

Б. П. Вейнбергъ.

ПРОФЕССОРЪ Томскаго Технологическаго Института.

**ДВИЖЕНИЕ
БЕЗЪ ТРЕНИЯ.**

(БЕЗВОЗДУШНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКІЙ ПУТЬ).

КНИГОИЗДАТЕЛЬСТВО „ЕСТЕСТВОИСПЫТАТЕЛЬ“
С.-ПЕТЕРБУРГЪ, 1914.

===== ТИПОГРАФИЯ =====
== „ПЕЧАТНЫЙ ТРУДЪ“ ==
СПБ., ПРАЧЕШНЫЙ ПЕР., 4.

Движеніе безъ тренія *).

Принявъ весною 1909 г. предложеніе занять кафедру физики въ Томскомъ Технологическомъ Институтѣ, я въ качествѣ темы для вступительной лекціи рѣшилъ развить тѣ соображенія о практическихъ цѣляхъ физики, которыя вкратцѣ изложены были въ моемъ „Общемъ курсѣ физики“. Обдумываніе подробностей этой лекціи настойчивѣе заставило меня заняться интересовавшимъ меня и ранѣе предметомъ настоящаго моего сообщенія, а потому я и позволю себѣ начать съ вопроса о практическихъ цѣляхъ физики вообще.

Цѣли, преслѣдуемыя наукой, должны вытекать изъ опредѣленія ея содержанія. Наиболѣе непосредственнымъ опредѣленіемъ физики является, по моему мнѣнію, то, которое далъ покойный проф. Шведовъ и которое основано на понятіи о физическомъ дѣятель, какъ о причинѣ, вызывающей въ насъ вѣнчшее ощущеніе. Соответственно наличности у человѣка семи вѣнчшихъ чувствъ—Вратъ Познанія, какъ ихъ назвалъ Джонъ Буніанъ—чувств осязанія, мускульнаго чувства или чувства силы, чувства теплового,

*) Публичная лекція, прочитанная въ С.-Петербургѣ 31 марта 1914 года.

чувства зрѣнія, чувства слуха, чувства обонянія и
чувствакуса,—мы имѣемъ семь физическихъ дѣя-
телей: вещество, сила, теплота, свѣтъ, звукъ, запахъ
и вкусъ. Въ наличности первыхъ пяти изъ этихъ
дѣятелей мы можемъ убѣждаться, какъ непосред-
ственнымъ ощущеніемъ отъ нихъ, такъ и косвенно,
пользуясь предварительно изученными нами связями
между ними: напр., о повышеніи температуры (теп-
лота) мы можемъ судить какъ по непосредственному
тепловому ощущенію, такъ и по увеличенію давле-
нія (сила), по измѣненію размѣровъ вещественныхъ
тѣлъ (вещество), по измѣненію окраски тѣла или
свѣта, имъ испускаемаго (свѣтъ), и т. п. Это позво-
ляетъ намъ включить въ число физическихъ дѣяте-
лей и такие, какъ „электричество“, „магнетизмъ“,
„тяготѣніе“, „химическое средство“, которые на насть
непосредственно не дѣйствуютъ, но въ наличности
которыхъ мы убѣждаемся лишь на основаніи из-
вѣстныхъ намъ соотношеній между ними и физиче-
скими дѣятелями, непосредственно на насть дѣйствую-
щими. Однако, какъ для слѣпого безразличны на-
личность или отсутствіе свѣта въ томъ, что его окру-
жаетъ, какъ для глухого безразличны наличность
или отсутствіе звука, такъ и для всѣхъ насть, по-
скольку рѣчь идетъ о нашихъ непосред-
ственныхъ ощущеніяхъ, безразличны налич-
ность или отсутствіе указанныхъ не дѣйствующихъ
на насть физическихъ дѣятелей, а важны лишь налич-
ность, или отсутствіе тѣхъ физическихъ дѣятелей ко-
торые ими вызываются къ жизни и которые на насть
непосредственно дѣйствуютъ.

