2.370.000        | 5.800.000 |                                                                                                 |
| 20               | 15,5      | 3,15   | 11,3       | 2,31   | 11,5     |                       | 2.160.000        | 5.300.000 |                                                                                                 |
| 18 <sup>1)</sup> | 17,3      | 3,50   | 12,6       | 2,58   | 12,8     |                       | 1.940.000        | 4.750.000 |                                                                                                 |
| 16               | 19,4      | 3,95   | 14,2       | 2,90   | 14,5     |                       | 1.730.000        | 4.220.000 |                                                                                                 |
| 14               | 22,0      | 4,50   | 16,2       | 3,30   | 16,4     |                       | 1.518.000        | 3.700.000 |                                                                                                 |
| 12               | 25,6      | 5,25   | 18,8       | 3,86   | 19,3     |                       | 1.300.000        | 3.170.000 |                                                                                                 |
| 10               | 31,0      | 6,30   | 22,7       | 4,60   | 23,1     |                       | 1.080.000        | 2.650.000 |                                                                                                 |
| 8                | 38,6      | 7,90   | 28,4       | 5,70   | 29,0     |                       | 863.000          | 2.110.000 |                                                                                                 |
| 6                | 51,5      | 10,60  | 37,8       | 7,70   | 38,4     |                       | 650.000          | 1.533.000 |                                                                                                 |
| 4                | 78,00     | 15,90  | 57,0       | 11,60  | 58,3     |                       | 460.000          | 1.050.000 |                                                                                                 |

Стоимость слова при ламповом передатчике при 24 часовой работе на обмен равна 14,5 к.

Из этих таблиц видно, что зависимость между стоимостью слова для искры дуги, машины и лампы изменяется, как это видно из таблицы 9, которая составлена в предположении, что стоимость слова по обмену при работе с машиной высокой частоты равна 1 при полной нагрузке радиостанции в 24 часа. Плюс означает увеличение стоимости.

ТАБЛИЦА 9.

|                                        | Машина | Дуга   | Искра   | Лампа |
|----------------------------------------|--------|--------|---------|-------|
| Первый вариант 150 мт мачты . . . . .  | 1      | + 1,2% | + 18%   | + 12% |
| Второй вариант 100 мт. мачты . . . . . | 1      | + 2,1% | + 37,4% | + 55% |

Из таблицы 8 и таблиц 4 и 5 видно, что с изменением высоты мачты с 150 мт на 100 мт или, иначе говоря, с увеличением мощности



в антенне вообще стоимость слова обмена увеличивается. Считая стоимость слова по-первому варианту за 1, получим при 100 мт мачтах увеличение стоимости слова для машины на 16,8%, для дуги на 17,8%, для искры на 36% и для лампы много больше.

Теперь просчитаем стоимость слова обмена при условии, что радиостанция имеет обязательную нагрузку в 4 часа работы по передаче прессы при переменной нагрузке по обмену от 0 до 20 часов. Результаты этих расчетов представлены в таблице 10. В этой таблице указана стоимость переданного слова только в одну сторону и для получения стоимости слова радиотелеграфного обмена необходимы столбцы 1 и 3 помножить на 2. Далее из этой таблицы мы можем сделать те же самые выводы относительно увеличения стоимости слова при смешанной нагрузке, что и из таблицы 8. При обоих вариантах они конечно будут совершенно одинаковы и не могут быть представлены таблицей 9.

Из таблицы 10 и таблиц 4 и 5 видно, что с уменьшением высоты мачты с 150 мт до 100 мт стоимость слова при смешанной нагрузке возрастает для машины на 16%, для дуги на 17% и для искры на 34% (при нормальной 18 часовой работе).

Для получения полной картины изменения эксплуатационных расходов необходимо было бы просчитать третий вариант радиостанции с 200 метровыми мачтами, но сразу можно сказать, что радиостанции оборудованные машиной и дугой с такими мачтами для эксплуатации будут невыгодны, т. к. уменьшить расход на силовую установку, передатчик и др. статьи расхода невозможно в виду и без того малой мощности передающих приборов. Уже при 150 метровых мачтах имеем такие соотношения расхода энергии, что на косвенные нужды тратится энергии больше, нежели на самую радиопередачу. Иначе говоря, в третьем варианте силовые установки останутся почти те же, передатчики те же, поэтому останутся и все те же эксплуатационные расходы. Зато сильно возрастет стоимость мачт, которая поднимается непропорционально быстро с увеличением высоты мачты. Таким образом эксплуатационные расходы возрастут. Для искровой передачи еще есть возможность предположить, что при 200 метровых мачтах эксплуатационные расходы будут не настолько большие, а может быть и и такие же, что и при 150 метровых мачтах, но, как показали нам первые два варианта, искровая радиостанция дает почти наиболее дорогую стоимость слова, а потому мы не будем из за этого вопроса просчитывать третий вариант.

Таким образом из всего расчета радиостанций можем вывести заключение, что для работы двух радиостанций на расстояние в 3000 километров при силе приема в 50 микроампер наивыгоднейшим устройством будет радиостанция оборудованная дугой или машиной при высоте мачты в 150 метров.

ТАБЛИЦА 10.

| Число часов работы |      | Стоимость слова радиообмена и радиопрессы при 100 метровых маяках |                   |                   |            |                    |                   |                               |                   |                   |                  |           |                    | Примечание                                                     |
|--------------------|------|-------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|------------|--------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------|--------------------|----------------------------------------------------------------|
|                    |      | Для искры                                                         |                   |                   | Для машины |                    |                   | Для дуги                      |                   |                   | Число слов в год |           |                    |                                                                |
|                    |      | Обмен                                                             | Пресса            | Смешанн. нагрузка | Обмен      | Пресса             | Смешанн. нагрузка | Обмен                         | Пресса            | Смешанн. нагрузка | Обмен            | Пресса    | Смешанная нагрузка |                                                                |
| 20                 | 7,75 | 3,15                                                              | 5,2               | 5,65              | 2,31       | 3,8                | 5,75              | На 2,1% дороже чем при машине |                   |                   | 2,160.000        | 5.300.000 | 3.210.000          | 1) Точные данные, где не требуется поправки на расход топлива. |
| 18                 | 8,65 | 3,50                                                              | 5,67              | 6,30              | 2,58       | 4,06               | 6,4               | 3,9                           | 4,2               | 4,5               | 1.910.000        | 4.750.000 | 2.990.000          |                                                                |
| 16                 | 9,7  | 3,95                                                              | 6,00              | 7,10              | 2,90       | 4,40               | 7,25              | 4,5                           | 4,9 <sup>1)</sup> | 5,35              | 1.730.000        | 4.220.000 | 2.780.000          |                                                                |
| 14 <sup>1)</sup>   | 11,0 | 4,50                                                              | 6,5 <sup>1)</sup> | 8,1               | 3,3        | 4,75 <sup>1)</sup> | 8,2               | 5,9                           | 5,9               | 6,5               | 1.518.000        | 3.700.000 | 2.568.000          |                                                                |
| 12                 | 12,8 | 5,25                                                              | 7,1               | 9,4               | 3,86       | 5,2                | 9,65              | 11,55                         | 11,9              | 12,9              | 1.300.000        | 3.170.000 | 2.350.000          |                                                                |
| 10                 | 15,5 | 6,30                                                              | 7,85              | 11,35             | 4,60       | 5,7                | 11,55             | 14,5                          | 19,2              | 29,1              | 1.080.000        | 2.650.000 | 2.130.000          |                                                                |
| 8                  | 19,3 | 7,9                                                               | 8,75              | 14,2              | 5,70       | 6,37               | 14,5              | 19,2                          | 29,1              | 29,1              | 863.000          | 2.110.000 | 1.913.000          |                                                                |
| 6                  | 25,7 | 10,60                                                             | 9,8               | 18,9              | 7,70       | 7,2                | 19,2              | 19,2                          | 29,1              | 29,1              | 650.000          | 1.583.000 | 1.700.000          |                                                                |
| 4                  | 39,0 | 15,9                                                              | 11,2              | 28,5              | 11,6       | 8,25               | 29,1              | 29,1                          | 29,1              | 29,1              | 430.000          | 1.050.000 | 1.480.000          |                                                                |
| 2                  | —    | —                                                                 | 13,1              | —                 | —          | 9,6                | —                 | —                             | —                 | —                 | —                | —         | 1.270.000          |                                                                |
| 0                  | —    | —                                                                 | 15,9              | —                 | —          | 11,6               | —                 | —                             | —                 | —                 | —                | —         | 1.050.000          |                                                                |

ПРИМЕЧАНИЕ: Цифры для обмена и смешанной нагрузки указаны только в одну сторону.

Может быть очень детальный расчет даст оптимум и при другой высоте мачт, но эта высота будет очень мало разниться от 150 метров. Стоимость слова можем получить из кривой 6-ой на черт. 3, для различной нагрузки наиболее дешевое слово будет 6,5 копейки.

Для наглядного представления расходов помещены таблицы 11, 12 и 13.

ТАБЛИЦА 11.

Для искрового передатчика 2-ой вариант.

| № по пор. | Наименование статей расхода.    | Оборудование | Косвен. расходы | Прямые расходы | Экспло-атация | Примеч. |
|-----------|---------------------------------|--------------|-----------------|----------------|---------------|---------|
| 1         | Силовая установка . . . . .     | 242.000      | 29.200          | 20.025         | 49.225        |         |
| 2         | Передатчик . . . . .            | 139.300      | 12.125          | 3.250          | 15.375        |         |
| 3         | Приемная и канцелярия . . . . . | 31.850       | 3.190           | 3.315          | 6.505         |         |
| 4         | Сеть . . . . .                  | 3.550        | 915             | 200            | 1.115         |         |
| 5         | Заземление . . . . .            | 3.500        | 205             | 30             | 235           |         |
| 6         | Мачты . . . . .                 | 51.735       | 3.890           | 1.365          | 5.255         |         |
| 7         | Отопление зданий . . . . .      | 8.600        | 860             | 2.170          | 3.030         |         |
| 8         | Оборудование маст. . . . .      | 6.050        | 685             | 180            | 865           |         |
| 9         | Помещение служащих . . . . .    | 16.000       | 1.160           | 1.160          | 2.320         |         |
| 10        | Под'ездные пути . . . . .       | 6.300        | 380             | 125            | 505           |         |
| 11        | Водоснабжение . . . . .         | —            | —               | 500            | 500           |         |
| 12        | Содерж. личн. состава . . . . . | —            | —               | 54.160         | 54.160        |         |
|           | Итого . . . . .                 | 518.885      | 52.610          | 86.480         | 139.090       |         |

ТАБЛИЦА 12.

Для машины большой частоты 2-ой вариант.

| № по пор. | Наименование статей расхода.    | Оборудование | Косвен. расходы | Прямые расходы | Экспло-атация | Примеч. |
|-----------|---------------------------------|--------------|-----------------|----------------|---------------|---------|
| 1         | Силовая установка . . . . .     | 112.900      | 9.085           | 11.975         | 21.060        |         |
| 2         | Передатчик . . . . .            | 51.100       | 4.500           | 1.270          | 5.770         |         |
| 3         | Приемная и канцелярия . . . . . | 31.850       | 3.190           | 3.315          | 6.505         |         |
| 4         | Сеть . . . . .                  | 3.550        | 915             | 200            | 1.115         |         |
| 5         | Заземление . . . . .            | 3.500        | 205             | 30             | 235           |         |
| 6         | Мачты . . . . .                 | 51.730       | 3.890           | 1.365          | 5.255         |         |
| 7         | Отопление зданий . . . . .      | 8.600        | 860             | 2.170          | 3.030         |         |
| 8         | Оборудование маст. . . . .      | 6.050        | 685             | 180            | 865           |         |
| 9         | Помещение служащих . . . . .    | 16.000       | 1.160           | 1.160          | 2.320         |         |
| 10        | Под'ездные пути . . . . .       | 6.300        | 380             | 125            | 505           |         |
| 11        | Водоснабжение . . . . .         | —            | —               | 500            | 500           |         |
| 12        | Содерж. личн. состава . . . . . | —            | —               | 54.160         | 54.160        |         |
|           | Итого . . . . .                 | 191.585      | 24.870          | 76.450         | 101.320       |         |



ТАБЛИЦА 13.

Для дугового генератора 2-ой вариант.

| № по пор. | Наименование статей расхода. | Оборудование | Косвен. расходы | Прямые расходы | Эксплоатация | Примеч. |
|-----------|------------------------------|--------------|-----------------|----------------|--------------|---------|
| 1         | Силовая установка .          | 120.850      | 10.520          | 11.600         | 22.120       |         |
| 2         | Передатчик . . . . .         | 51.100       | 4.500           | 2.170          | 6.670        |         |
| 3         | Приемная и канцелярия        | 31.850       | 3.190           | 3.315          | 6.505        |         |
| 4         | Сеть . . . . .               | 3.550        | 915             | 200            | 1.115        |         |
| 5         | Заземление . . . . .         | 3.500        | 205             | 30             | 235          |         |
| 6         | Мачты . . . . .              | 51.735       | 3.890           | 1.365          | 5.255        |         |
| 7         | Отопление зданий . .         | 8.600        | 860             | 2.170          | 3.030        |         |
| 8         | Оборудование маст. .         | 6.050        | 685             | 180            | 865          |         |
| 9         | Помещение служащих           | 16.000       | 1.160           | 1.160          | 2.320        |         |
| 10        | Подъездные пути . .          | 6.300        | 380             | 125            | 505          |         |
| 11        | Водоснабжение . . . .        | —            | —               | 330            | 330          |         |
| 12        | Содерж. личн. состава        | —            | —               | 54.160         | 54.160       |         |
|           | Итого . .                    | 199.535      | 26.305          | 76.805         | 103.110      |         |

Из сравнения таблиц 11, 12, 13 и таблиц 1 и 2 мы видим, что с уменьшением высоты мачты сильно возрастает расход на силовую установку. Так, для установки с машиной высокой частоты расходы возрастают на 12380 руб., а расход на эксплуатацию мачт уменьшается всего только на 5865 рублей. Остальные расходы останутся почти теми же. Таким образом мы видим, что расходы по увеличению мощности радиостанции обходятся дороже нежели увеличение высоты мачт. Это имеет место только до определенного предела, когда стоимость мачт будет сильно возрастать, а мощность передатчика будет порядка мощности необходимой для разного рода хозяйственных нужд радиостанции. В нашем примере мы имеем оптимум при 150 метровых мачтах.

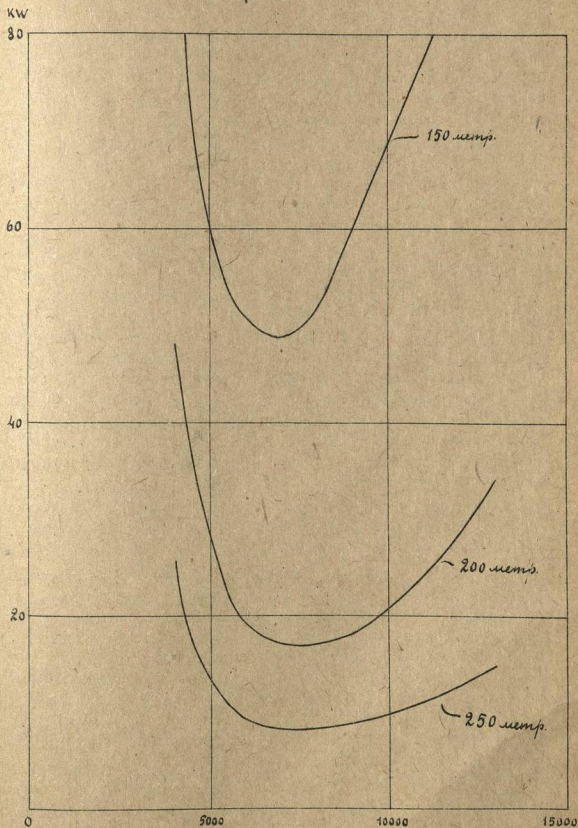
## Глава II.

### Применение повышенной силы приема.

Из самого ближайшего рассмотрения предыдущих расчетов видно, что пропускная способность радиостанций играет наибольшую роль для стоимости радиотелеграфного слова.

