

Радиотехник

№ 11. АПРЕЛЬ 1920.

ЖУРНАЛ ИЗДАВАЕМЫЙ НАРОДНЫМ КОМИССАРИАТОМ
ПОЧТ и ТЕЛЕГРАФОВ.

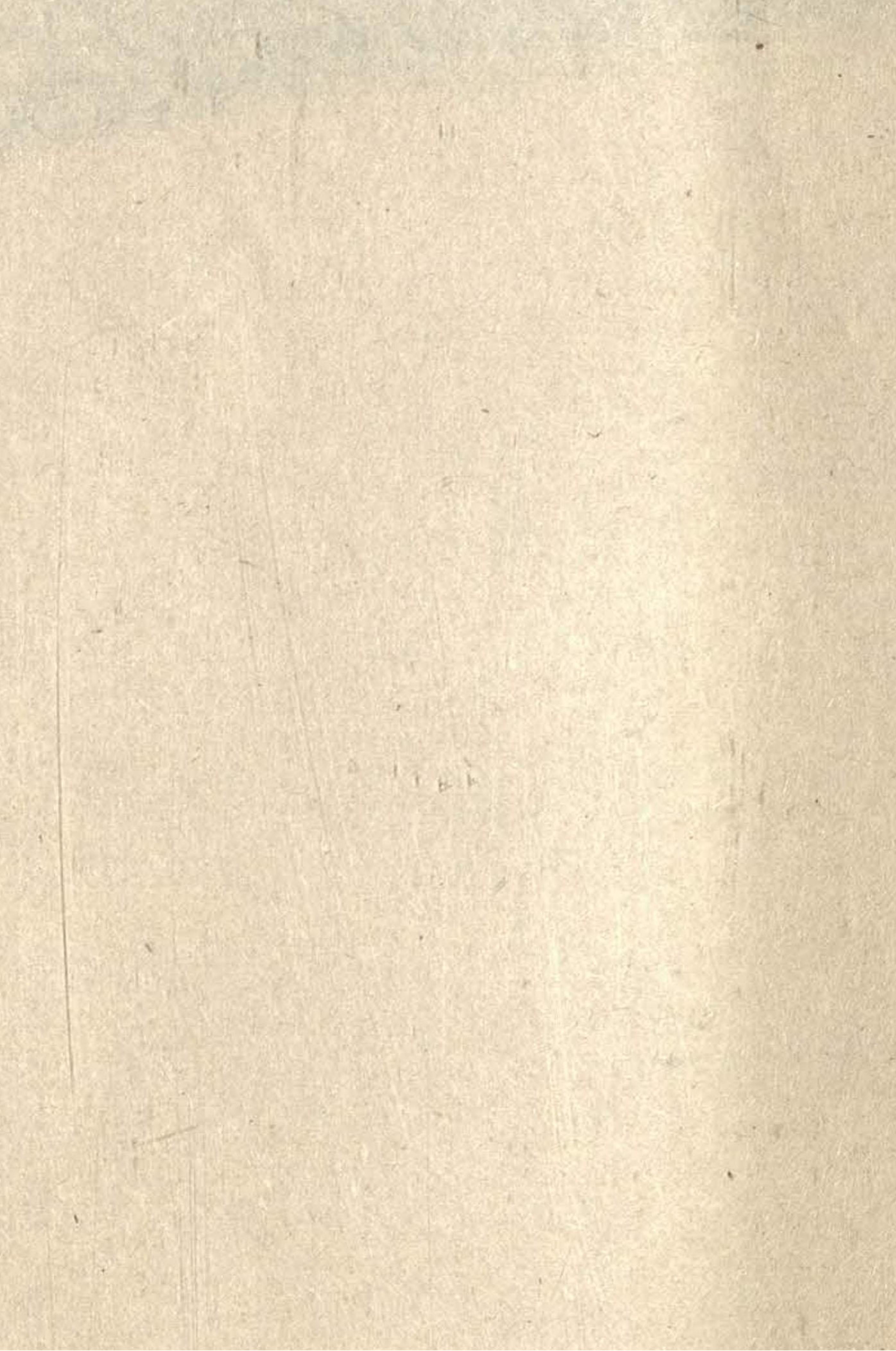
Печатается при Нижегородской Радиолaborатории.

Вольтова дуга, как термоионный процесс. — Теперь придется ближе знакомиться со свойствами вольтовой дуги ввиду возможности пользоваться ею, как генератором незадающих колебаний, входящих все в большее употребление. Вольтова дуга представляет собою еще во многих отношениях непонятный механизм, но несомненно, что главной причиной его служит термоионный поток, излучаемый ее анодом.

Термоионы, электроны, вылетающие из тела вследствие его высокой температуры, выбрасываются всяким раскаленным телом. Дискон первым обратил внимание на выбрасывание анодного потока накалиною угольною нитью лампы накаливания; с этого времени изучается (и применяется в вакуумных лампочках) термоионное излучение в пустоте; в атмосфере же его в атмосферных условиях началось очень давно (см. "Рад." № 7, стр. 132). И это считается большою ошибкой Дискона, т. к. практика показывает, что очень трудно забыть про существование явления там, где ему не предполагается никакой роли, где внимание обращается на другое. Нить лампы накаляется не для того,

4202.х11

712



Радиотехник

№ 11. АПРЕЛЬ 1920.

ЖУРНАЛ ИЗДАВАЕМЫЙ НАРОДНЫМ КОМИССАРИАТОМ
ПОЧТ и ТЕЛЕГРАФОВ.

Печатается при Нижегородской Радиолaborатории.

Вольтова дуга, как термоионный процесс. — Теперь приходится ближе знакомиться со свойствами вольтовой дуги ввиду возможности пользоваться ею, как генератором незатухающих колебаний, входящих все в большее употребление. Вольтова дуга представляет собою еще во многих отношениях непонятный механизм, но несомненно, что главной пружиной его служит термоионный поток, излучаемый ее катодом.

Термоионы, электроны, вылетающие из тела вследствие его высокой температуры, выбрасываются всяким раскаленным телом. Но Эдисон первым обратил внимание на выбрасывание термоионного потока накалиною угольною нитью лампы накаливания; с этого времени изучается (и применяется в усилительных лампочках) термоионное излучение в пустоте; изучение же его в атмосферных условиях началось очень давно (см. „Рад.“ № 7, стр. 132). И это считается большою заслугою Эдисона, т. к. практика показывает, что очень трудно вспомнить про существование явления там, где ему не предполагается никакой роли, где внимание обращается совсем на другое. Нить лампы накаляется не для того,

чтобы она выбрасывала электроны, но для того, чтобы испускала световые кванты.

Точно также в большую заслугу нужно приписать тому, кто первый обратил внимание на термоионные потоки в вольтовой дуге, при горении которой все внимание обращали на ослепительный свет анода, а не на действие ее отрицательного полюса.

Этим первым был **В. Ф. Миткевич**, ныне проф. Птгр. Политехн. Института. Все работы его по этому вопросу соединены в его сочинении: „О вольтовой дуге“ (Птгр. 1905 г.).

Проф. Миткевич описывает разнообразные свои опыты, подтвердившие его основную мысль: для возникновения и существования дуги необходим раскаленный катод с вылетающим из него катодным потоком; вот почему для охлаждения дуги, облегчения ее погасания, придания ей способности гибко следовать за колебаниями напряжения, охлаждают, между прочим, ее анод, но не катод; охлаждение катода сделало бы дугу невозможной. Смело предположив, что вся электрическая мощность W , питающая дугу, идет на сообщение кинетической энергии термоионам

$$W = \frac{1}{2} N m v^2,$$

где N — число термоионов, выделяемое в сек, прибавив к этому, что анод испытывает давление F от ударяющихся об него термоионов равно

$$F = N m v,$$

(по обычным положениям кинетической теории) и, наконец, что ток в дуге

$$i = N e,$$

где e — заряд электрона, Миткевич получил из этих уравнений величины скорости термоионов v и отношения $e:m$. Давление F мерялось или манометром, или (в ртутной дуге) по впадине, образующейся в ртутном аноде. Оказалось, что скорость термоионов дуги равняется $\sim 2 \cdot 10^8$ см в сек, а

$e : m = 0,5 \cdot 10^7$ эм ед в ртутной дуге и $1,2 \cdot 10^7$ при угольных электродах (средние значения). Таковою получилась скорость электрона при его движении под атмосферным давлением при падении потенциала на несколько десятков вольт (ср. скорость его в пустоте под одним вольт, равную $6 \cdot 10^7$ см в сек; „Рад.“ № 10 стр. 535).

Предположив, что главная часть электрической мощности, питающей дугу, расходуется на поддержание катода в накаленном состоянии, В. Ф. Миткевич заключает: „Если же применить совершенно посторонний источник для подогревания катода, то мы, повидимому, можем идти беспредельно в уменьшении электродвижущей силы, необходимой для питания вольтовой дуги“ (тамже стр. 59). И действительно, ему удалось, подогревая электроды (оба) в струе кислорода, получить дугу или, как говорит осторожный экспериментатор, „разряд типа вольтовой дуги“ всего под 6-ью вольтами при токе в 5 амп и даже под 2-мя вольтами (при 2-х амперах).

Мы знаем, что теперь получают дуги при значительном числе ампер под одним вольт при катоде, накаливаемом посторонним током, так что трата энергии на этот ток почти компенсируется уменьшением энергии, потребляемой дугою; так происходит в катодных выпрямителях с газом (см. „Рад.“ № 7 стр. 168).

Но в обычной свободно горящей дуге два раскаленных электрода; этим она существенно отличается напр. от катодного реле, в котором нагревание анода предполагается исчезающе малым. В вольтовой же дуге при угольных электродах анод имеет даже более высокую температуру (3500°C), чем катод (2700°). Хорошие результаты, полученные Миткевичем для величины $e : m$, в предположении, что вся электрическая мощность, потребляемая дугой, идет на кинетическую энергию, приобретаемую термоионами в сек, показывают, что это предположение достаточно правильно. В таком случае накаливание анода надо считать уже не за счет электрической энергии, а как результат кинетической энергии термоионов; анод накаляется от бомбардировки термоионами.

Накаленный анод также испускает термоионный поток и даже большей силы, чем катод; конечно, это играет свою роль в механизме вольтовой дуги. Проф. Миткевич приписывает раскалению анода обратную эдс вольтовой дуги, о которой до его исследования было много споров. Весьма

остроумным приспособлением Миткевич выделял с помощью быстродействующего автомата из горячей дуги тот или иной электрод, приключая его к гальванометру, и получал от него настоящий „ток поляризации“, пока электрод не успевал еще охладиться; при этом было наблюденно, что, вообще говоря, уголь, бывший в дуге анодом, давал раза в четыре более сильный ток чрез гальванометр, чем уголь, служивший в дуге катодом.

Отсюда заключение: эдс вольтовой дуги складывается из двух; одна, со стороны катода, помогает внешней эдс, другая, со стороны анода и притом большая, мешает, обратна внешней эдс; (обратная) эдс дуги равна разности этих двух эдс. Измерения ее, помощью брауновской трубки дали Миткевичу величину в пределах 10-16 вольт, меняющуюся при изменении материала электродов. Это измерение, произведенное компенсационным способом, было особенно точно и замечательно по своей методе.

В дуговых генераторах токов большой частоты анод охлаждается и следовательно или совсем не дает своей обратной эдс, или дает ее меньшей величины. Однако дуга действует так, как будто ее вольтаж падает с увеличением тока; ибо это считается главною причиною действия дугового генератора, как это об'яснено в нижеследующей статье П. Б.: „Дуговой генератор“. Следовательно закон изменения вольт дуги с током чрез нее не находится в связи с термоионным потоком от анода.

Почти одновременно с первыми работами Миткевича, выяснившими значение термоионного потока с катода в механизме вольтовой дуги, появились в этом же направлении работы Штарка в Германии и Д. Д. Томсона в Англии.

Следовательно все эти три исследователя независимо один от другого установили основной принцип действия вольтовой дуги: термоионный поток с катода.

Телефонирование без проводов.

М. А. Бонч-Бруевич. Ч. РОРИ.

§ 1.

Известно, что незатухающие колебания, воспринятые соответственно настроенной приемной антенной и выпрямленные детектором, превращаются в некоторый постоянный ток в телефоне приемника (черт. 1 стр. 10), причем сила этого тока прямым образом зависит от амплитуды незатухающих колебаний, действующих на приемную антенну. Таким образом в этих условиях приемную антенну вместе с детекторной цепью можно рассматривать, как своего рода источник постоянного тока, если амплитуда, действующая на антенну, все время сохраняет свою величину; если же амплитуда изменяется, то антенна является источником изменяющегося тока.

Если бы в первом случае в приемную цепь последовательно с телефоном и детектором был введен микрофон, то действие его было бы совершенно такое же, как и в любой другой цепи, содержащей источник постоянного тока.

Почти тоже можно получить, включая микрофон *М* в передающую антенну (черт. 2 стр. 10), в которой тем или иным способом возбуждены незатухающие колебания. Изменения амплитуды, происходящие от изменения сопротивления микрофона, выразятся на приемной станции соответственным изменением постоянного тока, протекающего по обмотке телефонной трубки и, если причиной этих изменений был разговор в микрофоне, то он будет слышен в телефоне приемника.

В действительности, впрочем, амплитуды колебаний в передающей и приемной антеннах в каждый момент не будут изменяться пропорционально: например, при малом затухании приемная антенна долгое время может колебаться после того, как колебания в передающей антенне уже пре-

кратились; или наоборот, она долгое время будет „раскачиваться“ в том случае, когда ток в передающей антенне внезапно достиг большой амплитуды. Можно представить себе и такой случай, что ток в передающей антенне достиг некоторого максимума и уменьшается, а ток в приемной антенне все еще продолжает увеличиваться.

Все это несколько напоминает собою явления в цепях изменяющегося тока, если они содержат самоиндукцию; на ясность разговора при обычных условиях это не оказывает сколько-нибудь заметного влияния.

Не трудно понять, что чем короче электромагнитная волна, излучаемая передатчиком и, вместе с тем, чем ниже звуковой тон, действующий на микрофон, тем меньше значения имеют эти явления, потому что в течение одного звукового колебания происходит весьма большое число электрических колебаний и поэтому приемная антенна успевает более точно следить за всеми изменениями амплитуды колебаний, излучаемых передатчиком.

Однако, опыт показывает, что даже волны порядка 15 тыс. метров (т. е. 20,000 периодов в сек) могут быть с полным успехом применены для целей радиотелефона.

Вообще же речь остается понятной даже и при значительных искажениях ее различными причинами; это всецело следует отнести за счет свойства уха понимать разговор при значительных искажениях звуковых вибраций, аналогично тому, как глаз понимает рукопись, в которой часто ни одна буква не бывает написана согласно с ее каллиграфической формой и может даже почти не напоминать эту форму.

При такой простоте основной идеи, практическое осуществление радиотелефона встретило весьма большую трудность в устройстве микрофона достаточной мощности для передачи речи на большие расстояния. С электрической точки зрения микрофон является переменным омическим сопротивлением, которое поглощает в себе известную мощность, превращая ее в тепло; расчет показывает, что эта мощность значительно больше той, которой можно воспользоваться¹⁾ в остальной цепи для полезных целей (излучения).

¹⁾ Смотри аналогичный расчет в моей статье: „Катодные реле большой мощности“, ТиТбп 1919 г. № 6, стр. 120 и далее.

Это ведет к перегреву микрофона и к спеканию порошка в нем. Кроме того, если затруднительно построить микрофон на большую силу тока, то может быть еще более затруднительно строить его на большое напряжение, которое имеет место в передающей антенне при сколько-нибудь порядочной мощности. Попытки разрешить этот вопрос применением микрофона особой конструкции (микрофон с жидкостью, с сыплющимся порошком, со струей и пр.) в конечном счете пока не привели к действительным результатам, хотя и позволили несколько увеличить мощность радиотелефонных передатчиков с микрофоном, включенным в антенну. Из других способов можно отметить способ расстройки антенны и питающего ее генератора под влиянием разговора.

Это может быть достигнуто различными путями; например, как это показано на черт. 3 (стр. 10), можно воспользоваться свойством железа менять свою проницаемость под влиянием намагничивания.

Для осуществления этого, железо вводится в катушку, включенную в антенну, после чего последняя настраивается в резонанс с генератором; если теперь действовать на это же железо другой катушкой, по которой проходит переменный ток, то проницаемость железа меняется в зависимости от степени намагничивания его в каждый момент переменным током, а следовательно меняется и самоиндукция катушки, и настройка антенны. Если источником переменного тока является микрофонная цепь, то амплитуда в антенне изменяется соответственно звуковым колебаниям, действующим на микрофон.

Ту же расстройку можно производить также и при помощи емкости, изменяющейся под действием разговора; в простейшем случае этого можно достигнуть при помощи „емкостного микрофона“, который состоит из двух проводящих плоскостей, расположенных параллельно; одна из этих плоскостей является мембраной, на которую действует голос говорящего; вибрации этой мембраны приводят к изменению расстояния между поверхностями, что соответственно меняет емкость, а следовательно и период контура, куда включен такой микрофон.

Однако до самого последнего времени ни с одной из этих систем, повидимому, не удавалось получить сколько-нибудь надежного действия телефона на большие расстоя-

ния и различного рода сообщения о случаях установления такой связи в дальнейшем не подтверждались.

Как понятно из предыдущего, для приема радиотелефонного разговора может служить каждый радиотелеграфный приемник с детектором, либо усилителем, вследствие чего, установка мощного передатчика за-границей была бы нам тотчас же известна. Только в марте 1920 г. впервые несколькими нашими радиостанциями (Москва, Саратов) был услышен разговор из Берлина (1500—2000 клм).

До сих пор мы не знаем, какова система берлинского передатчика; что же касается его мощности, то, судя по данным, сообщенным немцами, она около 2—3 кв (25А в антенне).

В Нижегородской Радиолaborатории подготовительные работы по радиотелефонированию начались с осени 1919 г., когда было приступлено к разработке катодных реле большой мощности и различным предварительным измерениям. Эти работы были частью уже опубликованы в „Радиотехнике“ и в „Телеграфии и Телефонии без проводов“. Что же касается системы передатчика, которая описана ниже, то она задумана мною еще в 1918 г. в Центральной Лаборатории Военного Ведомства в Петрограде, где средства не позволили осуществить ее.

В конце декабря 1919 г. и в январе 1920 г. впервые удалась передача на расстоянии Нижний—Москва (370 вер.) и Нижний—Симбирск (300 верст), причем средняя мощность передатчика не превосходила 20 ватт и средний ток в антенне при разговоре изменялся в пределах между 0,1 амп (молчание) до 2 амп (буквы „А“ и „О“).

Прием производился в Москве на усилитель типа „три тер“, а в Симбирске сначала даже на детектор. В дальнейшем, при опытах с мощностью в 150 ватт наиболее отдаленная станция, сообщившая нам принятие слова, была Самара (500 верст).

В настоящее время работа ведется в направлении увеличения мощности, которая уже теперь доведена до 800 ватт; испытания дальности с этой последней мощностью пока еще не производились.

§ 2.

Необходимо заметить, впрочем, что вообще выражение „мощность радиотелефонного передатчика“ само по себе не-

определенно и может иметь различный смысл. В радиотелеграфе под мощностью в антенне понимается произведение квадрата силы тока в антенне на ее сопротивление, которое в обычных антеннах колеблется от 20—60 ом (малая антенна) до 2—5 ом (большая антенна); здесь такое определение, само по себе, не имеет смысла, так как ток в антенне может быть очень велик, но изменения амплитуды этого тока в различные моменты под действием разговора могут быть очень незначительны (черт. 4 стр. 10).

Другими словами, радиостанция может излучать много энергии, но иметь ничтожное телефонное действие. Наоборот, если система передатчика такова, что под влиянием голоса амплитуда изменяется в широких пределах, т. е. в иные моменты делается близкой к нулю, а в иные достигает некоторого максимума, то амперметр в антенне дает среднюю величину, по которой и может быть обычным способом определена мощность, и в этом случае ее можно назвать „телефонной мощностью“.

Результат будет различен для различных букв, для различной высоты голоса и для различной силы звука. Вследствие этого, в самом определении мощности приходится прибегнуть к некоторой условности.

Мне представляется наиболее удобным в тех случаях, когда достигаемые изменения амплитуды достаточно велики (так что можно пренебречь той частью колебаний, которая не используется при громком разговоре), понимать под „телефонной мощностью“ произведение из сопротивления антенны на квадрат силы тока в ней, получаемый под действием буквы „а“, произносимой протяжно громким голосом. Можно отметить, что по сравнению с „а“ другие буквы вообще дают значительно более слабый эффект; соответственно силе этого эффекта гласные располагаются в такой последовательности: а, о, э, у, ы, и, причем „и“ дает эффект в десятки раз меньший „а“.

Что касается согласных, то за исключением „р“ они действуют еще слабее.

Этим способом и определялась мощность Нижегородского передатчика и следовательно те 20-ватт, которые были достаточны для разговора (правда, неуверенного) на 370 верст, в сущности относились только к звукам „а“ и „о“, звуки же „ш“, „щ“, „к“ и проч., наиболее слабые, передавались какими-нибудь долями ватта.

К работе М. А. Соул-Брыера.

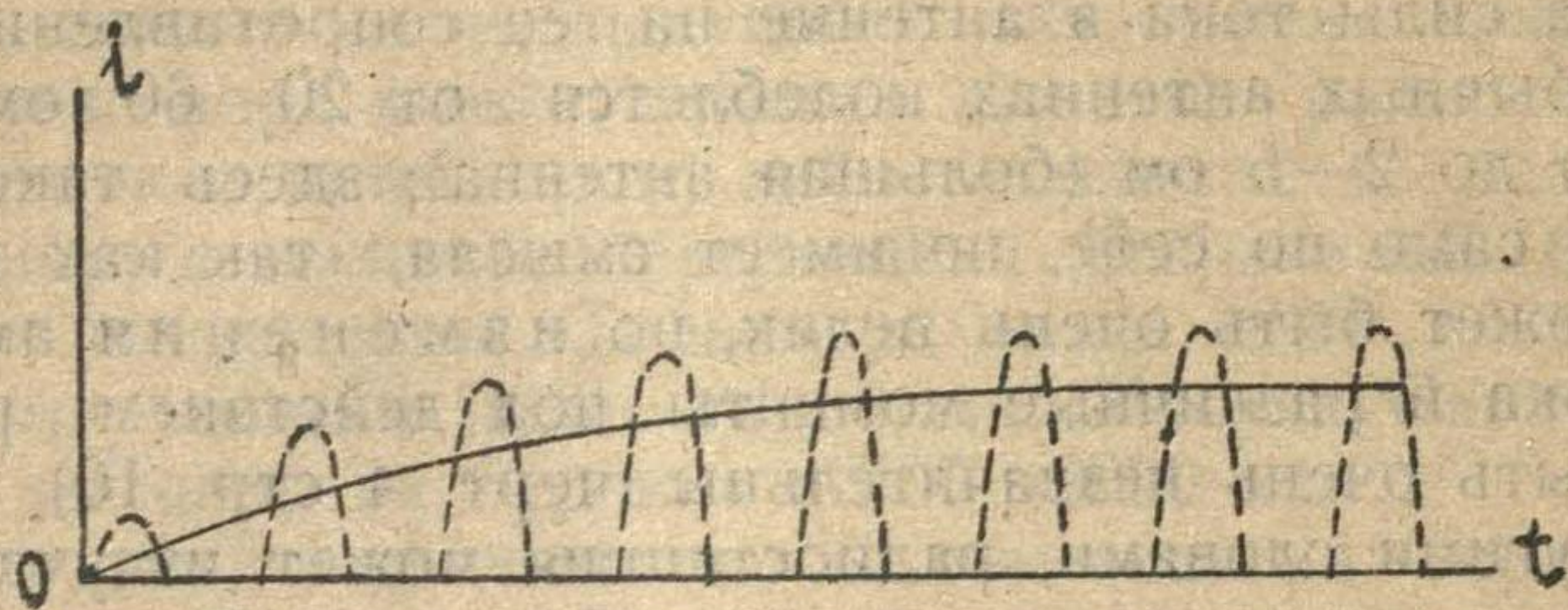


Рис. 1.

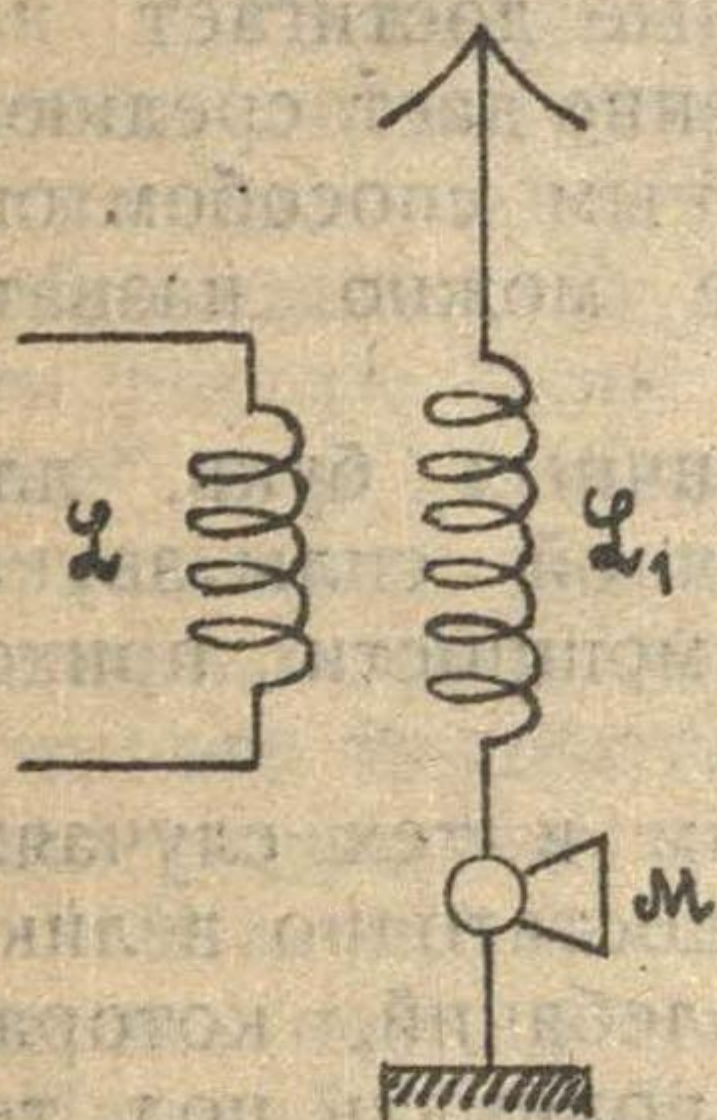


Рис. 2.

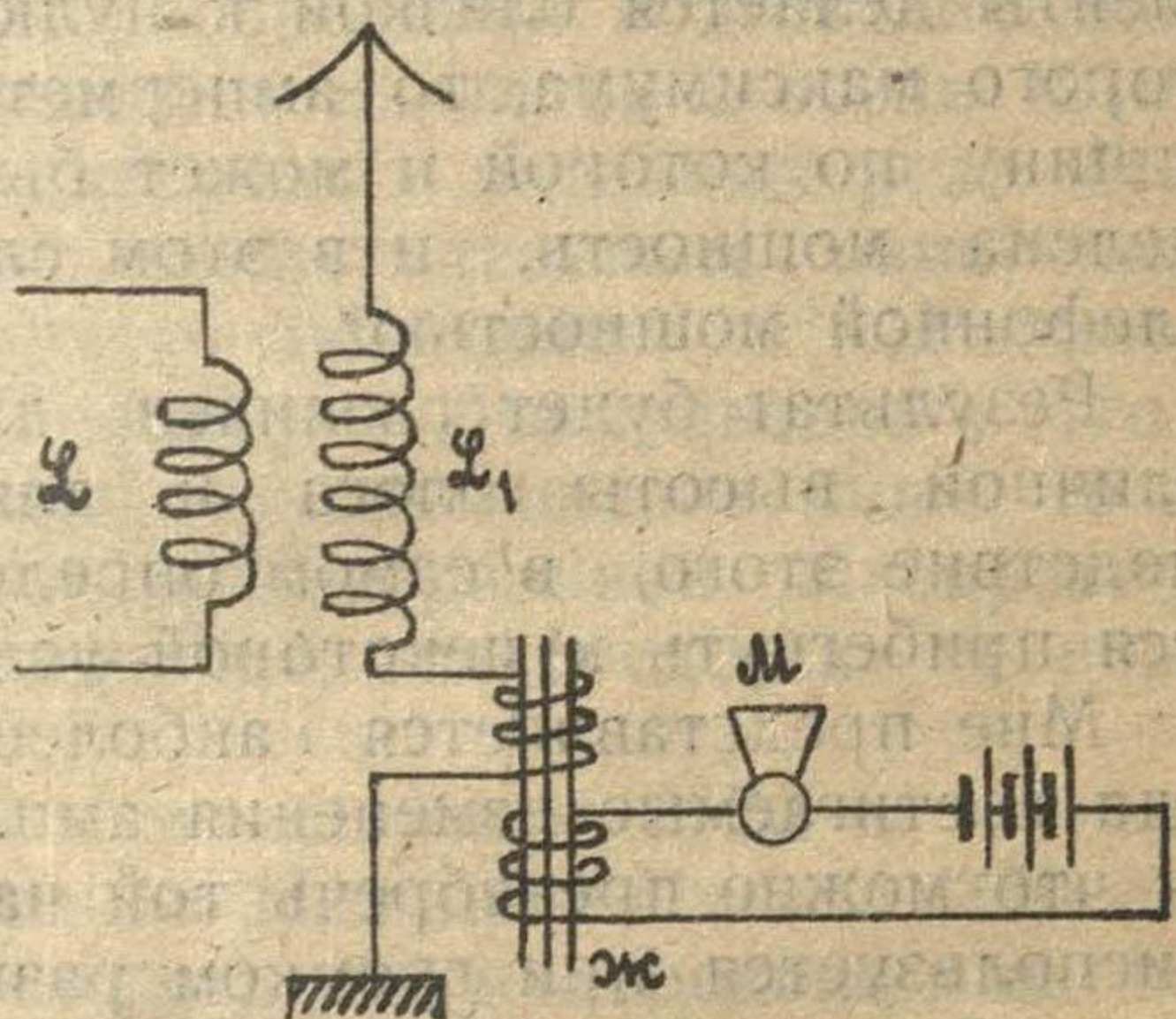


Рис. 3.