Поэтому въ дальнѣйшемъ мы можемъ ограни-

читься этими послѣдними и кромѣ того даже исключить изъ ихъ числа вкусъ и запахъ, такъ какъ эти дѣятели всегда непосредственно связаны съ какимъ либо веществомъ и никакими объективными дѣйствіями не обладаютъ. Такимъ образомъ остаются пять физическихъ дѣятелей: вещество, сила, теплота, звукъ и свѣтъ,—и разнообразныя комбинаціи воздѣйствія ихъ разнообразнѣйшихъ видовъ (напр., различныхъ цвѣтовъ свѣта) на насть и представляютъ собою причины нашихъ внѣшнихъ ощущеній, и чрезъ нихъ—нашихъ внутреннихъ ощущеній и нашихъ умственныхъ переживаній, такъ какъ эти послѣднія въ громадномъ большинствѣ случаевъ вызываются внѣшними раздраженіями или, по крайней мѣрѣ, сопровождаются ими.

Физические дѣятели дѣйствуютъ во времени и въ пространствѣ—и потому можно опредѣлить физику (если считать механику и химію за части физики), какъ науку, изучающую физические дѣятели, ихъ отношенія ко времени и пространству и ихъ соотношенія другъ съ другомъ. Отсюда вытекаютъ и практическія цѣли физики: научить человѣчество пользоваться физическими дѣятелями, ихъ отношеніями ко времени, къ пространству и другъ къ другу такъ, чтобы имѣть возможность, по желанію, вызывать любое воздействиѣ ихъ на насть.

Если не обращать вниманія на то, какимъ способомъ, пользуясь какими соотношеніями между физическими дѣятелями, мы вызываемъ наличность того изъ нихъ, который насть въ данный моментъ интересуетъ, то мы, вообще говоря, должны умѣть лишь измѣнить отношеніе каждого физического дѣ-

ТАБЛ

Вещество:

Искусственное приготовление различныхъ материаловъ. Животно-птице - и рыбо-водство. Земледѣліе. Обработка воды и воздуха.

Консервированіе различныхъ материаловъ и предметовъ.

Зданія, сосуды.

Воспроизведеніе образца машиннымъ способомъ. Книгопечаніе.

Всевозмож. издѣлія изъ твердыхъ тѣлъ. Проникновеніе вглубь земли и воды, въ необитаемыя мѣстности, *къ полюсамъ*, въ верхніе слои атмосферы.

Горное дѣло. Канализація воды, газа, отбросовъ.

Движеніе по твердой и жидкой поверхности земли, подъ поверхностью земли, *подъ водою и по воздуху*.

Артиллерійское дѣло; пневматическая почта.

Силу:

Полученіе различныхъ видовъ силы и энергіи.

Пользованіе энергию вѣтра, падающей воды, волнъ.

Полученіе работы за счетъ тепловой энергіи. Полученіе работы изъ химической энергіи. Утилизация лучистой энергіи солнца.

Изоляція наэлектриз. тѣлъ и проводниковъ съ токами. Экранированіе отъ магнитныхъ и электрическихъ силъ.

Аккумулированіе энергіи (*сжатые газы, маховое колесо, тиростаты, взрывчатые вещества, постоянные магниты, электрические аккумуляторы*).

Многіе изъ указанныхъ аккумуляторовъ энергіи.

Передача, силы упругими твердыми тѣлами (рычаги и другія простыя и сложныя машины, валы, ремни, цѣпи).

Передача силы жидкими и газообразными тѣлами.

Передача энергіи при посредствѣ электромагнитныхъ силъ. Электромагнитный телеграфъ; *телеграфъ безъ проводовъ*; электродвигатели; *электрические трамваи*.

Передача энергіи безъ проводовъ.

Создать.

Сохранить.

Перемѣстить.

Передавать.

И Ц А I.

Т е п л о т у:

Получение теплоты за счет химической энергии.

Приготовление пищи, выплавка металловъ, стекольное производство, гончарное дѣло.

Одежда, жи-
лища.

Холодильное
дѣло.

Канализация горячей воды.

Паровое и водяное отопление.

Электрическое
отопление.

З в у к ъ:

Источники звука.

Музыкальные инструменты.

Письменность,
ноты, фонографъ.

Рупоръ, говорильные и слуховые трубы.

Рациональное устройство аудиторіи.

Телефонія по проводамъ и безъ проводовъ.

С в ъ т ь:

Источники свѣта.

Электрическое освѣщеніе.
Окрашиваніе тѣлъ.

Живопись, скульптура, фотографія одноцвѣтная, *въ натуральныхъ цвѣтахъ*, стереоскопическая, кинематографическая. Стереокинематографія и кинематографія *въ натуральныхъ цвѣтахъ*. Фотографированіе инфракрасными, ультрафиолетовыми и рентгеновскими лучами.

Оптическіе инструменты.

Прожекторы, проекционные приборы, телескопъ, микроскопъ, ультрамикроскопъ.