Расчет пропускной способности ясно показал, что с увеличением силы приема увеличивается и пропускная способность радиостанции. Так например, для Англии и Детского Села мы имеем пропускную способность всего 3,4 слова, та же радиостанция дает для Швеции 6,

Имя А. Ф. Успеня.



Черт. 4.

для Германии тоже почти 6. Работа Москвы с Прагой и Христианией дает по той же самой причине пропускную способность 9,3 и 7,5 слова. Отсюда ясно, что для удешевления стоимости слова необходимо стремиться к увеличению пропускной способности по возможности не изменяя расходов на эксплуатацию. Наиболее простым выходом, казалось бы, было применение достаточно большого усиления. Однако, как показала практика, усилители дают возможность увеличивать пропускную способность лишь до некоторого предела, т. к. они усиливают не только принимаемые сигналы, но и атмосферные разряды, заглушающие слабые сигналы при всяком усилении.

В данных примерах уже учтена работа с усилителями. Применение приборов, ослабляющих атмосферные разряды, не привилось еще в России. В настоящей фазе развития их применение не дает еще разительного улучшения в пропускной способности. Таким образом для удешевления стоимости слова приходится увеличивать мощность передатчика и пытаться перекричать массу разрядов средней величины, которые именно и заглушают работу радиостанции.

Принимая во внимание сильное удорожание эксплуатационных расходов при увеличении мощности вследствие повышения стоимости силовой установки и передатчика и, с другой стороны, возможность удешевления вследствие отсутствия большого числа повторений депеш, имеющего место при недостаточной мощности передатчика, мы разрешим вопрос, если найдем некоторый оптимум. Повышенная мощность дает гораздо более уверенный прием; поэтому в этом случае особенно важно наилучшим способом использовать работу передатчика и передать наибольшее количество слов в наименьший срок, т. е. достигнуть наибольшей возможной скорости передачи и приема.

Здесь пределом скорости при обыкновенном приеме на слух является 20 слов в минуту и поэтому приходится для дальнейшего повышения скорости прибегать к автоматическим приборам.

Для максимального повышения пропускной способности желательно применение существующих буквопечатающих и быстродействующих аппаратов; для их применения и хорошей работы с *достаточно хорошо спроектированными усилителями* более чем достаточна сила приема 250 микроампер. При таких условиях, как показал мой личный опыт, можно надежно вести запись сигналов аппарата Уитстона при скорости в 60 слов в минуту. Таким образом, повышая силу приема, мы можем выгадать на увеличении пропускной способности в несколько раз. Исходя из этих соображений, произведем подсчет стоимости слова для случаев применения быстродействующих аппаратов для максимальной силы приема в 250 микроампер. Для сравнительного расчета не будем совершенно останавливаться на искровой радиостанции, как наиболее дорого, а проведем расчет радиостанций оборудованных машинным, дуговым и ламповым передатчиками.



Будем вести расчет для мачт в 150, 200 и 250 метров, так как из предыдущего расчета видно, что высота мачты в 100 метров невыгодна даже при малых мощностях.

## РАСЧЕТ РАДИОСТАНЦИЙ, ОБОРУДОВАННЫХ МАЧТАМИ В 150, 200 и 250 МЕТРОВ.

### РАСЧЕТ РАДИОСТАНЦИИ С МАШИНОЙ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ.

Опять будем вести расчет по формуле Фуллера для работы по водному пространству, не вводя поправочного члена в показателе

$$e^{-\frac{K\sqrt[3]{r}}{\lambda}},$$

где  $K$  равно для суши 0,02, для холмистой поверхности 0,10 и для гористой поверхности 0,24. Принимая во внимание, что передача в России будет преимущественно по ровной поверхности или по холмистой, поправку на показатель степени у  $e$  имеем для ровной местности порядка 0,04 при показателе для наивыгоднейшей волны в 0,73. Составим таблицу 14 для изменения силы тока в антенне, сопротивления излучения, вредного сопротивления и необходимой мощности в антенне. Для более отчетливого представления составлен черт. 4. Как в предыдущих примерах, остановимся для простоты расчета на маркониевской антенне, где практически, при достаточно длинных проводах горизонтальной части, можно считать действительную высоту сети равной действительной высоте подвеса. При силе приема в 250 микроампер, можно пренебречь и провесом проводов, т. к. мы имеем достаточный запас надежности работы.

Из предварительного подсчета выясняется, что наивыгоднейшие рабочие волны будут в пределах от 6000 до 9000 метров. Волна в 5000 мт будет менее выгодна для работы, нежели 9000 мт или немного больше, т. к. при более коротких волнах более сказывается влияние поправочного члена в зависимости от поверхности и кроме того для расчета умножителей выгоднее более низкая частота. Считаем, что удлинение сети не должно превышать более, чем в  $2-2\frac{1}{2}$  раза собственную волну; тогда для расчета сети необходима собственная волна около 3500 метров. Из этих предположений произведем подсчет вредного сопротивления и составим таблицу 14 для мачты высотой в 150 метров.

Из таблицы видно, что наивыгоднейшая волна около 7000 мт и необходимая при этой волне мощность в антенне 50 квв. Принимая во внимание, что для правильной работы радиостанции необходимо иметь несколько рабочих волн, мы можем остановиться на диапазоне волн от 5000 до 9000 метров. При таких условиях необходимо рассчитать мощность передающих приборов при мощности в антенне в 60 квв.

Ввиду затруднительности постройки машины мощностью в 80 кв. на рабочую волну от 5000—9000 мт, приходится устанавливать специальные трансформаторы частоты, кпд которых около 60%.

ТАБЛИЦА 14.

Для мачты высотой в 150 метров.

| Длина<br>волны | $J_1$ | $R$<br>излуч. | $R$<br>вредн. | $R$<br>о б щ. | $W$<br>мощн. |
|----------------|-------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 4000           | 157   | 2,2           | 1,72          | 3,92          | 97           |
| 5000           | 130   | 1,42          | 2,15          | 3,57          | 61           |
| 6000           | 118   | 0,99          | 2,58          | 3,57          | 50           |
| 7000           | 115   | 0,73          | 3,00          | 3,73          | 49           |
| 9000           | 118   | 0,44          | 3,86          | 4,30          | 60           |
| 11000          | 125   | 0,294         | 4,72          | 5,01          | 78           |
| 13000          | 147   | 0,21          | 5,56          | 5,78          | 127          |

Таким образом, при кпд машины в 75%, необходимая мощность ее будет около 105 кв, а мотора, при кпд 91%, 120 кв. Теперь, для полного выяснения картины изменения мощности в антенне на передающей радиостанции в зависимости от изменения высоты мачт, составим таблицы 15 и 16 исходя из тех же условий, что собственная длина волны антенны равна 3500 метров.

ТАБЛИЦА 15.

Для мачты высотой в 200 метров.

| Длина<br>волны | $J_1$ | $R$<br>излуч. | $R$<br>вредн. | $R$<br>о б щ. | $W$<br>мощн. |
|----------------|-------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 4000           | 92,5  | 3,95          | 1,72          | 5,67          | 48,5         |
| 5000           | 71,5  | 2,53          | 2,15          | 4,68          | 24,0         |
| 6000           | 65    | 1,75          | 2,58          | 4,33          | 18,4         |
| 7000           | 63    | 1,29          | 3,00          | 4,29          | 17,0         |
| 9000           | 64    | 0,78          | 3,86          | 4,54          | 18,5         |
| 11000          | 68,5  | 0,52          | 4,72          | 5,24          | 24,0         |
| 13000          | 75,5  | 0,37          | 5,56          | 5,93          | 34,0         |

ТАБЛИЦА 16.

Для мачты высотой в 250 метров.

| Длина<br>волны | $J_1$ | $R$<br>излуч. | $R$<br>вредн. | $R$<br>общ. | $W$<br>мощн. |
|----------------|-------|---------------|---------------|-------------|--------------|
| 4000           | 61    | 6,2           | 1,72          | 7,92        | 29,0         |
| 5000           | 47    | 3,95          | 2,15          | 6,10        | 13,0         |
| 6000           | 42,5  | 2,74          | 2,58          | 5,02        | 9,2          |
| 7000           | 41,5  | 2,02          | 3,00          | 5,02        | 8,5          |
| 9000           | 42,5  | 1,22          | 3,86          | 5,08        | 9,0          |
| 11000          | 45,0  | 0,82          | 4,72          | 5,54        | 11,0         |
| 13000          | 50,0  | 0,59          | 5,56          | 6,15        | 15,0         |

Для более отчетливого представления этих зависимостей построим их в виде кривых, из которых ясно можно сделать следующее заключение: с увеличением высоты мачт резко выраженная наивыгоднейшая волна постепенно пропадает, она как бы расплывается в сторону увеличения длины волны.

Далее, рассматривая эти же кривые, видим, что для наивыгоднейшей волны расход энергии при 200 и 250 метровых мачтах равен 17,0 и 8,5 кв.

Принимая расход энергии на побочные надобности радиостанции примерно 15—20 кв, заключаем, что строить мачты в 250 метров невыгодно, т. к. экономия в топливе на передачу даже при большой работе незначительна, также незначительно и уменьшение косвенных расходов.

Из кривых черт. 4 видно, что можно иметь две наивыгоднейших рабочих волны; последнее обстоятельство особенно начинает выявляться при мачтах в 250 метров. Покажем это на примере.

Работая на наивыгоднейшей волне с машиной частотою в 20.000 периодов, мы получим необходимую мощность машины при работе третьей гармоникой 19 кв; при работе непосредственно на сеть волной в 15000 мт, мы получим необходимую мощность около 25 кв; при работе же на второй гармонике мы получим мощность машины 23 кв. Если учесть изменение кпд машины, которая должна быть по этим цифрам выбрана в 24 кв, то становится ясным, что работать более длинной волной выгоднее, чем промежуточной. Как мы увидим дальше, при определенных комбинациях эта особенность может быть выражена более сильно.



Из предварительных подсчетов ясно, что выгоднее остановиться на варианте с 200 метровыми мачтами. Мощность в антенне для работы с диапазонами волн от 5000 до 11000 мт необходима в 24 квл. При кпд трансформаторов частоты в 60% и машины в 75%, необходим трансформатор частоты в 40 квл и машина высокой частоты в 55 квл. При кпд 90%, необходимая мощность мотора 62 квл.

Считая, что на надобности радиостанции (освещение, вентиляторы и пр.) необходимо 15 квл, имеем общую максимальную нагрузку в 77 квл; при кпд динамо 90%, мощность динамо силовой установки 85 квл или 115 НР или, с округлением, достаточно 110 НР. Нормальная невыгоднейшая нагрузка будет около 90 НР, на которую необходимо вести расчет горючего на радиостанции.

Для расчета силовой установки и ее эксплуатации воспользуемся расчетом установки с машиной высокой частоты при 100 метровых мачтах, который нам дает следующие цифры: оборудование силовой установки 112.900 руб., косвенные расходы 9.085 руб., прямые расходы 11.975 руб. и всего эксплуатационные расходы 21060 руб.

Перейдем к определению расходов на оборудование передатчика.

Два комплекта трансформаторов частоты с маслопроводом и установкой мощностью в 40 квл стоят 5000 руб. Две машины высокой частоты в 55 квл стоят 30.000 руб. Стоимость двух моторов в 55 квл около 5800 руб. Две рамы машины высокой частоты и моторов общей стоимости 600 руб. Всего за два передающих агрегата 41.400 руб.

За распределительную доску по 10 руб. за установленный киловатт 1.200 руб. Проводка от доски к машинам, пусковые приспособления, установка ключей и пр. — 2000 руб. Устройство дополнительного помещения, не вошедшего в стоимость здания силовой установки, — 5000 руб. Вспомогательные работы по оборудованию фундаментов и проч. — 1.500 руб. Полная стоимость оборудования передатчика — 51.100 руб.

*Косвенные расходы* будут такие же, как во втором варианте радиостанции на 50 микроампер приемного тока.

Таковыми же будут и *прямые расходы*.

**Приемная и канцелярия** — тот же расход, что во всех вариантах.

### С е т ь.

Относительно сети можно сказать, что ее стоимость будет дороже, нежели в предыдущих вариантах, так как длина сетевых проводов увеличится на 20% и потому их стоимость будет с округлением 3000 рублей. Сетевые изоляторы, канаты, тальрепы, коуши, и проч. — 3000 руб. Работа по подвеске сети около 300 руб.

Стоимость всего оборудования — 6300 руб.

*Косвенные расходы.* Процент на капитал—315 руб. Амортизация проводов из 10% — 300 руб. Амортизация канатов, изоляторов и проч. из 50% — 1500 руб.

Всего косвенных расходов — 2115 руб.

В *прямые расходы* войдет ремонт сети, канатов, изоляторов и проч. на сумму около 300 руб.

### З а з е м л е н и е.

Расходы по заземлению нужно считать утроенными против расчета в первом варианте для искровой радиостанции и рассчитывать его оборудование на сумму 10500 руб., *косвенных расходов* на 615 р. и около 100 руб. *прямых расходов*, считая их не более 1%.

### М а ч т ы.

При расчете стоимости мачт придется остановиться на приближительных данных. Считая, что их стоимость будет возрастать почти пропорционально квадрату высоты<sup>1)</sup>, получим увеличение всех расходов в 4 раза. В соответствии с этим косвенные и прямые расходы будут увеличены почти в 4 раза.

Стоимость оборудования четырьмя 100 метровыми мачтами разна 51.735 руб., 200 метровыми мачтами — 202.000 руб. *Косвенных расходов* при 100 метровых мачтах 3.890 руб., при 200 метровых мачтах можно принять 14.130 руб. *Прямых расходов* при 100 метровых мачтах 1365 руб., при 200 метровых мачтах можно принять с поправкой 4.035 р. Всего эксплуатационных расходов будет 18.165 руб.

### Прочие расходы.

Помещения для служащих, под'ездные пути, водоснабжение и содержание личного состава можно взять целиком из проекта оборудования радиостанции машиной высокой частоты при 100 метровых мачтах (см. таблицу 12). Тогда все расходы на установку с повышенной силой приема можно свести в таблицу 17, откуда получим расходы на оборудование 451.600 руб.; *косвенные расходы* — 36.720 руб.; *прямые расходы* — 79.290 руб.; все эксплуатационные расходы 116.010 руб.

---

<sup>1)</sup> Вопрос о стоимости мачт разобран подробно в IV главе, откуда и взяты эти цифры.

ТАБЛИЦА 17.

Для машины большой частоты, пишущий прием.

| №№ по пор. | Наименование статей расхода. | Оборудование | Косвен. расходы | Прямые расходы | Эксплоатация | Примеч. |
|------------|------------------------------|--------------|-----------------|----------------|--------------|---------|
| 1          | Силовая установка . .        | 112.900      | 9.085           | 11.975         | 21.060       |         |
| 2          | Передатчик . . . . .         | 51.100       | 4.500           | 1.270          | 5.770        |         |
| 3          | Приемная и канцелярия        | 31.850       | 3.190           | 3.315          | 6.505        |         |
| 4          | Сеть . . . . .               | 6.300        | 2.115           | 300            | 2.415        |         |
| 5          | Заземление . . . . .         | 10.500       | 615             | 100            | 715          |         |
| 6          | Мачты . . . . .              | 202.000      | 14.130          | 4.035          | 18.165       |         |
| 7          | Отопление зданий . .         | 8.600        | 860             | 2.170          | 3.030        |         |
| 8          | Оборудование маст. .         | 6.050        | 685             | 180            | 865          |         |
| 9          | Помещение служащих           | 16.000       | 1.160           | 1.160          | 2.320        |         |
| 10         | Под'ездные пути . .          | 6.300        | 380             | 125            | 505          |         |
| 11         | Водоснабжение . . .          | —            | —               | 500            | 500          |         |
| 12         | Содерж. личн. состава        | —            | —               | 54.160         | 54.160       |         |
| Итого . .  |                              | 451.600      | 36.720          | 79.290         | 116.010      |         |

## РАСЧЕТ РАДИОСТАНЦИИ С ДУГОВЫМ ГЕНЕРАТОРОМ.

Считая, что стоимость комплекта дугового генератора будет приблизительно равна стоимости комплекта машины высокой частоты, мы получим расходы на эксплуатацию дуги на 4—5% выше. В дальнейшем, чтобы не затемнить расчет излишком цифр, мы будем вычислять результаты только для машины высокой частоты.