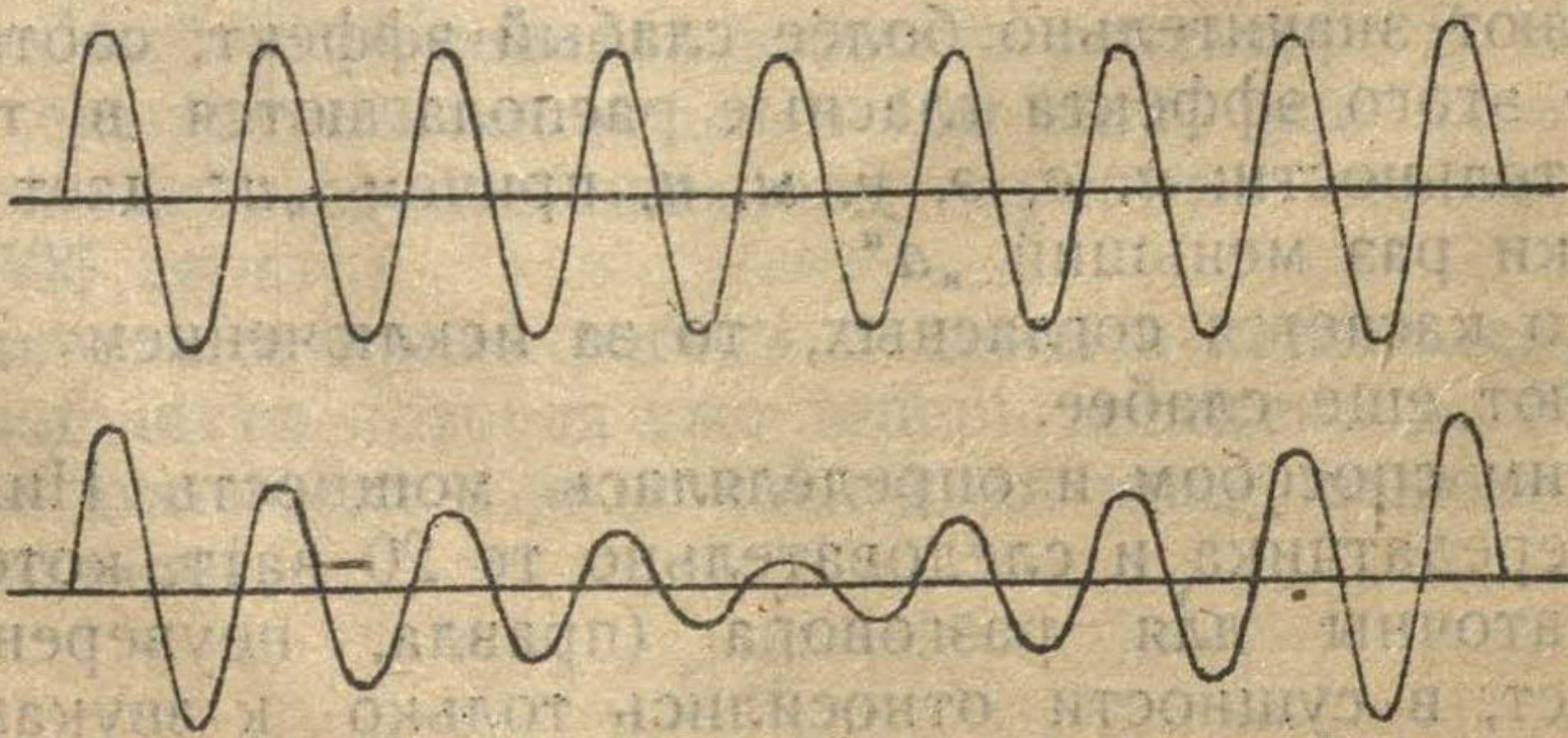
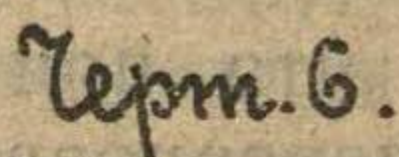
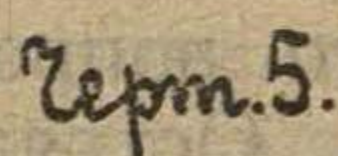


Рис. 4.



Это лишний раз показывает, насколько восприимчив наш слуховой аппарат и наше сознание к разговору.

§ 3.

Можно было предполагать, что тот избыток неиспользованной амплитуды, о котором говорилось в предыдущем параграфе, приносит известную пользу, благоприятно влияя на ясность передачи речи, вследствие чего, хотя с увеличением изменения амплитуды дальность передачи увеличивается (т. к. растет „телефонная мощность“), но разговор становится менее понятным. Тогда, следовательно, за известным пределом было-бы нерационально стремиться к достижению больших изменений амплитуды.

Для выяснения этого вопроса был сделан следующий опыт, выполненный П. А. Остряковым, сначала с дуговым генератором, в котором, путем применения разработанной им конструкции, удалось достичь большой равномерности амплитуды, а затем с катодным генератором, в котором был применен один из первых построенных мною типов катодных реле большой мощности.

Как это показано на схеме черт. 5, катушки a и c , принадлежащие двум независимым цепям (№ 1 и № 2), связывались индуктивно с третьей катушкой, по которой проходил ток большой частоты. Таким образом в a и c индуктировалась некоторая электродвижущая сила, которую можно было сделать одинаковой в обеих катушках путем изменения связи. Цепь № 1 содержала в себе микрофон M и катушку b , связанную с антенной; цепь № 2 содержала в себе сопротивление, эквивалентное среднему сопротивлению микрофона, и катушку d , связанную с антенной, как и катушка b цепи № 1, но повернутую относительно b на 180° .

Вследствие такого устройства, обе цепи индуктировали в антенне взаимно обратные электродвижущие силы и соответствующим подбором связей легко можно было достичь, чтобы действие цепи № 1 вполне компенсировалось действием цепи № 2. В этом случае в антенне не индуктировалось никакого тока, но когда начинали говорить в микрофон, то достигнутое равновесие нарушалось и ток в антенне появлялся.

Не трудно понять, что при такой схеме избыточная амплитуда, будучи компенсирована, отсутствует вовсе и

явление протекает таким образом, как будто микрофон M производит полное изменение амплитуды. Включенный в антенну телефон T и детектор D позволяли воспринять ухом разговор, действовавший на микрофон.

При удалении катушки c , компенсирование избыточной амплитуды прекращалось, ток в антенне появлялся, достигая относительно большой величины, но звуковой эффект в телефоне не только не усиливался, но наоборот начинал затемняться отзвуками от различных пертурбаций, действовавших на цепь генератора; например, резко начинал быть слышен коллектор машины, питавшей генератор.

Этим путем было доказано, что избыточная амплитуда является бесполезной при радиотелефонной передаче, и что следовательно необходимо стремиться производить возможно более глубокие изменения амплитуды, что-бы использовать всю мощность генератора, не опасаясь, что это может повредить ясности речи. Другие опыты выяснили, что когда слабый звук уже достаточен, чтобы произвести полное, возможное в данных условиях, изменение амплитуды, то громкий звук, не могущий произвести большего изменения амплитуды, тем не менее не искажается и разговор на приемной станции остается одинаково понятным, как при тихом, так и при громком голосе говорящего в передатчик, но только сила звука в приемном телефоне остается для обоих случаев одинаковой. Поэтому полезно, чтобы отправительный аппарат развивал свою полную мощность под действием слабых звуков.

Первоначально я предполагал остановиться на схеме черт. 5 в качестве основного ядра передающей станции с тем, чтобы связать катушки b и d не непосредственно с антенной, а с цепью сетки усилительной лампы большой мощности, которая уже своей цепью анода могла-бы непосредственно действовать на передающую антенну, либо на цепь сеток других усилительных ламп для дальнейшего повышения мощности. Предполагалось, что в этом случае, ввиду отсутствия избыточной амплитуды, вся мощность усилительных ламп могла быть хорошо использована. Однако присущая микрофону нерегулярность в смысле его среднего сопротивления и некоторые другие обстоятельства заставили предпочесть в качестве основной другую схему, в которой роль микрофона выполняется комбинацией из угольного микрофона и катодного реле и при которой могут быть достигнуты

произвольно глубокие изменения амплитуды более простым путем.

§ 4.

Эта схема изображена на черт. 6 (стр. 11).

Здесь напряжение, даваемое динамо-машиной D , распределяется между двумя катодными реле, одно из которых образует генератор незатухающих колебаний Γ (на черт. 6 этот генератор обведен пунктиром), а другое играет роль переменного сопротивления, поглощающего некоторую долю общего напряжения, даваемого машиной D .

Как известно, проводимость катодного реле больше, когда его сетка имеет положительный потенциал, и меньше, когда она отрицательна. Поэтому, когда у второго реле (которое я называю „управляющим“) сетка P_2 заряжена отрицательно, то его сопротивление велико, реле поглощает значительную часть напряжения; в этом случае напряжение у зажимов „генераторного реле“ мало, а потому амплитуда, возбуждаемых им колебаний, также мала. Наоборот, при положительном потенциале P_2 сопротивление „управляющего“ реле падает и напряжение у зажимов генераторного реле возрастает, вследствие чего возрастает также и амплитуда колебаний. Изменения потенциала P_2 в 100 и более вольт легко достигнуть, вводя в цепь P_2 вторичную обмотку индукционной спирали S , в первичную обмотку которой введен микрофон M ; при разговоре пульсирующий ток микрофонной цепи трансформируется индукционной спиралью и превращается в переменный достаточно высокого напряжения; выгодно также включить в цепь P_2 батарею маленьких элементов для того, чтобы задать P_2 первоначальный постоянный отрицательный потенциал; что касается мощности в цепи угольного микрофона M , то она здесь очень невелика, так как известно, что энергия в цепи решетки пустотного катодного реле почти вовсе не потребляется, пока решетка имеет отрицательный потенциал; когда же она заряжается положительно, в ее цепи появляется ток и тратится некоторая мощность, но, вообще говоря, этот ток не велик и может быть уменьшен соответственной конструкцией реле.

Таким образом, действие, описанной схемы, заключается в том, что под влиянием звука микрофон меняет свою проводимость, от этого во вторичной обмотке катушки S индук-

тируется электродвижущая сила, изменяющая потенциал решетки P_2 , что в свою очередь вызывает перемены сопротивления „управляющего“ реле, и амплитуда колебаний в генераторе также соответственно меняется.

На черт. 6 генератор непосредственно связан с антенной, но, разумеется, он может быть связан с антенной через посредство промежуточных усилительных реле желаемой мощности, как это и сделано теперь в Нижегородском передатчике.

§ 5.

Условия работы и назначение генераторного и управляющего реле различны, вследствие этого и их конструкция и свойства должны быть, само собой разумеется, не одинаковы.

Прежде всего отметим, что мощность, потребляемая внутри управляющего реле, значительно больше, чем в генераторном, как это и должно быть, имея ввиду, что первое реле в данном случае является переменным сопротивлением, регулирующим ток.

Вследствие этого, здесь должны быть приняты соответственные меры для отвода тепла. Далее оказывается выгодным делать сетку в генераторном реле более частой для того, чтобы мощность его быстро возрастала с увеличением напряжения.

Сетку управляющего реле выгодно делать более редкой, располагая ее возможно ближе к волоску, чтобы увеличить с одной стороны проводимость реле при небольших положительных потенциалах сетки, а с другой, чтобы повысить сколько возможно чувствительность реле, т. е. сделать характеристику его возможно более крутой.

Глубина изменений амплитуды, достигаемая таким образом, чрезвычайно велика, изменение же среднего тока в антенне при разговоре и при молчании может носить различный характер в зависимости от начального потенциала решетки P_2 управляющего реле. Когда, например, этой решетке задан большой начальный отрицательный потенциал, то при молчании ток в антенне мал и при желании может быть сделан очень близким к нулю, при разговоре же он возрастает; с точки зрения траты энергии—это самый выгодный способ. При отсутствии первоначального отрицательного потенциала средний ток в антенне наоборот больше во время молчания, чем во время разговора; этот способ очевидно

менее выгоден с точки зрения экономичности установки, но зато мощность ее несколько повышается. Наконец возможен и промежуточный способ регулировки, при котором средний ток при разговоре и при молчании один и тот же; это также имеет свои выгоды, а именно, в этом случае источник постоянного тока, питающий передатчик, все время одинаково нагружен и в его цепи не происходит резких изменений силы тока. Впрочем это преимущество теряет свое значение, коль скоро есть возможность включить достаточно большой блокировочный конденсатор C (черт. 6 стр. 11), который загасает в себе энергию в те моменты, когда расход ее в цепи катодных реле мал, и наоборот отдает энергию, когда этот расход достигает максимума. Таким путем изменения тока, происходящие со звуковой частотой (в среднем около 300 периодов в секунду) вовсе не попадают в динамо-машину.

Практически при опытах в Радиолaborатории я почти всегда работал по первому способу.

Н.-Новгород.

Радиолaborатория.

Январь—Март 1920 г.

Сдвиг фазы в машинах высокой частоты.

Л. Сапелькова.

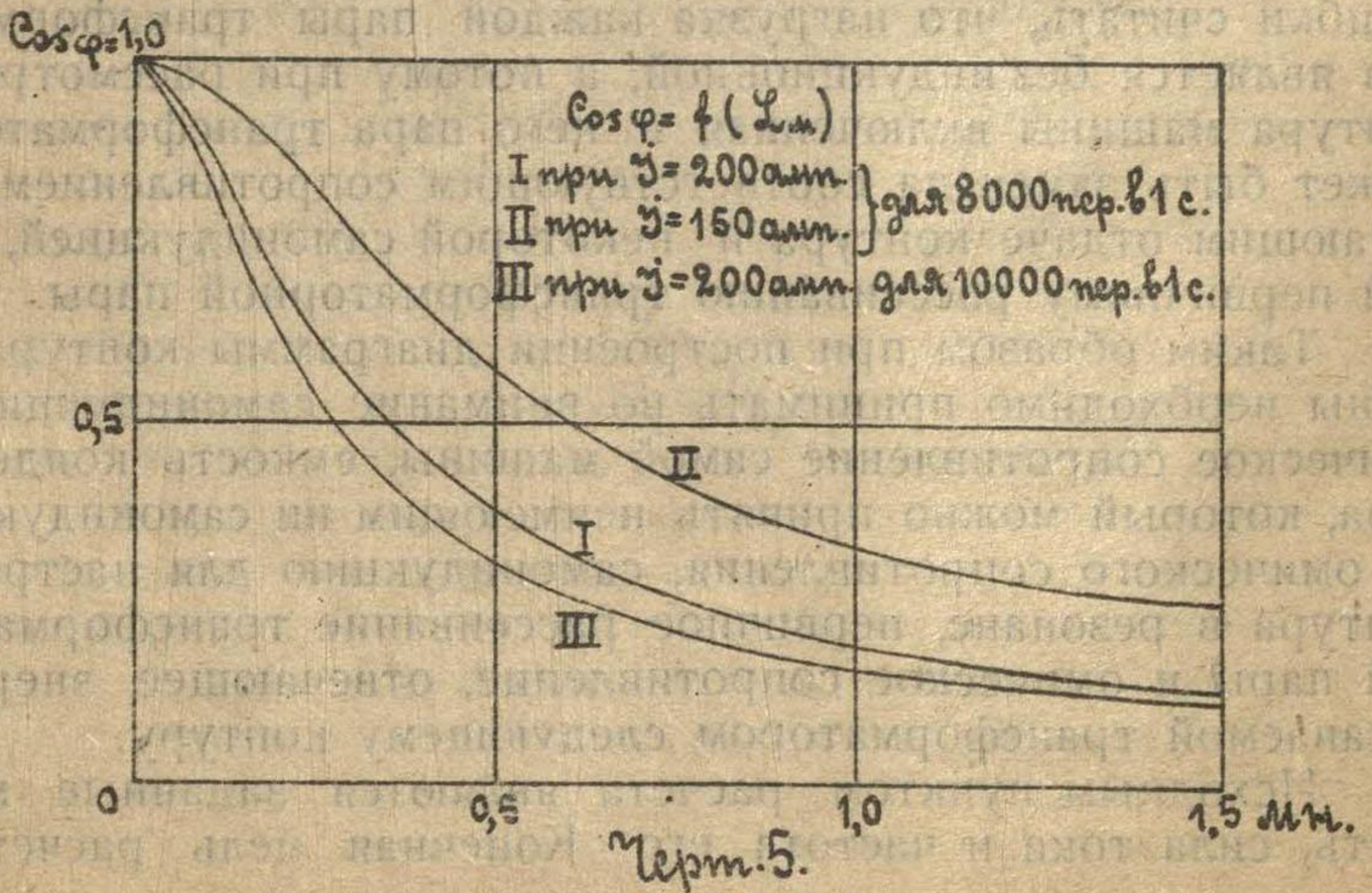
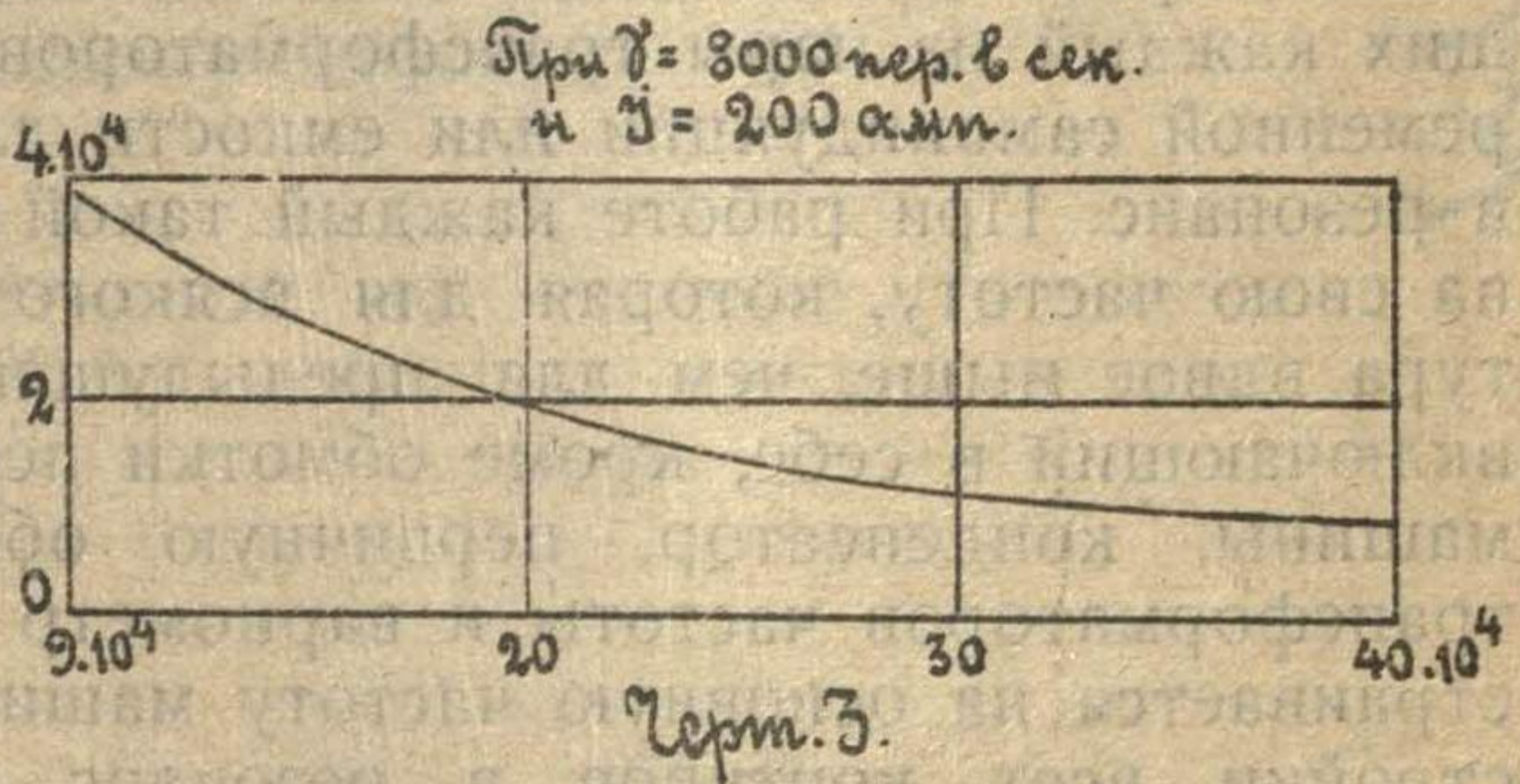
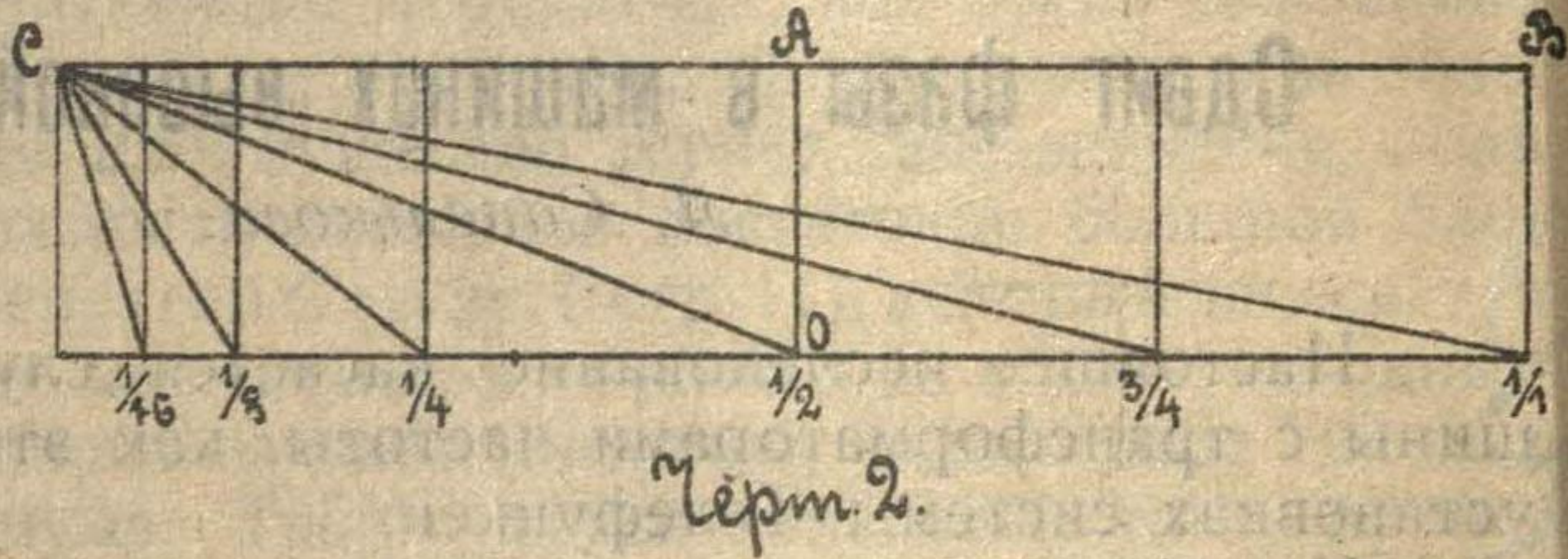
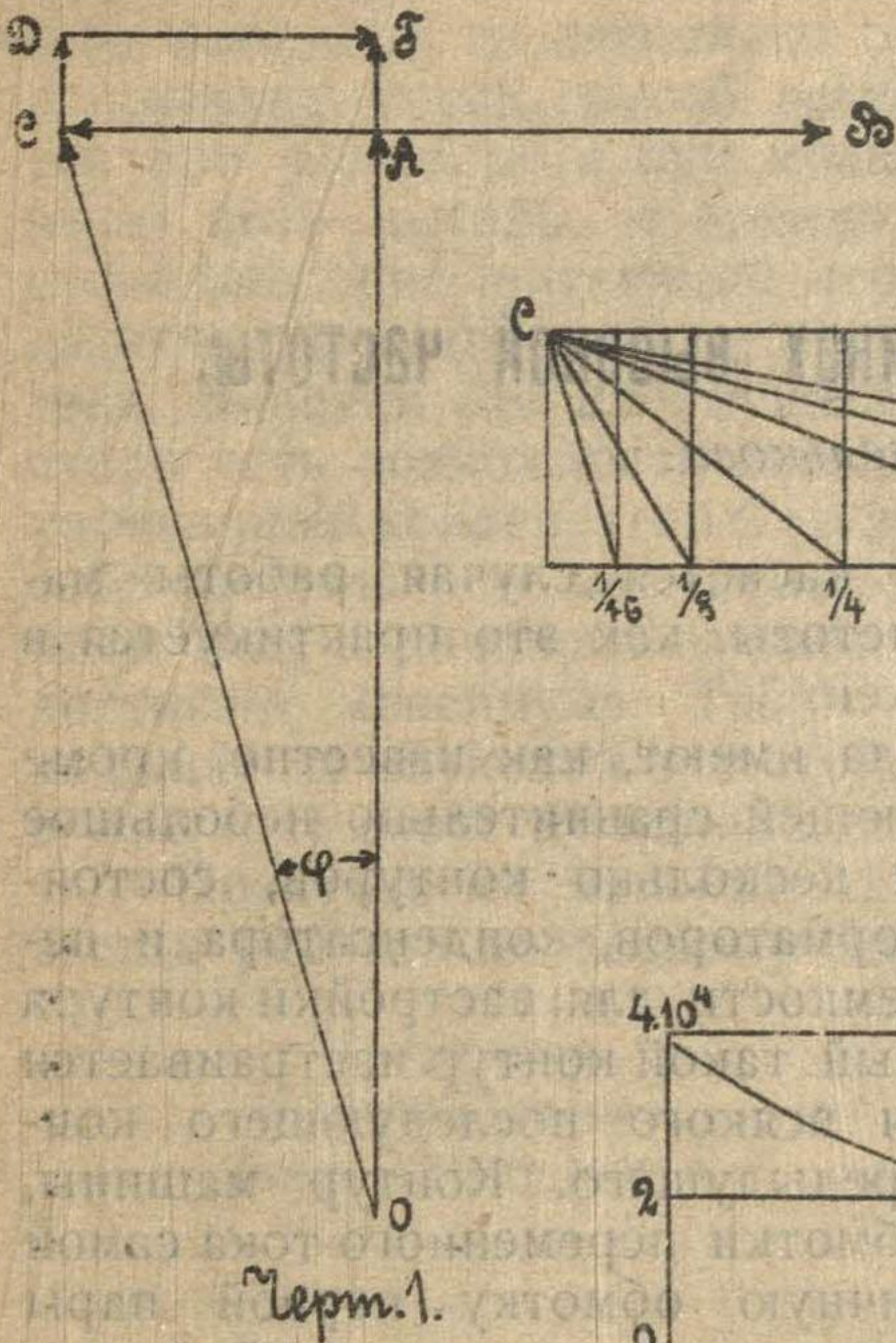
Настоящее исследование касается случая работы машины с трансформаторами частоты, как это практикуется в установках системы Телефункен.

Установки подобного рода имеют, как известно, кроме машины высокой частоты, дающей сравнительно небольшое число перемен, еще один или несколько контуров, состоящих каждый из пары трансформаторов, конденсатора и переменной самоиндукции или емкости для настройки контура в резонанс. При работе каждый такой контур настраивается на свою частоту, которая для всякого последующего контура вдвое выше, чем для предыдущего. Контур машины, включающий в себе, кроме обмотки переменного тока самой машины, конденсатор, первичную обмотку первой пары трансформаторов частоты и вариометр для настройки, настраивается на основную частоту машины. При условии настройки всех контуров в резонанс можно без заметной ошибки считать, что нагрузка каждой пары трансформаторов является безиндукционной, а потому при рассмотрении контура машины включенная в него пара трансформаторов может быть заменена соответствующим сопротивлением, отвечающим отдаче контура и некоторой самоиндукцией, равной первичному рассеиванию трансформаторной пары.

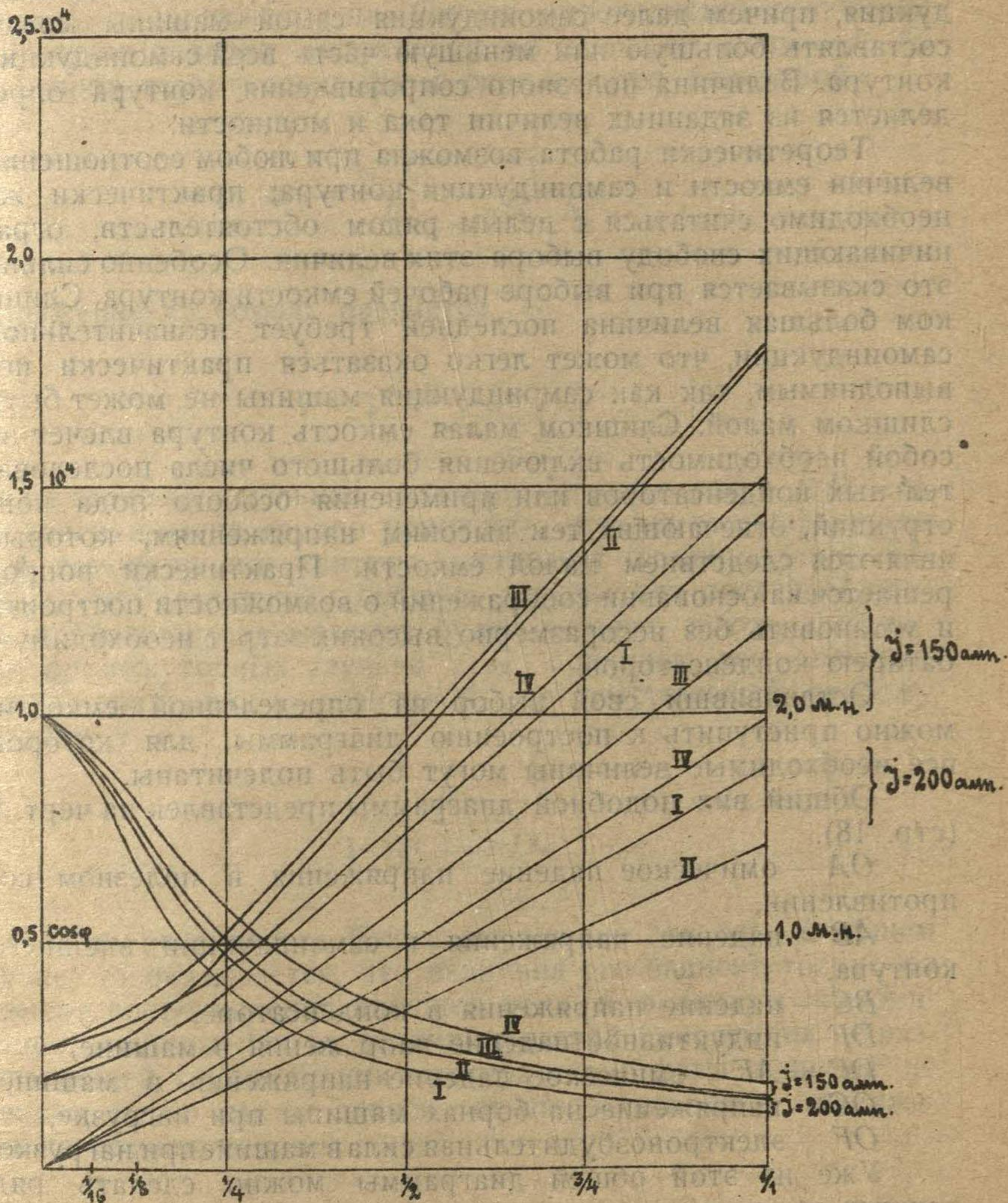
Таким образом при построении диаграммы контура машины необходимо принимать во внимание самоиндукцию и омическое сопротивление самой машины, емкость конденсатора, который можно принять неимеющим ни самоиндукции, ни омического сопротивления, самоиндукцию для настройки контура в резонанс, первичное рассеивание трансформаторной пары и омическое сопротивление, отвечающее энергии, отдаваемой трансформатором следующему контуру.