Передача изображений на разстояніе. Передача быстро сменяющихся картинъ на разстояніе.

ятеля ко времени и къ пространству. Что касается до времени, то тутъ, очевидно, возможны слѣдующія четыре и только четыре задачи: 1) вызвать существованіе физического дѣятеля или опредѣленнаго его вида, 2) продлить существованіе, 3) укоротить существованіе, 4) прекратить существованіе. Если разсматривать задачи обѣ укороченій и прекращеній существованія, какъ обратную сторону задачъ обѣ удлиненій и вызываній существованія, то по отношенію ко времени будутъ на лицо двѣ основныхъ задачи: создать физический дѣятель, со хранить созданный или имѣющійся физический дѣятель. По отношенію же къ пространству возможна лишь одна задача—измѣнить форму, объемъ и положеніе той части пространства, гдѣ проявляеть свое дѣйствіе данный физический дѣятель,—или короче—перемѣстить физический дѣятель. Если же нась интересуетъ не только самое перемѣщеніе физического дѣятеля, но и тотъ промежутокъ времени, который идетъ на это перемѣщеніе, то мы получаемъ четвертую основную задачу практической физики: передавать физический дѣятель изъ одной части пространства въ другую. Эта послѣдняя задача и представляетъ въ сущности комбинацію предыдущихъ: мы уничтожаемъ существованіе физического дѣятеля въ одной части пространства и вызываемъ его существованіе въ другой, но, такъ какъ нась интересуетъ въ этомъ случаѣ не только фактъ перемѣщенія, но и величина промежутка времени, чрезъ который появленіе физического дѣятеля во второй части пространства слѣдуетъ за его исчезновеніемъ въ первой, то мы въ правѣ рассматривать задачу о передачѣ, какъ самостоятельную.

Такимъ образомъ мы получаемъ 20 основныхъ задачъ практической физики: умѣть создать, сохранить, перемѣстить и передавать вещество, силу, теплоту, звукъ и свѣтъ.