## РАСЧЕТ РАДИОСТАНЦИИ С ЛАМПОВЫМ ГЕНЕРАТОРОМ.

Для получения в антенне колебательной энергии по нашему расчету в 24 кв, при настоящем развитии техники нам необходима установка 30—32 мощных однокиловаттных ламп. Не будем подробно останавливаться на стоимости оборудования передатчика, состоящего из двух комплектов устройств, одного рабочего, а другого запасного. Каждый из комплектов состоит из щита, на котором смонтирована вся ламповая схема передатчика, источников энергии, трансформаторов для питания волосков мощностью около 3—3½ кв и машины высокого напряжения в 3000 вольт мощностью около 50 кв с мотором и соответствующим распределительным устройством. Опять будем предполагать, что стоимость полного оборудования и для лампового генератора будет такой же, как и для машины высокой частоты. Если мы перейдем к определению *косвенных расходов*, то расходы на амортизацию устройства с лампами необходимо было бы повысить, т. к. конструкции ламповых передатчиков находятся в настоящее время



в стадии сильного прогресса. Однако для таких общих подсчетов прием косвенные расходы одинаковыми с расходами для машины.

*Прямые расходы* для ламповой установки очень велики вследствие необходимости замены перегоревших ламп. Считая, что средняя продолжительность горения лампы 500 часов и стоимость лампы около 200 рублей, мы получим расход на замену ламп при годовой полной работе на сумму 56.000 рублей. Таким образом мы видим, что, при современном состоянии техники изготовления ламп, прямые расходы при эксплуатации очень велики и являются равными расходам на содержание всего личного состава. Поэтому в этой главе мы не будем совершенно касаться расчета радиостанции с ламповой установкой, т. к. такая радиостанция дает увеличение всех эксплуатационных расходов на 50%. Мы видим, что для возможности применения ламповых мощных передатчиков необходимо стремиться к увеличению мощности и срока службы ламп, тогда возможно применение их для мощных установок. В докладе Беспроволочного Телеграфного Комитета в Англии о постройке мощных радиостанций говорится о проектируемых 25 киловаттных кварцевых катодных лампах. При применении такого рода ламп, вопрос о применении мощного катодного передатчика *совершенно* изменяется.

По заявлению Маркони в Королевском обществе в октябре 1921 г. недалеко то время, когда ламповый передатчик будет самым дешевым.

## РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПРИ ПОВЫШЕННОЙ СИЛЕ ПРИЕМА.

К большому сожалению для определения пропускной способности при повышенной силе приема совершенно нет и не может быть практических данных. Во всяком случае, имея до некоторой степени данные пропускной способности для различных условий работы с мощными радиостанциями, мы можем предположительно определить ее. Из статистики Детского Села, московских радиостанций затухающих (позывные МСК) и незатухающих (позывные МСП) колебаний совершенно ясно видно, что с уменьшением расстояния между корреспондирующими радиостанциями пропускная способность увеличивается, например, средняя пропускная способность для Англии равна около 4,1 при одинаковых мощностях радиостанций; работа Науэна и МСП дает средние цифры за полгода для передачи из МСП в Науэн 5,4, а наоборот 8,0, т. е. на 45% больше. Отношение мощностей радиостанции можно представить в виде следующих цифр: 1 : 2 : 3. Таким образом повышение силы приема в 2—3 раза увеличивает пропускную способность на 45%. Мы же увеличиваем в нашем расчете силу приема в пять раз.

Если проинтерполировать увеличение пропускной способности

какой-либо радиостанции в зависимости от расстояния между радиостанциями или в зависимости от увеличения силы приема, то получим подтверждение всех средних цифр взятых из имеющихся статистических данных.

Исходя из всего этого, можем сказать, что средняя пропускная способность для повышенного радиоприема (250 микроампер) будет при слуховом методе около 10—12 слов в минуту, т. к. работать при передаче можно со скоростью до 20 слов в минуту. При применении быстродействующих аппаратов Уитстона на проволочных линиях мы имеем пропускную способность при симплекс работе около 12 слов. Такая малая пропускная способность этого аппарата объясняется тем, что он работает на длинные линии. В радиотелеграфе нет влияния самоиндукции линии, а потому скорость передачи можно повысить до 10—12 футов в минуту и таким образом нужно пропускную способность для телеграфа 2,4 слова умножить на 10—12 футов, что даст скорость до 29 слов в минуту<sup>1)</sup>.

С такой скоростью и даже большей можно работать по радио, имея возможность правильной записи. Мой личный опыт давал скорость ленты при силе приема около 150 микроампер до 16 футов в минуту, что соответствует 38 коммерческим словам.

Исходя из соображений, что в радиотелеграфе атмосферные разряды, мешающие действию радиостанций, будут иметь еще большее значение, чем подобные помехи в проволочной передаче, уменьшив цифру в 2,4 слова на фут на 20%; тогда пропускная способность одного фута ленты будет около 2 слов. Считая для радиотелеграфа допустимой скорость движения ленты в 14 футов в минуту, определим пропускную способность около 28 слов в минуту. В настоящее время на английских и французских радиостанциях аппарат Уитстона работает со скоростью ленты выше 14 футов, так что получение пропускной способности в 28 слов в мин. представляется вполне возможным. Английская норма для пишущего приема при работе на то же расстояние дает пропускную способность в 36 слов, что вполне подтверждает выбранная нами цифра, т. к. у нас запас мощности невелик (расчет велся без поправок на эффект высоты и проч).

Относительно применения других телеграфных быстродействующих аппаратов в радиотелеграфе сейчас невозможно что-либо сказать за отсутствием каких бы то ни было данных, но можно считать их пропускную способность такой же, как и аппарата Уитстона. Кроме того, все другие аппараты дают телеграмму уже дешифрованную и отпечатанную буквами. Поэтому их применение в радиотелеграфе вдвойне желательно, как аппаратов и быстродействующих, и буквопечатающих.

---

<sup>1)</sup> Подробный разбор этих цифр имеется в V главе.

Теперь обратимся к расчету стоимости слова при повышенной силе приема. Одним из больших плюсов работы буквопечатающими аппаратами является их уже шифрованный вид в атмосфере, т. к. все посылки тока представляют из себя точки, которые благодаря синхронному вращению аппаратов производят отпечатание того или иного знака.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ СЛОВА ПРИ ПОВЫШЕННОЙ СИЛЕ ПРИЕМА.

Все эксплуатационные расходы при повышенной силе приема выразятся в 116.010 р. К этой сумме необходимо прибавить 20% на ведомственные расходы, доставку и передачу телеграмм проволокой и тогда все эксплуатационные расходы выразятся с округлением в сумме 139.000 р. Составим таблицу 18 стоимости слова при слуховом методе приема при 10 словной и 12 словной пропускной способности и при различной нагрузке радиостанции по примеру предыдущих расчетов.

ТАБЛИЦА 18.

| Для машины при слуховом методе приема. |                             |        |                           |                   |        |                           |                                       |                                       |
|----------------------------------------|-----------------------------|--------|---------------------------|-------------------|--------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Число часов работы                     | стоимость слова в копейках. |        |                           |                   |        |                           | число пропущен. слов.                 |                                       |
|                                        | скорость 10 слов.           |        |                           | скорость 12 слов. |        |                           | Обмен в год при скор. передачи 10 сл. | Обмен в год при скор. передачи 12 сл. |
|                                        | Обмен                       | Пресса | Смеш. нагр. <sup>1)</sup> | Обмен             | Пресса | Смеш. нагр. <sup>1)</sup> |                                       |                                       |
| 24                                     | 2,62                        | 2,2    | 2,54                      | 2,2               | 2,2    | 2,2                       | 5.250.000                             | 6.350.000                             |
| 20                                     | 3,15                        | 2,64   | 3,10                      | 2,64              | 2,64   | 2,64                      | 4.360.000                             | 5.300.000                             |
| 16                                     | 3,94                        | 3,30   | 3,75                      | 3,30              | 3,30   | 3,30                      | 3.500.000                             | 4.220.000                             |
| 12                                     | 5,25                        | 4,40   | 4,95                      | 4,40              | 4,40   | 4,40                      | 2.620.000                             | 3.170.000                             |
| 8                                      | 7,9                         | 6,60   | 7,20                      | 6,60              | 6,6    | 6,6                       | 1.750.000                             | 2.110.000                             |
| 4                                      | 15,8                        | 13,2   | 13,2                      | 13,2              | 13,2   | 13,2                      | 875.000                               | 1.050.000                             |

В таблице 18 в графе стоимости слова указана только стоимость передачи для одной из корреспондирующих радиостанций. Для получения стоимости телеграммы при смешанной нагрузке и при обмене нужно соответствующие в таблице цифры помножить на 2.

В графе смешанная нагрузка подразумевается, что 4 часа в сутки заняты обязательной работой по передаче прессы, а остальное время использовано для обмена и в графе число часов работы для этого случая надо подразумевать число часов работы на обмен.

С первого взгляда на расчет видно, что с увеличением силы приема до 250 микроампер сильно увеличивается мощность радиостанции.

<sup>1)</sup> В графе „смешанная нагрузка“ стоимость слова вычислена в предположении, что 4 часа затрачивается на работу по передаче прессы.



Но, как показывает расчет, стоимость слова от этого не увеличивается. Просчитаем стоимость слова при применении быстродействующего аппарата Уитстона.

Для определения стоимости слова необходимо к прямым расходам прибавить расход на содержание 6 человек обслуживающих аппарат и дежурящих в 4 смены с окладом в каждой смене 2 по 750 рублей и 4 по 600 рублей, всего в год 15.600 рублей. Кроме этого два дежурных радиотелеграфиста могут находиться при аппарате, и тогда добавочный расход на личный состав при механической передаче выразится в сумме 16.200 рублей, включая 4 механиков с окладами 2 по 900 руб. и 2 по 1.200 рублей.

Эксплуатационные расходы при пишущем приеме будут  $116.010 + 16.200 = 132.210$  руб. К этой сумме необходимо прибавить 20% на содержание ведомства, доставку телеграмм и проч. и тогда все эксплуатационные расходы выразятся с округлением в сумме 159.000 руб.

Составим таблицу стоимости слова в зависимости от количества часов работы при пропускной способности 28 слов в минуту.

ТАБЛИЦА 19

для машины высокой частоты.

| Число часов работы | При пишущем приеме |                                |                              |               |
|--------------------|--------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------|
|                    | Обмен              | Смешан. <sup>1)</sup> нагрузка | Число пропущенных слов в год |               |
|                    |                    |                                | Обмен                        | Смешан. нагр. |
| 24                 | 1,08               | —                              | 14.700.000                   | —             |
| 20                 | 1,29               | 1,2                            | 12.300.000                   | 13.350.000    |
| 16                 | 1,62               | 1,48                           | 9.800.000                    | 10.850.000    |
| 12                 | 2,16               | 1,90                           | 7.350.000                    | 8.400.000     |
| 8                  | 3,25               | 2,70                           | 4.900.000                    | 5.950.000     |
| 4                  | 6,4                | 4,55                           | 2.460.000                    | 3.500.000     |

Теперь перейдем к сравнению стоимости слова при повышенной силе приема и при так называемой нормальной силе приема. Увеличение силы приема увеличивает мощность силовой установки передающей радиостанции почти в три раза; расходы же по эксплуатации в силу этого возрастают с 89.930 до 115.740, т.-е. всего лишь около 30%, так как происходит увеличение расходов только по силовой установке,

<sup>1)</sup> В графе „смешанная нагрузка“ стоимость слова вычислена в предположении, что 4 часа затрачивается на работы по передаче прессы.

а остальные очень крупные расходы остаются без изменения. Таким образом увеличение мощности радиостанции в несколько раз вызывает сравнительно незначительное увеличение эксплуатационных расходов. Зато увеличение мощности в отношении надежности приема сказывается очень сильно. С большим запасом надежности можно сказать (основываясь на работе существующих в России радиостанций) что при увеличении силы приема в 5 раз против нормальной (50 микроампер) пропускная способность для слухового метода возрастает на 100%. Такая сравнительно высокая сила приема дает возможность применения быстродействующих аппаратов, напр. аппарата Уитстона, помощью которых возможно увеличение пропускной способности также в пять раз. Необходимо оговорить, что применение пишущего приема вообще возможно конечно и при значительно меньшей силе приема. Совершенно надежную запись можно получить и при 30 микроамперах приемного тока, но атмосферные разряды, местные индукции на радиостанции, мешающие действия других радиостанций делают этот прием ненадежным в практическом применении. При повышенной силе приема все эти мешающие действия постепенно отпадают и работа быстродействующих аппаратов становится практически надежной.

Из сравнения таблиц 5, 18 и 19 мы видим, что для радиостанции с машинным генератором по первому варианту, т.-е. с 150 метровыми мачтами, при 20 часовой работе по обмену, стоимость слова в одну сторону будет 4,82 коп., при повышенной силе приема при слуховом методе от 2,64 до 3,15 коп., а при применении пишущего приема всего только 1,29 коп.

Эти цифры ясно показывают, что для коммерческой эксплуатации радиостанции необходимо идти в направлении увеличения силы приема сигналов, т. к. это дает значительное удешевление стоимости слова. Оспаривать же то положение, что увеличение силы приемного тока в пять раз против 50 микроампер дает удвоенную пропускную способность для слухового метода не приходится, т. к. это, даже не принимая во внимание статистических данных, само собой очевидно. Конечно, с точки зрения полного использования энергии, правильнее было бы стремиться к уменьшению мощности передающих радиостанций и стараться на приемных радиостанциях произвести лишь достаточное усиление. Но до настоящего времени вопрос избавления от атмосферных разрядов остается открытым и потому приходится для удешевления стоимости слова идти по пути увеличения мощности передающих радиостанций.

Необходимо отметить, что применение повышенной силы приема кроме удешевления стоимости слова дает еще одно огромное преимущество, именно увеличивает пропускную способность данной радиотелеграфной линии. При слуховом нормальном методе приема при 20 часовой работе мы имеем 2.160.000 слов в год, при повышенной

же силе приема мы имеем от 4.360.000 слов до 5.300.000 слов для слухового метода приема и 13.350.000 слов для пишущего приема. Если даже предположить, что повышенная сила приема не дает удешевления стоимости слова, то увеличение нагрузки на данной линии заставит идти в сторону увеличения мощности радиостанции, т. к. постройка второго комплекта радиостанций будет крайне неудобное и невыгодное решение вопроса, тем более, что при конкуренции проволочного телеграфа выступит его огромная сравнительно с радио пропускная способность.

В заключение следует упомянуть, что повышенная сила приема диктуется необходимостью, во-первых, увеличить коммерческую пропускную способность данной линии, во-вторых, удешевить стоимость слова телеграммы и, в третьих, иметь возможность надежно применять быстросействующие и буквопечатающие аппараты.

Теперь перейдем к расчету радиостанции с выделенными приемами.

### РАДИОСТАНЦИИ С ВЫДЕЛЕННОЙ ПРИЕМНОЙ.

Для получения еще большей пропускной способности необходимо выделить приемную радиостанцию для того, чтобы иметь возможность во время своей передачи производить прием корреспондирующей радиостанции. Этим производится как бы дуплекс—работа.

Из предыдущих расчетов сразу видно, что устройство выделенных приемных увеличит стоимость устройства:

- 1) на стоимость установки дополнительных мачт или на стоимость направленных или каких-либо других антенн;
- 2) на стоимость подвески телеграфных проводов для работы передатчиком из выделенной приемной.

Постараемся просчитать эти расходы для случая силы приема в 50 микроампер и наивыгоднейших условий с установкой 150 метровых мачт. Тогда необходимо поставить на выделенной приемной радиостанции три мачты высотой в 150 метров для того, чтобы не изменять мощности передающей радиостанции.

### М а ч т ы.

Для одной мачты в 4 бревна потребуются бревен сосновых отборных 7 вершков в верхнем отрубе при общей длине 620 метров по 1 р. 50 к. за метр, всего около 940 р. Устройство замков, прокладок и прочих деревянных частей на мачту около 160 руб. Отковка хомутов, затяжек крестовин и пр. общим весом 150 пуд. по цене 7 руб. за пуд. всего 1.050 руб. Стальной тросс общей длиной 1.700 мт при сечении около



20 мм на сумму 3.000 руб. Устройство фундамента и якорей оттяжек для общей мачты общим весом 280 тонн, при цене по 2 руб. за тонну, всего 560 руб. Окраска мачты общей поверхностью 500 кв. мт—1.200 руб. Установка и сборка мачты—1.000 руб.