Исходным пунктом расчета являются заданные мощность, сила тока и частота его. Конечная цель расчета —

К статье Л. И. Сателкова.



Из статьи Л. И. Савельева.



Зерт. 4.

установить зависимость сдвига фазы в машине при различных условиях работы.

При неизменных частоте и силе тока в контуре переменными величинами явятся емкость контура и его самоиндукция, причем далее самоиндукция самой машины может составлять большую или меньшую часть всей самоиндукции контура. Величина полезного сопротивления контура определяется из заданных величин тока и мощности.

Теоретически работа возможна при любом соотношении величин емкости и самоиндукции контура; практически же необходимо считаться с целым рядом обстоятельств, ограничивающих свободу выбора этих величин. Особенно сильно это сказывается при выборе рабочей емкости контура. Слишком большая величина последней требует незначительной самоиндукции, что может легко оказаться практически невыполнимым, так как самоиндукция машины не может быть слишком малой. Слишком малая емкость контура влечет за собой необходимость включения большого числа последовательных конденсаторов или применения особого рода конструкций, отвечающих тем высоким напряжениям, которые являются следствием малой емкости. Практически вопрос решается на основании соображений о возможности построить и установить без несоразмерно высоких затрат необходимую батарею конденсаторов.

Остановивши свой выбор на определенной емкости, можно приступить к построению диаграммы, для которой все необходимые величины могут быть подсчитаны.

Общий вид подобной диаграммы представлен на черт. 1 (стр. 18).

OA — омическое падение напряжения в полезном сопротивлении,

AB — падение напряжения в самоиндукции внешнего контура,

BC — падение напряжения в конденсаторе,

DF — индуктивное падение напряжения в машине,

$DC = AF$ — омическое падение напряжения в машине,

OC — напряжение на борнах машины при нагрузке,

OF — электровозбудительная сила в машине при нагрузке.

Уже из этой общей диаграммы можно сделать ряд важных выводов.

Предположим величину емкости контура постоянной, а отношение величины самоиндукции машины ко всей само-

индукции машины ко всей самоиндукции контура переменным. Возможны два предельных случая: машина совершенно безиндукционна, и вся самоиндукция контура сосредоточена в машине. В первом случае сдвиг фазы равняется нулю, $\cos \varphi = 1$, и напряжение на борнах определяется величиной омического падения напряжения во внешней цепи $= J \cdot R$. Во втором случае сдвиг фазы определяется величиной

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega \cdot L}{R} = \frac{1}{\omega \cdot C \cdot R},$$

напряжение на борнах равняется

$$F = V \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} \cdot J$$

и электровозбудительная сила при нагрузке равна $J(R + r)$. Из диаграммы не трудно усмотреть, что чем меньшую часть всей самоиндукции контура составляет самоиндукция машины, тем выгодней условия работы для последней, так как напряжение на зажимах будет меньше, а $\cos \varphi$ больше. Для промежуточных случаев $\cos \varphi$ проходит все значения между единицей и величиной, соответствующей второму пределу, т. е.

$$\frac{R}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}.$$

Если рассмотреть ближе выражение для $\cos \varphi$ в общем случае, то оказывается, что величина его зависит только от размера сопротивления внешней цепи и величины самоиндукции машины. Ни от величины взятой емкости, ни от размера общей самоиндукции контура сдвиг фазы машины не зависит, равно как не зависит от них и величина напряжения на борнах машины:

$$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \quad \text{и} \quad c = J \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}.$$

Величина же электровозбудительной силы машины при нагрузке является еще более неизменной, ибо она равна $E = J(R + r)$.

Для получения кривых для всех переменных величин весьма удобным является следующий способ (см. черт. 2 стр. 18): задавшись величинами силы тока J и емкости C при данных мощности P и частоте тока машины ω , строим вектор BC , равным падению напряжения в конденсаторе или, что одно и то же, сумме падений напряжения во всех самоиндукциях контура. Параллельно BC в расстоянии AO , равном падению напряжения в омическом сопротивлении внешней части контура, проводим прямую линию, которая будет геометрическим местом начальных точек диаграммы для различных соотношений

$$\frac{\text{самоиндукция машины}}{\text{сумма всех самоиндукций контура}} = \frac{L_m}{L}.$$

Назовем ее нулевой линией.

Найдя AC/SB , равным заданному соотношению самоиндукций, на пересечении перпендикуляра BA к вектору BC с нулевой линией, находим начальную точку диаграммы для рассматриваемого случая. Вектор OC представляет тогда напряжение на борнах машины, а угол AOC — угол сдвига фазы.

Проводя подобное построение для ряда отношений $\frac{L_m}{L}$, находим кривые, характеризующие изменение обоих интересующих нас величин в зависимости от изменения этого отношения. Имея для каждого случая величину угла φ , конечно весьма просто получить в принятом масштабе и значения для $\cos\varphi$, как это и сделано далее.

В предыдущих рассуждениях и при построении диаграммы принималось, что мощность и сила тока машины — величины заданные. По отношению к мощности это справедливо без дальнейшего, потому что машина проектируется для определенной радиоустановки, мощность которой определяется из расстояния, принятой высоты мачт, размеров сети и т. п. Сила тока машины, работающей на сеть через трансформаторы, от всех вышеупомянутых факторов в ши-

роких пределах независима. Правда, при проектировке станции сила тока в сети является величиной расчетной, но она обязательна только для последней пары трансформаторов, работающей непосредственно на сеть. В остальных контурах и в машине сила тока может иметь другие значения, так как трансформаторы частоты могут, наряду с прямой своей задачей удвоения частоты, трансформировать и ток в некоторых, по имеющемуся до сих пор опыту, нешироких пределах.

Таким образом сила тока в машине определяется только в отдаленной мере заданной силой тока в сети. Гораздо более существенным являются соображения другого порядка. При заданной мощности машины требуется подобрать первую пару трансформаторов частоты так, чтобы кажущееся омическое сопротивление контура машины удовлетворяло уравнению $J^2 R = P$ — заданной мощности машины. Уменьшение силы тока необходимо влечет за собой требование соответственного повышения значения R , но тем самым повышается декремент затухания контура машины и настройка контура теряет постепенно свою остроту, что может оказаться невыгодным для работы. Это обстоятельство, в связи с указанным выше свойством трансформаторов частоты — допускать трансформацию тока в ограниченных пределах, препятствует чрезмерному понижению силы тока машины, хотя такое понижение и выгодно в смысле улучшения условий работы самой машины.

Вопрос определения наивыгоднейшей силы тока машины высокой частоты является весьма сложным в виду невозможности произвести достаточно точный и заслуживающий доверия аналитический подсчет для трансформаторов частоты, экспериментально же вопрос этот исследован далеко недостаточно.

Перейдем теперь к рассмотрению конкретного случая. Пусть нам даны:

мощность машины	400 киловатт,
частота	8000 пер / сек.

Проведем расчет для двух значений силы тока, выбранных сообразно приведенным выше указаниям: $J = 200$ амп и $J = 150$ амп.

Для заданной частоты и силы тока 200 амп подсчитаем напряжение на конденсаторе при различных значениях ем-

кости. На кривой черт. 3 представлены полученные значения. Мы останавливаемся по соображениям, изложенным в начале статьи, на двух значениях для емкости: $20 \cdot 10^4$ и $25 \cdot 10^4$ см. В первом случае напряжение на конденсаторе будет равняться $17,8 \cdot 10^3$, во втором $14,3 \cdot 10^3$ вольт; постройка конденсаторов для подобных значений напряжения не представляет технических затруднений и батарея не будет слишком громоздкой, так как возможно будет избежать последовательного включения.

Для принятых значений общей емкости контура величина общей самоиндукции будет равняться $1,78 \cdot 10^6$ и $1,42 \cdot 10^6$ см или, что тоже самое $1,78$ и $1,42$ МН.

Полезное сопротивление машинного контура для заданной емкости при токе в 200 амп должно равняться

$$R = \frac{400 \cdot 10^3}{200^2} = 10 \text{ ом.}$$

Для получения полной диаграммы необходимо знать величину омического сопротивления машины при нагрузке. Принимая величину омических потерь в машине в 6%, определяем сопротивление машины равным $\frac{400 \cdot 10^3 \cdot 0,06}{200^2} = 0,6$ ома.

Величина омического падения напряжения во внешней части контура, вектор AC диаграммы, равняется $J \cdot R = 200 \cdot 10 = 2000$ вольт.

Таким образом все необходимые для построения диаграммы величины подсчитаны.

Для силы тока в машине $J = 150$ ампер тем же способом получаем соответствующие значения. Однако в виду меньшей силы тока представляется целесообразным уменьшить емкость контура. Предполагая, что батареи конденсаторов в обоих случаях состояли бы из однотипных элементов, включаемых в большем или меньшем числе параллельно, выбираем значения для емкостей так, чтобы напряжения были приблизительно те же, что и в предыдущем случае. Таким условиям отвечают $15 \cdot 10^4$ и $18 \cdot 10^4$ см, для которых напряжения будут соответственно равняться $18 \cdot 10^3$ и $14,9 \cdot 10^3$ вольт.

Внешнее сопротивление машинного контура должно равняться $\frac{400 \cdot 10^3}{150^2} = 17,7$ ома.

Сопротивление машины при нагрузке 1,06 ома.

Общая самоиндукция контура при указанных значениях емкости должна быть $2,37 \cdot 10^6$ и $1,98 \cdot 10^6$ см.

Из диаграмм, построенных согласно вышеизложенного, получены три группы кривых, представленных на черт. 4 (стр. 19).

В качестве абсцисс приняты величины отношения $\frac{L_{\text{м}}}{L}$.

Первая группа кривых представляет значения для $\cos\varphi$ и состоит из двух пар кривых, соответственно двум значениям емкости для каждого из рассматриваемых значений для силы тока. В том же масштабе, но умноженном на 10^4 нанесена вторая группа кривых, представляющих изменение напряжения на борнах машины для рассматриваемых различных условий. Третья группа кривых, масштаб которой показан с правой стороны чертежа, позволяет отсчитывать абсолютное значение самоиндукции машины. Эти кривые представляют собственно прямые линии, проходящие через начало координат. Ими приходится пользоваться для получения кривых зависимости $\cos\varphi$ от самоиндукции машины, представленных на черт. 5. Как уже было указано в своем месте, $\cos\varphi$ не зависит от величины емкости в контуре, а потому мы имеем только две кривых, каждая для соответствующей силы тока, положенной в основу расчета.

Кривые черт. 4 и 5 (стр. 19, 18) позволяют проследить правильность общих положений, высказанных при рассмотрении общей диаграммы: условия работы машины тем выгодней, чем меньше ее собственная самоиндукция и чем больше внешнее сопротивление контура. С увеличением самоиндукции машины, при равных остальных условиях, $\cos\varphi$ быстро падает, а напряжение на зажимах машины возрастает быстрее, чем линейным образом.

Нам остается еще проследить влияние основной частоты машины на ее работы, главным образом на величину $\cos\varphi$. На черт. 5 кривая III получена тем же путем, как и кривые I и II, но в основу положена частота 10.000 в сек, вместо 8.000, для которой проведен весь остальной расчет. Из сравнения с кривой I, построенной для той же силы тока в 200 ампер, видно, что более выгодным оказывается изменение основной частоты в сторону его понижения.

При расчете машины необходимо построить подобные кривые для различных значений частоты и силы тока и, подсчитавши возможно точно ожидаемую самоиндукцию машины, проверить на основании кривых, подобных показанным на черт. 4, является ли машина технически выполнимой в отношении напряжения на зажимах, или вернее, в смысле изоляции обмотки от корпуса. Кроме того, необходимо проверить возможно ли будет поместить ампервитки, необходимые для получения расчетной электровозбудительной силы при нагрузке для ожидаемого $\cos \varphi$. Очевидно, что принятое решение может быть только компромиссным, ибо, как уже на это и указывалось, на ряду с основаниями, требующими уменьшения самоиндукции машины, есть ряд достаточно веских причин, требующих ее увеличения.

Третьим условием является то, что машина должна быть построена с такой конструкцией, чтобы при заданной частоте вращения и силе тока на зажимах она могла выдать заданную мощность. Это условие является самым трудным, так как оно требует, чтобы машина была построена с такой конструкцией, чтобы при заданной частоте вращения и силе тока на зажимах она могла выдать заданную мощность. Это условие является самым трудным, так как оно требует, чтобы машина была построена с такой конструкцией, чтобы при заданной частоте вращения и силе тока на зажимах она могла выдать заданную мощность.

Кривые, построенные для частоты 15 и 20 герц, показывают, что при заданной частоте вращения и силе тока на зажимах машина может выдать заданную мощность. Это условие является самым трудным, так как оно требует, чтобы машина была построена с такой конструкцией, чтобы при заданной частоте вращения и силе тока на зажимах она могла выдать заданную мощность.

Нам остается еще проверить, является ли машина технически выполнимой в отношении напряжения на зажимах, или вернее, в смысле изоляции обмотки от корпуса. Кроме того, необходимо проверить возможно ли будет поместить ампервитки, необходимые для получения расчетной электровозбудительной силы при нагрузке для ожидаемого $\cos \varphi$. Очевидно, что принятое решение может быть только компромиссным, ибо, как уже на это и указывалось, на ряду с основаниями, требующими уменьшения самоиндукции машины, есть ряд достаточно веских причин, требующих ее увеличения.

Гидравлическая модель радиостанции.

В. Делакроа.

В „Ежегоднике Радиотелеграфии“ фирмы Маркони за 1913 год описан ряд аналогий, наглядно поясняющих картину явлений в колебательных контурах, простых и связанных. Одну из них, наиболее полную по своему содержанию, представляющую совместную работу замкнутого и отпирательного контура передатчика, мы приведем ниже.

Обычно, при изучении простого колебательного контура, для наглядного пояснения явлений приводится разбор процесса выравнивания уровня жидкости в двух сообщающихся сосудах (черт. 1, стр. 30). Левый и правый сосуд при этом соответствуют обкладкам конденсатора колебательного контура (черт. 2); соединительная трубка — проводнику, соединяющему обкладки (самоиндукции); жидкость (независимо от ее свойств) должна соответствовать электрической жидкости, наливаемой в обкладки конденсатора. Тогда — разность уровней будет вызывать разность давлений в жидкости, слева и справа, и сама жидкость в том или другом сосуде должна будет находиться под тем или другим давлением. Давление в жидкости будет соответствовать потенциалу электричества на той или другой обкладке, а разности давлений — разности потенциалов. Обычно, вместо разности давлений говорят просто о разности уровней, т. к. она — то косвенно и обуславливает разность давлений в обоих сосудах. Соединительная трубка, обычно, перегораживается краном, который и открывается по достижении определенной разности уровней. Крану соответствует в электрическом контуре — разрядник. Разница действия крана и разрядника заключается в том, что первый действует произвольно, от руки человека, а второй — автоматически.

В зависимости от силы трения жидкости о стенки сосудов трубки, и внутри трубки устанавливается обычно харак-

тер „разряда жидкости“: „колебательный“ или „апериодический“. Когда сила трения мала и когда вязкость жидкости невелика, мы будем наблюдать первое-колебательный характер явления (черт. 3); в противном случае разряд будет апериодический (черт. 4 стр. 30).

Элементы колебательного процесса, которые обычно рассматриваются для различных мгновений, суть, кроме только-что разобранной разности уровней и степени сжатия частиц, следующие: 1) покой всей жидкости, или какой либо из частиц, или „степень покоя“ (как понятие противоположное скорости движения); 2) энергия покоя жидкости, выражающаяся в наличии давления внутри жидкости; 3) перемещения любой частицы жидкости относительно некоторого среднего положения покоя (колебания частиц) и с двух точек зрения: а) удаленности от среднего положения и б) удаленности от своего крайнего положения жидкости или частицы; 4) скорость движения жидкости или—ее частиц; 5) энергии движения жидкости, выражающаяся в размахе.

Все элементы меняются периодически с течением времени; притом интересно заметить, что, ввиду связи, существующей между ними, все изменения происходят тоже вполне связано; все они происходят ритмично, как работа хорошо налаженного механизма: изменения в отдельных элементах постепенно развиваются, достигают максимума и затем спадают; далее картина повторяется, явление развивается, снова спадает и т. д. и т. д. Но это не значит, что абсолютно все они „идут вместе“, что с развитием одних, развиваются и все остальные и—наоборот. Но и хаоса в этом тоже не наблюдается: как сказано, изменения в явлениях происходят ритмично, как в хорошо налаженном механизме; существует лишь чередование: в то время, когда изменение одних элементов идет в сторону развития, увеличения, у других оно происходит наоборот в сторону спадения и обратно. Обычно, приводятся два графика, которые наглядно иллюстрируют картину изменений и взаимных чередований: черт. 3а и 3б (стр. 30). В то время, как первый график может быть отнесен к следующим элементам: 1) степени удаленности некоторой частицы жидкости от среднего (нормального) положения; 2) разности уровней; 3) внутреннему давлению; 4) степени покоя; 5) энергии покоя (потенциальной энергии). Второй график будет говорить об изменении всех остальных элементов, происходящих одинаково с перечисленными, но при

вполне определенном отставании по времени; график черт. 4б покажет изменения: 1) степени удаления частицы от крайнего положения; 2) величины совпадения высот уровней обоих сосудов (обратное „разности“ уровней); 3) силы или размаха движения частиц; 4) скорости движения частиц; 5) величины энергии движения (кинетической энергии).

Чтобы более приблизить приведенную модель к колебательному контуру можно представить себе каждую обкладку конденсатора не в виде отдельного сосуда, а как одну из половин сосуда АВ, разделенного пополам резиновой перегородкой (черт. 5 стр. 31). Перегородка в данном случае будет играть (до некоторой степени) ту же роль, как и диэлектрик конденсатора. Сообщение электричества разных знаков обоим обкладкам конденсатора может быть уподоблено сообщению одной половине избытка, другой — недостатка жидкости. Электричество на обкладках вызывает упругое натяжение в диэлектрике на подобие упругого натяжения, появляющегося в резине перегородки и проявляющегося в том противодействии, которое начинает испытывать жидкость, когда усиливается разница в избытке и недостатке в обеих ее половинах.

Вместе с увеличением давления перегородка более или менее выпучивается в сторону.

Уместно отметить, что емкость электрическая (конденсатора) в этом случае наглядно может быть определена количеством жидкости, которое вызывает определенное выпучивание перегородки, напр. в 1 см по середине. (а не всем количеством жидкости, какое могло бы быть сообщено одной половине и удалено из другой).

Спираль самоиндукции может быть представлена в виде уширенного сосуда, цилиндра, в котором легко движется массивный поршень С (черт. 5).

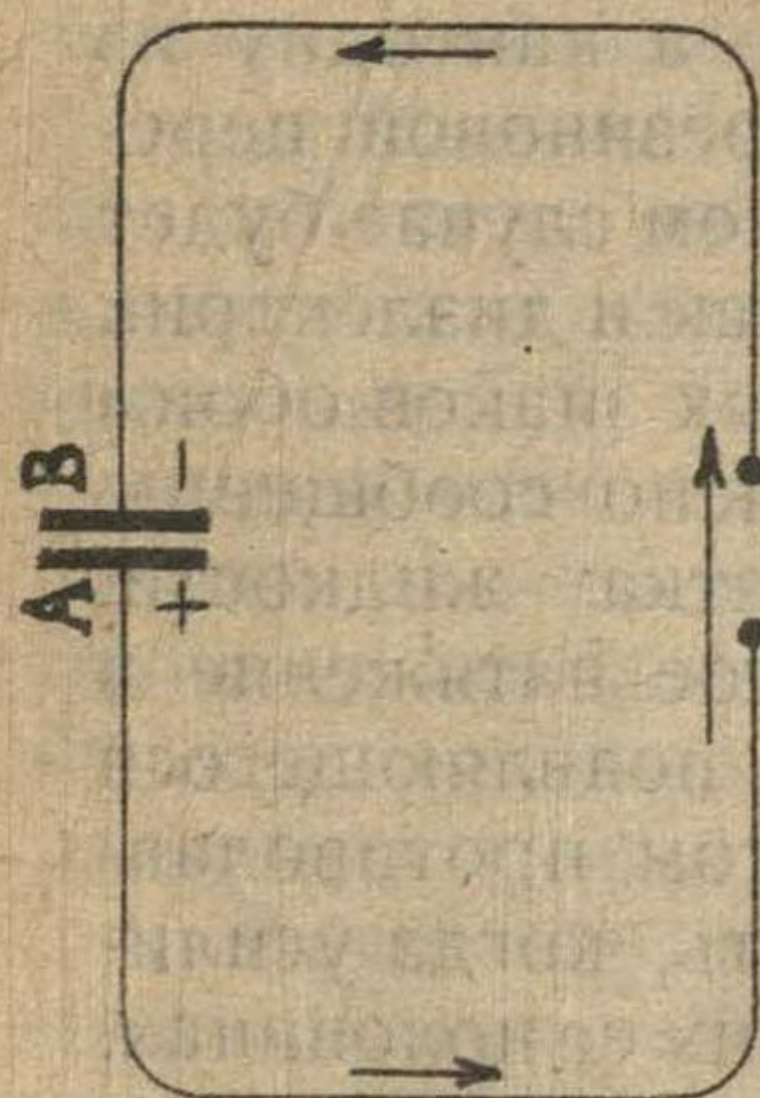
Соединительные провода останутся в виде тех же соединительных трубок.

Искровой промежуток можно представить в виде автоматического клапана Д, отворяющегося в обе стороны, легко движущегося, но плотно западающего в своем седле.

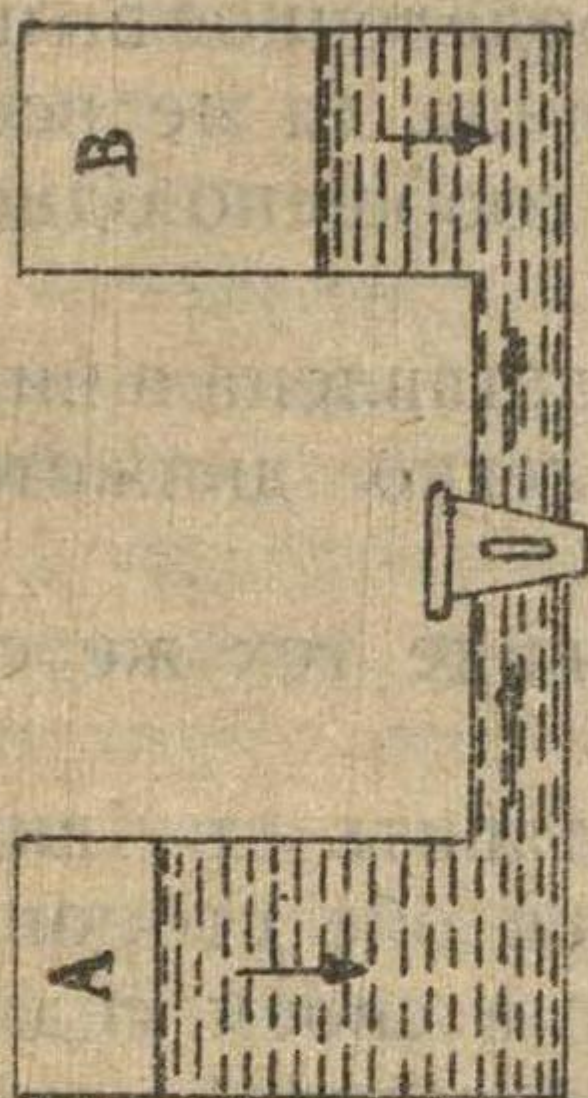
Источник электрической энергии (динамомашина) может быть с успехом уподоблен центробежному или иному насосу, во время работы безостановочно перекачивающему жидкость по трубам в определенном и неизменном направлении, на чертеже — по направлению сплошных стрелок.

Не трудно проследить, как насос будет перекачивать

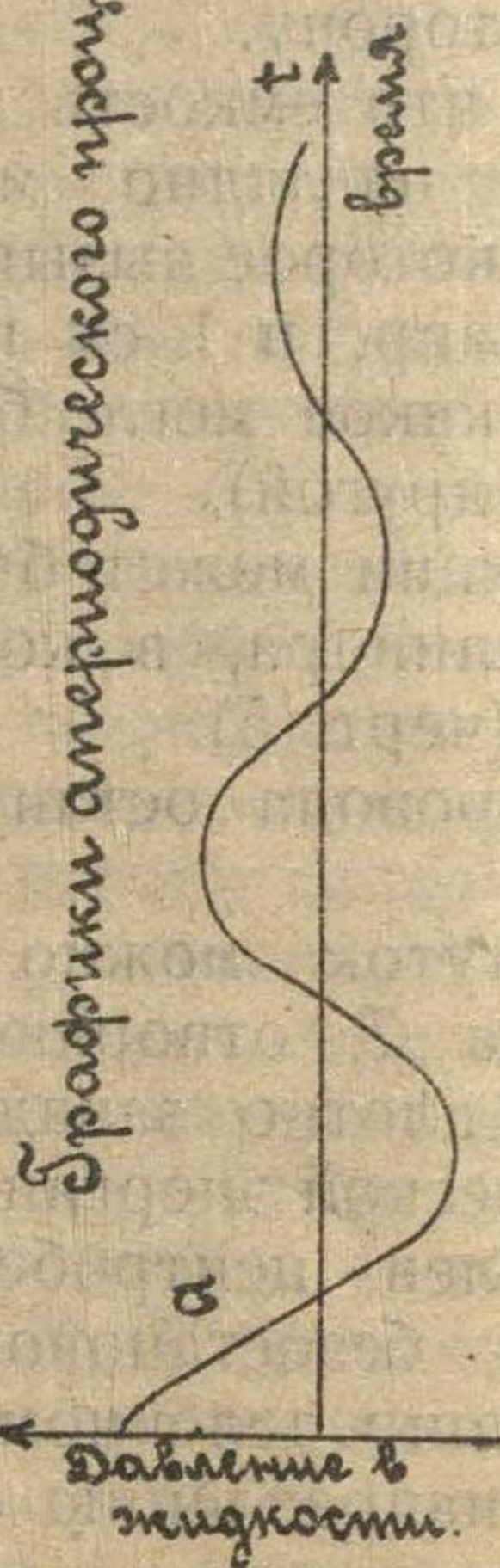
К статье В.З. Делакруа.



Черт. 2.



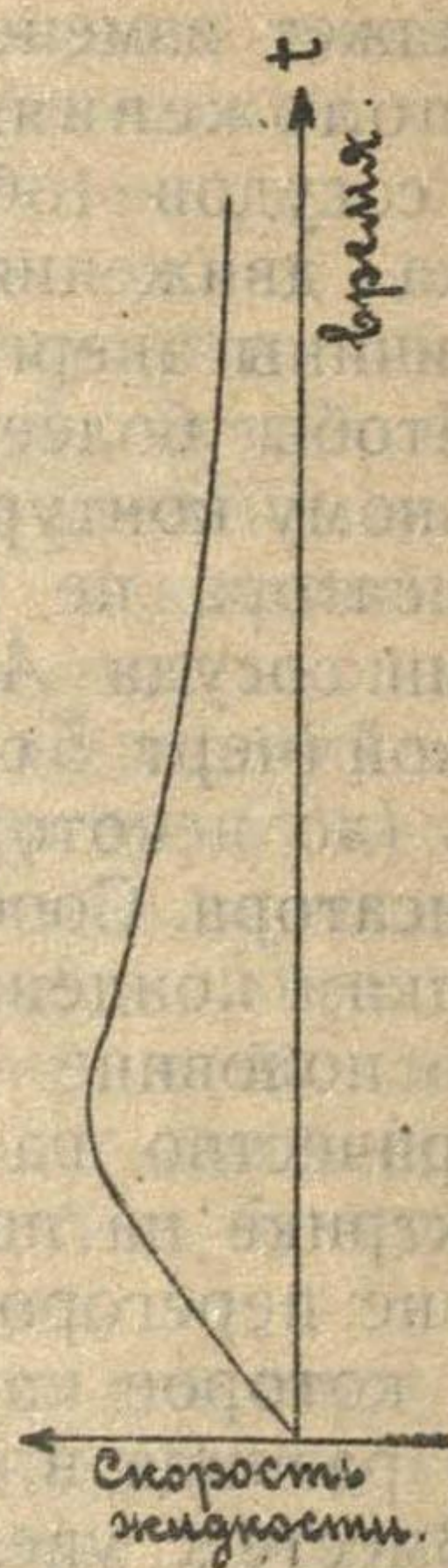
Черт. 1.