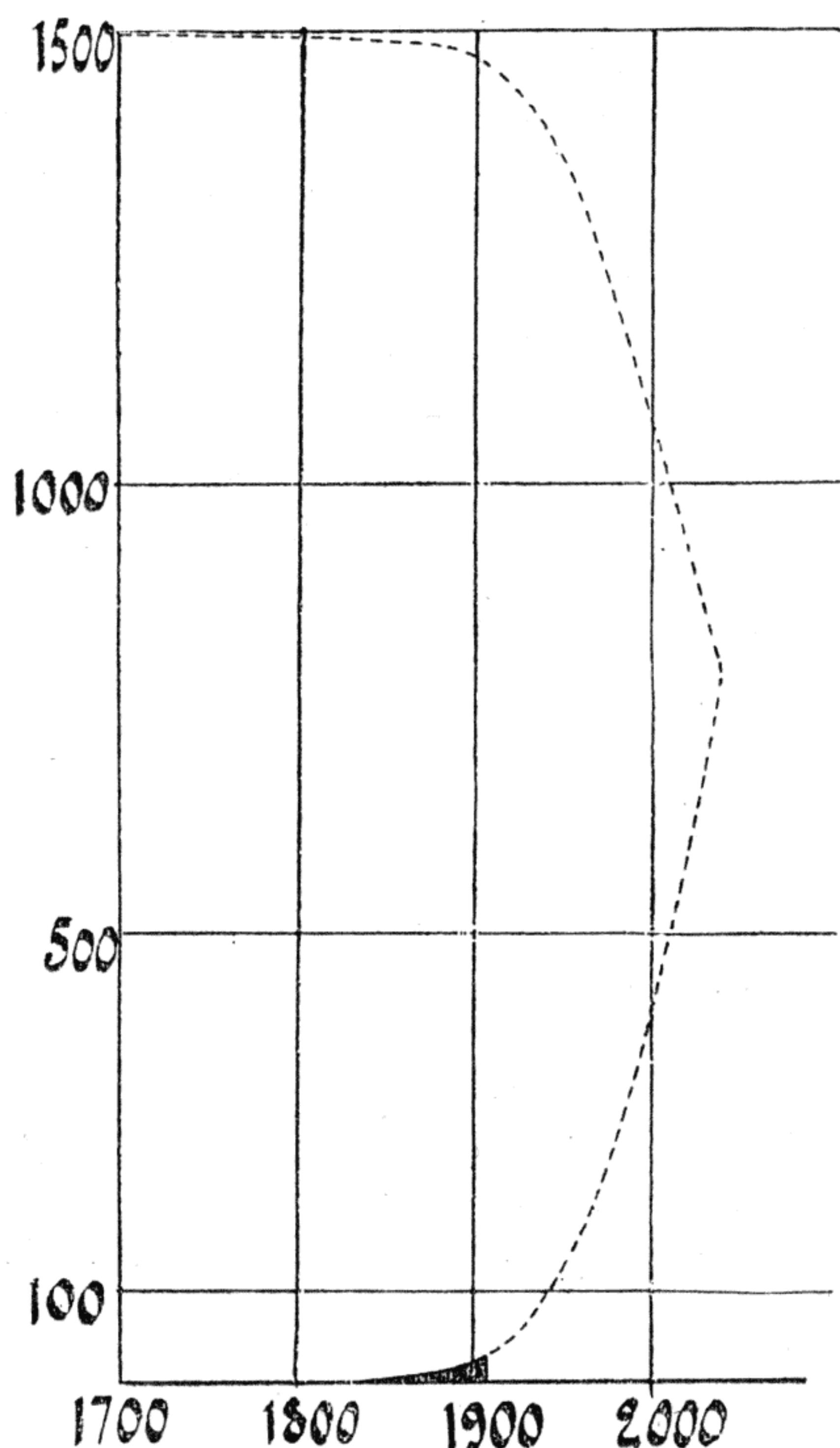
Въ данное время физикою даны рѣшенія всѣхъ этихъ 20 задачъ въ общемъ видѣ, тогда какъ еще 30—40 лѣтъ нѣкоторые изъ нихъ не только были не разрѣшенными, но и казались неразрѣшимыми, какъ, напр., сохраненіе и передача звука (фонографъ, телефонъ), сохраненіе и передача свѣта (фотографія въ натуральныхъ цвѣтахъ, фотографія измѣняющихся явлений—кинематографія, передача изображений на разстояніе). Замѣчу тутъ же, что, разъ идетъ рѣчь о практическихъ цѣляхъ, то человѣчеству мало общаго рѣшенія той или иной изъ этихъ задачъ, а нужно, чтобы физика давала рѣшеніе, приложимое и удобоприложимое въ тѣхъ частныхъ случаяхъ, въ которыхъ людямъ приходится ее рѣшать, т.-е. чтобы физика считалась съ тѣмъ, что человѣкъ живетъ на поверхности земного шара и что въ окружающей его природѣ вещество, сила, теплота, свѣтъ и звукъ существуютъ и дѣйствуютъ зачастую независимо отъ него.

Таблица I даетъ обзоръ успѣховъ практической физики—далеко не исчерпывающій, такъ какъ исчерпывающій перечень представилъ бы собою итогъ всего материальнаго прогресса человѣчества.—Въ ней курсивомъ обозначены тѣ задачи, которые нашли себѣ практическое разрѣшеніе за послѣдніе 30—40 лѣтъ, а жирнымъ шрифтомъ—тѣ, которые ждутъ себѣ практическаго рѣшенія, хотя робкіе шаги по направленію къ ихъ рѣшенію физикою уже сдѣланы.

Обдумывая, поскольку физикою разрѣшены эти 20 основныхъ задачъ, я естественно остановился на тѣхъ ихъ частныхъ случаяхъ, которые или вовсе еще не разрѣшены, или рѣшеніе которыхъ слишкомъ мало проникло въ жизнь культурнаго человѣчества. Вторая категорія случаевъ въ свою очередь распадается на двѣ: такія задачи, практическое рѣшеніе которыхъ само по себѣ мало удовлетворительно, и такія задачи, рѣшеніе которыхъ удовлетворительно, но въ практическомъ приложеніи которыхъ въ данное время не представляется особой надобности. Къ числу послѣдняго рода задачъ относится пользованіе материалами водной и газообразной оболочекъ земного шара, которыя человѣчество пока рассматриваетъ лишь, какъ кладбище для отбросовъ. Забочтись иногда объ очисткѣ питьевой воды, и лишь въ очень малой мѣрѣ—о незагрязненіи воздуха, люди пока забываютъ, что настанетъ черезъ какихъ-нибудь 3—4 столѣтія, если пульсъ жизни человѣчества будетъ такъ же ускоряться, какъ ускорялся послѣднее время. При быстро уменьшающемся количествѣ неразработанной и незаселенной земли и очень быстро растущемъ числѣ жителей земного шара очень скоро воздухъ станетъ усиленно обогащаться углекислотою (я развилъ эти соображенія въ 1906 г. въ своей статьѣ „Соціальные задачи опытныхъ наукъ“)— и тогда придется подумать объ обработкѣ воздуха и очисткѣ его отъ избытка углекислоты безъ помощи растеній. Въ этомъ вопросѣ открытия послѣднихъ лѣтъ, касающіяся фотохимическихъ реакцій подъ влияниемъ ультрафіолетовыхъ лучей и полученнія соединеній изъ азота и кислорода воздуха при по-