Таким образом оборудование одной мачты с установкой и прочими расходами с округлением 8.000 руб. Всего три мачты выделенной приемной стоят 24.000 рублей.

*Косвенные расходы.* Процент на капитал 1.200 руб. Амортизация деревянных частей из 8%—240 руб. Амортизация фундаментов и металлических частей из 2%—420 р. Всего косвенных расходов 1.860 р.

*Прямые расходы* будут заключаться в ремонте мачт. Для установления процентной цифры на ремонт мачт по отношению к их стоимости необходимо принять к сведению, что мачты деревянные и за срок их предполагаемой службы в 10 лет придется заменить часть бревен, т. к. многие будут гнить даже при хорошем наблюдении и несмотря на хорошую окраску и шпаклевку. В железных мачтах мы предполагаем ремонт из 2% стоимости их. Здесь же необходимо принять около 6%, тем более, что в эту сумму должна входить и окраска мачты со шпаклевкой и ежегодный мелкий ремонт, как-то подтяжки хомутов и проч. Таким образом прямые расходы будут 1.440 руб. в год.

Стоимость *сети и заземления* мы можем считать, состоящей из расходов на медь, 10 пудов по цене 25 руб. за пуд, всего 250 руб. Канаты, изоляторы и проч.—250 руб. Работа по подвеске и сборке сети—100 руб. Всего стоимость оборудования сети и заземления—600 рублей.

*Косвенные расходы* составляют процент на капитал 30 руб. и амортизация 12 руб. Всего косвенных расходов 42 руб.

*Прямые расходы* составляет ремонт, как и в прочих подсчетах из 2%, всего около 15 рублей.

### Телеграфная линия.

Теперь перейдем к подсчету стоимости линии протяжением около 100 верст; при таком расстоянии уже возможна дуплексная работа радиостанций.

Стоимость подвески двух проводов 4 мм на расстояние 100 верст равна в среднем около 60 руб. с версты, считая и установку даже части новой линии. Всего подвеска проводов обойдется в 12.000 руб. Включение самопишущих аппаратов Морзе около 1.000 руб., считая и установку специальной батареи.

*Косвенные расходы.* Процент на капитал—650 руб. Амортизация проводов в среднем из 8% в год—960 руб. Амортизация устройства

линии, считая, что на линии около 7 пар проводов, при цене устройства в среднем 250 руб. с версты будет 250 руб. в год. Процент на капитал по устройству линии—200 руб.

*Прямым расходом* будет ремонт линии, который исчисляется в 5 р. 75 к. с версты провода, всего на сумму 1.150 руб.

Таким образом, при устройстве выделенной приемной радиостанции будет дополнительных расходов по оборудованию 37.600 руб., косвенных 3.962 руб. и прямых 2.605 руб., а всего эксплуатационных расходов 6.567 рублей.

Расходы на отопление останутся такими же, т. к. расход дров при варианте с выделенной приемной останется тот же. Помещение для служащих конечно можно было бы сократить в предположении, что выделенная приемная будет устраиваться в каком-либо центре. Но тогда сокращение расходов на передающей радиостанции компенсируется выдачей квартирных денег или наймом помещений для соответствующего количества служащих выделенной приемной.

Количество необходимого личного состава можно оставить прежним. Заведывающий радиостанцией и заведывающий механической частью останутся на передающей радиостанции; заведывающий электрической частью заменяется заведывающим выделенной приемной. Относительно технического обслуживающего персонала не приходится и говорить, т. к. он сам собою разбит по отделам и выделение приемной ничего не изменит. Точно также не изменяется число всех других младших и низших служащих.

В заключение можно признать, что больше никаких дополнительных расходов сверх уже указанных не будет.

Все расходы с выделенной приемной при 150 метровых мачтах представлены на таблице 20.

Прежде определения пропускной способности радиостанции с выделенной приемной просчитаем дополнительные расходы для выделенной приемной при повышенной силе приема. Здесь для более точного определения наивыгоднейших условий необходимо было бы просчитать следующие два варианта: 1) с установкой 200 метровых мачт на выделенной приемной и 2) с установкой более низких мачт, но с повышением мощности передающей радиостанции. Второй вариант рациональнее и дешевле, т. к. установка трех 200 метровых мачт, хотя бы деревянных, обойдется в эксплуатации дороже, чем соответствующее увеличение мощности передатчика, в расчете которого уже имеется некоторый запас на случай работы невыгодной волной.

Произведем подсчет установки выделенной приемной радиостанции со 150 метровыми мачтами, а в силу этого мощность передающего устройства соответственно повысим.

ТАБЛИЦА 20.

| №№<br>по по-<br>рядку | Наименование расходов     | Оборудо-<br>вание                            | Косвен-<br>ные<br>расходы | Прямые<br>расходы | Экспло-<br>атац.<br>расходы |
|-----------------------|---------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------------------|
| 1                     | <b>Для искры</b>          |                                              |                           |                   |                             |
|                       | Расходы по радиостанции . | 357.150                                      | 29.455                    | 76.840            | 106.295                     |
|                       | Дополнительные расходы .  | 37.600                                       | 3.962                     | 2.605             | 6.567                       |
|                       | <b>ВСЕГО .</b>            | <b>394.750</b>                               | <b>33.417</b>             | <b>78.445</b>     | <b>112.862</b>              |
| 2                     | <b>Для машины</b>         |                                              |                           |                   |                             |
|                       | Расходы по радиостанции . | 265.600                                      | 21.895                    | 68.035            | 89.930                      |
|                       | Дополнительные расходы .  | 37.600                                       | 3.962                     | 2.605             | 6.567                       |
|                       | <b>ВСЕГО .</b>            | <b>303.200</b>                               | <b>25.857</b>             | <b>70.640</b>     | <b>96.497</b>               |
| 3                     | <b>Для дуги</b>           |                                              |                           |                   |                             |
|                       | Расходы по радиостанции . | .                                            |                           |                   |                             |
|                       | Дополнительные расходы .  | Можно считать то же самое, что и для машины. |                           |                   |                             |

Стоимость оборудования соответствующей силовой установки выразится цифрой 112.900 рублей; прямые расходы будут 11.975 руб.; косвенные расходы 9.085 рублей. Приблизительно можно считать, что стоимость оборудования передающей радиостанции при выделенной приемной будет дороже на 28.000 руб., прямые расходы увеличатся на 3000 рублей и косвенные расходы на 2.260 рублей.

Если величину дополнительных расходов на установку мачт, устройство телеграфной линии и проч. целиком взять из предыдущего подсчета выделенной приемной радиостанции, можно составить ниже следующую таблицу 21.

Конечно можно говорить о не абсолютной точности такого подсчета, но ошибка его не будет настолько велика, чтобы скольконибудь сильно исказить результат. В расчете радиостанции с выделенной приемной не ведется подсчета железных мачт, т. к. нет необходимости в их установке, тем более, что при выделенной приемной крайне желательна установка направленных антенн или антенн инженера Баженова; последние не увеличат, а уменьшат расходы на эксплуатацию и еще более повысят пропускную способность, поэтому выведен-



ТАБЛИЦА 21.

| № по пор. | Наименование статей расхода                             | Оборудование | Косвен. расходы | Прямые расходы | Экспло-<br>атацион.<br>расходы | Примеч.                    |
|-----------|---------------------------------------------------------|--------------|-----------------|----------------|--------------------------------|----------------------------|
| 1         | Полное устройство радиостанции . . . . .                | 451.600      | 36.720          | 79.290         | 116.010                        | При повышенной силе приема |
| 2         | Дополнительные расходы на передающей станции . . . . .  | 28.000       | 2.260           | 3.000          | 5.260                          |                            |
| 3         | Дополнительные расходы на выделенную приемную . . . . . | 37.600       | 3.962           | 2.605          | 6.567                          |                            |
|           | Всего .                                                 | 517.200      | 42.942          | 84.895         | 127.837                        |                            |

ные нами цифры расходов на мачты, сеть и заземление могут для антенн инж. Баженова даже уменьшиться. Теперь постараемся определить пропускную способность и стоимость слова.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ.

С первого взгляда для определения пропускной способности при дуплексном радиотелеграфировании нужно пропускную способность симплекс телеграфирования умножить на два. Но практически дуплекс работа будет меньше удвоенной, т. к. если один передатчик кончил работать, то он не может быть приемником, ибо системы здесь необратимые.

При абсолютно равных нагрузках и незамедлительном переходе радиостанции с приема на передачу и наоборот можно близко подойти к величине 2. Но практически для коммерческой работы эту величину необходимо принять около 1,6, т. к. необходимо иметь на приемной очень опытный персонал, а особенно радиокорректоров, переводчиков для того, чтобы срочно дать поправки при передаче или же запросить повторения непринятых мест депеши. Кроме того, часто может быть наплыв корреспонденции только в одну сторону и дуплекс работа только дает сокращение времени на справки, поправки и проч. Но необходимо предполагать, что нагрузка будет приблизительно одинакова в обе стороны, а особенно при работе с иностранными радиостанциями.

Поэтому при слуховом методе приема, мы можем иметь пропускную способность примерно 16 и, как предельный случай, 19 слов в

минуту. При машинном телеграфировании аппаратом Уитстона получим пропускную способность 45 слов. Получив величины пропускных способностей, мы можем вычислить стоимость слова при слуховом и пишущем приеме.

Составим таблицу 22 для слухового и пишущего приема при выделенной приемной радиостанции.

Для применения пишущего приема при дуплексной работе необходимо 8 добавочных телеграфистов на аппараты Уитстона, причем двух телеграфистов можно взять из штата радиотелеграфистов; тогда необходимо добавочно 4 телеграфистов с окладом 600 руб. и 2 телеграфистов с окладом 750 руб. при работе в 4 смены. Кроме того необходима смена механиков из двух старших механиков с окладом 1200 руб. и двух младших с окладом 900 руб. в год. Всего добавочные расходы на личный состав выразятся цифрой 19.800 рублей.

Эксплуатационные расходы для слухового приема при выделенной приемной будут 127.837 руб. плюс 20% на содержание ведомства, доставку и проч. Сумма всех эксплуатационных расходов 153.000 руб. При пишущем приеме к той же цифре эксплуатационных расходов 127.837 руб. надо прибавить дополнительные расходы на обслуживание быстродействующих аппаратов 19.800 руб. и увеличить сумму на 20% на содержание ведомства.

Сумма всех эксплуатационных расходов тогда будет 176.840 руб.

ТАБЛИЦА 22.

| Для машины высокой частоты. |                  |            |                     |                         |            |            |                            |
|-----------------------------|------------------|------------|---------------------|-------------------------|------------|------------|----------------------------|
| Число часов работы          | О Б М Е Н        |            |                     | ЧИСЛО СЛОВ В ГОД ОБМЕНА |            |            | ПРИМЕЧ.                    |
|                             | слухового метода |            | Для пишущего приема | Слухов.                 | Слухов.    | Пишущий    |                            |
|                             | скор. 16с.       | скор. 19с. |                     | 16 слов                 | 19 слов    | прием      |                            |
| 24                          | 1,82             | 1,53       | 0,765               | 8.400.000               | 10.000.000 | 23.600.000 | Для повышенной силы приема |
| 20                          | 2,18             | 1,83       | 0,90                | 7.000.000               | 8.350.000  | 19.600.000 |                            |
| 16                          | 2,75             | 2,30       | 1,12                | 5.600.000               | 6.650.000  | 15.700.000 |                            |
| 12                          | 3,65             | 3,06       | 1,49                | 4.200.000               | 5.000.000  | 11.800.000 |                            |
| 8                           | 5,45             | 4,57       | 2,24                | 2.800.000               | 3.340.000  | 7.850.000  |                            |
| 4                           | 10,9             | 9,20       | 4,48                | 1.400.000               | 1.660.000  | 3.925.000  |                            |

Этой таблицей закончим примерный расчет различных радиостанций и перейдем к определению подобных данных для дальности действия в 1000 км.

(Окончание следует).

## Генерирующие точки кристаллов.

Олега Лосева.

На черт. 1 (стр. 567) приведены характеристики генерирующих точек различных кристаллов. При рассмотрении их, нас интересует: 1) крутизна отрицательного наклона (величина отрицательного сопротивления); 2) то значение постоянного тока  $i_0$ , откуда *начинается* отрицательный наклон, т. к. нам важно знать минимальный постоянный ток, с которым уже можно получить колебания; это значение  $i_0$  у данной характеристики очень легко найти (см. черт. 1); наоборот, конец отрицательного наклона в большинстве случаев бывает очень расплывчатым; работа также идет вблизи начала, т. к. обыкновенно там круче отрицательный наклон и кроме того требуется минимальное количество вольт с потенциометра.

При снятии характеристик явилось удобным применить схему черт. 2; здесь вольтаж на зажимах детектора отсчитывается не непосредственно, а по формуле

$$V_0 = V_n - i_p$$

где  $V_n$  — вольты, взятые с потенциометра,  $p$  — сопротивление в цепи постоянного тока. Характеристики снимались в следующем порядке. Сначала к детектору приключался колебательный контур низкой частоты<sup>1)</sup> и находилась колебательная точка; потом контур отключался и снималась характеристика; после отключения контура незатухающие колебания возникнуть уже не могут, т. к. емкость соединительных проводов незначительна, хотя при емкости в 150 см еще можно получить колебания. Было снято более 30-ти характеристик с разных точек различных кристаллов, приведены же некоторые.

Значения  $i_0$  для нескольких кристаллов уже были помещены в последней графе небольшой таблички в конце моей предыдущей статьи<sup>2)</sup>; там также было отмечено, что отдельные кристаллы даже одного и того же химического состава часто обладают различной проводимостью

<sup>1)</sup> Опыт показывает, что с одной и той же точкой можно возбуждать, как колебания низкой, так и высокой частоты.

<sup>2)</sup> См. „Титбл“ № 14, стр. 385.



своей толщ. Остановимся теперь на этом подробнее на основании новых наблюдений и данных.

Из многих наблюдений выяснилось, что, если при *нахождении* генерирующих точек (на данном кристалле), брать с потенциометра различные вольтажи, то, начиная с максимального, при котором они начинают отыскиваться, будем находить точки с значениями  $i_0$  для их характеристик, заключающимися в некоторых пределах; при подходе же к минимальному вольтажу отыскивания — с некоторого промежуточного — высший предел  $i_0$  начинает уменьшаться, сливаясь почти с низшим, т. е. с уменьшением вольтажа отыскивания среднее  $i_0$  будет понижаться, т. к. начнут преимущественно находиться точки с малым  $i_0$ <sup>1)</sup> — это ясно видно и из только что упомянутой таблички (см. § 5 моей пред. статьи); там это еще не было принято во внимание; наибольшее напряжение, при котором отыскивались колебательные точки при составлении той таблички, при  $\rho = 1200 \Omega$ , было не больше 17-ти вольт, что было мало для последних 2-х кристаллов; из за этого и среднее  $i_0$  для них получилось слишком малым.

В графе IV следующей таблицы показаны крайние из многих наблюденных значений  $i_0$  для характеристик различных генерирующих точек каждого кристалла; конечно нельзя утверждать, что на данном кристалле совершенно невозможно найти точку с  $i_0$  вне этих значений, но это будет трудно, т. к. наиболее легко отыскиваются точки (конечно при достаточном вольтаже на потенциометре) со средними значениями  $i_0$ . При  $\rho = 1200 \Omega$  вольтаж на потенциометре доходил до 28 вольт; делались также наблюдения при  $\rho = 350 \Omega$  и  $180 \Omega$ ; тут показаны данные для наиболее генерирующих контактов, образованных из данных кристаллов.

Проводимость толщ. кристалла, из которого был образован контакт, как и в предыдущей статье (там уже были помещены графы II и III для некоторых кристаллов; повторяем их для сравнения с другими кристаллами) выражена в отклонениях гальванометра, в цель которого была введена отшлифованная пластинка этого кристалла между двумя металлическими поверхностями (в этом случае закон Ома приблизительно имеет место).