Графики анергического процесса сгорания жидкостей.

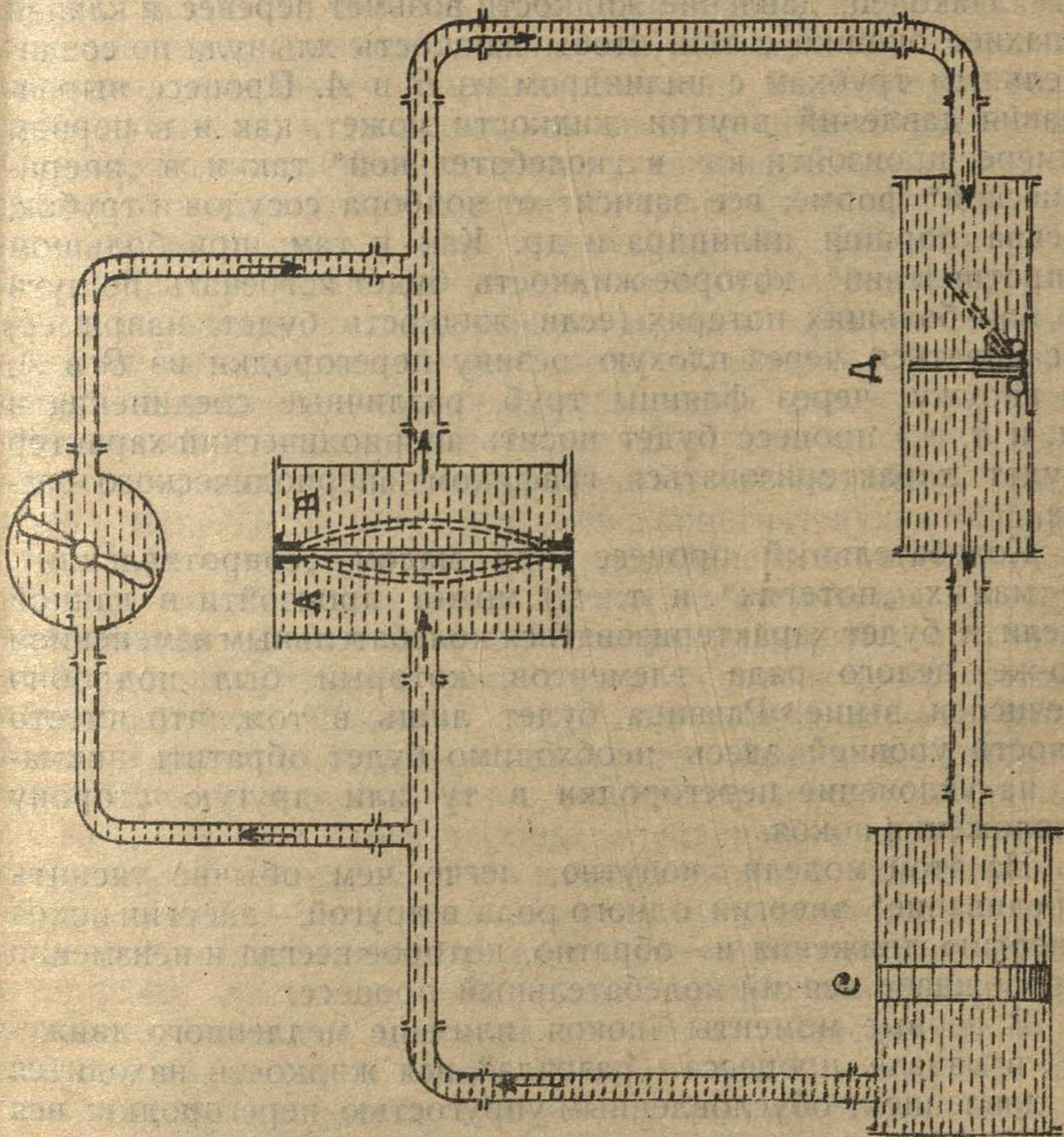


Черт. 3.



Черт. 4.

К статье В.З. Делакроа.



Черт. 5.

жидкость из левой половины в правую, вызывать выпучивание перегородки и, связанное с ним, появление давления внутри жидкости. Передаваясь во все стороны с одинаковой силой оно будет давить, чем дальше — тем больше, на клапан *Д*, встречая определенное противодействие со стороны последнего. Пока сила противодействия клапана не будет превзойдена, сила давления внутри жидкости будет нарастать. Наконец, давление жидкости возьмет перевес и клапан распахнет окошко с тем, чтобы жидкость хлынула по соединительным трубкам с цилиндром из *В* в *А*. Процесс выравнивания давлений внутри жидкости может, как и в первом примере, произойти как в „колебательной“ так и в „апериодической“ форме; все зависит от подбора сосудов и трубок, массива поршня цилиндра и др. Как и там, при большом „сопротивлении“, которое жидкость будет встречать по пути или при больших потерях (если жидкость будет, например, просачиваться через плохую резину перегородки из *В* в *А*, или наружу через флянцы труб, различные соединения и т. д. и т. д.) процесс будет носить апериодический характер и будет характеризоваться графиком апериодического разряда.

Колебательный процесс (при малом „сопротивлении“, при малых „потерях“ и т. д.) может произойти в данной модели и будет характеризоваться колебательным изменением того-же целого ряда элементов, который был подробно перечислен выше. Разница будет лишь в том, что вместо разности уровней здесь необходимо будет обратить внимание на уклонение перегородки в ту или другую сторону от положения покоя.

На этой модели, попутно, легче чем обычно уяснить „переливание“ энергии одного рода в другой, — энергии покоя в энергию движения и — обратно, которое всегда и неизменно сопровождает всякий колебательный процесс.

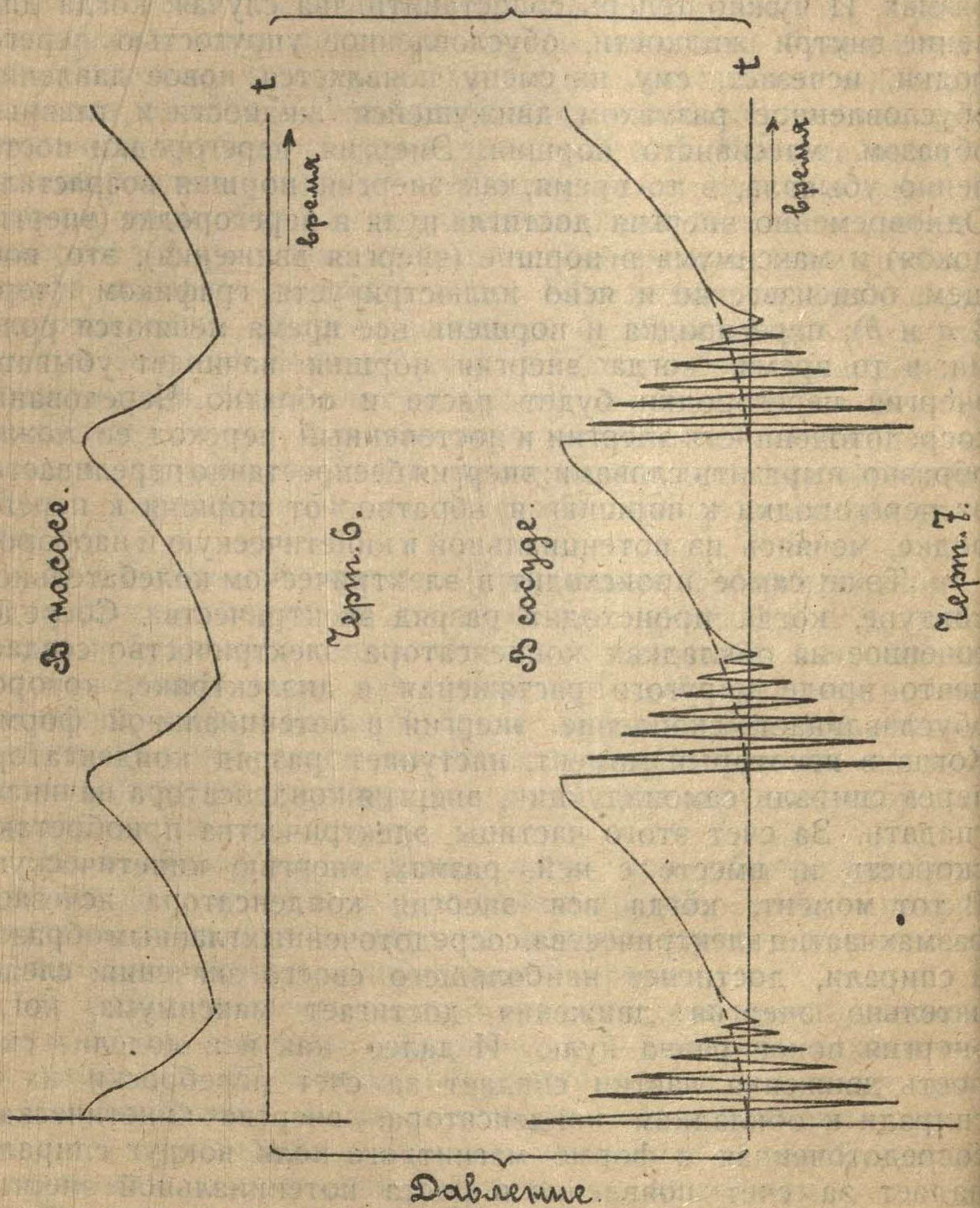
В первые моменты покоя, или еще медленного движения — в начале процесса „разряда“, вся жидкость находится под давлением, обусловленным упругостью перегородки: вся энергия (упругости, покоя, положения) сосредоточена в перегородке и проявляется в том, что последняя с силой давит на жидкость, держит всю жидкость под давлением.

В следующие моменты перегородка выпрямляется, теряет постепенно всю силу: энергия перегородки куда то уходит, давление в жидкости пропадает.

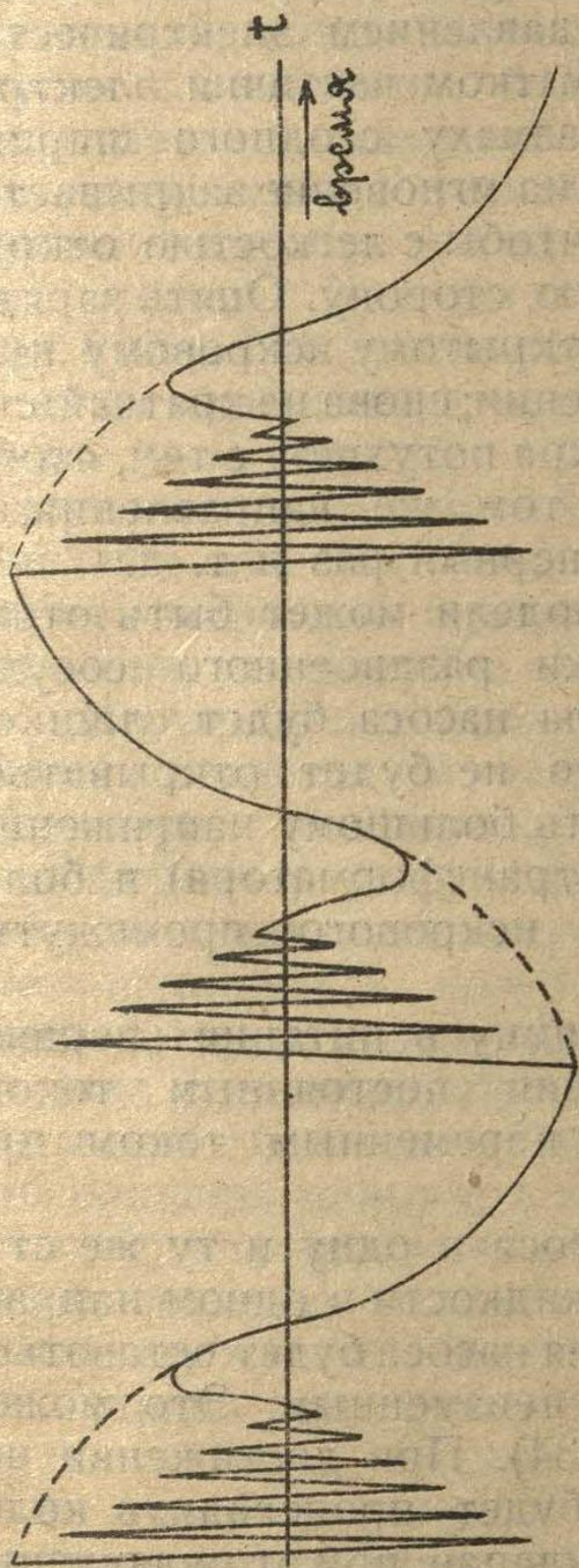
И, вместе с тем, за истекшее время возникло движение жидкости, которым увлекается массивный поршень цилиндра. Скорости и жидкости и поршня растут, благодаря чему появляется давление в жидкости, обусловленное движением, размахом; вместе с ускорением движения увеличивается и размах. И нужно теперь сопоставить два случая: когда давление внутри жидкости, обусловленное упругостью перегородки, исчезает, ему на смену появляется новое давление, обусловленное размахом движущейся жидкости и, главным образом, массивного поршня. Энергия перегородки постепенно убывала, в то время, как энергия поршня возрастала. Одновременно энергия достигла нуля в перегородке (энергия покоя) и максимума в поршне (энергия движения); это, вобщем, общеизвестно и ясно иллюстрируется графиком (черт. 3 *a* и *b*); перегородка и поршень все время меняются ролями: в то время, когда энергия поршня начинает убывать, энергия перегородки будет расти и обратно. Чередование сосредоточенности энергии и постепенный переход ее можно образно выразить словами: энергия беспрестанно переливается от перегородки к поршню и обратно—от поршня к перегородке, меняясь из потенциальной в кинетическую и наоборот.

Тоже самое происходит в электрическом колебательном контуре, когда происходит разряд электричества. Сосредоточенное на обкладках конденсатора электричество создает нечто вроде упругого растяжения в диэлектрике, которое обуславливает скопление энергии в потенциальной форме. Когда в некоторый момент, наступает разряд конденсатора через спираль самоиндукции, энергия конденсатора начинает спадать. За счет этого частицы электричества приобретают скорость и, вместе с ней, размах, энергию кинетическую. В тот момент, когда вся энергия конденсатора исчезает, размах частиц электричества, сосредоточенных главным образом в спирали, достигнет наибольшего своего значения; следовательно энергия движения достигает максимума, когда энергия покоя равна нулю. И далее—как и в модели—скорость движения частиц спадает за счет переброски их из спирали к обкладкам конденсатора: энергия кинетическая, сосредоточенная в форме магнитного поля вокруг спирали, падает за счет появления и роста потенциальной энергии (электрическое поле в диэлектрике конденсатора); теперь—энергия покоя достигает максимума, когда энергия движения спала до нуля.

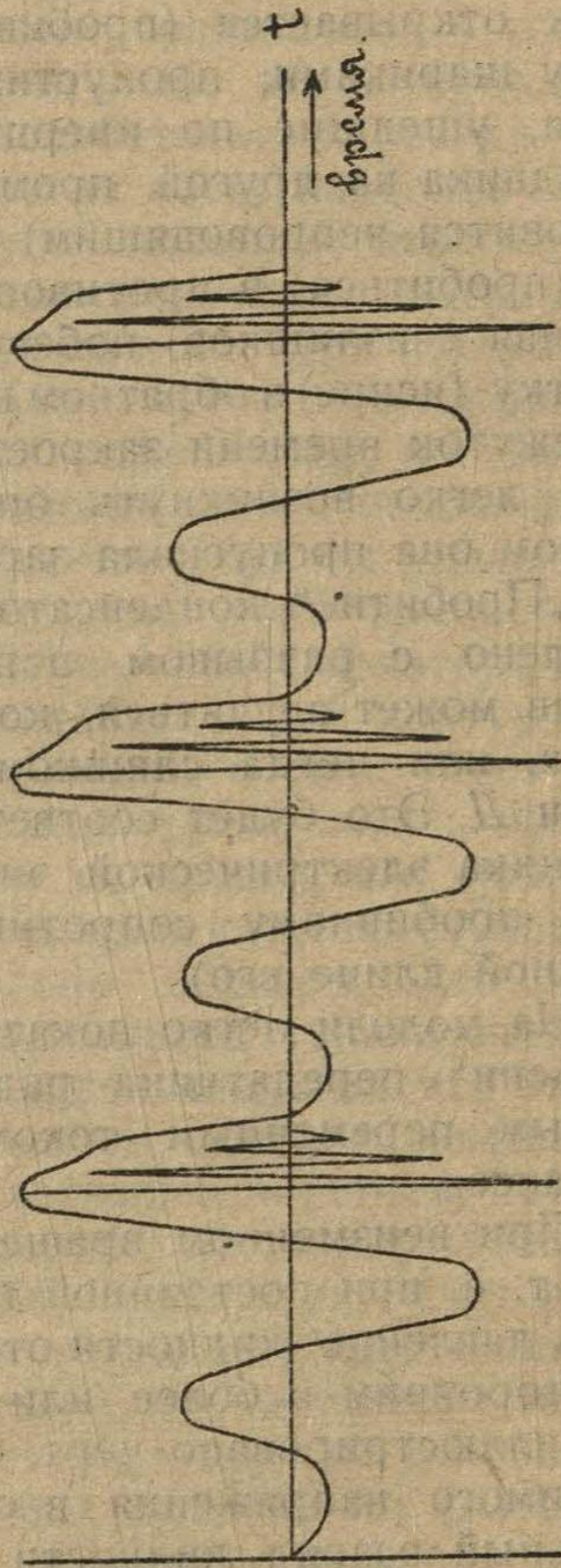
Имя Б. В. Давидов.



К статье В.З. Делакрса.



Серм. 8.



Серм. 10.

Давление.

На представленной модели легко уяснить себе наглядно роль искрового промежутка в колебательном контуре. Клапан, западая в седло, удерживается с определенной силой на месте, на подобие створки дверей, открывающихся в обе стороны; трудно сдвинуть клапан с места, но открытый однажды с одной стороны, он легко при закрытии перебегаёт и открывается в противоположную. Искровой промежуток открывается (пробивается) давлением электричества между шариками; пропустив с избытком частички электричества, ушедшие по инерции с размаху с одного шарика разрядника на другой, промежуток на мгновение закрывается (становится непроводящим) с тем, чтобы с легкостью открыться (пробиться) в противоположную сторону. Опять заряды (начиная с излишков) побегут по открытому искровому промежутку (искре) в обратном направлении; снова на кратчайший промежуток времени закроется (искра потухнет) с тем, чтобы опять легко возникнуть опять в том же направлении, в котором она пропускала заряды в первый раз и т. д.

„Пробитие“ конденсатора на модели может быть отождествлено с разрывом перегородки раздвоенного сосуда. Разрыв может случиться, когда сила насоса будет слишком велика, или когда слишком упорно не будет открываться клапан Д. Это будет соответствовать большому напряжению источника электрической энергии (трансформатора) и большому пробивному сопротивлению искрового промежутка (большой длине его).

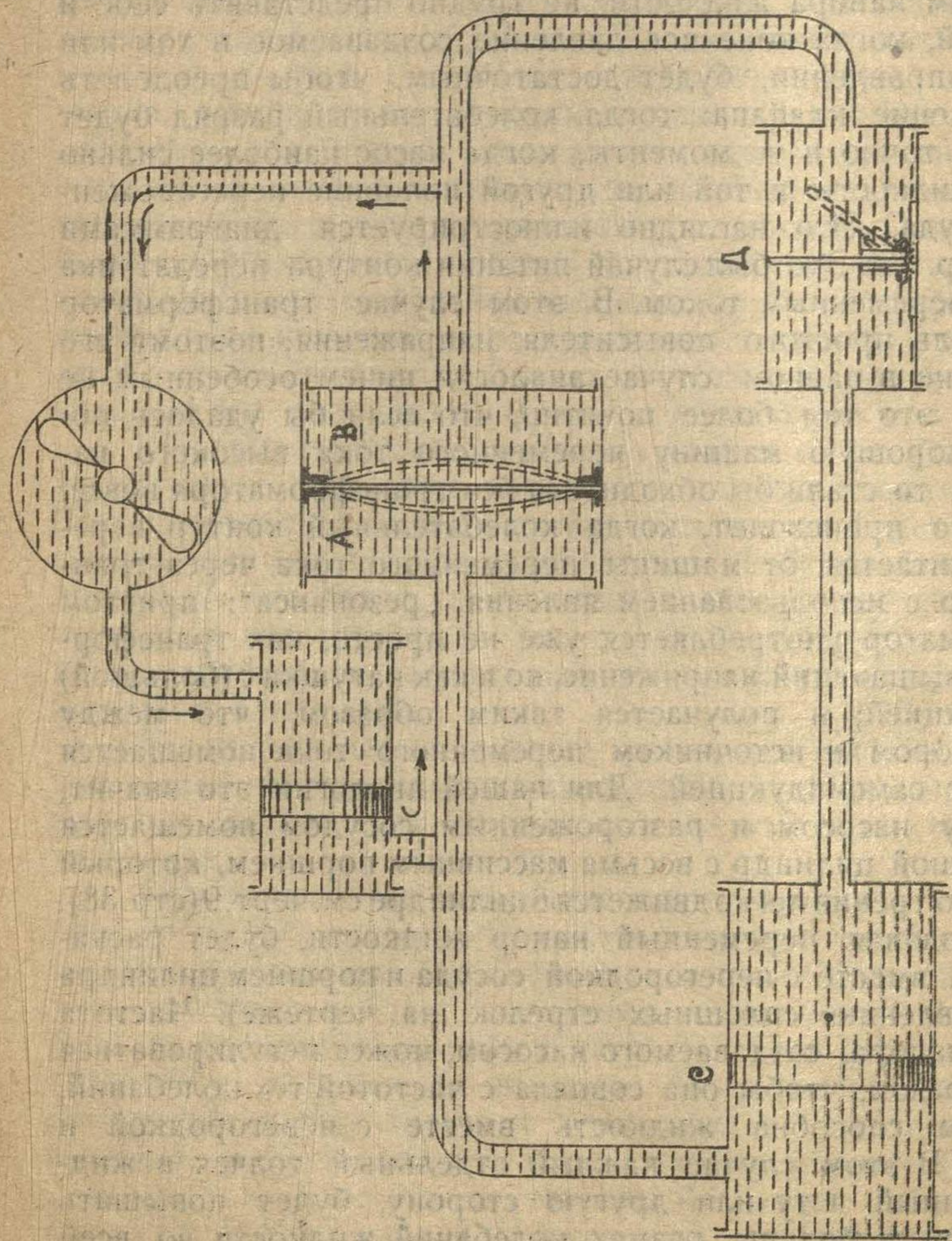
На модели легко показать разницу в питании „первичной цепи“ передатчика радиостанции постоянным током, простым переменным током или переменным током при резонансе.

При неизменном вращении насоса в одну и ту же сторону, т. е. при постоянной подаче жидкости в одном направлении, давление жидкости от действия насоса будет оставаться односторонним и более или менее неизменным. Это может быть иллюстрировано черт. 6 (стр. 34). При достижении необходимого напряжения в сосуде будет происходить колебательный разряд жидкости через клапан; при этом давление в жидкости будет спадать колебательным образом благодаря „разряду“ и нарастать постепенно благодаря работе насоса см. черт. 7. Этот случай с некоторым приближением характеризует питание и работу замкнутого контура передатчика при постоянном токе (ст. Москва, б. Детское-Село и др.).

Машина переменного тока может быть отождествлена с насосом, создающим переменный напор то в одну сторону, то в обратную. Если мы себе представим, что такой насос приключен к нашей цепи с перегородженным сосудом, то легко понять, что с переменной подачей жидкости то в одну, то в другую сторону, диафрагма будет выгибаться, следуя изменениям напора жидкости; не трудно представить себе и тот случай, когда конечное давление, создаваемое в том или другом направлении, будет достаточным, чтобы преодолеть сопротивление клапана: тогда колебательный разряд будет наступать точно в те моменты, когда насос наиболее сильно сгустит жидкость в той или другой половине перегородженного сосуда. Это наглядно иллюстрируется диаграммами черт. 8 (стр. 35). Это был случай питания контура передатчика простым переменным током. В этом случае трансформатор играет роль простого повысителя напряжения; поэтому его присутствие в данном случае аналогии ничем особенным не отмечено; это тем более понятно, что если бы удалось построить хорошую машину переменного тока высокого напряжения, то стали бы обходиться без трансформатора вовсе.

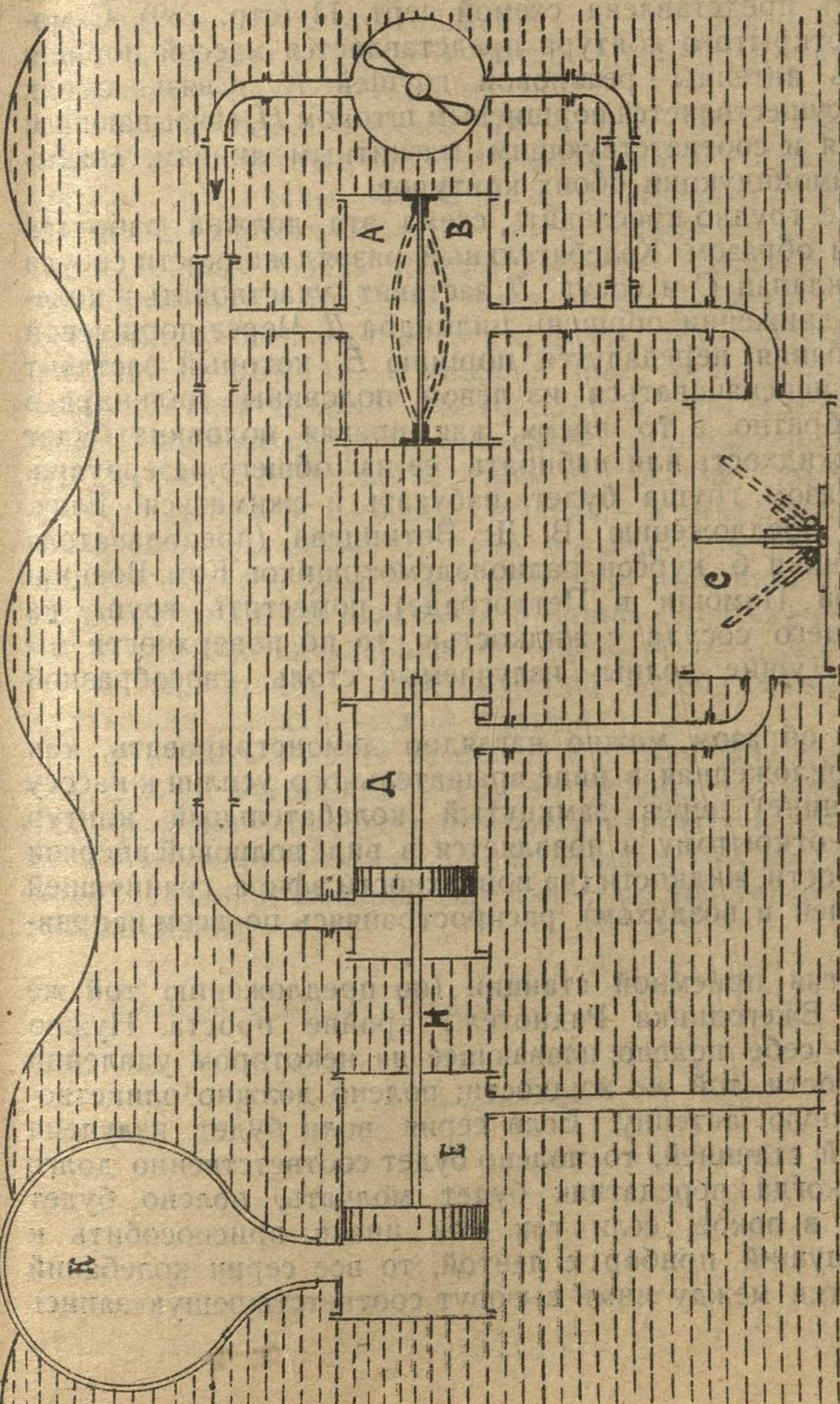
Не то происходит, когда колебательный контур передатчика питается от машины переменного тока через трансформатор с использованием явления „резонанса“: при этом трансформатор употребляется уже не просто, как трансформатор, повышающий напряжение, но и как катушка с (большой) самоиндукцией; и получается таким образом, что между конденсатором и источником переменного тока помещается катушка с самоиндукцией. Для нашей аналогии это значит, что между насосом и разгороженным сосудом помещается еще большой цилиндр с весьма массивным поршнем, который безособого трения легко движется в цилиндре см. черт. 9 (стр. 38). Насос, создавая переменный напор жидкости, будет раскачивать ее, вместе с перегородкой сосуда и поршнем цилиндра (по направлению сплошных стрелок на чертеже). Частота перемен напора, создаваемого насосом, может регулироваться таким образом, чтобы она совпала с частотой тех колебаний, к которым способна жидкость вместе с перегородкой и поршнем. В этом случае каждый отдельный толчек в жидкости, данный в ту или другую сторону, будет повышать все больше и больше размах колебаний жидкости во всей системе и таким образом путем отдельных толчков давление в перегородженном сосуде может быть повышено до необхо-

К станке В. Э. Делакроа.



Черт. 9.

К станку Б. З. Делакроа.



Черт. 11.

димого предела, когда будет наступать „разряд“ через клапан. Графически это может быть представлено чертежом 10 (стр. 35).

Работа открытого контура, связанного с замкнутым, может быть представлена схемой черт. 11 (стр. 39). Самоиндукция открытого контура представляется массой поршня *Е*. Емкость антенны—резиновой грушей *К*. Связь обоих контуров осуществляется поршневым штоком *Н*, связывающим оба поршня и соответствующим магнитным линиям, связывающим самоиндукции обоих контуров.

Как не трудно проследить, схема эта должна работать следующим образом. Колебательный разряд жидкости сосуда *АВ* через клапан *С* и сосуд *Д* заставит участвовать в колебательном движении поршень цилиндра *Д*. Через поршневой шток колебания передадутся поршню *Е*, который заставит жидкость перекачиваться из левой половины цилиндра в грушу и обратно в то время, как правая половина будет выпускать жидкость или набирать ее из общего резервуара. Таким образом груша будет набухать и сжиматься. Если, далее, по предложению В. Д. Вотинцева (преподавателя электротехники б. курсов радионадсмотрщиков Ком. Военно-Технической Помощи в Петрограде) поместить грушу на уровне общего сосуда с жидкостью, то по поверхности мы получим бегущие волны, излучаемые столь своеобразной антенной.