мощи электрическихъ печей, даетъ полную надежду, что физика окажется въ состояніи справиться съ требованіями практической жизни.

Пока на землѣ есть избытокъ топлива—видѣ деревьевъ и запасовъ угля и нефти,—врядъ ли много-



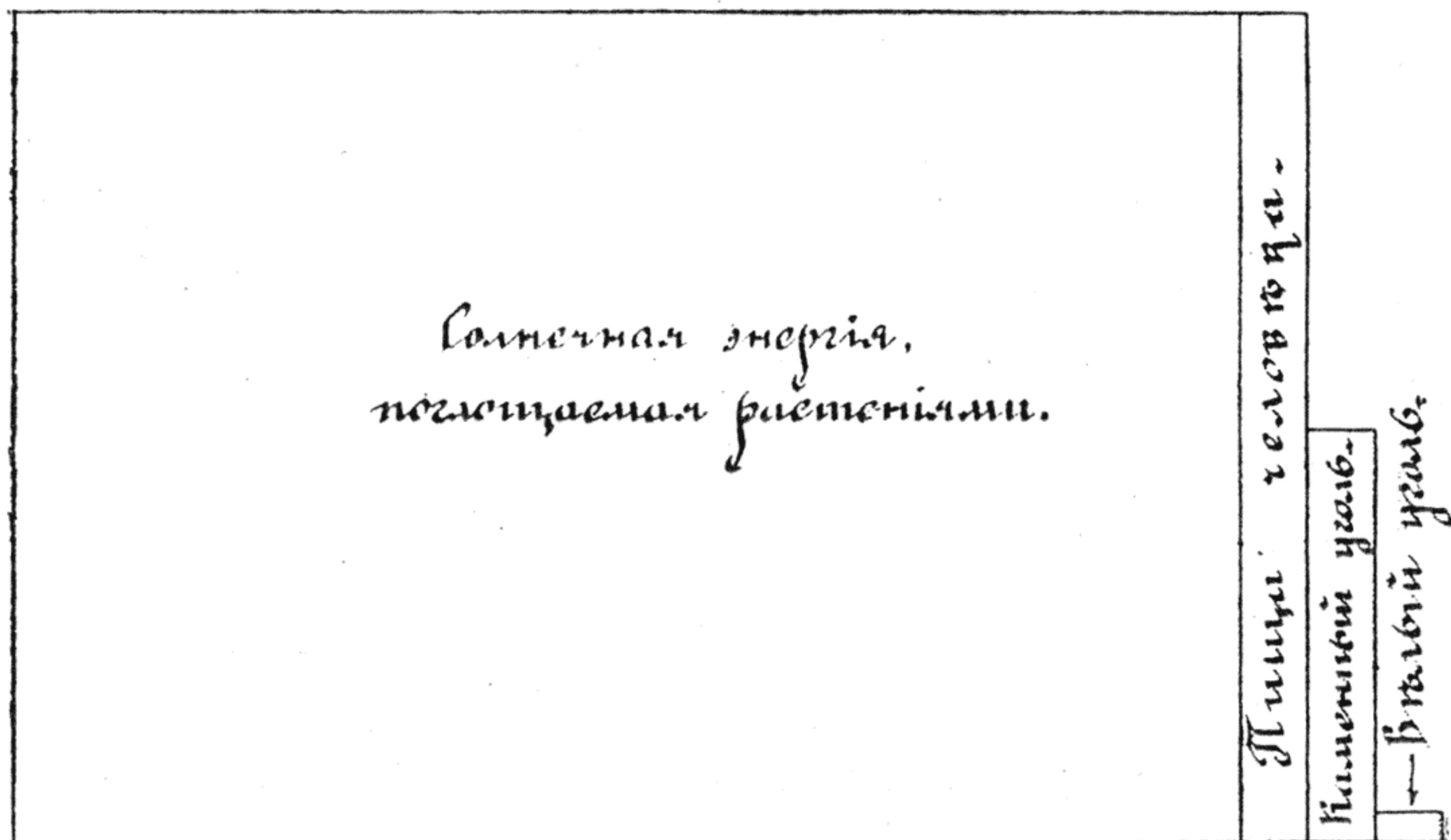
Діаграмма 1. Запасъ каменнаго угля (въ миллиардахъ тоннъ) и количество истраченного угля въ различные эпохи.