Из этой таблицы, а также из характеристик черт. 1 видно, что для кристаллов *одного и того же* химического состава при данном знаке потенциала на кристалле, *в среднем*,  $i_0$  приблизительно одинаково (у кристаллов различного химического состава  $i_0$  обыкновенно больше у более

1) Что колебательные точки не могут быть найдены (на данном кристалле) выше некоторого одного и ниже другого взятого с потенциометра вольтажа, а также и сказанное про  $i_0$  вытекает, но только отчасти, из самого способа отыскивания, т. к. признаком, что точка найдена, является генерация колебаний, т. е. при отыскивании надо попасть на часть отрицательного наклона какой-нибудь характеристики; как и где расположены эти отрицательные наклоны — есть конечно свойство данного кристалла.

| I<br>К О Н Т А К Т       | II<br>проводимость толщи<br>кристалла | III<br>колебания | IV<br>крайние из на-<br>блюдаемых зна-<br>чений для $i_0$ | V<br>вольтаж на потен-<br>циометре, при кото-<br>ром отыскивались<br>точки; $\rho = 1200 \Omega$ |
|--------------------------|---------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| — Халькопирит—цинк +     | 6                                     | 1                | 8—12 мА                                                   | 15—25                                                                                            |
| + свинц. бл. № 1—уголь — | 5                                     | 3                | 3—7                                                       | 8—18                                                                                             |
| + „ „ № 2 „ —            | 2,7                                   | 2                | 3,2—7                                                     | 12—23                                                                                            |
| + цинкит № 1 — уголь —   | 3                                     | 10               | 0,7—3                                                     | 3—14                                                                                             |
| + „ № 2 „ —              | 0,8                                   | 5                | 0,6—3,5                                                   | 10—22                                                                                            |
| + „ № 3 „ —              | 2,2                                   | 6                | 0,8—3                                                     | 6—19                                                                                             |
| + пирит—уголь . . —      | 0,3                                   | 3                | 0,9—3,5                                                   | 16—28                                                                                            |

проводящих групп) и не зависит от проводимости их толщи; также величина его не зависит и от сопротивления  $\rho$  в цепи постоянного тока; таким образом  $i_0$  можно считать характерным для кристаллов данного состава.<sup>1)</sup> Разумеется, однако, что постоянство  $i_0$  в том и другом отношении верно лишь в известных пределах, т. к. в обоих случаях может и совсем не получиться отрицательного наклона; наприм. если сопротивление толщи по абсолютной величине будет равно или больше отрицательного сопротивления точки контакта. Если же сопротивление в цепи постоянного тока  $\rho$  будет равно или меньше отрицательного сопротивления между зажимами детектора, то, как показывает опыт, получится скачек,<sup>2)</sup> т. к. тогда мы не дадим вольтажу между этими зажимами меняться достаточно свободно; в этом случае  $i_0$  будет началом скачка.

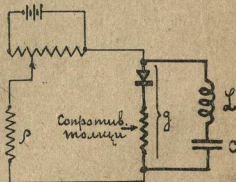
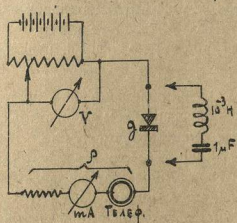
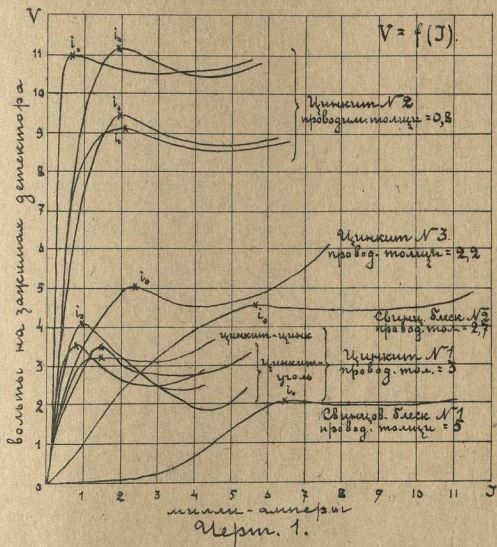
Кристалл с малой проводимостью толщи аналогичен эквивалентной схеме черт. 3 (стр. 567), т. е. кристаллу большей проводимости *того же состава* с еще некоторым положительным сопротивлением, включенным последовательно, входящим и в колебательный контур; значит проводимость толщи (для кристаллов данного химического состава) влияет двояко: 1) изменяет величину отрицательного наклона характеристик; 2) заставляет брать меньше или больше вольт с потенциометра, чтобы достичь минимальной силы постоянного тока, необходимой для возникновения колебаний.<sup>3)</sup> Ясно, что в обоих случаях, чем меньше проводи-

<sup>1)</sup> При употреблении различных металлических острий в качестве второй составляющей контакта (вместо угольной нити) не удалось заметить изменения среднего  $i_0$  для данного кристалла.

<sup>2)</sup> См. „Титбн“ № 14, стр. 383, черт. 15.

<sup>3)</sup> Не забудем, что для колебательного тока является важной лишь величина  $R_m$ , выражаемая величиной наклона характеристики, тогда как для постоянного тока — и настоящее сопротивление детектора, выражаемое простым делением вольт на амперы.

К статое О Лосева.





мость толщи, тем хуже, т. к. вольт с потенциометра придется взять больше, а отрицательное сопротивление у зажимов детектора (по абс. вел.) будет меньше<sup>1)</sup>, что и видно из графы III предыдущей таблицы. Обратимся также снова к черт. 1. Действительно, как видно, для плохо проводящих кристаллов цинкита кривые сильно приподняты кверху (цинкит № 2); наоборот, для хорошо проводящего кристалла (цинкит № 1) они находятся в самом низу, и крутизна отрицательного наклона у них гораздо больше (одна из этих кривых была помещена в предыдущей статье).

Видно также, что у контакта „цинкит—цинк“ крутизна отрицательного наклона получается гораздо меньше, чем у цинкита—угля (цинкит № 1). Это было отмечено в таблице § 2 предыдущей статьи<sup>2)</sup>; цифры, показывающие, насколько способен данный контакт возбуждать колебания, и выражают, как теперь видно, величину отрицат. наклона. Приведенные кривые сняты при положительном знаке потенциала на кристалле (другой электрод контакта—уголь, кроме одного, только что отмеченного, случая); интересно также упомянуть, что у цинкита можно найти и такие точки, у которых (т. е. у одной и той же точки) отрицательный наклон получается и при перемене полюсов, т. е. в обе стороны, но он значительно меньше, а  $i_0$  больше, когда цинкит служит минусом.

Приведены еще две кривые для двух кристаллов свинцового блеска различной проводимости; как видно, и тут влияние проводимости толщи вполне аналогично предыдущему. Еще раз видно, что по проводимости толщи в отношении способности возбуждать колебания нельзя сравнивать кристаллы различного хим. состава: хотя кристаллы свинцов. блеска и обладают в большинстве случаев большей проводимостью, чем кристаллы цинкита, но по способности возбуждать колебания они очень плохи, т. к. мала крутизна отрицательного наклона их характеристики; также, несмотря на то, что проводимость их велика, вольт с потенциометра приходится брать еще больше, чем для цинкита, потому что довольно велико  $i_0$ .

Теперь о самом генераторе. Очень полезно в цепь постоянного тока вставлять последовательно с сопротивлением  $\rho$  большую самоиндукцию; тогда колебательный ток в эту цепь почти не идет, и энергия колебаний не тратится в сопр.  $\rho$ . Сопротивление  $\rho$  тогда служит для того только, чтобы у детектора могла образоваться характеристика с отрицательным наклоном, а для этого достаточно брать  $\rho$  только немного большее по абс. вел. отрицательного сопротивления детектора. Так как у лучших кристаллов цинкита не наблюдалось отрицательных наклонов больше  $|-900\Omega|$ , то для получения с ними колебаний высокой

1) Т. к. алгебраическая сумма сопротивления толщи и отрицательного сопротивления контакта будет менее отрицательна.

2) См. „ТяТбп“ № 14, стр. 376.

частоты достаточно  $\rho = 1000 \Omega$ , и для этого нужно взять с потенциометра всего около 6-ти вольт; при этом проще работать с отдельным генератором, чем с ультрааудионом.

Для ясности отметим еще, что в таблице § 1-го моей предыдущей статьи<sup>1)</sup> значения длин волн при различных напряжениях на потенциометре получены с цинкитным генератором, собранным (конечно на высокую частоту) по схеме черт. 1 (предыдущей статьи), т.-е. только с одним конденсатором; во время промера собственной длины волны контура генератора волномером детектор-генератор замыкался накоротко. Кроме основного периода были замечены также обертоны.

*Общие выводы* (из обеих статей). 1) Получены с детектором колебания высокой частоты и усиление. 2) Период колебаний, возбуждаемых детектором в приключенном к нему контуре, больше собственного периода этого контура. 3) Лучше всего генерирует и усиливает контакт + цинкит-уголь —. 4) Характеристика генерирующих контактов в некоторой своей части обладает отрицательным наклоном. 5) Чтобы получить усиление или генерацию колебаний со всяким диодом, *недостаточно одного только неподчинения закону Ома*; необходимо, чтобы диод обладал отрицательным сопротивлением. 6) Из кристаллов данного химического состава лучше генерируют более проводящие, так как алгебраическая сумма сопротивления толщи и отрицательного сопротивления контакта у них более отрицательна; однако тут играет роль и ребристость поверхности кристалла. 7) В среднем  $i_0$  для кристаллов одного и того же химического состава приблизительно одинаково.

Июнь 1922 г.

Нижегородская Радиолaborатория.

---

<sup>1)</sup> „ТнТпб“ № 14, стр. 375.

## К вопросу о расчете мощности радиостанций.

*Н. Циклинского. Ч. ПОРИ.*

(Доложено в ПОРОРИ 22 июня 1922 года).

Состояние техники радиотелеграфа теперь таково, что инженеру, проектирующему радиостанцию, предоставляются весьма широкие возможности для решения его задачи. В его распоряжении три способа генерирования незатухающих колебаний, три системы, — дуга, катодные генераторы и машина большой частоты. Возможности, которые эти системы предоставляют в смысле мощности и эксплуатационных качеств, можно сказать, исчерпывают до конца вопрос радиосообщения по крайней мере в пределах земного шара. Остаются только усовершенствования деталей, не изменяющие существа дела. Широко раздвинувшиеся пределы мощности генераторов позволяют подходить к решению вопросов радиосообщения не только со стороны технических возможностей, как это было с искровыми передатчиками, когда конструктор зачастую упирался в предельные значения мощностей, напряжений, скорости передачи и т. п., и для надлежащего эффекта должен был экономические соображения приносить в жертву технической необходимости. Теперь условия таковы, что расчет радиостанции может и поэтому должен быть переведен в плоскость экономической выгоды того или иного варианта с точки зрения затрат на оборудование и эксплуатацию.

В настоящей статье делается попытка наметить основную линию подхода к вопросу с этой стороны, и в первую очередь со стороны определения мощности радиостанции при наименьших затратах на оборудование.

Стоимость передающей радиостанции может быть рассматриваема, как совокупность стоимости гражданских сооружений, генераторной части, радиосети с ее опорами и заземления. Оставляя пока в стороне стоимость гражданских сооружений, как фактор, почти независимый от мощности и определяемый другими соображениями, рассмотрим зависимость между тремя остальными.

Известно, что одно и тоже заданное расстояние до приемной станции может быть покрыто различными мощностями с различной



высотой антенн. Чем больше мощность в антенне, тем последняя может быть ниже и наоборот. Чем больше мощность, тем сильнее должно быть развито заземление. Варируя эти три фактора общей стоимости установки, можно подойти к наивыгоднейшей их комбинации при одном и том же эффекте связи. Для того, чтобы получить некоторые зависимости, которые в первом приближении, быть может довольно грубо, служили бы экономическим базисом для дальнейших более точных экономических и технических подсчетов, необходимо конечно, располагать достаточно надежными сведениями стоимости отдельных частей устройства.

При этом важно иметь цифры, относящиеся не столько к абсолютной стоимости единиц, сколько их относительное изменение в зависимости от размеров, т.е. знать не только цену, например, генератора, входящего в состав устройства, но и повышение его стоимости с повышением мощности. Эти данные, касающиеся стоимости трех упомянутых частей станции, могут быть легко систематизированы и представлены в виде математической зависимости между стоимостью и размерами. Так, в данном случае для величин, не являющихся предельными и не находящихся на слишком большом расстоянии друг от друга в смысле конструкции и размеров, можно было бы принять простейшую зависимость вида:

$$S = a \cdot P^m,$$

где  $P$  — величина характеризующая размер устройства,  $a$  — стоимость, отнесенная к единице размера,  $m$  — коэффициент, характеризующий изменение стоимости в зависимости от размеров, который может в указанных выше пределах считаться постоянным и может быть меньше и больше единицы.  $S$  — есть стоимость данного устройства.

В применении к рассматриваемой радиостанции эти зависимости могут быть написаны так:

$$Q \left\{ \begin{array}{l} \text{Для генераторного устройства} \\ S_g = a W_1^m, \text{ где } W_1 \text{ мощность в антенне.} \\ \\ \text{Для сети:} \\ S_a = b h_1^n, \text{ где } h_1 \text{ высота мачт.} \\ \\ \text{Для заземления:} \\ S_z = c \cdot W_1^p. \end{array} \right.$$

Очевидно, сумма этих величин есть стоимость всего устройства, причем в зависимости от выбранных величин  $h_1$  и  $W_1$  она может принимать те или другие значения. Среди них существует наименьшее, которое должно служить исходным моментом для дальнейшего развития расчета станции. Таким образом

$$S = a W_1^m + b h_1^n + c W_1^p. \quad (1)$$

Это выражение может быть, конечно, более развито в смысле выявления некоторых подробностей, например выделения стоимости вспомогательных механизмов в отдельное слагаемое с отнесением ее к единице мощности, или принятия в расчет числа опор радиосети и т. д., от этого точность расчета несомненно увеличится. Но так как в задачу настоящей статьи не входит дать подробный расчет и тем менее рецепт расчета, а лишь наметить подход к коммерческому отношению к проекту, поэтому ограничиваемся лишь общей зависимостью. Прежде чем проделать с выражением необходимые операции по определению минимума, надлежит его преобразовать, связав мощность  $W_1$  и высоту сети  $h_1$  еще одним уравнением.

Для этого можно воспользоваться формулой передачи

$$I_2 = A \frac{h_1 h_2 \cdot I_1}{R_2 \cdot \lambda \cdot d} \cdot e^{-\alpha d \lambda^{-\delta}}, \quad (2)$$

где  $A$ ,  $\alpha$  и  $\delta$  соответствующие данному случаю коэффициенты.

Возвышая (2) в квадрат и умножая на  $R_2$ , получаем выражение мощности на приемной станции

$$W_2 = I_2^2 \cdot R_2 = A^2 \frac{h_2^2 h_1^2 \cdot I_1^2}{R_2 \cdot \lambda^2 \cdot d^2} \cdot e^{-2 \alpha d \lambda^{-\delta}}, \quad (3)$$

и так как  $W_2 = \frac{E_2^2}{R_2}$ , то имеем

$$(E_2)^2 = I_1^2 \frac{A^2 \cdot h_2^2 h_1^2}{\lambda^2 \cdot d^2} \cdot e^{-2 \alpha d \lambda^{-\delta}}.$$

Умножая далее (3) на  $R_1$  — сопротивление передающей антенны, и обозначая  $\frac{E_2}{h_2} = \Delta E_2$ , имеем мощность в сети

$$W_1 = \left( \frac{\Delta E_2}{A} \right)^2 \cdot \frac{\lambda^2 d^2 R_1}{h_1^2} \cdot e^{2\alpha d \lambda^{-b}} \quad (4)$$

Полагая

$$\left( \frac{\Delta E_2}{A} \right)^2 \cdot \lambda^2 \cdot d^2 \cdot R_1 \cdot e^{2\alpha d \lambda^{-b}} = D,$$

имеем

$$W_1 = D \cdot h_1^{-2}. \quad (5)$$

При соотношениях размеров и стоимости согласно выражений (Q) уравнение (1) получит вид:

$$S = a D^m \cdot h_1^{-2m} + b h_1^n + c D^p \cdot h_1^{-2p}. \quad (6)$$

Минимум его будет иметь место при  $h_1$ , которое получится путем графического решения уравнения

$$0,5 \cdot b n h_1^{n-1} = \frac{m a D^m}{h_1^{2m+1}} + \frac{p c \cdot D^p}{h_1^{2p+1}}. \quad (7)$$

При других формах, которые могут быть даны для зависимостей (Q), уравнение (7) получит, конечно, другой вид, но сущность метода от этого не изменится.