Таким образом можно наглядно демонстрировать, как энергия, приложенная в виде вращательного усилия к насосу (динамомашине) через замкнутый колебательный контур передается открытому и появляется в виде волновой энергии на поверхности жидкости (на поверхности эфира, граничащей между землей и воздухом), распространяясь по всем направлениям.

Аналогия приемной станции (по предложению той же статьи из Ежегодника Радиотел.) крайне проста. Нужно вообразить себе полено, плавающее на некотором удалении на поверхности той же жидкости; полено должно олицетворять приемную антенну. Если серия волн будет излучена передающей станцией, то полено будет соответственно долго качаться; когда передатчик будет молчать, полено будет оставаться в покое, если так или иначе приспособить к полону пишущий прибор с лентой, то все серии колебаний и промежутки между ними вызовут соответствующую запись на ленте.

В заключение нам кажется, в тех же целях упрощения и уяснения, в коих приведено описание искусственной модели колебательного контура, простого и связанного, следует предложить заменить название „колебательного контура“, столь распространенное и часто применяемое в Радиоделе, термином „электрический маятник“.

Как сказано, предложение исходит из соображений наибольшей простоты, ясности и наглядности. Не только явления должны быть ясны, но и сами определяющие термины должны возможно коротко и метко их очерчивать в представлении собеседников, давать полную картину. С этой точки зрения, насколько ясно представляется слово „маятник“, настолько туманно выражение „контур“; и, далее, „электрический“ вполне очерчивает область, о которой идет речь, в то время как слово „колебательный“ не говорит в этом направлении ничего. Если возразят, что последнее сопоставление ошибочно, что не следует разделять слов выражения „колебательный контур“ (другими словами, сохранить в виде прилагательного слова „электрический“ и здесь и выражение „колебательный контур“ брать в целом, как синоним „маятника“), то и здесь сохраняется та же неясность с одной стороны, и само выражение становится несравненно сложнее—с другой.

Итак, вместо „электрический колебательный контур“ выражение „электрический маятник“.

Эта замена имеет за собой еще один довод, именно тот, что во всех учебниках и курсах радиодела, введением для ознакомления с процессами колебательного контура пользуются изучением явлений, происходящих при колебании простого маятника; явления, как известно, действительно вполне тождественны.

Лосиноостровская, 15. I. 1920.

Дуговой генератор.

В связи с разработкой вопроса о сибирской магистрали за последний год много уделялось вопросу о незатухающих колебаниях. В то время, как в Москве уже оборудован первый в России передатчик незатухающих колебаний, многие из тов. радиотелеграфистов, получив знакомство с радио в специальных школах, военных учебных командах и на практике, не смогли достаточно ознакомиться с механизмом передачи незатухающих колебаний. Вниманию тех из них, кто захотел бы пополнить свои знания в этой области, но по условиям момента затрудняется нахождением соответствующих руководств, мы и предлагаем в этой статье некоторые начальные сведения о работе дугового генератора.

Начнем с указания на то, что станций этого типа за время до 1914 г. существовало уже довольно много. Другой способ возбуждения незатухающих колебаний — помощью так называемых машин высокой частоты (о работе которых в одном из следующих номеров мы также надеемся сказать несколько слов) имеет распространение гораздо меньшее.

Всем известная вольтова дуга впервые наблюдавшаяся русским ученым Вас. Петровым (в 1803 г.) и почти одновременно с ним английским химиком Дэви, представляет собою электрический ток через воздух (или другой газ), когда он накален и, вследствие этого, является хорошим проводником электричества.

Ток через накаленный газ проходит между двумя угольными электродами, которые поддерживаются, помощью источника постоянного тока, при определенной разности потенциалов (не меньше 50 вольт). По современным воззрениям этот ток представляет из себя поток элементарных отрицательных зарядов, так называемых электронов, которые вылетают с отрицательного угля (катода) и попадают на притягивающий их положительно заряженный уголь (анод). Вылет отрицательно заряженных электронов с катода об-

ясняется горячим состоянием катода, причем молекулы из которых он состоит, приходят в очень быстрое беспорядочное движение, дающее возможность тем электронам, которые находятся в наружных слоях угля, освобождаться и выходить в наружное пространство, подобно тому, как это происходит в усилительной лампочке.

Электроны, освободившиеся с катода, как бы бомбардируют анод, своими ударами сильно раскаляют его и вызывают на нем появление небольшого углубления, так называемого кратера.

Таким образом условия горения дуги—это, во-первых, достаточно большая температура катода (чтобы с него могли вылетать электроны) и, во-вторых, достаточная температура газового промежутка (чтобы он был проводящим). Поэтому при начальном зажигании дуги угли приходится сдвинуть до соприкосновения, а когда они достаточно раскалятся, и воздух между ними станет проводником (ионизируется), то их можно развести и тем образовать дугу.

Если дуга только что потухла, воздух не успел потерять свои проводящие свойства, и катод еще не остыл, то новое зажигание происходит гораздо легче; угли не надо сближать до прикосновения, дуга может загореться сама.

Главная особенность вольтовой дуги состоит в том, что ток, протекающий по ней, не подчиняется закону Ома. Электродвижущая сила, в обычных условиях прохождения постоянного тока, определяется известной формулой $v = \frac{i}{r}$. Для дуги же она выражается формулой

$$v = \frac{a}{i} + b,$$

где a и b —постоянные числовые коэффициенты, величина которых зависит от конструкции дуги (каковы электроды и каков газовый промежуток).

Из этой формулы видно, что с увеличением силы тока (i) уменьшается разность потенциалов на электродах дуги (v) и обратно—с уменьшением силы тока разность потенциалов увеличивается.

Этим свойством дуги оказалось возможным воспользоваться для получения незатухающих колебаний.

Для этого к зажимам дуги присоединяется конденсатор в последовательном соединении с самоиндукцией. Таким образом, получается обычный замкнутый колебательный контур, в котором место искрового промежутка занимает дуга; в нем и рождаются незатухающие колебания (черт. 1 стр. 46).

Разберем шаг за шагом, каким образом возникают там эти колебания. Положим, что дуга уже горит, и мы к ней только что присоединили конденсатор с самоиндукцией. Тогда часть тока, идущего через дугу от постоянного источника (динамо постоянного тока), возьмет на себя конденсатор; ток в дуге уменьшится и, стало быть, разность потенциалов на ее концах возрастет. Вместо $\mathcal{U}$ разность потенциалов станет больше, положим, $\mathcal{U}_1$. До той же разности потенциалов $\mathcal{U}_1$, очевидно, зарядится и конденсатор и больше в него не пойдет тока. Тогда в дуге установится прежний нормальный ток и разность потенциалов на ее концах делается прежней $\mathcal{U}$. Напряжение на обкладках конденсатора ($\mathcal{U}_1$) оказалось больше, чем напряжение на зажимах дуги ($\mathcal{U}$), и конденсатор будет разряжаться через дугу. Чтобы разрядный ток конденсатора не попал в динамо, на пути к ней ставятся дроссельные катушки L_1 и L_2 .

Разрядный ток конденсатора течет в одну сторону током, питающим дугу; стало быть, общий ток в дуге будет сильнее, а вместе с тем, как было указано выше, разность потенциалов на зажимах дуги уменьшится, будет меньше, чем $\mathcal{U}$, положим $\mathcal{U}_2$. Это еще больше способствует разрядке конденсатора.

Присутствие в колебательном контуре катушки самоиндукции заставит конденсатор не только разрядиться, но даже перезарядиться до противоположных знаков, как это всегда имеет место в замкнутом колебательном контуре. Тогда начнется новая разрядка конденсатора, только в противоположном направлении.

Теперь разрядный ток течет в направлении противоположном току, питающему дугу. От этого общий ток в дуге станет слабее и, вместе с тем, разность потенциалов на ее зажимах, согласно приведенной формуле, будет больше, чем нормальная, снова превысит свое нормальное значение $\mathcal{U}$ и дойдет опять до прежнего значения $\mathcal{U}_1$.

Если бы после первого возникшего колебания динамо

была бы выключена, то, понятно, контур приобрел бы обычные затухающие колебания. Постоянный ток, питающий дугу, при каждом возникающем колебании подает новую порцию энергии, и таким образом за каждый период ток от динамо пополняет энергию, израсходовавшуюся на нагревание проводников, в конденсаторе, в дуге и т. д.

Значит, следующие друг за другом периоды не отличаются один от другого по своим амплитудам, т. е. в контуре существуют незатухающие колебания с периодом, зависящим согласно формуле Томсона, от C и L и отчасти еще от сопротивления, представляемого дугой.

При наличии этих процессов могут быть 3 случая, называемые колебаниями первого, второго и третьего рода.

Если разрядный ток от конденсатора много меньше, чем ток питающий дугу, то дуга не потухает совсем, ток через нее испытывает только усиления и ослабления, и в контуре устанавливаются правильные колебания. Это колебания *первого рода*. Они мало мощны и в большой практике не употребляются; но они пригодны для измерений с незатухающими колебаниями.

Если разрядный ток лишь несколько превышает питающий ток, то при каждом протекании разрядного тока на встречу питающему происходит потухание дуги; значит, дуга за каждый период один раз загорается и один раз потухает. Это колебания *второго рода*.

Наконец, если разрядный ток много больше тока от динамо, то при течении разрядного тока через дугу, дуга будет не только гаситься разрядным током, но им же и зажигаться, только в обратном направлении. За каждый период колебания будет происходить по два потухания и по два зажигания—по одному на каждую перемену. Это колебания *третьего рода*.

Так как на практике применяются колебания второго рода вследствие их наибольшей мощности, то считаем нужным несколько задержаться на них. Изменения силы тока I , проходящего через дугу, и напряжения U на ее зажимах изображены графически на черт. 2 и 3 (стр. 46).

Из этих график видно, что дуга зажигается при достижении на ее концах определенного потенциала U_0 . При этом возникает ток в контуре, и ток этот продолжается некоторый промежуток времени T_1 . Тотчас по загорании дуги на-

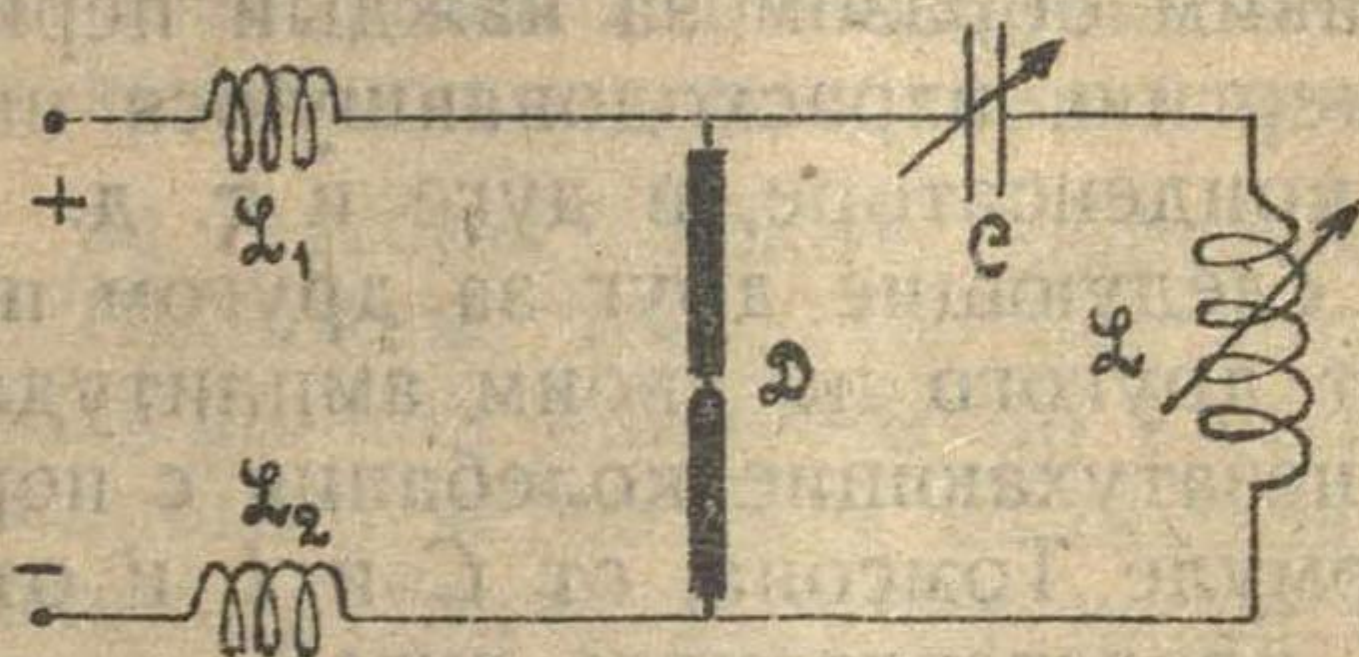


Рис. 1.

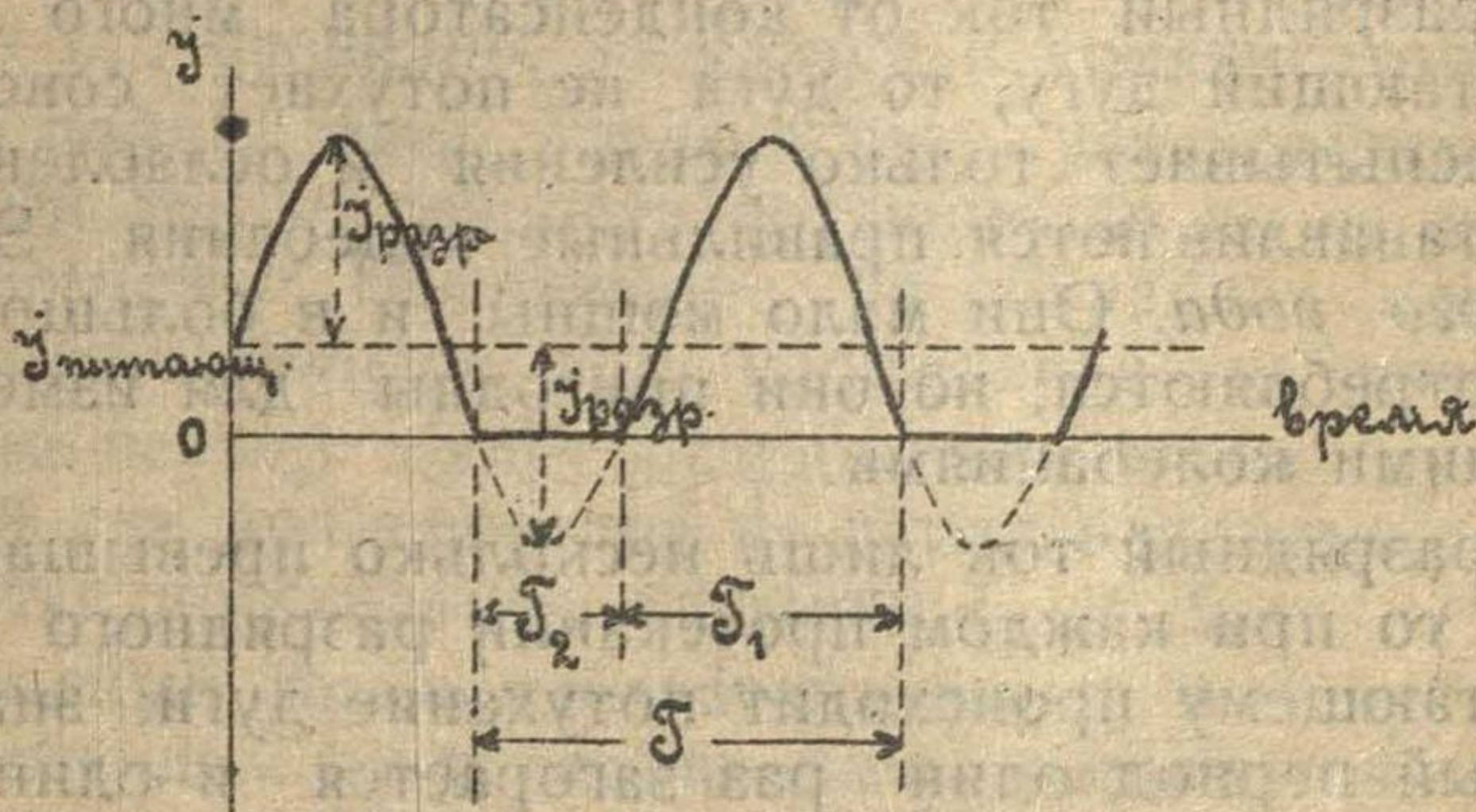


Рис. 2.

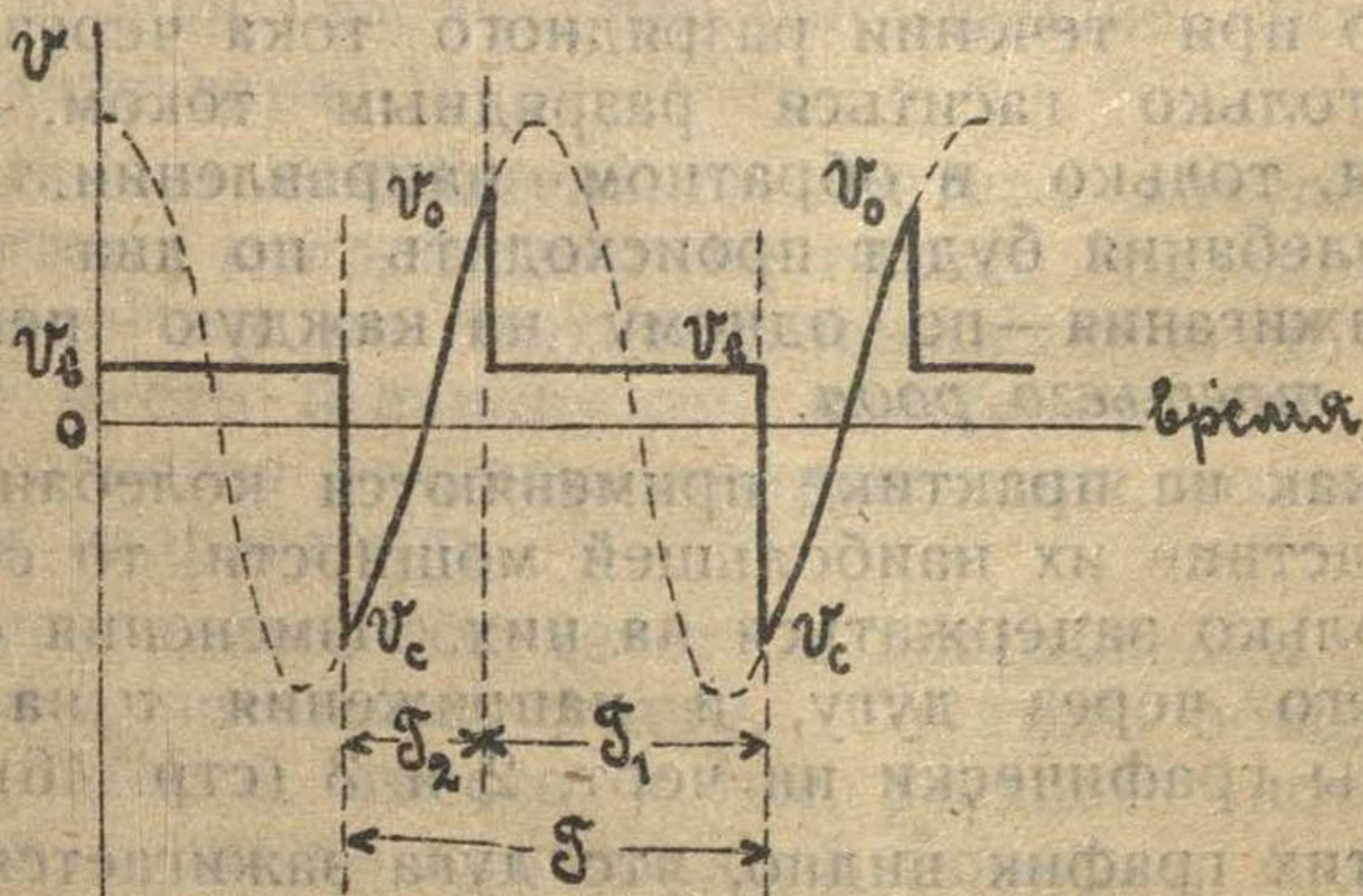


Рис. 3.

К статье П. Н. Бенкова.

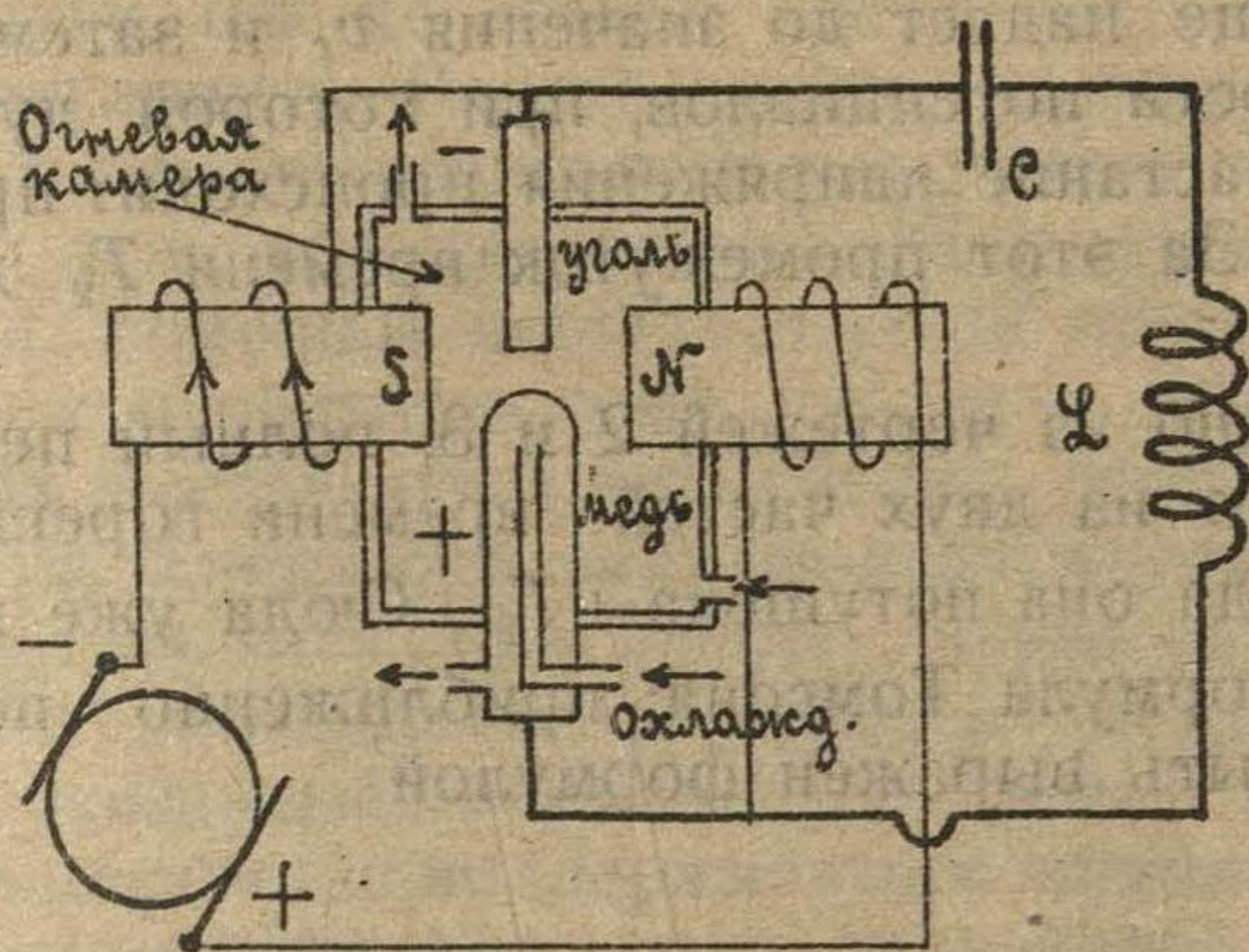


Рис. 4.

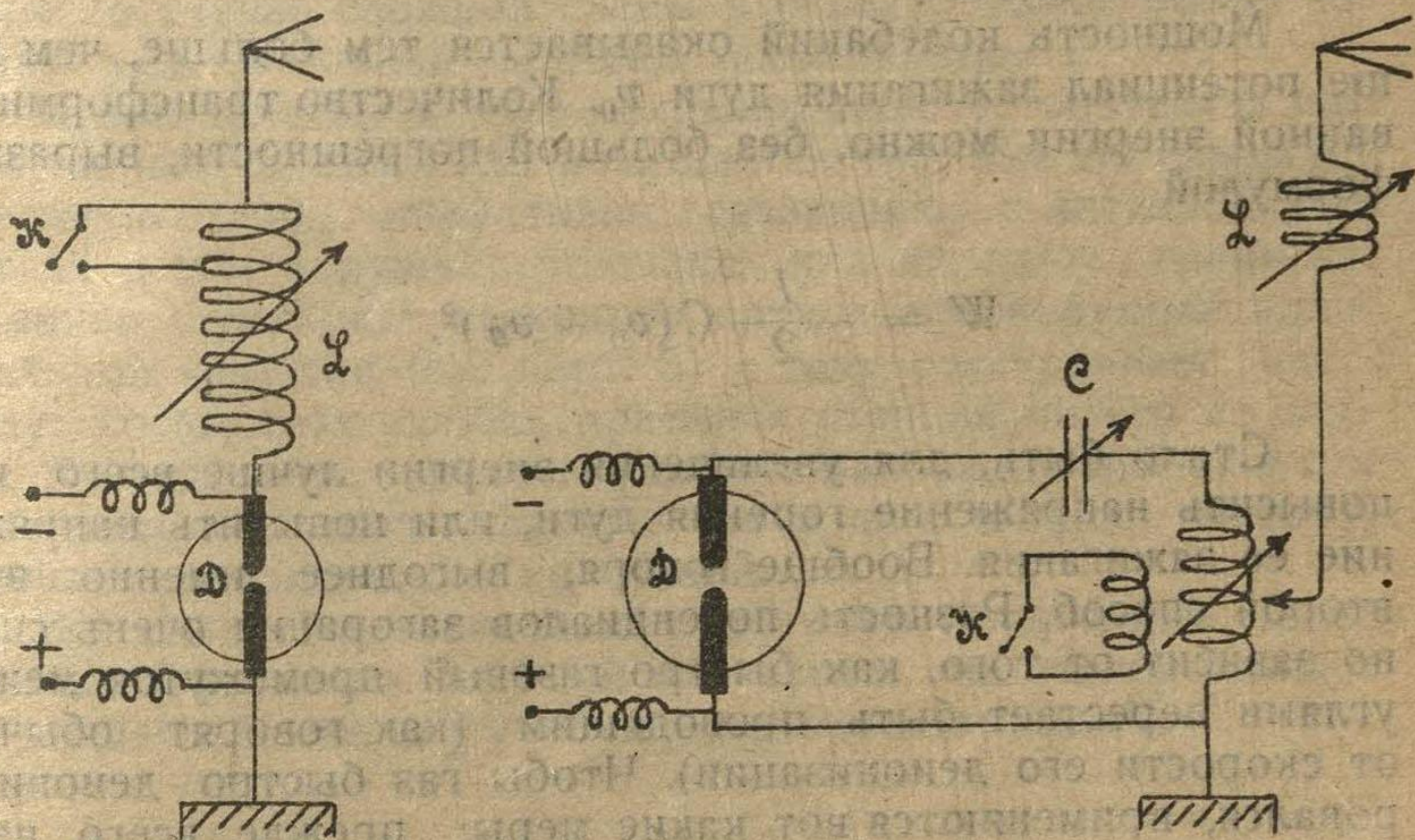


Рис. 5.

Рис. 6.

пряжение на зажимах ее падает до некоторой величины v_g и держится приблизительно постоянным все время, пока горит дуга (непрерывная линия на черт. 3). При ее погасании оно еще падает до значения v_c и затем начинает расти до разности потенциалов, при которой дуга загорается (v_0). Это нарастание напряжения происходит приблизительно равномерно. За этот промежуток времени T_2 дуга, понятно, не горит.

Как видно из чертежей 2 и 3, полный период колебания T состоит из двух частей—времени горения дуги T_1 и времени, когда она потушена— T_2 . Сюда уже не приложима полностью формула Томсона; приближенно период колебания может быть выражен формулой

$$T = \frac{2\pi \sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{d^2 l^2 C}{4 L^2 l^2}}},$$

где l —длина дуги, d —числовая постоянная, зависящая от конструкции дуги.

Мощность колебаний оказывается тем больше, чем выше потенциал зажигания дуги v_0 . Количество трансформированной энергии можно, без большой погрешности, выразить формулой

$$W = \frac{1}{2} C (v_0 - v_g)^2.$$

Стало быть, для увеличения энергии лучше всего или повысить напряжение горения дуги, или повысить напряжение ее зажигания. Вообще говоря, выгоднее именно этот второй способ. Разность потенциалов загорания очень сильно зависит от того, как быстро газовый промежуток между углями перестает быть проводящим (как говорят обычно, от скорости его деионизации). Чтобы газ быстро деионизировался, применяются вот какие меры: прежде всего, надо позаботиться о хорошем охлаждении промежутка. Ради этого делается анод из металла (для большей теплоотдачи) и охлаждаемым. Дуга горит не в воздухе, а в парах спирта

или водороде и подвергается „магнитному дутью“, которое состоит в том, что дуга располагается между полосами электромагнитов перпендикулярно к ним. Магнитное поле действует на дугу, как на всякий электрический ток, т. е. стремится ее отклонить. Вместе с этим, частицы газа „сдуваются“, и на их место становятся те частицы газа, которые не ионизованы, т. е. которые не способны проводить ток. Наконец, катод, помощью особого мотора вращается вокруг своей оси. Это способствует тому, что дуга загорается все время на новых местах угольного катода, не так сильно раскаленных. Схема генератора дана на черт. 4 (стр. 47):

Надо отметить, что при работе дугового генератора особенно важно поддержание постоянства и равномерности процесса. Все указанные меры ведут к этому. Кроме того, и дуга должна постоянно поддерживаться одинаковой длины, и нагрузка должна быть все время одинаковой.