измѣнить условія жизни человѣчества даже рѣшеніе задачи о непосредственномъ полученіи работы за счетъ химической энергіи—задачи, такъ удачно, по-

видимому, рѣшаемой живыми организмами и почти не имѣющей подхода къ ней въ физикѣ и химії. Но, если ускореніе потребленія топлива будетъ такимъ же и впредь, какъ это имѣть мѣсто послѣднія десятилѣтія, то лѣтъ черезъ 200—300, какъ показываетъ діаграмма № 1, запасъ каменнаго угля будетъ почти исчерпанъ,—и каменноугольный періодъ жизни человѣчества съ каменноугольными копями, съ покрытыми угольною пылью углекопами и кочегарами, съ коптящими небо трубами паровозовъ, пароходовъ и фабрикъ, съ закопченными машинистами канеть въ вѣчность, и долженъ будетъ смѣниться лучисто-солнечнымъ періодомъ въ жизни человѣчества, періодомъ, когда человѣчество будетъ непосредственно утилизировать лучистую энергию солнца.

Врядъ ли значительно задержитъ наступленіе этой перемѣны въ обиходѣ человѣчества и все развивающееся потребленіе бѣлаго угля, потому что, еслибы даже вся энергія падающей съ неба на всѣ материки воды могла бы быть использована, то человѣчество имѣло бы въ распоряженіи какихъ нибудь 20 миллиардовъ лошадиныхъ силъ; на самомъ же дѣлѣ врядъ ли можно будетъ располагать даже 1—2 миллиардами лошадиныхъ силъ, что даже для современаго населенія земного шара—около 2 миллиардовъ—составляетъ отъ $\frac{1}{2}$ до 1 лошадиной силы на человѣка и при дальнѣйшемъ возрастаніи численности людей эта максимальная доля бѣлой энергіи будетъ еще меньше. Между тѣмъ на одно поддержаніе жизни и работы человѣку нужно въ видѣ пищи около $\frac{3}{4}$ лошадиной силы. Уже теперь въ добавокъ къ этому получается отъ каменнаго угля энергія въ среднемъ

на всякаго обитателя земного шара, въ переводѣ въ механическія единицы, около $\frac{1}{2}$ лошадиной силы, а, напр., въ Соединенныхъ Штатахъ на человѣка приходится около 4 лош. силъ, а въ Англіи—около 3 лош. силъ. Укажу кстати, что при помощи растеній какъ искусственно посѣянныхъ или посаженныхъ, такъ и появившихся безъ участія воли человѣка, земной шаръ поглощаетъ около 30 миллиардовъ лошадиныхъ силъ, т.-е. силъ по 15 на каждого своего нынѣшняго обитателя. Лѣтъ черезъ 200 всѣ эти соотношенія, изображенные на діаграммѣ № 2, вѣроятно значительно измѣнятся. И въ этомъ важнѣйшемъ вопросѣ — вопросѣ о непосредственной