Обращаясь к уравнению (7), видим, что роль коэффициентов  $m$ ,  $n$  и  $p$ , характеризующих изменение стоимости, весьма значительна; все они входят в показатель степени. Поэтому, оценивая изложенный способ подсчета с точки зрения его точности, видим, что при выборе зависимостей (Q) вообще и этих коэффициентов в частности, необходимо располагать совершенно точным и надежным материалом. Этот материал, впрочем, необходим и при других способах расчета и проектирования установки, если только проект протендует на серьезность и экономическую обоснованность. Вместе с тем это же уравнение показывает, насколько значительно влияние правильного выбора высоты антенны на общую стоимость устройства, потому что показатель степени  $n$ , характеризующий нарастание стоимости мачт с увеличением их высоты, всегда больше единицы. Что касается остальных коэффициентов, входящих в выражение для  $D$ , то некоторые из них заданы, как например  $d$ ; другие вытекают из задания, как  $\lambda$ , которая есть главным образом функция расстояния; третьи, наконец, суть коэффициенты общего



характера, устанавливаемые раз навсегда для данной системы передатчика, антенны и других входящих в совокупность передающая станция — эфир — приемная станция обстоятельств.

Таким образом, резюмируя изложенное, мы полагаем, что схема, которая может быть принята, как основа для начала коммерческого подхода к проекту радиоустановки, дает возможность установить в первом приближении основные и самые главные размеры станции, ее мощность и высоту антенны. В зависимости от принятой системы передатчика может получиться та или другая мощность и те или другие высоты антенн. При дешевом установленном киловатте мощности выгодно уменьшать высоту радиосети и наоборот. При данной высоте антенны экономически вовсе не безразлично, будет ли дуговая установка, или машинная или какой-нибудь третьей системы, и каков, наконец, предположен резерв генераторов.

Дальнейший ход расчета должен преследовать определение более точных цифр, внесение коррективов в начальные предположения, составление вариантов, словом идти обычным в таких случаях путем. Это уже выходит за пределы настоящей статьи.

Июнь 1922 года.

Петроград.

---

## БИБЛИОГРАФИЯ.

Технико-Экономический Вестник. — Ежемесячный журнал издаваемый Научно-техническим отделом Высшего Совета Народного Хозяйства — № 1. Ноябрь 1921 г. 109 стр. in 4°.

В журнале сотрудничают виднейшие русские научные и технические силы. Редакционная коллегия находится в Москве, отделение ее в Петрограде, печатается же журнал в силу технических условий в Берлине. № 1 журнала отпечатан на прекрасной бумаге, шрифт печати очень хороший. Содержание его довольно разнообразное и носит техническо-популярный характер.

Интересна статья проф. В. В. Скобельцына „Новая система практических единиц“. Эта система „MTS“, введенная во Франции 5 августа 1920 г., считает своими основными единицами метр, тонну и секунду и из них получаются остальные, например единица силы стэн (SN) — сила, сообщающая массе в одну тонну ускорение в один метр в секунду; единица работы килоджоуль — работа одного стэна на протяжении одного метра; единица мощности киловатт — мощность дающая работу в один килоджоуль в одну секунду; единица давления пьеза (PZ) давление в один стэн на один кв метр, и т. д.

В своей заметке „О рациональном выборе единиц“ Я. Н. Шпильрейн весьма сочувственно относится к этой системе.

Практически осведомительный интерес представляет статья проф.

И. Г. Александрова „Днепровские пороги“.

Весьма интересна статья инж. М. К. Поливанова „Паровые электрические станции“, трактующая о станциях очень большой мощности.

Статья проф. Д. Прянишникова „Неотложные нужды агрономического образования“ исследует возможности улучшения агрономического образования в России.

Статьи инж. В. А. Кинда „Расход топлива при производстве портланд-цемента“, проф. С. И. Дружинина „Портланд-цемент и гидравлические прибавки“, проф. М. А. Павлова „Переплавка стальной стружки и передельных шлаков в доменных печах“, проф. В. Н. Шретера „Топливо Северного Района“ носят справочный характер для специалистов по этим вопросам.

С интересом читается статья проф. М. А. Шателена „Влияние освещенности на безопасность и производительность труда“, в которой автор доказывает принцип: Свет дешевле темноты, т. к. расход на освещение заводов и мастерских вообще не велик, а вместе с тем сильно повышает производительность труда и предохраняет от несчастий.

Далее следуют статьи В. К. Попова „Питание крупных однофазных установок от трехфазных станций“, проф. В. А. Толвинского „Об использовании силы ветра“.

Интересны обзоры инж. А. Б. Лебедева „Проблема электрифика-

ции ж. д. Западной Европы и Америки" и инж. И. И. Бентковского "Современное положение мирового торгового судостроения и мирового транспорта".

В отделе "Мелкие статьи и заметки" приведено много данных технического и научного характера.

В хронике дан отчет о съезде физиков в Иене 18—25 сентября 1921 г., о деятельности научных и научно-технических учреждений в России.

На обложке журнала напечатаны справочные таблицы мер длины, площадей, объемов, плотностей, международных символов, принятых международной электрической комиссией, и пр.

К сожалению дальнейших номеров журнала в распоряжении редакции не имеется и о выходе их в свет ничего не известно.

С. Гор.

„Вопросы электрификации“ — № 1—2, Май 1922 г. — Издание Главэлектро ВСНХ. Москва. — 204 стр. + Схематическая карта электрификации России.

Журнал содержит доклад Г. М. Кржижановского Девятому Всероссийскому Съезду Советов „Электрификация РСФСР“, целый ряд статей по электротехнике и ее современному состоянию, электрификации в России и за границей, электротехническому образованию, законодательству по электрификации и ее финансированию.

Приложением является карта России с намеченными на ней проектируемыми электрическими станциями, электрифицируемыми железными дорогами и водными сообщениями.

Журнал дает много интересного материала и остается лишь пожелать скорейшего выхода последующих номеров.

С. Гор.

Второй Съезд Российской Ассоциации Физиков. — Киев. 1921 г. 30 стр. — Издание представляет собой отчет о деятельности Съезда и резюме сделанных на нем докладов.

## ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ.

По поводу измерений емкостей и сопротивлений посредством прерывистого генератора. — В заметке в „ТиТбп“ № 13 стр. 351 Н. Т. указывает на плохие результаты измерения прерывистым генератором. Так как эти результаты очевидно являются недоразумением, то мы хотели бы дополнить нашу статью в № 11 „ТиТбп“ некоторыми подробностями, касающимися техники измерений, о которых ради краткости не упоминали, полагая, что вопрос этот достаточно освещен в различных руководствах по измерениям.

Теория показывает, что продолжительность паузы пропорциональна произведению емкости на шунтирующее ее сопротивление. Это

сопротивление составляется из нескольких частей: 1) сопротивления утечки в патроне и лампе, 2) сопротивления утечки в изоляторе конденсатора и 3) собственно шунтирующего сопротивления  $R$ .

Первая часть должна быть сделана достаточно большой по сравнению с измеряемыми сопротивлениями, что достигается специальным устройством патрона и применением ламп с совершенным вакуумом (наилучшие результаты дают французские лампы).

Изоляция конденсатора, употребляемого в качестве эталона, должна быть также весьма совершенна, чтобы его сопротивлением утечки можно было пренебречь при



измерениях сопротивлений порядка нескольких мегомов.

Хорошим критерием совершенства изоляции патрона и конденсатора служит измерение длительности пауз без шунтирующего сопротивления  $R$ ; при этом паузы должны быть весьма длинными; они доходят до десятков минут.

Желая измерить неизвестное сопротивление  $R_x$  и имея совершенный (без ощутимой утечки) эталон  $C_0$ , мы легко произведем сравнение  $R_x$  с эталонным сопротивлением  $R_0$  по методу, описанному в нашей статье.

Если имеющийся в распоряжении эталон дает утечку, то измерение возможно и в этом случае, если эта утечка наперед измерена другим способом, например простым гальванометрическим сравнением с эталонным мегомом.

Включая сперва эталон  $C_0$  с утечкой  $\rho_0$ , мы найдем паузу  $\tau_0 \sim \sim C_0 \rho_0$ ; включая шунт  $R_x$  найдем

$$\tau_1 \sim \sim C_0 \frac{\rho_0 R_x}{\rho_0 + R_x};$$

откуда получим:

$$\frac{R_x}{\rho_0} = \frac{\tau_1/\tau_0}{1 - \tau_1/\tau_0}.$$

Таким образом текущий эталон с известной утечкой позволяет измерить сопротивление, даже если не имеется особого эталона сопротивления.

Неточный результат измерения  $H. T.$  следует объяснить непринятием в расчет утечки эталона, что подтверждается словами „опыты велись с бумажными конденсаторами Сименса“, так как бумажные конденсаторы могут давать очень большую утечку.

Аналогично приходится поступать при измерении неизвестной емкости  $C_x$  с утечкой  $\rho_x$ .

Первое измерение  $C_0$

с шунтом  $R: \tau_0 \sim \sim C_0 R.$

Второе измерение  $C_0 \parallel C_x$

с шунтом  $R: \tau_1 \sim \sim (C_0 + C_x) \frac{R \rho_x}{R + \rho_x}.$

Третье измерение  $C_x$

без шунта:  $\tau_{11} \sim \sim C_x \rho_x.$

Из этих соотношений легко найдем:

$$C_x = C_0 \frac{\tau_1/\tau_0 - \tau_{11}/\tau_0}{1 - \tau_1/\tau_0} \text{ и}$$

$$\rho_x = R \frac{\tau_{11}/\tau_0}{\tau_1/\tau_0 - \tau_{11}/\tau_0}.$$

Таким образом из трех измерений мы находим обе неизвестных величины  $C_x$  и  $\rho_x$ . Совершенно очевидно, что под  $R$  мы можем подразумевать известное нам сопротивление утечки эталона  $\rho_0$ , и тогда нет надобности в особом эталонном сопротивлении  $R$ .

Выведенные формулы становятся неопределенными при  $\tau_1 = \tau_{11}$ , т. к. при этом и  $\tau$  становится равным  $\tau_0$ , что легко выводится из основных соотношений. Этот случай соответствует равенству  $C_x = C_0$  и  $\rho_x = R$ ; в этом именно случае длительность паузы при присоединении конденсатора не изменится. Совершенно очевидно, что паузы могут и удлиниться, и укоротиться при присоединении текущей емкости, как это и наблюдал  $H. T.$ , все зависит от соотношения емкостей и утечек.

На практике встречаются емкости, имеющие сильную утечку весьма часто (бумажные конденсаторы, масляные конденсаторы и др.) и знание как их емкости, так и со-

противления утечки является весьма важным, для чего применяются различные схемы. Основной метод измерения емкостей мостиком также не может дать верных результатов, если не принять в расчет сопротивления утечки<sup>1)</sup>, что конечно усложняет методику измерения, подобно тому, как и в нашем методе.

Если измеряемая емкость имеет значительную утечку, то перерывы делаются очень частыми, и их измерение становится затруднитель-

ным. В этом случае возможно присоединить параллельно текущему конденсатору известную емкость с хорошей изоляцией, что поведет к удлинению пауз и сделает измерение удобным.

*С. Ржевкин и Б. Введенский.*

Москва, 26 мая 1922 г.

## ИЗ ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

**Детали радиотелефонного приема.** — Наибольшие подробности о „радиофонном“ приеме, как и по многим другим вопросам, можно найти в книге Моркрофта: „Принципы радиосообщения“ (Нью-Йорк 1921 г.).

Техническая тонкость радиофонного приема обуславливается необходимостью, так сказать, физической расшифровки тех искажений в постоянной амплитуде незатухающих колебаний, которые вводятся процессом модулирования; прием должен воспроизвести в точности те колебания воздуха, которыми в передатчике произведена модуляция. Некоторые авторы называют этот процесс „демодуляцией“ (более по русски было бы: „размодуляция“).

Если передатчик устроен таким образом, что амплитуда тока в антенне изменяется пропорционально изменению воздушного давления у мембраны микрофона, и, следовательно, пропорционально ему изменяется напряжение в приемной сети, то детектор приемника должен давать выпрямленный ток, по величине пропорциональный сообщаемому ему напряжению.

Но так как обычные детекторы

дают ток близкий к пропорциональности квадрату напряжения, то передающая схема должна изменять квадрат силы тока в антенне пропорционально изменению воздушного давления.

Чтобы подойти к следующему принципиальному соображению предположим, однако, что модулирование происходит по первому из вышеозначенных способу: ток в антенне выражается через

$$(I_0 - I \cos pt) \sin \omega t, \quad (1)$$

где  $I_0$  — ток в передающей антенне при нормальном состоянии диафрагмы микрофона,  $I$  — амплитуда модуляции,  $p$  — ее угловая скорость (предполагается чистый, синусоидальный тон),  $\omega$  — угловая скорость радиочастоты.

Совершенное модулирование при  $I = I_0$ , когда амплитуда антенного тока колеблется между  $2I$  и  $0$ .

Легко показать, что сложное колебание (1) разлагается на три частоты, соответствующие:

$$\omega, \omega + p, \omega - p,$$

которые все должны быть в неиска-

<sup>1)</sup> В. К. Лебединский, „ТрТбп“ № 6, стр. 92, 93.

женном соотношении восприняты при приеме.

Для того, чтобы принимающая схема по возможности одинаково отвечала на все эти три частоты, она должна быть возможно большою (радиотелефония короткими волнами), 2)  $p$  — возможно малую (лучшая передача более низких<sup>1)</sup> тонов), 3) принимающая схема не должна обладать очень острым резонансом.

Это последнее условие хорошей радиофонной передачи вытекает еще из одного очень общего соображения. Кривая модуляции антенного тока представляет собою сложное и быстрое чередование подъемов и ниспадения амплитуды. Ниспадающая амплитуда воспринимается приемником, как затухающее колебание, и при радиофонии необходимо, чтобы приемная схема не удерживала своей амплитуды от соответствующего спада, т. е. чтобы ее декремент не был слишком малым<sup>2)</sup>; в этом смысле опять выступает преимущество больших радиочастот и низких звуков.

Моркрофт видит большие преимущества в радиофонном приеме на гетеродин, но признает его слишком трудным, т. к. во избежание посторонних звуков гетеродин должен быть поставлен на резонанс с радиочастотой принимаемых волн. Гетеродин рекомендуется с другой стороны, как контрольный прибор; будучи поставлен на звуковую частоту, он служит показателем степени постоянства радиочастоты; а если эта звуковая частота близка к принимаемой по радиофону, и гетеродин установлен на наиболее сильный звук, т. е. нулевая фаза биений есть действительный нуль колебаний, то, сравнивая звук гетеродина со звуком принимаемым, можно судить

о глубине модуляции, производимой на отправительной станции; эти звуки будут равны по силе, если модуляция максимальна.

Объяснения детекторного действия до сих пор не существует. Еще в 1874 г., почти пятьдесят лет тому назад, Ф. Браун, отыскивая причину униполярной проводимости кристаллов и найдя ее в месте контакта кристалла с металлом, подводящим ток, не признал возможным объяснить это явление ни термоэлектрической, ни электролитической: ему не удалось наблюдать этой обратной эдс, замыкая детектор на гальванометр через кратчайшее время после его возбуждения. Недавно Эттенрейх (1920 г.) доказывал неприменимость термоэлектрической теории отсутствием заметного, хотя бы в миллионных долях секунды, времени необходимого для того, чтобы детектор начал свое выпрямление тока. Но Гуинзинг в том же году нашел в некоторых детекторах ясно заметные следы химического разложения после кратковременного прохождения тока в один миллиампер; однако Лухзингер в 1921 г. опроверг это положение тем, что нашел полное сохранение униполярной проводимости детектора при накаливании до 870°; такое накаливание должно было бы разрушить тот поверхностный слой окклюдированных водяных паров, который при электрохимической теории представляется местом химического процесса.<sup>1)</sup> Свойство выпрямления сохранялось и при охлаждении до —180°.