Такое устройство генератора применено в системе Паульсена.

Генератор может быть соединен с излучающей сетью или непосредственно, по „простой схеме“ (черт. 5), или через контур, по „сложной схеме“ (черт. 6 стр. 47).

Сеть настраивается, разумеется, на определенную длину волны (в случае сложной схемы в резонанс с контуром) помощью удлинительной катушки самоиндукции L .

Чтобы процесс в дуге сохранял свою устойчивость при нажатии ключа, ключ (K) помещается так: или он замыкает отдельную цепь, индуктивно связанную с антенной (см. черт. 6) и тем нарушает резонанс, или же ключ своим замыканием шунтирует несколько витков самоиндукции удлинительной катушки (см. черт. 5) и тем расстраивает настройку. Тогда, само собою, приемная станция ничего не слышит. Эти способы передачи удобны, как уже сказано, в том отношении, что мало изменяют ток в дуге и мало, поэтому, нарушают правильность колебаний.

Вот главные сведения о дуговом генераторе. Более подробные сведения каждый из наших читателей может найти почти в каждом учебнике радиотелеграфии¹⁾.

П. Б.

¹⁾ Интересующиеся подробностями, которые выступают на практике при применении изложенных принципов, могут обратиться к статье П. А. Острякова, излагающей опыты с дуговым генератором в Нижегород. Радиолаб. „Титон“ № 6, стр. 108.

КВАНТЫ ИЗЛУЧЕНИЯ.

В. К. Лебединского.

Доклад, сделанный на 17-ой научно-техн. беседе в РЛ совместно с физическим семинарием НГУ, 17 марта 1920 г.

1. Изобретение в теории.—2. Новое теоретическое представление М. Планка.—3. Пример из электронной механики.—4. Температурное (тепловое) свечение.—5. Теория Джинса-Рейлэя.—6. Подсчет свобод в идеальном газе.—7. Подсчет свобод при тепловом излучении.—8. Формулы Д-Р. и Вина.—9. Теория Планка.—10. Необходимость нововведений Планка.—11. Допустимость их.—12. Приложимость еѳ.

1.—Теория квант изобретена берлинским профессором Максом Планком для объяснения необъяснимого иначе, по крайней мере до настоящего времени, опытного факта. Она была изобретена, как изобретаются напр. механизмы: изобретатель, применяя известные уже приемы, кроме того вкладывает в свой механизм нечто новое, не входившее до него ни в какой другой механизм. Так и Планк, строя свою теорию, не только воспользовался обычными механическими законами и теориями, на которых строились до сих пор все теоретические объяснения физических явлений, но вложил новое понятие, не существовавшее до него ни в одной теории.

Новый механизм, скажем, часовой анкер, прикладывается ко всем прежним изобретениям; он может оказаться мало практичным или, наоборот, получить многочисленные применения. Но с новым элементом теоретической мысли, не представляющим собою следствия основных законов науки, а являющимся именно изобретением, дело обстоит не так просто; это—небывалый случай в теоретической науке; все, что не охватывается ее основными положениями, опровергает их, ибо они или всеобъемлющи, или их нет. С такой предпосылки приходится начать изложение теории Планка; читатель должен быть приготовлен к необходимости выйти из сферы обычных механических представлений.

2. Планк утверждает, что энергия, когда она излучается, напр. свет, испускаемый атомом, делится на обособленные количества, атомы энергии, кванты. Как идеальный газ состоит из независимых молекул, из которых каждая со своею энергиею представляет собою обособленное количество энергии, также и излучаемый свет. И так же, как в газе при всякой данной температуре имеются молекулы с бесконечно разнообразными скоростями, а следовательно и запасами энергии, так и в луче сложного напр. белого света: кванты энергии для каждого *цвета* различны. Они тем больше, чем меньше период цвета, чем больше соотв. ему частота. Так что фиолетовый свет излучается почти двойными квантами по сравнению с красным; инфракрасные волны, а тем более волны, применяемые в радиотехнике, излучаются столь мелкими порциями, что их можно считать излучающимися непрерывно даже при очень малой мощности излучения. Зато самые короткие волны, напр. x -лучи, испускаются очень крупными порциями энергии и след., при малой мощности, порциями, следующими друг за другом чрез большие промежутки времени.

Основное положение, по которому распределяются кванты по разным периодам, гласит: частное от деления кванты излучения (ϵ) на частоту (n) или произведение ϵ на период Θ есть величина постоянная, планковская постоянная h :

$$\frac{\epsilon}{n} = \epsilon \Theta = h, \text{ или } hn = \epsilon. \quad (1)$$

Следовательно, вот что постоянно, по Планку, в природе, постоянство чего довлеет над всем разнообразием частот и периодов—это h , произведение ϵ на соотв. период. Произведение энергии на время (или работы на время)—довольно искусственное понятие, называемое в механике „действием“—оказывается состоящим из абсолютно однообразных элементов, квант действия, по крайней мере при излучении. Величина этой кванты действия, как увидим ниже в § 11, выводится из опытных данных и равняется

$$h = 6,55 \cdot 10^{-27} \text{ эрг} \times \text{сек.}$$

Распространение понятия об атомном строении с материи, с электричества (электроны) на излучение противоречит нашей механике, т. к. она представляет себе излучение всегда

происходящим непрерывно. Вот почему нововведение Планка может быть названо изобретением.

3.—Перевернув фразу: „энергия (ϵ) тем больше, чем меньше *период*“ с некоторою вольностью на обратную: „*время* действия тем короче, чем больше (проталкиваемая) энергия“, получим любопытное утверждение, для подкрепления которого, однако, мы не найдем оснований в обычной механике; мы не знаем, чтобы явления происходили тем быстрее, чем большая в них проявляется энергия (работа). Но за то в необычной механике, в малопонятном столкновении электрона в круиковой трубке с молекулами антикатада—имеется удивительное подтверждение; от этого столкновения происходят x —лучи, и время соударения определяет их длину волны; опыт показывает, что чем больше скорость и энергия электрона, тем более короткие x —волны испускает антикатод. Чем большую энергию несет с собою электрон, тем быстрее заканчивается акт его столкновения и остановки.

Степень близости этого утверждения к действительности такова: в двух случаях энергия электрона была вычислена по его скорости и массе и оказалась

$$1, 7 \text{ и } 2, 2 \cdot 10^{-8} \text{ эрга};$$

вычисленная же по длине волны соотв. x —луча (измеренной спектроскопически) и планковской постоянной h энергия кванты излучения (ϵ) по ур. (1)

$$\epsilon = h\nu = hc : \lambda,$$

где c обозначает скорость света, оказалась:

$$1, 18 \text{ и } 1, 78 \cdot 10^{-8} \text{ эрга}^1).$$

Близость достаточная для такого случая, где все величины измеряются с большими затруднениями.

Но не из этого сравнительно мелкого факта исходил Планк. Целью его многолетних трудов было дать объяснение структуры теплового свечения.

1) См. Брагг¹ и: „Рентгеновские лучи“, пер. проф. Вульфа. Мск. 1916, стр. 85.

4. Все тела, если только они не обладают цветностью, т. е. черные тела, испускают по причине своей нагретости один и тот же свет, зависящий только от температуры. При температуре около 1200°C он представляется нашему глазу чистым белым светом, при 1000° — желтым, при 525° — красным. Структура этого универсального света узнается по его спектру, по относительной яркости всех частей этого спектра. Если по оси абсцисс откладывать длины волн, а по ординатам соотв. яркости от кв см излучающей поверхности E , то получаются кривые, изображенные на черт. 1 (стр. 54).

Некоторой волне соответствует наибольшая яркость, которая по определенному закону спадает в обе стороны. Волна λ_m наибольшей яркости (в микронах) находится в простой зависимости от абсолютной температуры тела, а именно (закон смещения Вина)

$$\lambda_m \cdot T = 2920,$$

так что в солнечном спектре ($T = 6000^{\circ}$) наибольшая яркость падает на длину волны в 0,5 микрона (желтый свет); для источников света с более низкой температурой длина волны максимальной яркости находится в красной и инфракрасной части спектра (на черт. 1, $T_2 < T_1$).

Величина максимальной яркости с ед. поверхности пропорциональна 5-ой степени абс. температуры:

$$E_m = A \cdot T^5$$

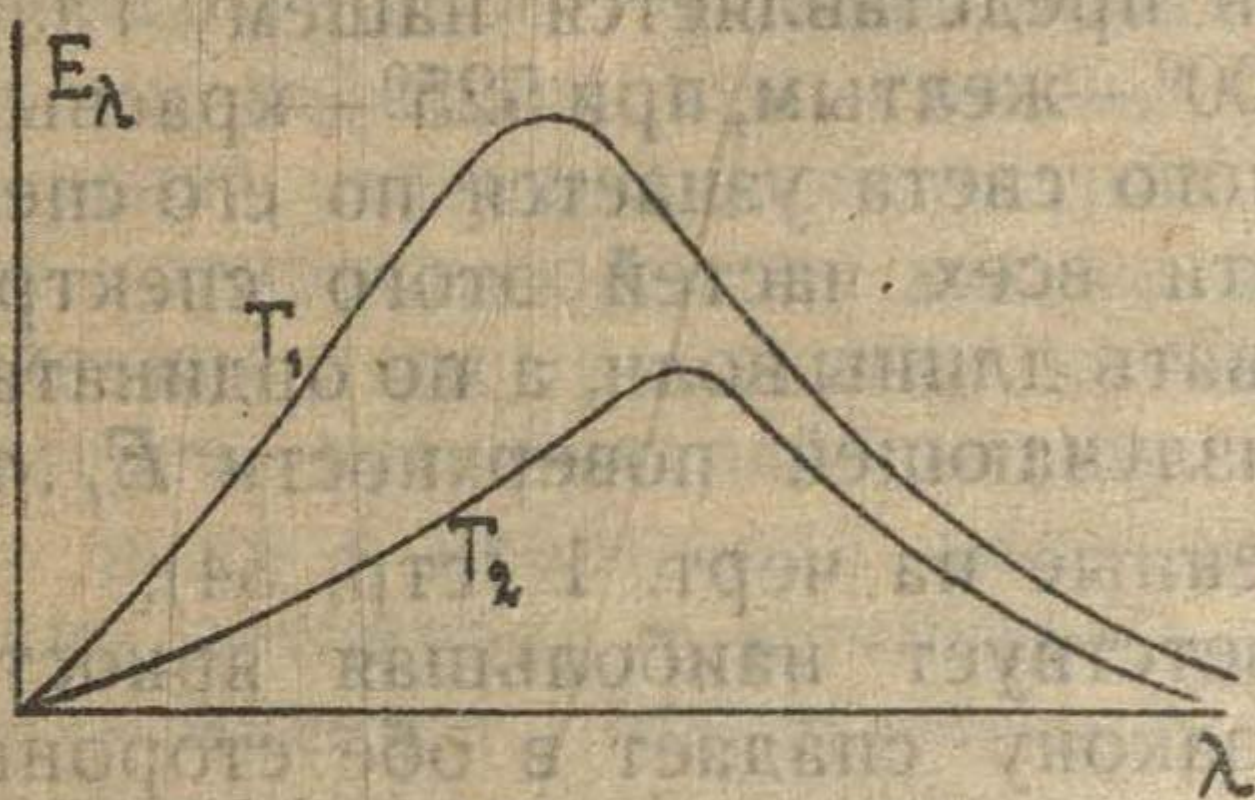
Полная мощность всего спектра с кв единицы источника выражается на черт. 1 площадью, ограниченной всею кривой излучения и осью абсцисс. С повышением температуры эта интегральная мощность растет пропорционально четвертой степени абсолютной температуры (закон Стефана):

$$\text{интегральная } E = a T^4.$$

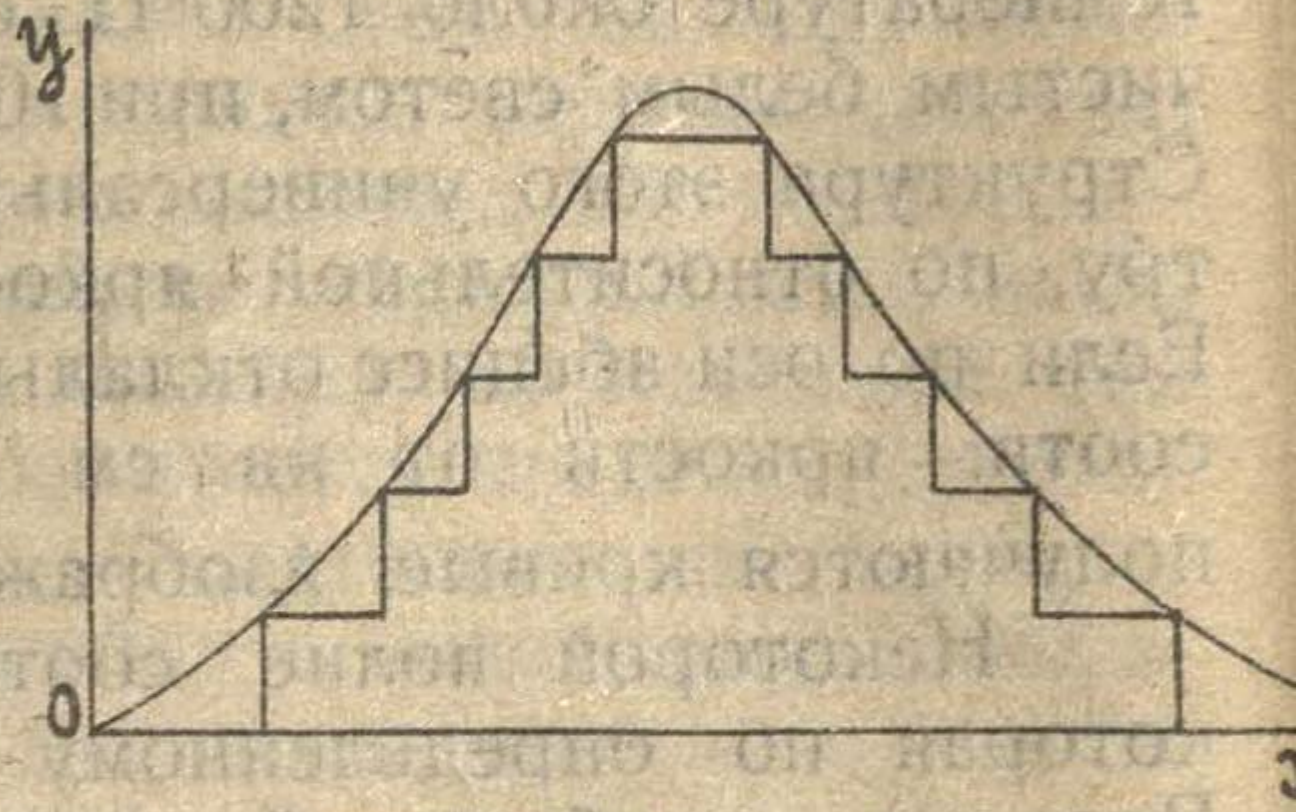
Оба эти закона, смещения и Стефана, выводятся из обычных положений физической теории, напр. из законов термодинамики.

Но закон, выражаемый самою формою кривой черт. 1, закон, по которому яркости различных цветов или различных

К статье: Кванты излучения.



Зерт.1.



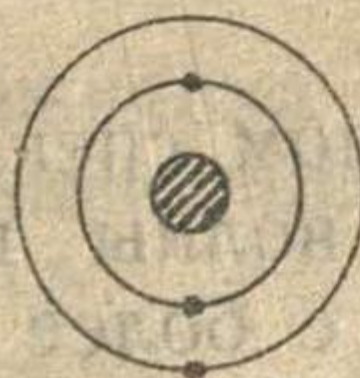
Зерт.2.



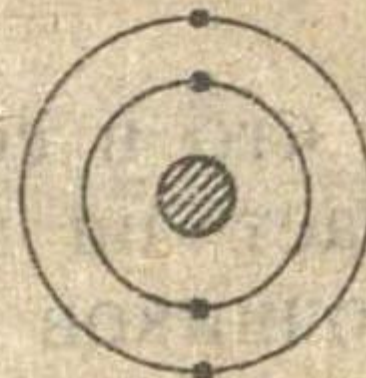
H



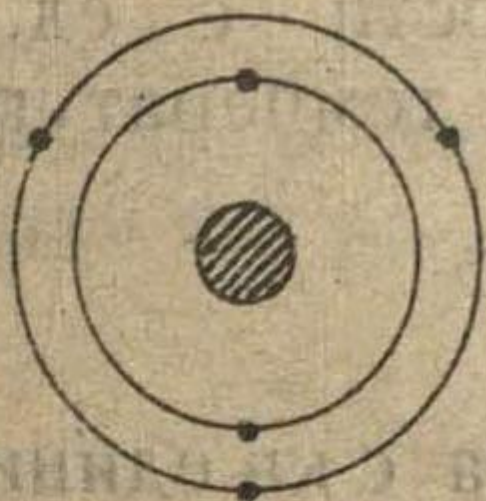
He



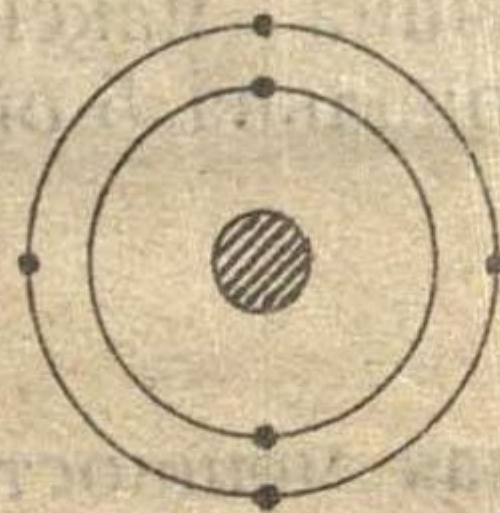
Li



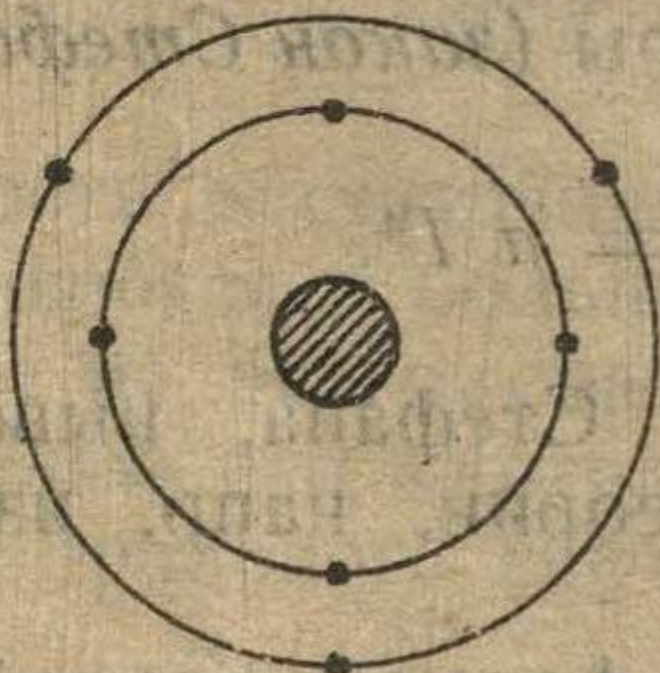
Be



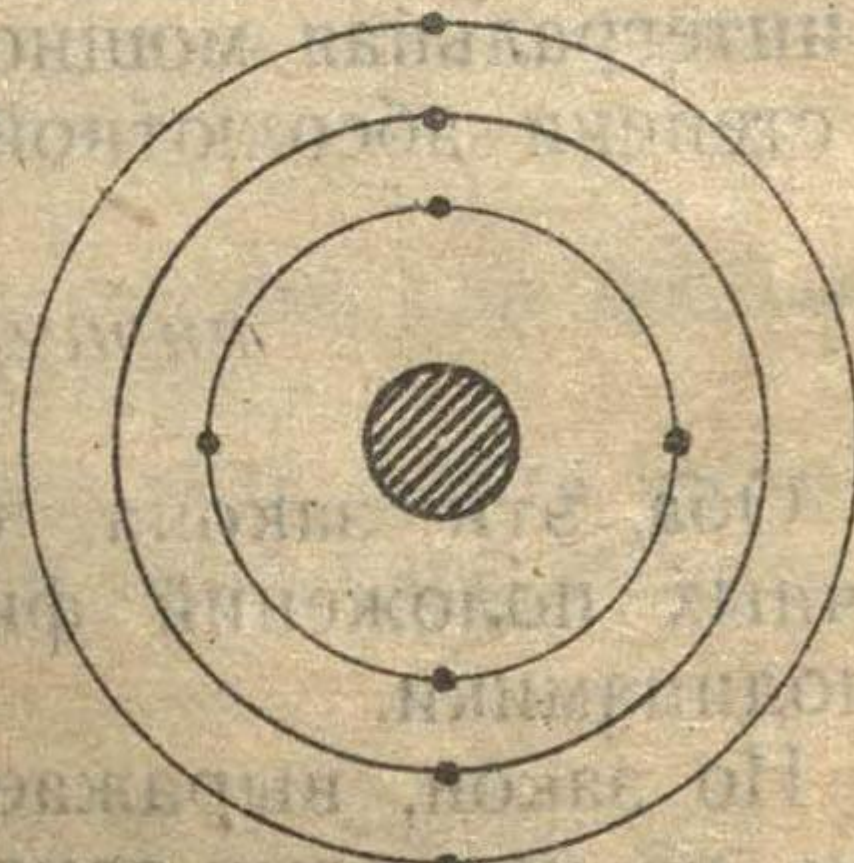
B



C



N



O

Зерт.3.

волн группируются с обеих сторон от волны наибольшей яркости, не мог быть выведен ни из какой теории. Наука давала лишь эмпирические формулы, подлаживаемые к той кривой, которую давал опыт. Эти эмпирические формулы приходилось изменять по мере того, как опыт давал все более точные сведения.

В таком исключительно важном вопросе, как температурное свечение, сравнимом по своей общности, может быть, лишь со всемирным тяготением, так как всякое черное тело *всегда* (при всякой температуре) светит по закону черт. 1, в таком вопросе наука не могла дать свойственный ей идеальный закон, для которого всякий опыт являлся бы лишь приближением; наоборот, приходилось довольствоваться лишь приближенной эмпирической формулой, приближающейся к опытной кривой, как к своему идеалу.

5.—Попытки теории были, причем пускалось в ход все наше знание о ходе явлений в физическом мире. Наибольшее значение имела теория Рейлэя и Джинса, с которою нам необходимо познакомиться, т. к. Планк именно в нее ввел свое представление о квантах энергии и элементах действия.

Теория Рейлэя-Джинса рассматривает весь комплекс лучей, составляющих температурное излучение, как некое явление равновесия. В этом равновесии пытаются найти разгадку той закономерности, которая выражается кривою черт. 1. Всякое иное распределение цветных яркостей лишило бы излучение внутренней устойчивости, какая свойственна равновесной системе; некоторые длины волн получили бы несвойственное преимущество на счет других, произошел бы перелив энергии из одних областей спектра в другие, и в конце концов установилось бы то, что дает черт. 1. Он изображает единственную устойчивую систему излучения, а потому кривая черт. 1 является универсальною для всех тел, независимо от химического состава.

Но что значит равновесие между всеми областями спектра? Самый простой ответ на это может быть такой: мощность, разлитая поровну между всеми способностями тела к колебаниям, между всеми, как выражаются в механике, колебательными „свободами“ тела.

Если тело в своем белом свете и вообще в тепловом излучении излучает всевозможные волны, то у него есть возможность, свобода колебаться со всеми соответственными бесконечно разнообразными периодами; каждая из соответ-

ственных свобод должна быть удовлетворена и притом все—поровну. Если это не имеет места неудовлетворенная свобода рано или поздно придет в действие и тем нарушит то, что уже установилось, а, значит, установившееся раньше не является равновесием, т. е. состоянием, могущим существовать сколь угодно долгое время. Всякая „зарвавшаяся“ свобода повлечет за собою увеличение деятельности остальных на свой счет; ее деятельность ослабнет, и излучение вернется к равновесному состоянию.

Из только что сказанного можно пожалуй прийти к выводу, что теория равновесия теплового свечения приписывает всем периодам одну и ту же мощность, одно и то же E_λ , т. е. приводит к прямой линии параллельной оси волн вместо кривой черт. 1. Но этого нет; число свобод не равно числу возможных колебаний в теле; каждому колебанию следует приписать несколько свобод и притом, сколько именно—это зависит от периода или частоты данного колебания.

6.—Чтобы познакомиться с этим обстоятельством, необходимо отвлечься в теорию идеального газа.

Здесь также мы имеем дело с равновесным состоянием; оно выражается в том, что упругость газа во всех местах его объема одна и та же; равновесие поддерживается соударениями частиц; при этих соударениях случайно зарвавшиеся частицы отдают свой излишек энергии, и застывшие оживляются.

Это равновесие достигается также равным распределением энергии по всем свободам. Молекулы газа могут двигаться прямолинейно и вращаться вокруг некоторых осей. Не очень трудно подсчитывать число свобод для каждого из этих движений.

Если молекула есть точка (одноатомный газ, как пары ртути), то вращение ее вокруг какой бы то ни было оси, проходящей чрез ее центр, представляет собою бесконечно малую энергию и в счет не пойдет, остается поступательное движение в пространстве, т. е. по трем основным направлениям. Значит, молекула одноатомного газа обладает тремя свободами.

Если молекула есть палочка т. е. две точки на концах прямолинейного отрезка (двуатомный газ, как водород), то кроме этих трех свобод она имеет еще две для вращения вокруг двух основных направлений, перпендикулярных к ее

длине; вращение вокруг оси, совпадающей с ее длиною, в счет не идет, т. к. эта „палочка“ очень тонка (беск. малый момент инерции). Итак, всего пять свобод.

Если молекула более сложна, молекула твердого тела, то все три свободы вращения имеют место, и всего получаем шесть свобод.

С повышением температуры все эти свободы насыщаются энергиею и притом, по закону равного распределения, поровну. Отсюда происходят теоретические предсказания относительно теплостей газов разной атомности, во множестве случаев прекрасно подтверждающиеся на опыте.

Упругость газа зависит лишь от поступательного движения молекулы, и выражение закона Бойля-Мариотта дает возможность определить порцию энергии, приходящуюся на каждую из свобод этого движения, а следовательно и вообще на каждую из свобод. Эта порция, тоже своего рода квант, равна

$$W = k_0 T,$$

где k_0 — та универсальная постоянная, посредством которой определяется энергия каждой молекулы на одну ее свободу по данной абсолютной температуре; на каждый градус на одну свободу приходится молекулярная энергия

$$\frac{W}{T} = k_0;$$

энергия же, приходящаяся на градус, для всего тела с N молекулами (теплостимость тела) равняется Nk . Если брать тела всегда в количестве одной грамм — молекулы, то N одно и тоже для всех веществ, и Nk является также мировой постоянной: эта величина составляет довольно точно одну малую калорию на градус Ц¹).

Из это следует, что теплостимость грамм — молекулы одноатомного газа равна 3 м. кал.; двуатомного 5 м. кал. (а значит, для водорода, грамм-молекула которого весит два грамма, теплостимк. при пост. объеме = 2,5); для твердого тела в количестве одной гр.-молек. 6 мал. кал.

¹) $N = 6,4 \cdot 10^{23}$, $k_0 = 0,673 \cdot 10^{-26}$ эрг., $415 \cdot 10^5$ эрг = 1 м. кал.

7.—Мы познакомились с распределением свобод; мы видели напр., что число свобод для вращательного движения молекулы различно; нужно считаться с геометрическими и механическими возможностями. Совершенно также и в вопросе о числе свобод для колебаний различных периодов в теле.

Для длинных периодов, выполнять которые тело может только взятое в целом, для которых нужны размеры всего тела, существует меньше возможностей, способов происхождения, т. е. свобод; чем короче период, чем на меньшие части должно разбиться тело, чтобы выполнять такой период, тем больше различных возможностей для его осуществления, больше свобод. Геометрическое рассмотрение вопроса показывает, что число свобод очень быстро растет с увеличением частоты, будучи пропорционально ее четвертой степени. Оно равно

$$\frac{8\pi}{\lambda^4}.$$

Для образования бесконечно коротких волн, бесконечно больших частот — бесконечное число возможностей. Но такое беспредельное укорачивание вибраторов и волн возможно лишь в сплошном непрерывном теле, каким представляют себе всемирный эфир. Во всяком обычном веществе в этом смысле налагается предел: наикратчайшие волны образуются атомами, по отдельности взятыми.

Теперь мы понимаем, что теория равного распределения энергии не даст прямой линии для распределения мощности в спектре, но линию, быстро повышающуюся с приближением λ к 0; это и будет говорить о том, что с увеличением частоты увеличивается число свобод.

Эта непрерывно повышающаяся кривая однако ничуть не будет похожа на кривую черт. 1; она не будет иметь максимума. Будучи, правда, довольно близкою к опыту в своей нижней части (большие λ), она резко противоречит ему в верхней.

8.—Теория Джинса-Рейлэя придавала каждой колебательной свободе энергию

$$kT = 2k_0T,$$

(„два“, т. к. колебательное движение суммируется из двух видов энергии кинетической и потенциальной), т. е. тот же квант, на каждую свободу, что и в идеальном газе, независящий от периода колебаний и зависящий от температуры. Если число свобод для какого нибудь периода назвать $P_\lambda = \frac{8\pi}{\lambda^4}$, то по теории Д.-Р. ординаты кривой черт. 1 выражаются чрез

$$E_\lambda = P_\lambda \cdot k T. \quad (2)$$

Это выражение, совершенно не согласное с опытом, как мы упоминали, в коротких волнах, несет еще противоречие и само в себе; на этой стороне вопроса мы останавливаться не будем.

Винном была дана другая формула:

$$E_\lambda = P_\lambda \cdot \frac{a}{\lambda} \cdot e^{-b/\lambda T}, \quad (3)$$

которая близка к опыту, как раз только в коротких волнах.