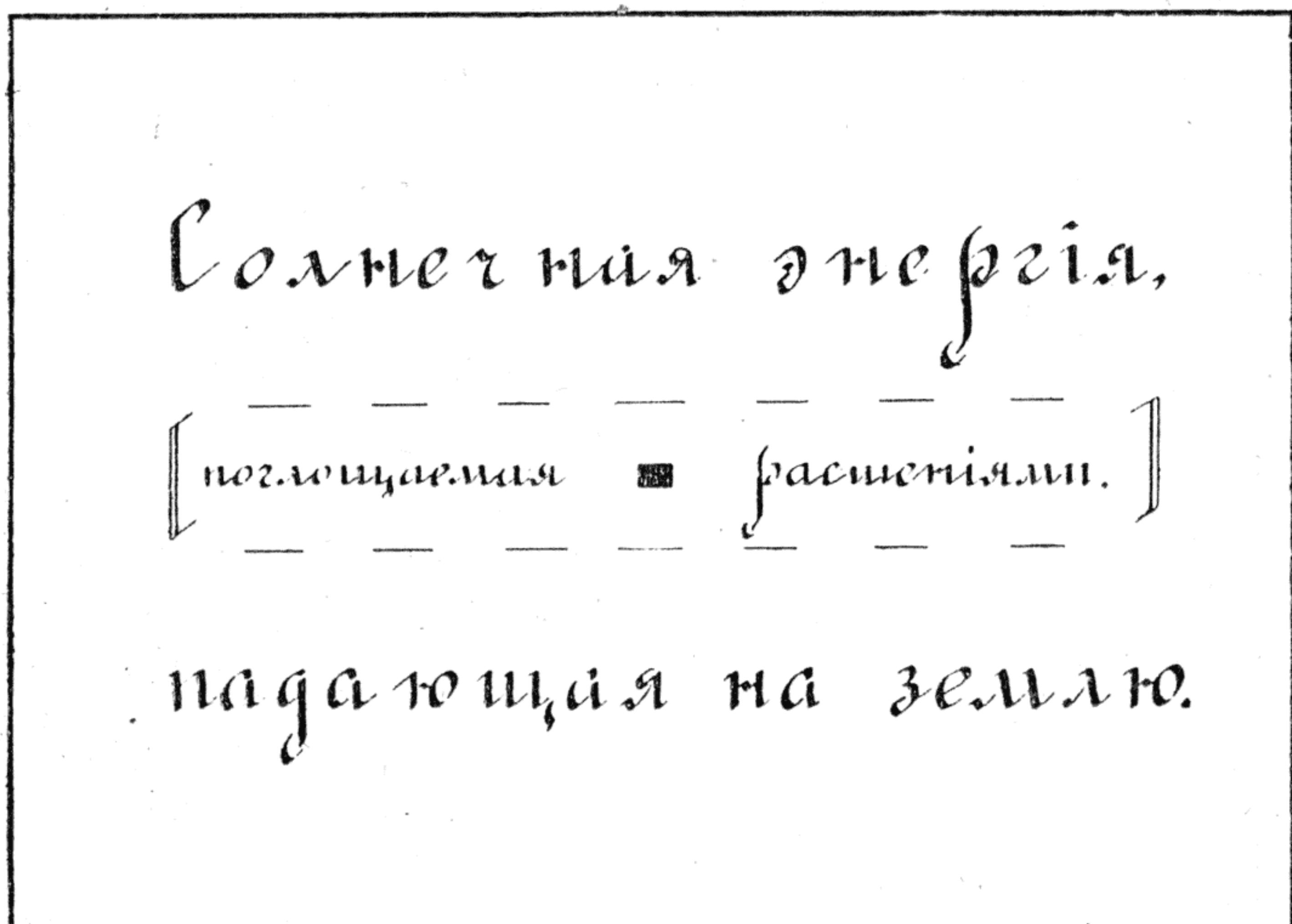


Діаграмма 2.

утилизациі солнечной энергіи, которой растенія теперь перехватываютъ около одной семитысячной доли (см. діаграмму № 3)—физика тоже не отстанетъ отъ

требованій практической жизни, какъ показываютъ, напр., солнечныя силовыя станціи Шумана.

Отъ этихъ пока не требующихъ настоятельнаго рѣшенія задачъ, — задачъ, относящихся къ общимъ условіямъ существованія и жизни человѣчества, какъ цѣлаго, въ его жилищѣ — на поверхности земного шара,— перейду теперь къ тѣмъ не разрѣшеннымъ или недостаточно хорошо рѣшеннымъ задачамъ практической физики, которые относятся къ увеличенію удобствъ этой жизни, къ борьбѣ съ пространствомъ.



Діаграмма 3.

и временемъ, къ возможности сохранять, возстановлять, передавать дѣйствие того или иного физического дѣятеля.