Гофман (Phys. Zts. XXII. 1921) высказывает предположение, что выпрямление определяется выходом электронов под тем громадным градиентом, который имеется в молекулярном промежутке между поверхностями кристалла и металлического электрода; автор наблюдал унипо-

<sup>1)</sup> Однако, почему, в противоположность этому, часто сообщают о лучшей слышимости высших тонов, см. напр. „Рад.“ № 15, стр. 637?

<sup>2)</sup> Ср. Бяч-Бруевич, „ТвТбл“ № 10, стр. 437 и № 11, стр. 63.

<sup>1)</sup> Ср. „Радиот.“ № 3, стр. 118. 1918.



лярную проводимость и между полированными металлическими поверхностями, удерживаемыми на определенном малом расстоянии; эта униполярная проводимость, вентильное действие, является свойством газового промежутка, и Гофман отмечает, что и Браун своими многочисленными опытами был наведен на мысль об аналогии действия детектора с разрядом в газе.

Интересно отметить, что также и О. Лосев, весьма значительно продвинувший понимание явлений в кристаллическом детекторе, приходит к представлению о выходе электронов<sup>1)</sup> во время действия детектора, приводящем это действие к аналогии с вольтовой дугой и могущем дать объяснение отрицательного сопротивления детектора.

Гофман считает необходимым сделать допущение, что в технических детекторах, вследствие производимого в них контакта под значительным давлением, имеется место и непосредственного прикосновения; малые токи идут чрез него; лишь начиная с известной величины тока, когда места контактов становятся недостаточными (?), ток проходит чрез соседние газовые промежутки, и начинается действие выпрямителя. Это не совсем понятное рассуждение служит объяснением того факта, что кристаллический контакт является выпрямителем лишь для токов не меньших некоторой определенной величины.

В. К. Л.

**Номографические методы для определения длин волн и данных антенны.** Р. Гарша. — Вследствие громадных практических преимуществ графического метода для нахождения различных величин, этот метод в последние годы пытаются применить и в радиотелеграфе.

В применении к формуле Томсона

$$\lambda = 2\pi T \sqrt{LC} = k \sqrt{LC}, \quad (1)$$

1) „Титб“ № 14, стр. 384. 1922.

где  $k$  есть некоторый коэффициент, одна из трех величин этой формулы определяется, как функция остальных двух. Зависимость этих величин может быть определена графически семейством гипербол при определении  $L$  по  $C$  или  $C$  по  $L$  для заданных  $\lambda$  или семейством парабол (в остальных случаях). Если формулу Томсона логарифмировать, то эта зависимость данных трех величин в логарифмических координатах представляется семейством наклонных параллельных линий, как это и изображено на шкале длин волн Рейна (1912 г.).<sup>2)</sup> Наконец, весьма большой практический интерес представляет собой графическое изображение зависимости этих трех величин помощью эллипса Икклза (1918 г.), на верхней половине которого нанесены значения самоиндукции, на нижней — емкости, на оси длины волн. Для определения значения одной из величин достаточно провести прямую линию через точки, соответствующие значениям двух остальных величин.

На черт. 1 (стр. 581) предлагается метод графического определения этой же зависимости согласно формуле Томсона. Здесь имеются три параллельные прямые, дающие в логарифмическом масштабе самоиндукцию в генри или сантиметрах, емкость в микрофарадах или сантиметрах и длину волны в метрах или частоту в герцах<sup>3)</sup>. Шкала длин волн находится как раз посредине между шкалами самоиндукции и емкости. Начальная точка ее располагается так, чтобы удовлетворялось уравнение

$$\log \lambda = \frac{1}{2} (\log L + \log C) + \log K, \quad (2)$$

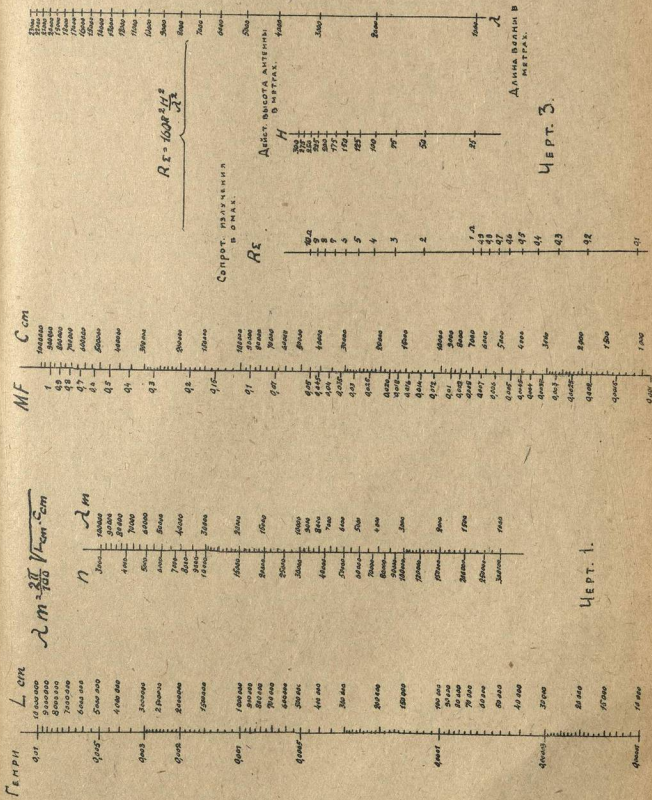
представляющее результат логарифмирования формулы Томсона.

Если задать значения двух из этих трех величин, то третья определяется пересечением прямой, про-

<sup>2)</sup> См. Б. А. Свирский и В. П. Хацинский „Радиотелеграфные измерения“. Москва. 1921 г.

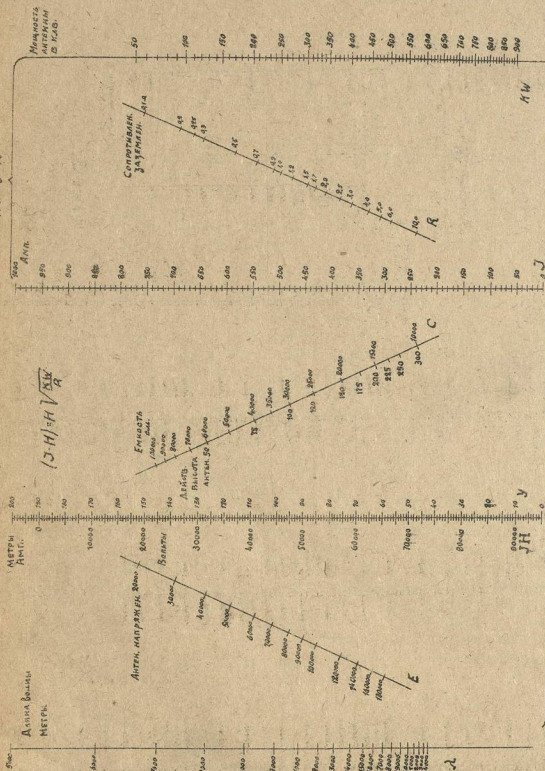
<sup>3)</sup> „Титб“ № 13, стр. 347.

32 смр. 580.



№ сир. 580.

KW = J2R



$J = E \cdot w \cdot C$   
апр. 2.



веденной через точки, соответствующие заданным значениям, с третьей прямой. Черт. 1 дает возможность получать значения волн от 1000 мт до 100.000 мт.

Еще яснее, чем при расчете длин волн, выступают преимущества номографического метода при расчете плоских антенн, по которым распространяются колебания. Для них имеют место основные равенства:

$$W = I^2 R, \quad (3)$$

$$I = E_{\infty} \cdot C = \frac{EC}{\lambda} \cdot k, \quad (4)$$

где  $I$  — ток в антенне в амперах,  $E$  — эффективное напряжение антенны в вольтах,  $C$  — емкость антенны в фарадах,  $R$  — сопротивление антенны в омах,  $\lambda$  — длина волны в метрах,  $W$  — мощность колебаний в антенне в квт и  $k$  — постоянная величина.

Подобно тому, как это сделано для формулы Томсона, можно и эти два уравнения изобразить в прямоугольной системе логарифмических координат, что и сделано в 1920 году Рейнгардом (черт. 2 стр. 582). Уравнение (3) представлено в виде трех прямых, из коих шкалы  $I$  и  $W$  параллельны, а шкала  $R$  расположена под углом к ним. Если через заданные значения двух из данных величин провести прямую, то пересечение с третьей шкалой даст соответствующее значение третьей величины.

Уравнение (4) содержит четыре переменных. Полагая  $Y = \frac{E}{\lambda} \cdot k$ , имеем вместо ур-ия (4) два ур-ия:

$$I = Y \cdot C. \quad (5)$$

$$Y = \frac{E}{\lambda} k. \quad (6)$$

В каждом из этих двух уравнений имеются лишь три переменных. Поэтому, если построить сверх четы-

рех переменных еще шкалу переменной  $Y$ , то получим возможность определять значения величин этих уравнений помощью двух прямых, проведенных через точки, соответствующие заданным значениям трех величин. Одна прямая дает зависимость значений  $I$ ,  $C$  и  $Y$ , другая  $Y$ ,  $E$  и  $\lambda$ .

На тех же прямых, на которых нанесены  $C$  и  $Y$ , нанесены также значения действующей высоты антенны  $H$  и числа метрампер в антенне, что определяет зависимость числа ампер в антенне, действующей высоты антенны и числа метрампер в антенне.

На черт. 3 (стр. 581) дана особая таблица для определения сопротивления излучения  $R_z$  по действующей высоте антенны  $H$  и длине волны  $\lambda$

$$R_z = 160\pi^2 \frac{H^2}{\lambda^2}. \quad (7)$$

На нижеследующих примерах можно видеть, как быстро с помощью этих таблиц можно произвести расчеты антенн, изменять и подгонять значения переменных величин в зависимости от условий расчетов.

**Пример 1.** Сколько киловатт может дать антенна мощной радиостанции емкостью в 30.000 см с общим сопротивлением 2,5 ом на волне 16.800 мт, при условии, что изоляция не допускает антенного напряжения больше 80.000 вольт?

**Решение.** Точку с длиной волны в 16.800 мт соединяют с точкой напряжения 80.000 вольт и продолжают до пересечения с линией  $Y$  (130). Через последнюю точку и точку емкости 30000 см проводят прямую и получают 3000 амп и затем, принимая сопротивление 2,5 ом, мощность 225 квт.

**Пример 2.** Сопротивление этой же антенны уменьшено с 2,5 до 1,5 ом. Как надо увеличить емкость антенны, чтобы получить 400 квт для  $\lambda=12.600$  мт при том же предельном напряжении 80.000 вольт?

Решая, найдем, что  $C$  должно быть увеличено до 38.800 см или  $E$  до 103.000 вольт.

**Пример 3.** Мощная радиостанция дает при сопротивлении антенны и земли в 2,5 ом и мощности в 400 квл 72.000 метрампер в антенне. Сколько получится метрампер при уменьшении сопротивления до 0,5 ом?

Какие наиболее длинные волны могут быть посылаемы?

| Сопротивление антенны и земли | $I$<br>в амп. | Метрамперы | Наибольшая волна при напряжении предельном в 80.000 |
|-------------------------------|---------------|------------|-----------------------------------------------------|
| 2,5 ом                        | 400           | 72.000     | 12.600                                              |
| 2,0 "                         | 447           | 80.000     | 11.200                                              |
| 1,5 "                         | 515           | 93.000     | 9.800                                               |
| 1,0 "                         | 633           | 114.000    | 7.900                                               |
| 0,5 "                         | 895           | 165.000    | 5.600                                               |

**Пример 4.** Радиостанция имеет антенну, емкость которой 12.600 см, общее сопротивление 4,4 ом, наибольшая волна  $\lambda = 8500$  мт и максимальная мощность в антенне 45 квл. Какое напряжение антенны?

Ответ: 33.000 вольт.

**Пример 5.** Спроектировать антенну на 200.000 метрампер и 100.000 вольт при  $\lambda = 10.000$  мт.

| Действ. выс. антенны в мт | $I$  | $C$    | КИЛОВАТТ  |            |           |
|---------------------------|------|--------|-----------|------------|-----------|
|                           |      |        | $R=0,5_a$ | $R=0,75_a$ | $R=1,0_a$ |
| 250                       | 800  | 38.000 | 320       | 480        | 650       |
| 200                       | 1000 | 47.000 | 500       | 750        | 1000      |
| 150                       | 1330 | 62.000 | 880       | 1320       | 1760      |

**Пример 6.** Емкость антенны 12.000 см, общее сопротивление 9 ом,  $\lambda=7.000$  мт, мощность 400 квл. Из этих 400 квл 100 квл должны пойти на полезное излучение. Каковы должны быть действующая высота антенны и напряжение?

Ответ:  $H = 265$  мт,  $E = 58000$  вольт.

С. Гор.

### Исследования колебаний высокой частоты с помощью трубки Брауна.

— В последние годы все чаще появляются работы, в которых анализ колебательных процессов производится при помощи трубки Брауна. Особенно просто применение ее в случае незатухающих колебаний. Повидимому, почти всякая трубка может служить для этой цели, если она пригодна для анализа токов низкой частоты. Так напр., при помощи брауновской трубки обычной конструкции произведено исследование колебаний, возбуждаемых ламповым генератором в связанных вибраторах Глаге и Эдлером<sup>1)</sup>. Авторы применяли обычный метод фигур Лиссажу. Полученные фигуры должны быть дешифрованы и обработаны для того, чтобы дать обычные осциллограммы. Подобное исследование колебаний в катодном генераторе при внешнем возбуждении в цепи сетки принадлежит также двум авторам Альберти и Цикнеру<sup>2)</sup>. Принципиальных изменений в устройстве трубки не было произведено и в этой работе, также как и в методике получения осциллограмм. Тем не менее в этих работах обнаруживается могущество анализа колебаний высокой частоты при помощи катодного осциллографа, инерция которого в большинстве случаев может считаться бесконечно малой.

<sup>1)</sup> Glage u. Edler. Arch. f. Elektrotechn. B. X. p. 56.

<sup>2)</sup> Alberti u. Zickner. Jahrb. d. drahtl. Tel. u. Tel. B. 19. p. 2.

В лаборатории высокой частоты американского Bureau of Standards произведены предварительные изыскания по выработке наиболее целесообразной конструкции брауновской трубки и методов ее применения. К сожалению с содержанием статьи Хелла<sup>1)</sup>, посвященной этим работам, мы знакомы только по реферату в Jahrb. d. drahtl. Tel. u. Tel. Автор указывает на преимущества трубки с накаленной нитью в качестве катода. Подобные конструкции применялись и раньше, но не обнаруживали преимущества перед трубками с холодным катодом главным образом вследствие трудности получения узкого пучка катодных лучей и достаточно малых размеров светящегося пятна на экране. Если бы это затруднение было преодолено, то преимущества трубки с накаленным катодом не подлежало бы сомнению. Повидимому в этом отношении результаты полученные Хеллом удовлетворительны.

Автор приводит ряд примеров применения трубки. Для исследования затухающих колебаний он пользовался двумя взаимно перпендикулярными полями, создаваемыми двумя колебаниями, из которых одно подлежало анализу, а другое было вспомогательным. В случае одинакового периода получались спиральные кривые; если же частота вспомогательного колебания была достаточно низкой, то получались кривые, напоминающие обычные осциллограммы.

Для исследования модулирования колебаний лампового генератора применялось переменное напряжение на аноде (с частотой 500 перемен в секунду) и той же частоты вспомогательное поле. Этим способом можно было получить кривую изменения амплитуд колебаний.

При получении динамических характеристик маломощного катодного генератора при длинах волн от

500 до 2500 метров фотографические снимки оказались невозможными и кривые зарисовывались автором от руки (заметим однако, что вышецитированные авторы получали вполне удовлетворительные снимки фигур Лиссажу).

Автор указывает, что настройка колебаний в двух независимых цепях и небольшие изменения частоты одного из колебаний могут быть наблюдаемы при помощи фигур Лиссажу. Обычно биения по способу гетеродинного приема воспринимаются ухом, причем нечувствительность последнего к низкой и высокой частоте ставит предел чувствительности и точности метода. Визуальное наблюдение биений при помощи фигур Лиссажу представляет в этом отношении совершенно неограниченные возможности, так как наблюдаемое число биений может быть сколько угодно мало и точно определяемо при помощи секундомера.