9.—Теория Планка основывается также на представлении о равновесии в тепловом излучении. Но понятию равновесия дается другой смысл. В предыдущей теории оно было более статическим, как равновесие сил при равенстве их моментов; у Планка оно более динамическое, подвижное, статистическое. Вообразим, что кванты ϵ разбросаны по всем P_ν ¹⁾; на каждое P_ν — число свобод для частоты ν — пришлось разное число квант; положим его K_ν ; оно отнюдь не равно P_ν .

При этом случайном разбрасывании могут произойти разные сочетания; пусть, к примеру, $P_\nu = 3$, а квант, пришедших на эту частоту, 4; тогда может произойти, что все 4 ϵ попадут на первую свободу, а остальные две свободы останутся без энергии (знак: 400); но могут произойти и такие сочетания: 040, 004, 310, 301, 031, 103, 130, 013, 211 и т. д.

¹⁾ Подсчитываемым также, как в предыдущей теории.

Планк желает, чтобы данная интегральная энергия излучения разбилась на такие кванты ε , и чтобы столько этих квант пришлось на каждую P_ν , чтобы подсчет всех возможных сочетаний по всему спектру дал максимальное число. Планком руководит идея (Больцмана): такое распределение энергии, при котором возможно максимальное число вариаций (сочетаний), есть наивероятнейшее; будучи искажено по какой либо случайной причине, оно, как наивероятнейшее, возобновится; оно является следовательно устойчивым, равновесным; оно основывается на законах математики и следовательно повторится во всех телах, будет универсальным.

Все это как раз и характеризует тепловое излучение, если считать, что мы наблюдаем всегда наивероятнейшую его форму, что опыт дает статистическое знание.

Произведя соответственные математические выкладки (искание максимума), Планк получил:

$$E_\nu = P_\nu \cdot kT \cdot \frac{\varepsilon/kT}{e^{\varepsilon/kT} - 1} \quad (4)$$

Для того, чтобы последний множитель удовлетворял закону смещения, т. е. чтобы он получал одно и тоже наибольшее значение для одинаковых величин $\nu:T$ (по закону смещения для максимума E_λ должно быть $\nu:T = c:\lambda T = c:2920$, т. е. постоянно) необходимо было сделать

$$\varepsilon = h \nu,$$

что, как мы указывали в § 2, и представляет собою изобретение М. Планка.

Близость формулы (4) к опыту видна уже из того, что для малых ν (красная часть спектра) она обращается в формулу (2), а для больших ν (фиолетовый край) — в форм. (3).

Можно, конечно, сказать и так: формулы (4) и (2) совпадают для высоких температур, а (4) и (3) — для низких. Для очень высоких температур и по формуле Планка световая мощность сбивается почти вся к самым коротким волнам, как и по формуле Д.-Р.

10. — Рассуждение Планка было бы невозможным, если бы он оставил энергию излучения непрерывною, т. е. делящеюся на бесконечно малые элементы; подсчет возможных сочетаний всегда дал бы бесконечно большое число и нельзя было бы искать условий его максимума. Действительно, чем на меньшие части раздробима данная величина, тем больше возможно сочетаний: 1000 рб., как неделимую монету, можно распределить между троими только тремя способами; ту же 1000 рб., состоящую из двух пятисотенных, между теми же тремя лицами можно распределить уже 6-ью способами и т. д.

Также очевидно, что создателю новой теории теплового излучения необходимо было предположить кванты энергии излучения большими в коротких волнах и малыми в длинных. Необходимо было парализовать быстрое возрастание величин P_ν с уменьшением λ при соблюдении статистического равновесия. Это получилось таким образом: пусть кривая черт. 2 (стр. 54) изображает статистическое равновесное распределение какого либо продукта. По абсциссам отложено количество продукта, который мы предполагаем сперва делимым до бесконечной малости; тогда это количество растет непрерывно увеличивающимися порциями; по ординатам отложены произведения каждого такого количества (порции) на число лиц, получивших его; порции соответствует максимальная ордината, обозначающая, что по такой порции роздано самое большое количество продукта; получение по меньшей, как и по большей порциям ложится все на меньшие количества. Кривая, обозначая некоторое статистическое равновесие, своею площадью определяет количество распределенного продукта.

Но все это относится к бесконечно раздробляемому веществу; если же продукт не может быть раздробляем на меньшие порции, чем абсцисса первой ступеньки (кванта) ломанной линии черт. 2, то все лица, получавшие по первому распределению, меньшее количество, не получают ничего; все, кому приходилось количество между одной и двумя квантами, получают только по одной, и соотв. ординаты укоротятся, и т. д. Равновесие (по Планку, это — также статистическое равновесие) будет выражаться некоторою ступенчатой линиею; и площадь, ограниченная ею, попрежнему выражая количество распределенного продукта, показывает,

что для такого равновесия нужно меньшее количество продукта, и притом тем меньшее, чем больше сама кванта.

Поэтому Планку при его предположении квант энергии пропорциональных частотам удалось сильно убавить общее количество энергии в больших частотах и тем исправить формулу Д.-Р. в коротких волнах, оставив ее почти в неприкосновенном виде для длинных волн, где кванты энергии все меньше, и где энергия приближается к бесконечной делимости.

11.—Мы видим, что нововведение в нашу механику, сделанное Планком, существенно необходимо для его теории; оно оправдывается тем, что теория Планка дала верный ход кривой черт. 1. Но, как настаивает сам Планк, оно имеет не только смысл какого то удачного приема рассуждения, но раскрывает нечто новое о строении физического мира: формула (4)

$$E_{\lambda} = \frac{8\pi}{\lambda^4} \cdot kT \cdot \frac{x}{e^x - 1},$$

где $x = hn/kT$, позволяет по двум опытным определениям E_{λ} узнать h и k . Если величина h (дана в § 2), говорит Планк, может быть численно измерена, то она есть действительность; определение же k , давая для этой величины тоже значение, как и многочисленные измерения, даже не имеющие ничего общего с излучением, уместает теорию Планка до известной степени в общий строй науки.

12.—Но не это ввело в науку теорию Планка; примириться с квантами действия, покидать для них обычную механику заставила успешность приложения идеи о квантах и точное подхождение величины h для разных явлений.

Сам Планк сначала „квантировал“ только акт теплового излучения; это уже Эйнштейн и Штарк высказали мысль, что свет не только излучается, но и распространяется далее на всем своем пути квантами; отсюда произошло объяснение фотоэффекта и других явлений. О квантировании соударения электронов с материею (Зоммерфельд) мы уже упоминали в § 3. В этой статье мы не будем перечислять всех остальных многочисленных примеров удачного квантирования энергии в различных областях физики.

Упомянем лишь о теории Бора (1913 г.) излучения атомов. Дело идет не о тепловом излучении сплошного спектра (черт. 1), но о линейчатом излучении газов. Бор пред-

полагает, что электроны атома вращаются вокруг ядра атома, будучи расположены вокруг него в той или иной „небесной“ системе (черт. 3, стр. 54; схемы взяты из книги проф. Иоффе: „Лекции по молекулярной физике“ и доклада в РЛ А. С. Ирисова); что они не излучают, вращаясь, как то предполагала вся прежняя механика; что они излучают „перескакивая с одной орбиты на другую“ и при том каждый раз по одной кванте энергии. Из этих предпосылок возникло объяснение строения линейчатого спектра, выражаемого раньше лишь эмпирическими формулами, и в тоже время—возможность по линейчатому спектру раскрыть внутреннее строение атома. Этим то последним вопросом и занят в настоящее время Оптический Институт в Петрограде под руководством проф. Д. С. Рождественского.

Теория Планка в своей оригинальной части не представляет собою, как мы уже говорили, вывода из основных положений науки. Поэтому ее не встретили с тем чувством удивления пред проникновенным умом гения, умеющего прочесть в основных законах природы то, что не догадывались прочесть другие, как встретили теорию света Френеля или электромагнитных волн Максвелла. При ее появлении не возникли также и споры о приоритете, как при обнародовании законов Ньютона, теории всемирного тяготения, или—в наше время—теории относительности; все эти аксиомы бродили уже раньше в других умах в той или другой форме.

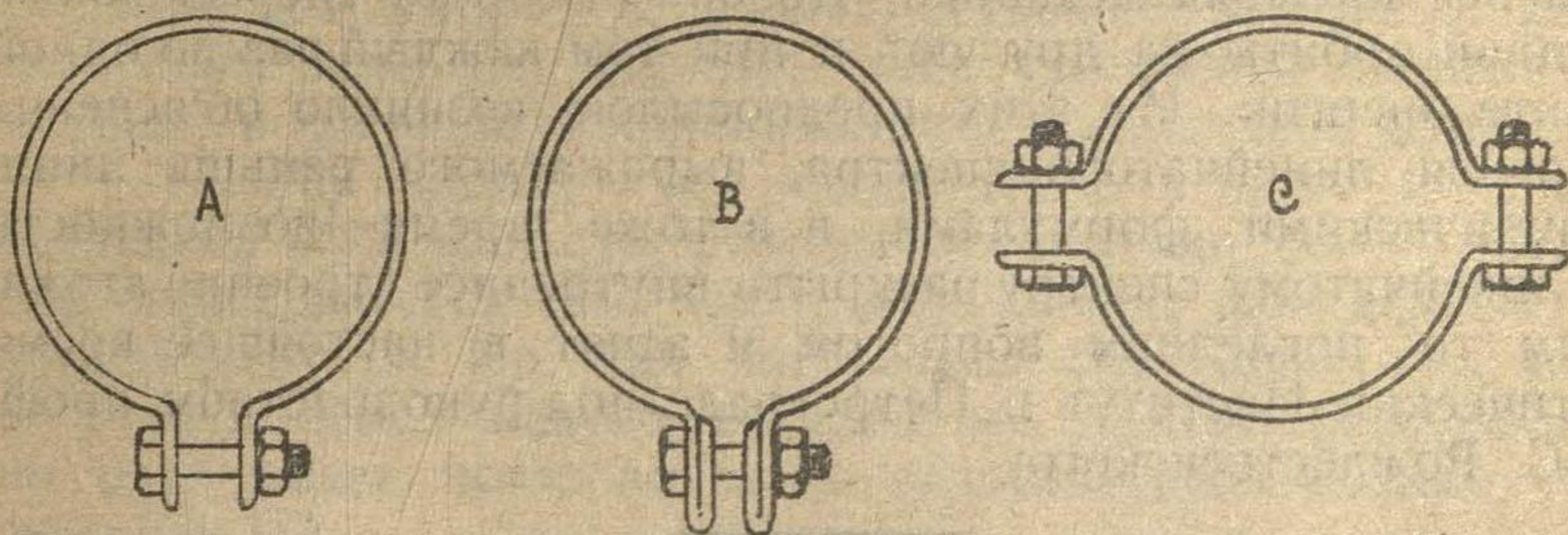
Планк одиноко изобрел свою новую аксиому; к ней отнеслись по большей части недоверчиво; многие пробовали растворить ее в обычных положениях науки, чтобы она потеряла свой резкий вид; и только несколько смельчаков, сначала главным образом из немецких ученых, попробовали применить ее, придав ей еще более резкую форму, к различным старинным загадкам науки. Тут аксиома Планка и показала свою силу.

К вопросу об устройстве деревянных мачт.

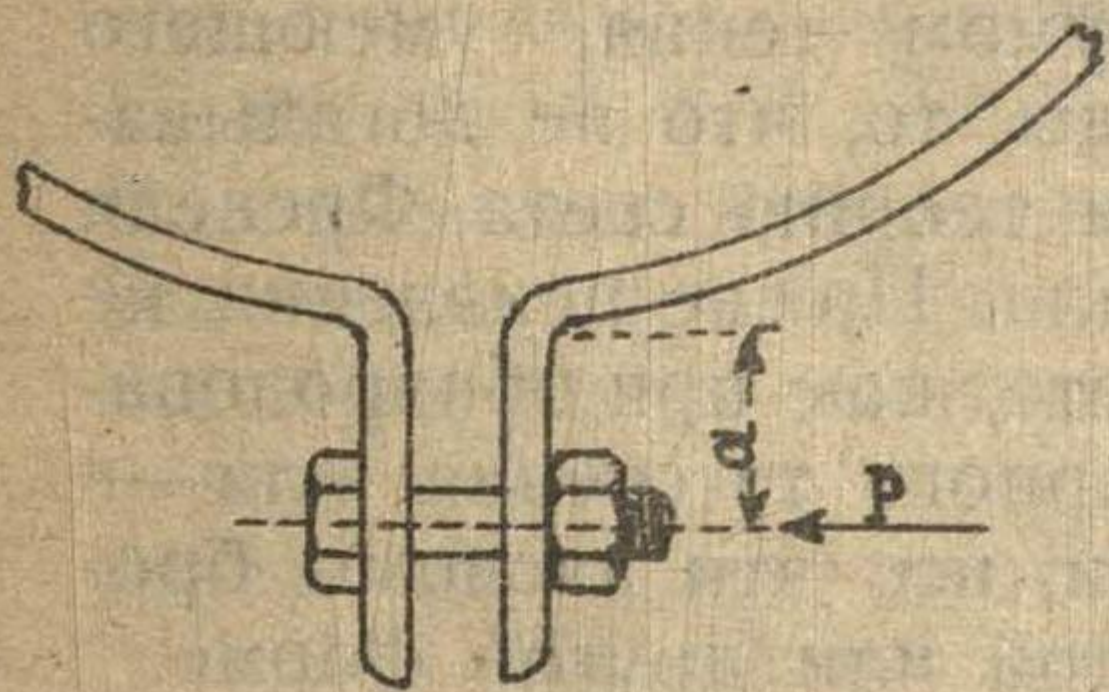
Инженера Н. Чижикова.

Одною из существенных деталей при постройке деревянных мачт является скрепление отдельных частей ее. Для

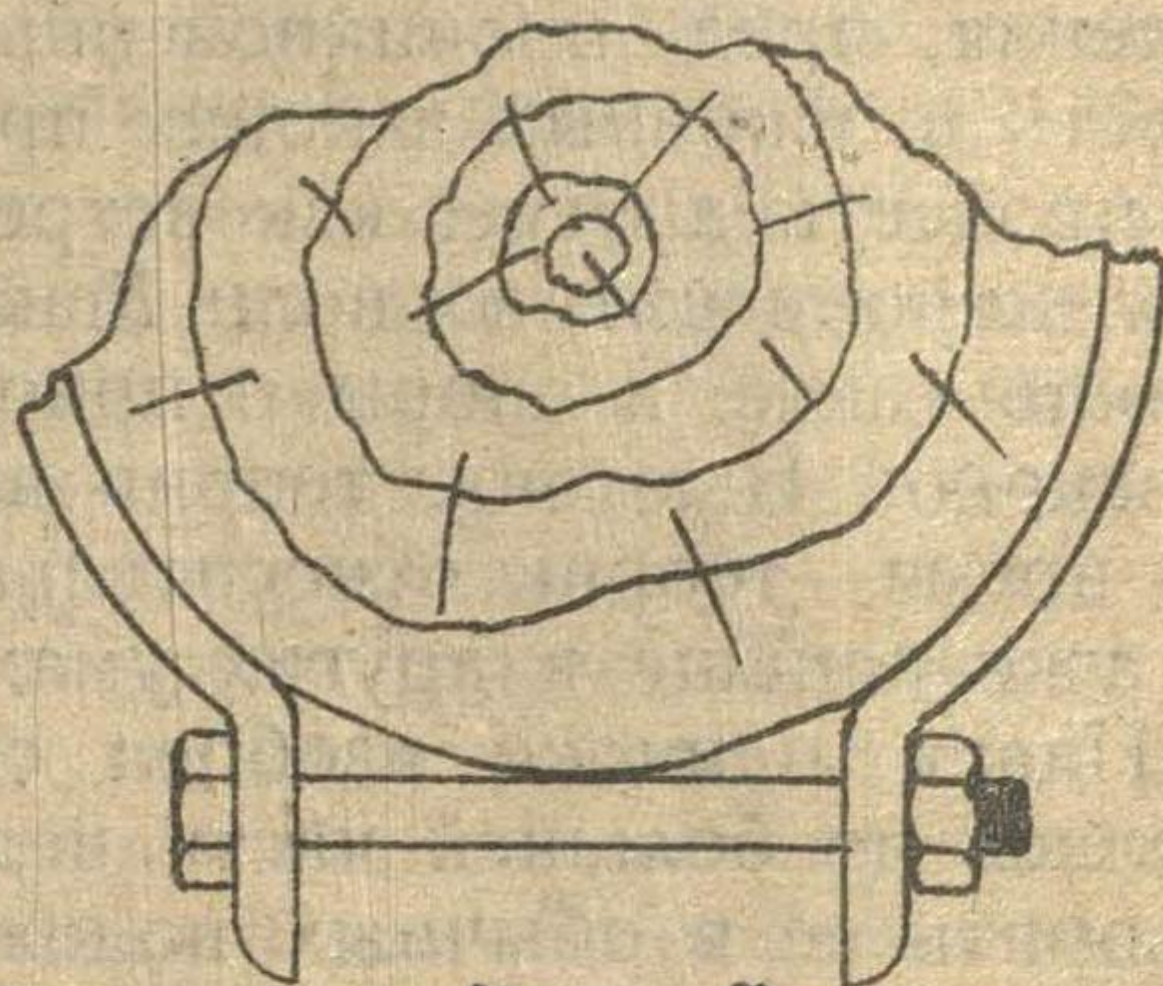
К станке Н. М. Зускурова.



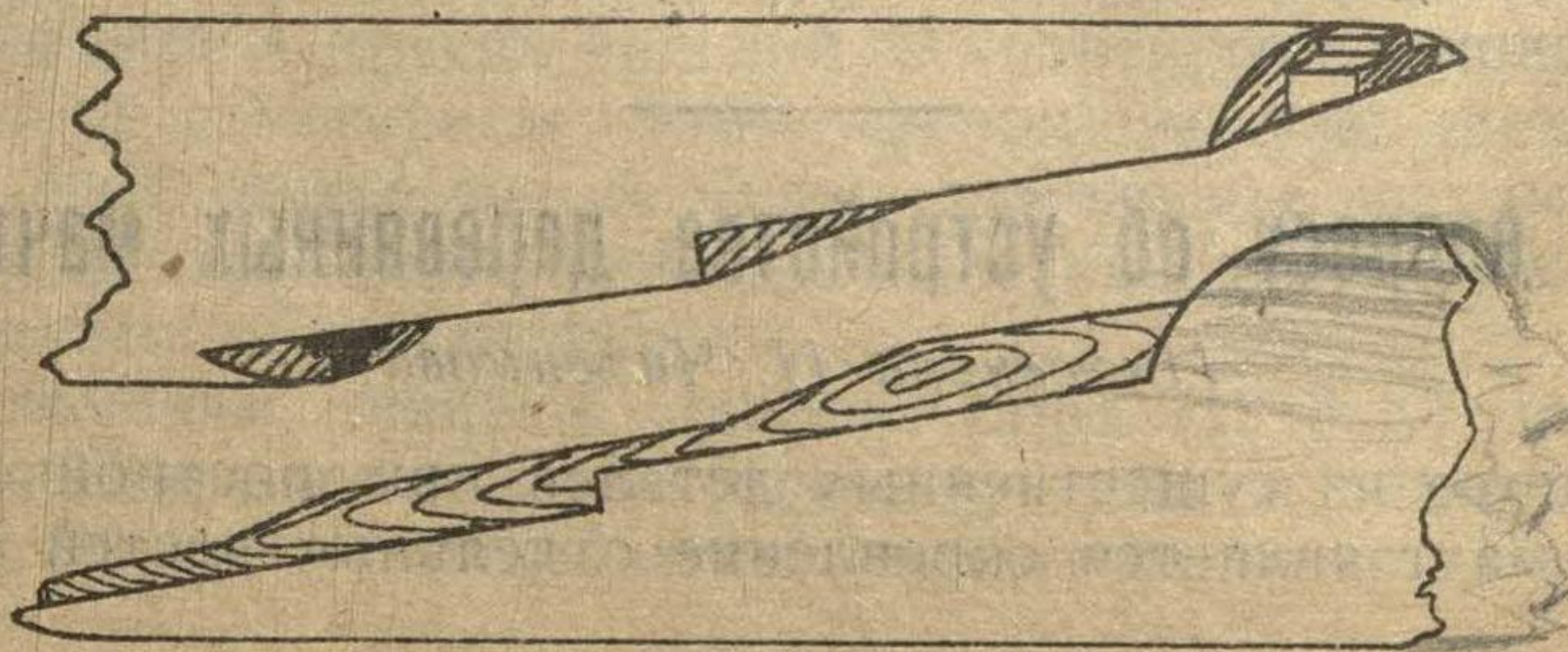
Черт. 1.



Черт. 2.

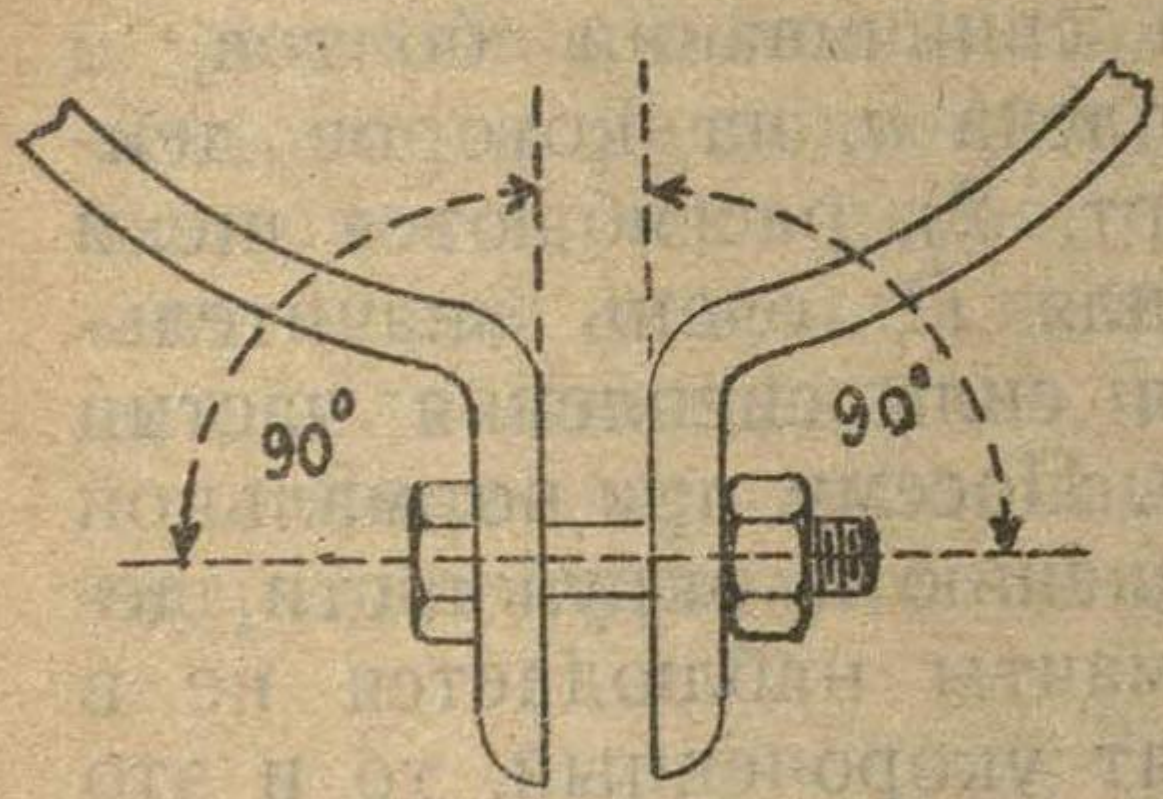


Черт. 3.

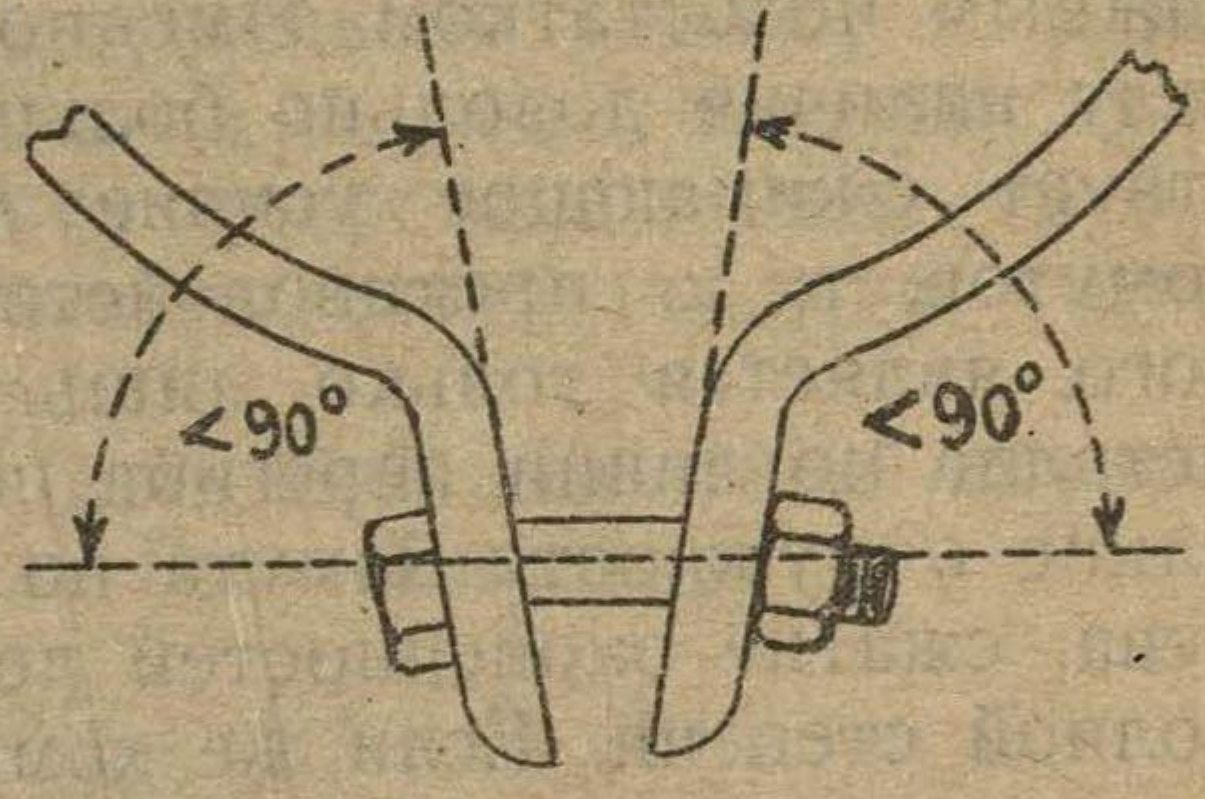


Черт. 4.

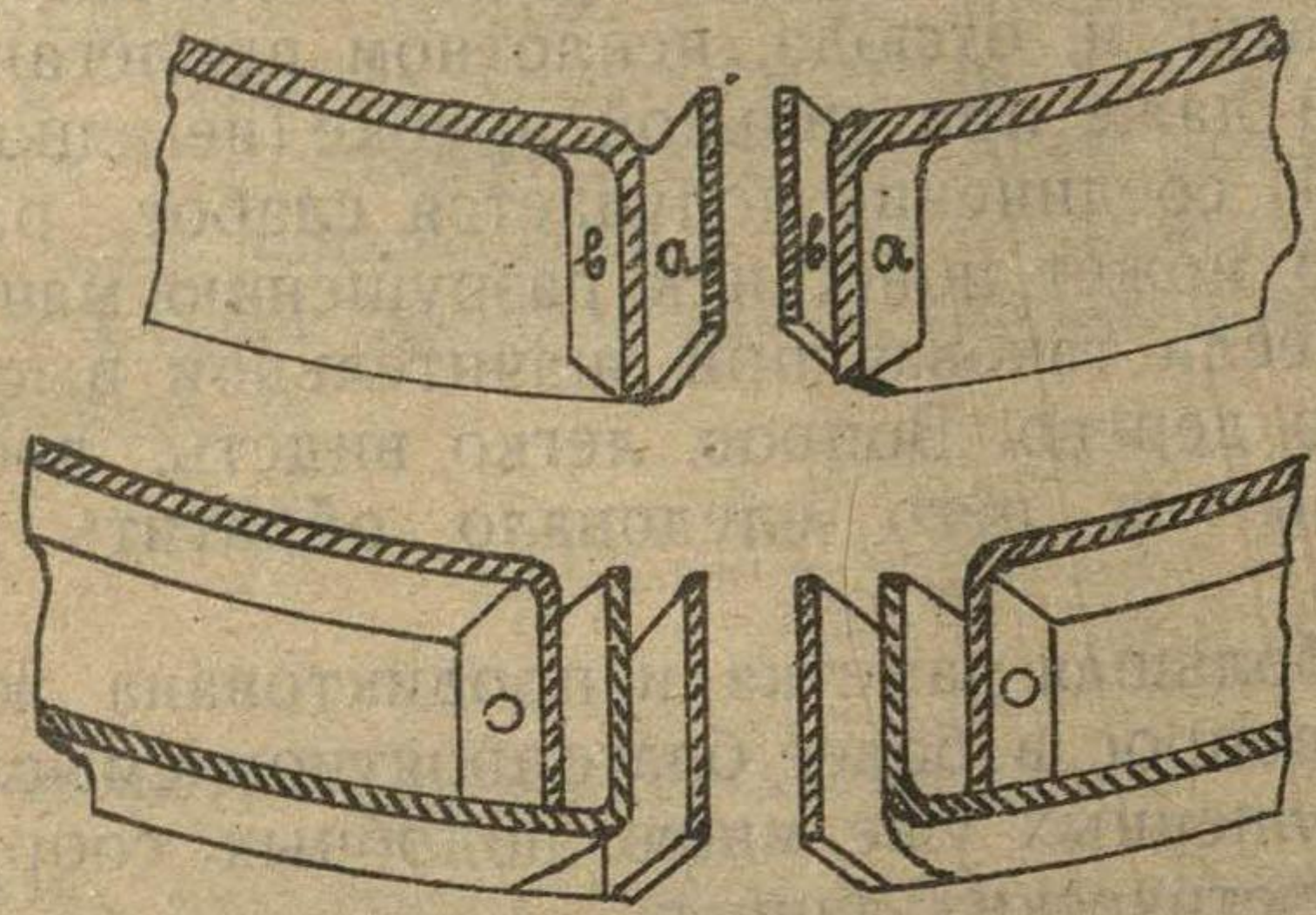
К станке З.М.Ишукова.



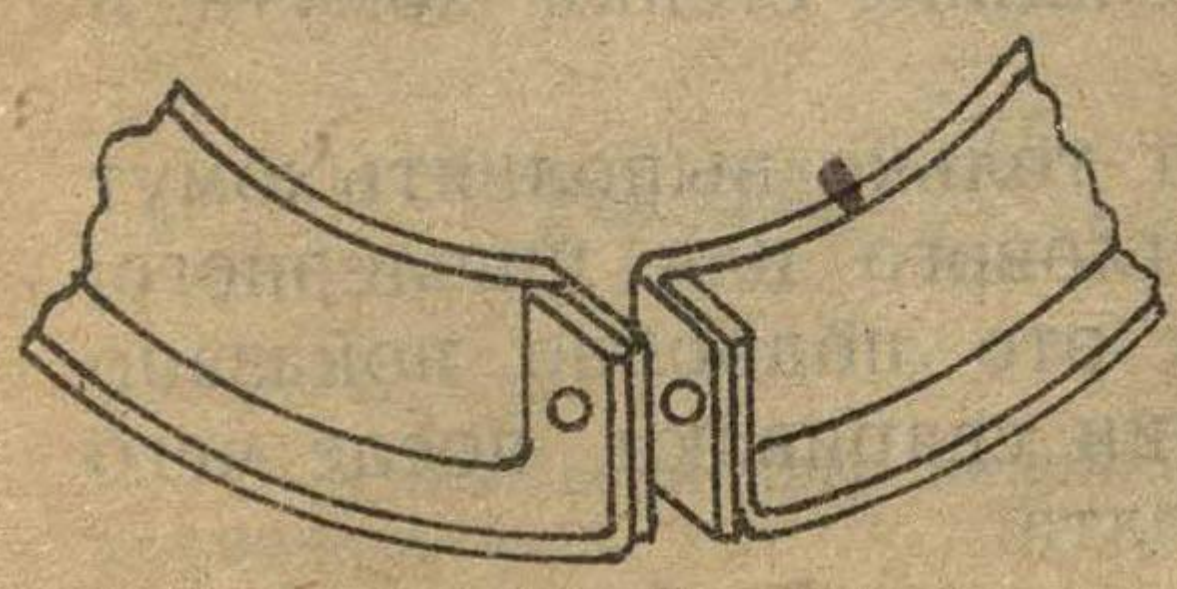
Черт. 5.



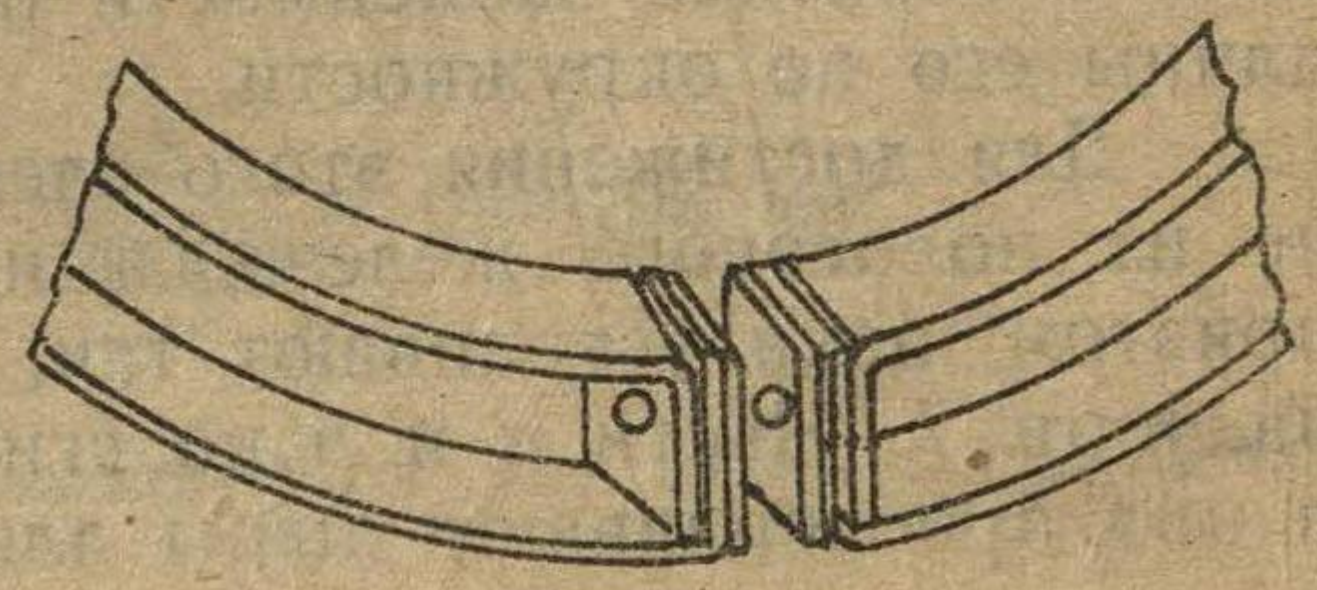
Черт. 6.



Черт. 7.



Черт. 8.



Черт. 9.

этой цели иногда применяют сплошную обвязку деревьев из полосового железа или проволоки, но чаще пользуются железными хомутами, стягиваемыми болтами. Типы таких хомутов, встречающихся в практике, имеют одну из форм, представленных на черт. 1 (стр. 64). Все они просты по своему выполнению, но обладают одним и тем же довольно важным недостатком. Именно, при свинчивании болтов, в силу наличия довольно большого плеча a , на которое действует сжимающее усилие P (черт. 2), расгибаются щеки хомутов, т. к. противодействием для P , очень значительного, является только лишь малая сила сцепления частиц металла по линии перегиба полосы. Посему при нормальной длине окружности хомута по отношению к окружности дерева, сжатие оконечностей деревьев мачты наблюдается не в полной степени. Если же хомут взят укороченный, то и это в сущности не ведет к цели: болт доходит до дерева, гайка упирается в стенку (черт. 3) и завинчивание, а следовательно, и дальнейшее сжатие приостанавливается. При неполном же сжатии и, отсюда, неплотном прилегании сращиваемых частей даже при сильной врубке (немецким зубом с потаем, черт. 4) соединение получается слабое, разбалтывается, что легко может повести к разрушению мачты, особенно в случае, если таковая при значительной высоте выполняется в одно дерево. Вопрос, легко видеть, достаточно серьезный, чтобы на него следовало обратить должное внимание.

Эта моя небольшая заметка и продиктована желанием разрешить этот вопрос в более благоприятном смысле, основываясь на выполненных уже мною подобных сооружениях и некоторых теоретических данных.

Нетрудно видеть, что работа сжатия хомута будет совершенно иная и более полная, если ось болта во все время завинчивания гайки будет нормальна к плоскостям щек (черт. 5 стр. 65), не составляя угла, уклоняющегося от прямого, как в выше разобранном случае (черт. 6), находящегося по величине в обратной зависимости от толщины стенки хомута и длины его по окружности.

Для достижения этого следует только выполнять хомут не из полосового железа, а из углового или швеллерного; при этом щеки устраивают так, как это подробно показано на черт. 7. Части a и b по сгибанию сваривают, после чего в них просверливают дыры для болта.

И если в первом случае усилию P сопротивлялась лишь сила сцепления частиц металла, а изгибающий момент был тем больше, чем дальше отстояло отверстие для болта по линии перегиба полосы, то здесь усилие P будет распределяться на две связанные между собою полки, в случае же швелера — на три. В силу же существования огромного сопротивления металла сложной деформации (изгибу с одновременным растяжением), указанный случай надо уже рассматривать, как случай нагрузки сосредоточенным грузом плиты, для углового железа — закрепленной по двум сторонам; для швелерного — по трем.

Величину деформации f (прогиба) для этих случаев нетрудно вычислить по формуле Готье-Виллара:

$$f = \psi \cdot \frac{15}{\pi^5} \cdot \frac{b^4}{s^3} \cdot \frac{P}{E},$$

где b — сторона плиты, s — ее площадь, P — приложенное усилие, E — модуль упругости (для железа $E = 20000$ клгр на кв мм), ψ — коэффициент, который для углового железа $= 0,994$; для швелерного $= 0,602$. Сравним ее с деформацией f_1 в случае простой щеки, вычисленной по общеизвестной формуле:

$$f_1 = \frac{P}{EI} \cdot \frac{s^3}{3},$$

где I — момент инерции площади щеки.

Пусть размеры в том и другом случае $b = 2''$ и усилие, приложенное к гайке $P = 5$ силовым единицам, $I = \frac{b^4}{12} = \frac{50^4}{12}$ ¹⁾. Тогда, подставляя числовые значения в приведенные формулы, найдем величину деформации для углового железа равною:

$$f = 0,994 \cdot \frac{15}{3,14^5} \cdot \frac{2^4}{4^3} \cdot \frac{5}{20000} = 0,00003 \text{ мм.}$$

¹⁾ Все величины (линейные) должны быть для однородности взяты в миллиметрах.

Для полосового — равною:

$$f_1 = \frac{5.12}{20000 \cdot 50^4} \cdot \frac{2500^3}{3} = 2,5 \text{ мм.}$$

Как видим, в величинах сравнения быть не может.

Окончательный вид рекомендуемых хомутов представлен на черт. 8 и 9 (стр. 65). Нелишне заметить, что головку болтов для них лучше брать квадратную, а не шестигранную, как у гайки. Упор ребра ее в стенку при завинчивании не даст ей сместиться по плоскости соприкосновения со щекою.

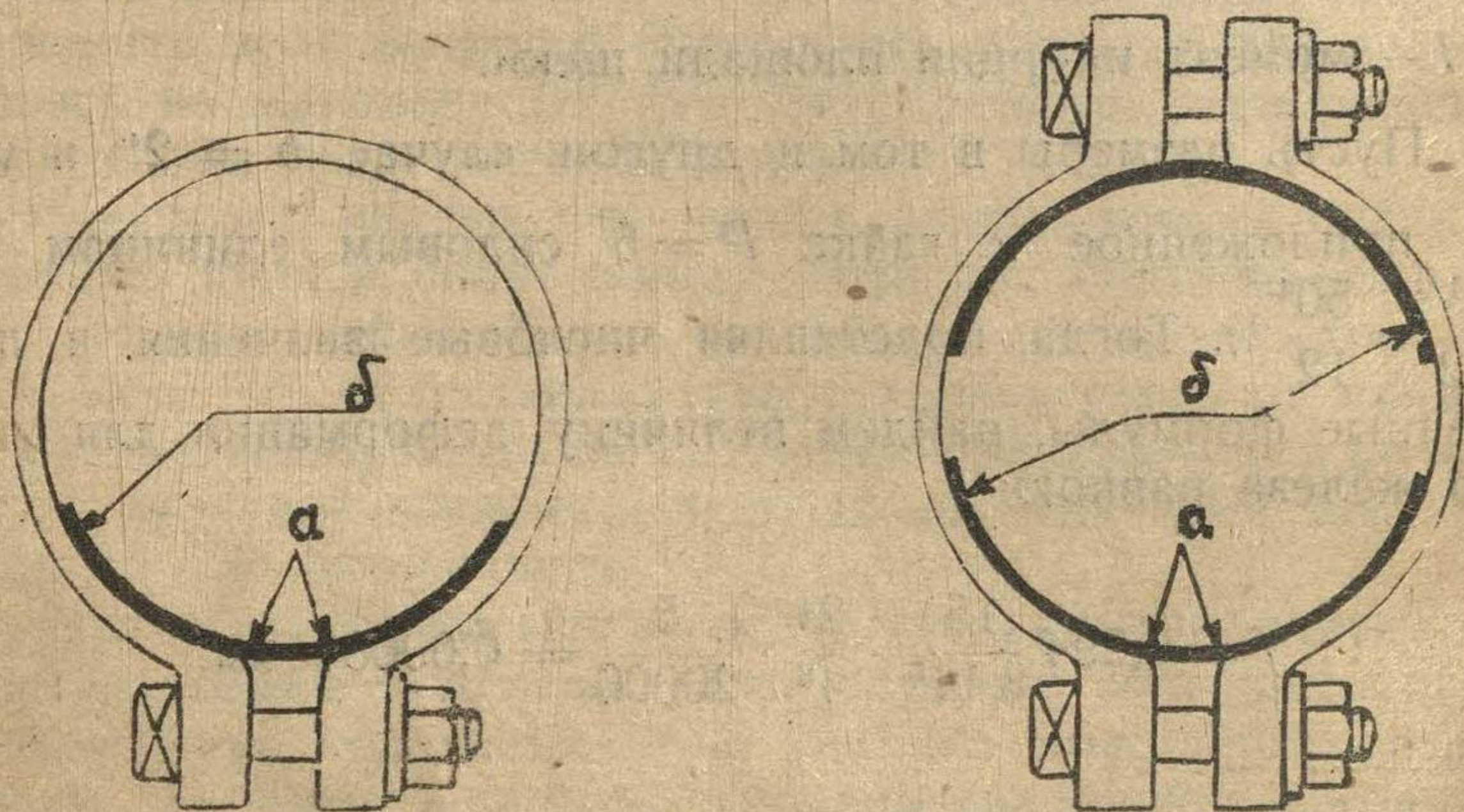
14 февраля 1920 года.

г. Москва.

К статье инж. Н. Чижикова:

„к вопросу об устройстве деревянных мачт“.

Для того, чтобы устранить недостатки у хомутов, замеченные инж. Чижиковым, (черт. 6, стр. 65), следует вместо форм А-В, указанных в его статье (черт. 1), брать хомуты из полосового железа с кованными, утолщенными щеками (см. черт. 10). Длина хомута должна быть короче окружности мачты. Для того, чтобы при скреплении мачты, хомут не врезался в дерево и не препятствовал сжатию болтами, углы (а) следует закруглить и под хомут нужно подложить полосу железа (б) толщиной от 1 до 1,5 мм на 10-15 мм шире хомута (черт. 10).



Черт. 10.

Хомуты из углового и швелерного (коробчатого) железа, предлагаемые инж. Чижиковым, обладают следующими недостатками: 1) недостаточная эластичность хомута, необходимая для прочного стягивания мачты, в большинстве случаев имеющей неправильную форму круга; 2) при работе требуются специальные торцовые ключи для завинчивания гаек; 3) сложность и дороговизна изготовления хомута; требуются специальные шаблоны для сгиба швелера по кругу и разные приспособления для сваривания ушей; означенную работу может произвести только завод, имеющий в своем распоряжении хорошо оборудованную кузницу и очень опытного кузнеца.

Ф. И. С.

Х Р О Н И К А.

реша В Московской Радиошколе. — 1-го января 1920 г. Московская Школа Радиоспециалистов праздновала первый выпуск своих учеников. Выпуск был произведен с младшей ступени Школы (отделения радиотелеграфистов). По окончании годичного курса и прохождении полуторамесячного практического стажа на радиостанциях, теоретические и практические испытания выдержали 32 курсанта, которые все уже в настоящее время вступили в семью радиотелеграфистов, как работники Наркомвоена и Наркомпочтеля. — В этот день состоялось торжественное заседание Школьного Коллектива, на котором были произнесены речи гг. Гавриловым (председ. Колл. Школы), Ефредовым (предс. союза работн. связи), Александровым (предс. радиосекции), Кащенко (член колл. Наркомпочтеля) и Беликовым (преподав. Школы); празднество закончилось спектаклем и балом.

— В январе текущего года Школа вошла как радиотелеграфный факультет в состав Московского Электротехникума (имеющего кроме этого еще телеграфный и телефонный факультеты) и перешла в новое помещение на Гороховской ул., которое сейчас приспособливается под Электротехникум.

Председателем Коллегии радиофакультета, взамен скончавшегося А. А. Гаврилова, избран П. К. Островский, известный многим радиоспециалистам, как энергичный работ-

ник на поприще общественной деятельности и как один из инициаторов и учредителей радиошколы.

Открытие Д. С. Рождественского. — С тех пор как теория строения атома, данная Бором, придала хоть сколько нибудь конкретную форму гипотезе квантов, началась усиленная работа по выводу из этой теории различного рода следствий, относящихся к тем или иным наблюдаемым свойствам тел, построенных из атомов такого рода. Необычайный успех первых же применений делал все более внутренне необходимою самую теорию и заставлял принимать, как должное, ее основы, как бы они ни казались странными для непосредственного восприятия. Особенно плодотворные результаты получались по отношению к свойствам излучения таких атомов, свойствам, к которым и приурочен специально постулат о квантах: электрон движется по любой из своих устойчивых орбит без излучения; излучение связано лишь с перескакиванием электрона с одной из таких орбит на другую, причем сами эти орбиты определяются условием, что разность между энергиями электрона на той и другой составляет как раз один квант. Уже самому Бору удалось, применив свою теорию к простейшему случаю — атому водорода с его единственным электроном, строго вывести формулу Бальмера, определяющую строение спектра водорода, которая с точки зрения прежних представлений являлась совершенно непонятной. Затем несколько дальнейших шагов сделали главным образом Зоммерфельд и Дебай (1916—17), и их трудами начало приобретать внутренний смысл все бесконечное нагромождение эмпирических формул, которое мы имеем в виде спектральных серий. Приблизительно в этой стадии за изучение данного вопроса принялся Д. С. Рождественский, который к этому времени стал во главе созданного по его идее Оптического Института, получив таким образом широкую возможность для постановки всякого рода экспериментальных и теоретических исследований в области спектроскопии. В настоящий момент я еще не в состоянии точно выделить личный вклад Д. С. Рождественского в эту область из общего течения современной физической мысли, но примерно это рисуется в таком виде. После того, как строение атома и молекулы водорода в свете теории Бора можно было считать выясненными, Д. С.

полагал, что следующую ступень должно составить изучение строения атомов щелочных металлов, со спектральными свойствами которых он и ранее много имел дела в своих работах. Из изучения спектральных серий этих металлов (прибавив к определенно установленным ранее сериям еще две гипотетических серии, представленных каждая до сих пор лишь одной линией) Д. С. вывел, продолжая ход мысли Зоммерфельда, совершенно определенную связь между линиями серий и теми орбитами, перескакивание с которых производит эти линии. Вместе с Ю. А. Крутковым он разобрал—пока приближенно—лучеиспускание Боровского атома для случая щелочных (и частью даже щелочноземельных) металлов, обосновал существование серий двойников, построил схему явления Зеемана для такого атома и т. п. Теория, конечно, приближенная—так как полная теория означала-бы решение задачи многих тел для планетной системы атома; однако и в такой форме она уже дает многое. Для лития уже можно построить полную модель атома, в масштабе, подобно тому как Бор и Дебай сделали это для водорода. Спектроскопия приобретает сразу внутренний смысл; из бесконечного нагромождения линий, в лучшем случае связанных между собой какими то мало понятными эмпирическими зависимостями, получают определенные системы линий, в которых можно искать и предсказывать недостающие звенья, вскрывать на основании теории тесные двойники в таких линиях, которые до сих пор заведомо считались одиночными и т. п. В Оптическом Институте уже намечен ряд работ по части такой „предсказательной спектроскопии“. Кроме того, выясняется, что спектрометрия шла тоже по неправильному пути: измерены в качестве первоклассных нормалей главным образом линии, от которых сейчас нельзя ожидать большой выгоды в смысле теоретических выводов, а линии важные с этой точки зрения измерены плохо. Поэтому сейчас в Институте ставится ряд спектрометрических работ по определенному плану.

Л. Исаков.

Петроград. 8 марта 1920.

Опыты по беспроволочному телефонированию в Нижегородской Радиолaborатории.—Нижегородская Радиолaborатория строит в настоящее время радиотелефонный пере-

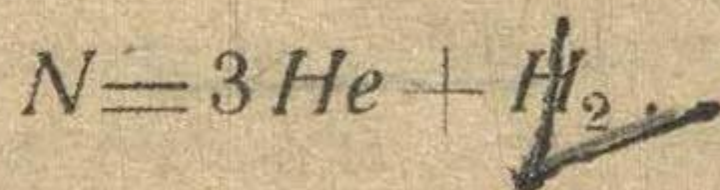
датчик своей системы, который должен быть установлен на Московской радиостанции; предполагаемая его дальность действия, рассчитанная по формуле Остина,—около 2000 верст при приеме на антенну высотой 100 метров и при 3-х кратном усилении. В связи с этим Радиолаб. иногда производит опыты телефонирования. Эти опыты обычно производятся от 14 до 15 и от 20 до 21 часов по Московскому декретному времени. Передача происходит один—два раза в неделю, но всегда в указанные выше часы.

Было бы крайне желательно, чтобы все радиостанции в районе радиусом 1000 верст вокруг Н. Новгорода слушали в эти часы телефонную передачу Радиолаборатории на волнах 2500 метров и 5000 метров. Прием радиотелефонного разговора должен производиться также, как и прием затухающих станций, т. е. на детектор и усилитель без генератора незатухающих колебаний; последний, впрочем, может принести пользу, но для этого требуется большая тонкость в его настройке. Следует безусловно устранять самопроизвольные колебания, которые иногда возникают в усилителях так как при наличии этих колебаний разговор перестает быть слышимым.

В случае, если разговор был слышен, желательно телеграфно извещать Радиолабораторию (Нижний Новгород, В. Набережная, 8. Уп. радиолаб), при чем в телеграмме необходимо указать:

- 1) город, при котором находится Радиостанция;
- 2) высоту антенны;
- 3) какие применялись усилители;
- 4) точные часы и день, когда было слышно;
- 5) как было слышно, в смысле силы и ясности звука;
- 6) какие слова были приняты (необходимо указать хотя бы одну фразу).

Разложение азота. Из только что полученной книги Graetz'a „Die Atomstruktur“ (1920 г.) стало известным весьма важное открытие, сделанное английским физиком Rutherford'ом. Ему удалось, пропуская α -лучи через трубку, наполненную азотом, разложить последний на гелий и водород:



Таким образом оказывается, что азот, который мы считали раньше простым элементом, оказывается составным. Очевидно мы здесь имеем дело с новым явлением разложения

самого атома, а не молекулы. Это открытие проливает новый свет на строение вещества и можно думать подвинет сильно вперед вопрос о том, что из себя представляют элементы и атомы.

Опытное подтверждение принципа относительности.
Einstein в работе, вышедшей в 1907 году, распространил свой „принцип относительности“, производящий коренную ломку основ физики, на случай равнопеременного движения двух систем относительно друг друга. Одним из следствий исследований Einstein'a в этом случае было решение вопроса о влиянии силового поля тяготения на электромагнитные явления. В частности Einstein установил теоретически, что в силовом поле тяжести должен отклоняться от своего пути световой луч, и это отклонение пропорционально $\sin^2 \alpha$ угла между направлениями луча и силы тяготения. Отклонение это весьма малое, но все же, как показал Einstein в своих дальнейших работах (в 1911 г.) это отклонение должно быть доступно нашему наблюдению. Так им было вычислено, что отклонение для луча света, идущего к нам от звезды, находящейся на небесном своде близ края солнца, может достигать до $0,83''$, а эта величина уже может быть уловлена современными астрономическими инструментами.

В самое последнее время в Россию пришли сведения, что это предсказанное Einstein'ом отклонение светового луча было наблюдаемо астрономом Эдингтоном во время полного солнечного затмения, бывшего 28 мая 1919 г.

Этот факт нельзя обойти молчанием, т. к. он представляет собою первое опытное подтверждение принципа относительности. Теория Einstein'a теперь выходит из области гипотезы и переворот совершенный ею в физике, и прежде всего в наших воззрениях на пространство и время, прочно закрепляется.

Б И Б Л И О Г Р А Ф И Я.

Л. Д. Исаков. *Простые соотношения между русскими и метрическими мерами.* (Пособие к усвоению метрической системы). Издание Главной Палаты Мер и Весов. Птг. 1920. 23 стр.

Брошюра эта представляет собою первый выпуск предположенного ГПМиВ издания: „Метрическая система в

России"; в ней собраны всевозможные арифметические приемы легкозапоминаемые и легковыполняемые для перевода русских мер в метрические и обратно с указанием точности результата, к которому эти приемы приводят. Т. напр. оказывается, что 1 децим = 4д с точн. до 1,6⁰/о; или обратно: „чтобы точно перевести дюймы в мм, надо к числу дюймов приписать два нуля и результат разделить на 4; затем в том же числе отделить запятой одну цифру справа и результат помножить на четыре; оба полученных числа сложить“; „1 метр = полтора аршина без полутора вершков“ (0,013⁰ о); чтобы обратить фунты в килограммы приблизительно (2,3⁰/о), надо число фунтов помножить на 4 и полученное произведение разделить на 10; чтобы обратить фунты в килограммы практически точно (0,0028⁰/о), надо в полученном результате на каждые 42 килгр прибавить один“.

Громадное практическое значение подбора простейших соотношений следует из того примера, что Англия и Америка широко использовали подмеченное в 1894 г. нынешним управляющим ГПМиВ Ф. И. Блумбахом соотношение между дюймом и миллиметром—50:127; если в винторезном станке добавить зубчатую передачу с таким отношением, то он с высшею точностью переводится с дюймов на мм (стр. 7).

Вестник рентгенологии и радиологии. Отдел физико-технический. Том I. Выпуски 1—3. Птг. 1919. 76 + 16 + 23 стр. Подписная цена за том 50 руб.

Поскольку нам известно, в Российской республике имеется три центра научной физико-лабораторной работы. Один в Москве, издание которого было отмечено в „Рад.“ № 10 стр. 527, и два в Петрограде: Оптический Институт (проф. Д. С. Рождественский), о работах которого, столь заинтересовавших все наше общество, помещено несколько слов в хронике настоящего выпуска; Рентгенологический Институт (проф. А. Ф. Иоффе). О конструкции последнего института было упомянуто в „Рад.“ № 10 стр. 518.

Рентгенологический Институт подразделяется на два отдела: Физико-Технический и Медико-Биологический. Перед нами три выпуска издания первого из них, редактируемого А. Ф. Иоффе.

Из содержания этих выпусков видна серьезная коллективная работа Ф.-Т. отдела; намечаются темы исследования

в области деятельности отдела, работниками его делаются соответственные обзоры, доклады в заседаниях совета отдела, сопровождающиеся замечаниями присутствующих (эти „замечания“ также печатаются в „Вестнике“ и составляют ценную часть его содержания), и таким образом коллективной работой намеченные темы близятся к своему осуществлению, всесторонне подготовленному.

Основной задачей Ф.-Т. отдела „является изучение структуры атомов и различных их соединений (молекул и кристаллов) при посредстве рентгеновых лучей и систематическое изучение рентгенового спектра“. В этом вопросе сходятся интересы физики, химии, кристаллографии и вообще всех наук о природе. Этот основной вопрос разбивается на следующие более частные:

1) изучение расположения электронов в атоме и атомах в молекуле, 2) изучение динамики атома, 3) попытка вызвать излучение электронов из самого ядра атома помощью x -лучей особой жесткости; при этом предполагается использовать имеющийся трансформатор на 600000 вольт.

Издание „Вестника“ имеет целью объединить все работы по рентгенологии, радиологии и смежными с ними областями науки и техники (как напр. производство пустотных трубок и изучение явлений, в них происходящих); и редакция приглашает всех научно или технически работающих в этих областях присылать ей свои работы для напечатания.

Мы видим, что в Петрограде имеется два ученых учреждения, посвященных изучению атома: Оптический Институт и Рентгенологический; первый пользуется чисто оптическими методами, второй всеми остальными.

Великая тайна атома будет разъяснена.

ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ.

Товарищи!

Так как я читал, что вы желаете, чтобы Вам сообщали все интересные или непонятные явления, встречающиеся в практической радиотелеграфии, то позвольте сообщить Вам следующее:

Вступив на дежурство 6-го февраля с.г. в 6 час. утра я заметил между работой других станций, какие то посторонние звуки

(или, как у меня появилась первая мысль „мембрана прилепляется“). Я осмотрел приборы, прижал потуже мембрану — все тоже; хотел было переменить телефон, как вдруг случайно вспомнил, что недавно читал стихотв. Д. Бедного („Правда“ № 21) „Межпланетная революция“, где говорится про таинственные знаки неведомой станции.

Уединившись так, что никакой работы местных станций не стало слышно, я ясно услышал звуки, которые не могли быть ни чем иным, как работой какой-либо радиостанции. После этого я стал определять наилучшую настройку; оказывается, при любой настройке слышимость не изменяется. Затем я рукоятки „длины волн“, „связи“ и „конденсатора“ (кавалерийский приемник РОБТиТ) поставил до отказа влево, переключатель длинных и коротких волн выключил совершенно — те же звуки, точки и тире, слышны также.

Звук такой: сначала слышится резкий толчек, затем плавное шипение, в общем получается нечто похожее на „кщщ, кщщ“ тире и точки не равной длины, напр. встречаются такие знаки „————— ————— . —————“, считая что нормальное тире —.

Затем, чтобы зарегистрировать это явление большим числом свидетелей я позвал Начрадио № 620 тов. Богданова и дежурн. электромеханика тов. Дарцева, которые, услышав сигналы подтвердили, что это не что иное, как работа какой-либо радиостанции.

Вышеописанное явление в связи с заметкой о возможности получать сигналы с какой либо планеты меня очень заинтересовало, и мне желательно было бы знать на этот счет мнение более сведующих товарищей.

П. Мельников.

г. Курск. 6. II. 20.

Корректуру держал Л. И. Кустов.

Чертежи исполнены К. Т. Гурьевым и отпечатаны в литографии б. Федотова.

Печатание „Радиотехника“ № 11 закончено 1 мая 1920 г.

Редактор: В. ЛЕБЕДИНСКИЙ.



ОТКРЫТА ПОДПИСКА:

„РАДИОТЕХНИК“ №№ 11—16 с перес. . . 120 руб.

ЦЕНА №№ 5—10.

„Телеграфия и Телефония без проводов“
вместе с „Радиотехником“ . . . 120 руб.

„РАДИОТЕХНИК“ отдельно . . . 60 руб.

Адрес редакции: Н.-Новгород, Верхняя Набережная, 8.

Склад изданий: Москва, Большая Дмитровка, д. № 15Б,
угол Глинищевского. Радиоотдел Наркомпочтеля.

На складе имеется

„Радиотехник“ №№ 1—4 по цене 20 руб.

ЦЕНА ОТДЕЛЬНОГО № 11 ДВАДЦАТЬ ПЯТЬ РУБЛЕЙ.