Примеры указанные автором не единственные возможные. Методика применений брауновской трубки еще мало разработана, но она достаточно эластична, чтобы служить для разнообразных целей в экспериментальной радиотехнике, где до сих пор применения ее были очень случайны и ограничены. Интерес, проявленный к этому прибору в последнее время, служит лучшим доказательством необходимости превращения его в технический измерительный инструмент, не требующий особого экспериментального искусства в обращении. До сих пор все попытки заменить катодный осциллограф другими приборами иллюстрируют только принципиальные преимущества его. С конструктивной стороны однако он до сих пор остается лабораторным и притом довольно трудным прибором и в этом отношении до сих пор сделано очень мало для облегчения пользования им при исследовании токов высокой частоты.

<sup>1)</sup> Lewis M. Hull. Proc. Inst. Rad. Eng. 9, p. 130. 1921.

Д. Рожанский.



„ТиТбп“ № 15. — Цифру „15“ считают иногда юбилейною. Поэтому позволяем себе оглянуться на путь, пройденный нашим журналом.

Прежде всего отметим длительный срок этого издания; оно не прерывается в течении почти четырех лет, с сентября 1918 г., когда вышел первый номер. Мы видели множество журналов, начинавшихся в России за эти годы, но не знаем ни одного, который бы просуществовал так долго; во всяком случае это представляет собою большую редкость.

Ход издания был таков: в 1918 г. (с сент.) вышло 4 выпуска, в 1919 г. — 2, в 1920 г. — 2, в 1921 г. — 3 и в 1922 г. (по август) — 4. Объем его определяется 1226 страницами.

По содержанию, из 90 статей, напечатанных в пятнадцати выпусках и принадлежащих 45 русским авторам, по пятнадцати приходится на термийонные приборы и антенны.

Кроме того из 29 статей, которые можно определить, как теоретические, по математической сложности и широкой постановке вопроса, — половина трактует те же темы; это были излюбленные темы.

Восемь статей относится к машинам высокой частоты и участникам, четыре — по различным вопросам, относящимся к расчету мачт<sup>1)</sup>.

Приблизительно таково же было относительное распределение материала и в „Радиотехнике“, начавшемся одновременно с „ТиТбп“ и окончившемся на своем 15-м выпуске в июле 1921 г. (1360 страниц).

Круг сотрудников, почтивших эти журналы присылкой своих статей, все расширяется; до прошлого

года часто было простой технической случайностью, в какой из двух журналов попадает статья, если только она не была слишком теоретического характера; теперь весь материал вливается в „ТиТбп“; и мало уже осталось лиц, работающих по радиотехнике и еще не участвующих в нашем журнале.

Точно также расширяется круг радиоработников, интересующихся нашим журналом; в прошлом году мы докатились до Якутска, в настоящем — до Среднеколымска. С настоящего года журнал рассылается в главнейшие центры радиотехники Европы и Америки<sup>2)</sup>; получено уже первое требование на журнал из заграницы (Голландия). Главным препятствием для расширения интереса к нашему изданию за границей является чрезвычайно малая распространенность русского языка. Ближайшей задачей редакции является помещение кратких резюме на одном из западноевропейских языков после каждой статьи.

„ТиТбп“ начал издаваться в Москве; с № 5 он издается при Нижегородской Радиолaborатории, оборудовавшей для этого издания свою, сперва очень маленькую типографию. До № 12 на издание журнала отпускались специальные средства и бумага; на бюджет Радиолaborатории ложились только расходы по типографии; с № 13 издание перешло всецело на бюджет Радиолaborатории.

Эта тесная связь с Нижегородской Радиолaborаторией, при условии сочувственного отношения авторов к характеру нашего издания, и послужила причиной его непре-

<sup>1)</sup> Предметные и именные указатели содержания „ТиТбп“ были помещены в № 4 и № 10 и предполагаются к помещению (с № 11) в последнем выпуске 1922 г.

<sup>2)</sup> Согласие на обмен журналами получено пока только из Германии и Сев.-Амер. Соед. Штатов.

рывающегося длительного существования.

Первое помещение для редакции „ТиТоп“ было отведено в одном из зданий, принадлежащих военному ведомству, при весьма предупредительном содействии Д. Д. Заклинского. Первыми секретарями редакции, корректорами, обладающими специальными сведениями, и писателями той необходимой, но скучной для писательства, части содержания, которую берутся поставлять только близкие к редакции лица, были: Л. М. Серебряков, Е. Н. Флорина, Е. И. Авраменко, П. Н. Беликов; затем последовал перерыв, когда не было специального корректора и писателя, до поступления нынешнего секретаря редакции С. М. Горленко.

В заседании РОРИ 18 июля, под председательством п. ч. РОРИ В. К. Лебединского, был затронут вопрос о характере нашего журнала. Никто не высказывался за изъятие или даже сокращение числа статей математического характера; но многие высказывали пожелание, чтобы авторы—математики давали подробное изложение цели и результатов своих работ, руководствуясь которым читатель мог бы сознательно предпринять трудную работу продельвания математических выкладок.

Было высказано пожелание, чтобы сотрудники журнала в большей мере делились с читателями своим чисто техническим опытом.

**Тридцатилетие.** — Настоящей осенью исполняется 30 лет научно-технической литературной деятельности В. К. Лебединского, начатой почти юношескою статьей: „О подчинении природы“ в журнале „Природа и Люди“ 1892 года.

Первый иностранный обзор статей нашего журнала.—В ближайшем

номере Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie (стр. 352) будет помещен краткий обзор некоторых статей, напечатанных в №№ 10, 11, 12 и 13 нашего журнала. Обзор сделал Dr. Pungs в Берлине, который и в дальнейшем обещал нам знакомить читателей „JdT u T“ с содержанием „ТиТоп“.

**Киевское отделение РОРИ**—организовалось 9 января с. г. под председательством профессора Университета И. И. Косоногова при секретаре преп. Политехнического Инст. по кафедре радиотехники В. В. Огиевском. 16 февраля состоялось первое публичное заседание; после информационного доклада секретаря „О радиообществах в России и за границей“ были прочтены приветствия от Начтехупр Наркомпочтеля Украины, мощной радиостанции и Радиоотдела Нарсвязи; приветственное слово произнесли: председатель областной Ассоциации Инженеров, нач. связи военного округа и представители Высш. Инст. Нар. Хоз., Политехнич. Института и Авиации. За первую треть года всего состоялось 5 публичных собраний (из них 2 объединенные с Ассоциацией Инженеров); число посетителей от 30 до 70. Прочитаны доклады: И. И. Косоноговым—„Исторический обзор возникновения радиотелеграфии“; д. членом РОРИ проф. Н. Б. Делоне—„Радиотелефония“; В. В. Огиевским—„О направлении развития радиотелеграфии и радиотелефонии“ (2 докл.) и „О соотношении проволоочной и радио-связи и взаимном использовании их методов и приборов“; чл. сор. Л. В. Баратовым—„О радиотелеграфии в мировой и гражданской войне“ и „Синхронизм в радиотехнике“; чл. сор. М. Н. Мухачевым—„Метод измерения больших длин волн помощью эталонов на короткие волны и применение метода для градуировки волномеров“; кроме того поставлен доклад—демонстра-

ция нач. военной радиомастерской т. Ивановым шестилампового усилителя, построенного в его мастерских (усилитель — по схеме Казанской базы — не уступает Казанским в работе, выполнен гораздо изящнее и богаче: сплошная эбонитовая доска и т. п.); уже выпущено в работу 4 шт. К. О. РОРИ вошло как член в состав Науч.-тех. К. Дома Труда и Науки. Отдельными членами прочитан ряд популярных лекций (в 1921 г. — 11 и в 1922 за первую треть — 5) и читались курсы: „Электричество и Магнетизм“ на курсах Нарсвязи (Н. Б. Делоне), „Радиотелеграфное дело“ — в Воен. Инж. Шк. ком. сост. и „Основы Радиотехники“ на электех. фак. Политехн. Инст., где также организуется радиолaborатория (В. В. Огиевским); кроме того консультировались по вопросам радио все учреждения. По смерти И. И. Косоногова председательствование принял проф. Н. Б. Делоне.

**И. И. Косоногов** †. — 22 марта с. г. в Киеве скончался доктор физики Иосиф Иосифович Косоногов, первый председатель Киевского отд. РОРИ. Покойный, донской казак, родился в 1866 г., в 1889 г. окончил физикомат. фак. Киевского Университета, где и начал свою 30 летнюю ученую деятельность сперва ассистентом и приват-доцентом, а с 1903 г. — профессором и заведующим Физическим Институтом, напряженно работая до самой смерти. Основные работы И. И. в области электричества: „К вопросу о диэлектриках“, Киев, 1921 г., 315 стр. (обзор и исследование методов и результатов изучения диэлектриков в связи с учением об электрических колебаниях и ряд исследований по электрической дисперсии); „Исследование электролиза при помощи ультрамикроскопа“ 1909 г.; „О влиянии магнитного поля на линии тока в электролитах“ 1911 г. и др. Из прочих работ надо отметить

докторскую диссертацию: „Оптический резонанс, как причина избирательного отражения и поглощения света“ 1903 г., последние работы о явлениях прохождения потока газа через пористые тела и ряд руководств и пособий по физике и атмосферному электричеству и магнетизму. — И. И. был одним из создателей Киевских Высших Женских Курсов (1906) и первым деканом физ.-мат. фак. их; деятельно работал в Киевском физ.-мат. о-ве, физ.-химическом, физ.-медиц. и др. В 1921 г. был председателем 2-го Всероссийского съезда Ассоциации физиков. В 1922 г. избран академиком Украинской Академии Наук. В самое последнее время И. И. заинтересовался явлениями термийных ламп и несомненно, как блестящий и тонкий экспериментатор, внес бы свой вклад в эту область.

**Терминология.** — Проф. Фрейман своевременно поднимает в настоящем выпуске вопрос о терминах в области термийных приборов. Наш журнал, придерживаясь в редакционных выступлениях более или менее однообразной терминологии, допускает в печатаемых статьях довольно разнообразные термины и обозначения, чему примером может служить и настоящий выпуск.

При установлении терминологии является интересная задача — установить тот комплекс понятий, который исчерпывал бы всё в данной области; и если почти безнадежно спорить о преимуществах того или другого названия, то спор относительно того или иного понятия имеет, наоборот, все шансы к благополучному разрешению. Т. напр. способ установления понятия *проводимости* прибора, принятый проф. Фрейманом (стр. 511), нам кажется неприемлемым, и это доказуемо.



## Из жизни Нижегородской Радиолaborатории.

В лаборатории М. А. Бонч-Бруевича. — Для испытания нового устройства модулятора мощного радиотелеграфного передатчика 27 и 29 июня с.г. в Радиолaborатории были устроены два концерта, которые передавались по радиотелефону.

В концертах приняли участие музыкальные силы Нижегородской Консерватории под руководством директора консерватории А. А. Касьянова. Программа была составлена из сольных вокальных и скрипичных номеров. Концерт происходил в аудитории, где находился микрофон; для передачи служил 12-ти ламповый передатчик, в котором 6 ламп служили для модуляции и 6 для генерирования незатухающих колебаний. Во время передачи ток в антенне был около 25 ампер.

Концерт хорошо был принят во многих пунктах РСФСР в зоне до 1000 верст. В некоторых городах делалось включение приемника радиотелефона в городскую телефонную сеть; в Москве таким образом слушал концерт зам. пред. Совнаркома тов. Цюрупа и некоторые члены коллегии Наркомпочтеля.

В Казани инженером Дикоревым в лаборатории 2-го Дивизиона концерт был после усиления передан на громко говорящий аппарат, установленный на площади перед лабораторией. В Саратове при помощи двух последовательно соединенных усилителей типа 3-тер и обыкновенной телефонной раковины концерт слушали одновременно около 50 человек. Общие отзывы указывают на хорошие качества модуляции.

Во время работы с мощными лампами ранее описанного уже типа<sup>1)</sup> было замечено, что при некоторых условиях в лампах самопроизвольно

возникают паразитные колебания с очень коротким периодом. Исследование показало, что такие колебания возникают вследствие емкостной связи анода и сетки внутри самой лампы, и интенсивность их может быть значительно увеличена при увеличении этой связи. Измерения методом стоячей волны дали длину волны около 1,5 метра. Пока еще не произведено подробных измерений, но повидимому мощность этих колебаний может быть значительна, т. к. провода 2 кв. мм сечением, входящие в схему, подвергаются сильному нагреванию.

Получение мощных колебаний с такой короткой волной интересно в том отношении, что оно открывает перспективы для передачи энергии без проводов при помощи параллельного пучка волн, отраженных металлическими зеркалами.

Установка нового передатчика с машиной системы проф. В. П. Вологодина. — В настоящее время в Москве на территории Холынской радиостанции строится каменное здание для нового передатчика. Здание спроектировано архитектором Нижегородской радиолaborатории А. Н. Полтановым и рассчитано для помещения двух генераторов высокой частоты системы проф. В. П. Вологодина мощностью 150 кв. каждый, со всеми относящимися к ним приборами. Постройка машин и приборов ведется под руководством проф. В. П. Вологодина. Машины будут давать непосредственно частоту 15.000 пер в сек, что соответствует длине волны 20.000 метров. При помощи удвоителей частоты, изготовленных в Нижегородской радиолaborатории по системе и под руководством проф. В. П. Вологодина, частота будет доводиться до 30.000 пер в сек, что соответствует волне в 10.000 метров.

<sup>1)</sup> См. „Титбц“ № 9, стр. 301, 1921 г.

Временно до окончания постройки 150 квл машин, на новой станции будет установлена законченная постройкой весной с. г. 50 квл машина, дающая частоту 20.000 пер в сек. Некоторые части передатчика для нее уже готовы, другие находятся в разных стадиях изготовления.

Осенью с. г. предполагается открытие новой станции с одной 50 квл машиной, что уже даст возможность поддерживать связь Москвы со всей РСФСР и Европой.

**В лаборатории А. Ф. Шорина.**— Для осуществления работы с Центральным Радиоузлом в Москве в Главном Телеграфе были испытаны схемы работы с выделенной приемной и записью работы на ленте.

Опыты были поставлены следующим образом. На Люберецкой радиостанции принималась работа мощных европейских радиостанций на замкнутые треугольные антенны системы инж. Баженова, затем эта работа усиливалась при помощи усилителя системы инж. Шорина, специально сконструированного для пишущего приема. Следует при этом заметить, что в последней цепи на реле сила тока принимаемых сигналов станций Науэн, Карнарвон, Ганновер доходила до 8 миллиампер. Работа реле передавалась по проводам в Москву в Радиоузел, где

записывалась на аппарате Уитстона. Несмотря на очень неблагоприятное летнее время года опыты увенчались полным успехом. Запись была ясная и четкая. В некоторых случаях регулировкой реле можно было освободиться от атмосферных разрядов.

Показателем большого значения установок выделенной приемной с пишущим приемом может служить следующий характерный случай: когда радиотелеграфист в Радиоузле не мог принимать на свою антенну Науэна, в это время пишущий прием в Радиоузле через Люберцы шел без остановок.

А. Ф. Шориным в настоящее время заканчиваются работы по конструированию аппарата, дающего возможность производить ряд сложных манипуляций на расстоянии. Устройство такого аппарата открывает большие возможности особенно в морском и военном деле. Помощью этого аппарата достигается управление скорабля или аэроплана миной, стрельбой и пр. В военном деле его можно применять для тех же целей управления, сложной и ответственной сигнализации и пр. Изобретатель в самом ближайшем времени предполагает демонстрировать свой прибор перед специалистами.

---

Корректуру держал С. М. Горленко.

Чертежи исполнены В. Ф. Горюновым и отпечатаны в литографии С. П. Федотова.

Р. Ц. 544.

Издание Нижегородской Радиолaborатории.

Тираж 1000 экз.

Печатание „Титб“ № 15 закончено 12 августа 1922 года.

Адрес редакции: Н.-Новгород, Верхняя Набережная, 8.

Редактор: В. ЛЕБЕДИНСКИЙ.