Изъ задачъ, которые современная культура счи-

таетъ достаточно хорошо рѣшенными практически, но которые физика могла бы и можетъ въ случаѣ нужды решить гораздо лучше, меня особенно занималъ вопросъ о сохраненіи тепла. Въ этомъ вопросѣ мы очень недалеко ушли отъ звѣриныхъ шкуръ и землянокъ первобытнаго человѣка. Мы точно также продолжаемъ задерживать усиленную потерю тепла нашимъ тѣломъ, когда оно окружено атмосферою, при помощи закутыванія его въ нѣсколько слоевъ тѣхъ или другихъ тканей по мѣрѣ увеличенія разности температуры нашего тѣла и окружающей среды. Мы точно также продолжаемъ жить въ чрезвычайно пористыхъ сосудахъ для тепла—нашихъ жилищахъ,— лишь усовершенствовавъ способы накачиванія въ эти сосуды тепла и перераспределеніе его въ нихъ. Между тѣмъ было бы, конечно, рациональнѣе задерживать потерю тепла тѣломъ человѣка, не предо-ставляя это тѣло самому себѣ, а окружая его непо-средственно какимъ-нибудь источникомъ тепла, — напр., вплетая въ нити тканей одежды тонкія ме-таллическія проволоки и пропуская по нимъ эле-ктрическій токъ. Я не разъ въ минуты отдыха отъ научной и педагогической работы мечталъ и даже дѣлалъ примѣрные расчеты такой электрической одежды, которая, будучи „теплою“ и легкою одновременно, могла бы имѣть большое значеніе для матросовъ, при полярныхъ путешествіяхъ, при всѣхъ работахъ на морозѣ и, наконецъ, могла бы почти исключить отопленіе жилищъ, которые являлись бы лишь защитою отъ вѣтра и непогоды, но не отъ холода, и въ которыхъ человѣкъ находился бы какъ бы на чистомъ воздухѣ. Не безъ грусти, съ одной

стороны, и съ чувствомъ удовлетворенія, съ другой, я узналъ нѣсколько лѣтъ назадъ, что такая „термоткань“, уже запатентована другими и находить себѣ все большія и большія примѣненія. Мечталъ я и дѣлалъ теоретическіе расчеты — и продолжаю мечтать и дѣлать расчеты — о зданіяхъ, сложенныхъ на желѣзной основѣ изъ сверхъ-пустотѣлыхъ кирпичей, почти лишенныхъ теплопроводности, — изъ стеклянныхъ полыхъ прямоугольныхъ параллелепипедовъ, изъ которыхъ выкачанъ воздухъ, какъ въ сосудахъ Дьюара, — о свѣтлыхъ, прозрачныхъ, легкихъ зданіяхъ, которые не пришлось бы отапливать, а только вентилировать, о зданіяхъ въ которыхъ солнечный свѣтъ (особенно, если стекло будетъ сорта, пропускающаго ультрафіолетовые лучи) не будетъ давать жить зловреднымъ микробамъ. Въ настоящее время, пока топливо дешево, и термоткань, и даже мечты о зданіяхъ типа Дьюара — роскошь, и, вѣроятно, все это и останется роскошью, такъ какъ на смѣну нынѣ дешеваго топлива придется дешевая тепловая энергія, полученная отъ лучистой энергіи солнца.

Правда, въ вопросѣ о томъ, что — роскошь, что — необходимость, трудно что-либо предсказывать. Не желающіе отставать въ непрерывномъ Марафонскомъ бѣгѣ народовъ должны считать для себя необходимостью то, что какой-либо передовой народъ завель себѣ, какъ роскошь. Желѣзныя дороги, электромагнитный телеграфъ, электрическое освѣщеніе, телефонъ, граммофоны, кинематографъ, телеграфъ безъ проводовъ, подводныя лодки, авиація давно ли были безумною роскошью, а не стало ли это все безусловною необходимостью въ каждой культурной странѣ?

Можетъ быть, нашимъ внукамъ, или даже дѣтямъ будуть казаться наивными игрушками наши одноквѣтныя фотографіи, нашъ не стереоскопичный и не сопровождаемый звуками кинематографъ, наши разговоры по телефону, сопровождаемые обильною придачею постороннихъ звуковъ, но не сопровождаемые видѣніемъ нами лица, съ которымъ мы говоримъ, наше пользованіе передачею подписей, рисунковъ, изображеній по проводамъ на большія разстоянія лишь въ исключительныхъ случаяхъ,—какъ намъ кажутся наивными догеротипы нашихъ дѣдовъ, просиживавшихъ по 20 — 30 минутъ предъ аппаратомъ, ихъ стробоскопы, недавніе хриплые граммофоны. Мечты о стереокинематографіи въ натуральныхъ цвѣтахъ и о видѣніи на разстояніи — пока роскошь, но роскошь, къ которой физика проложила уже, если не широкій путь, то узкую тропинку, какъ показываютъ опыты съ „электрическимъ глазомъ“ Бориса Львовича Розинга (С.-Петербургъ) и все ускоряющаяся и ускоряющаяся передача Эдуардомъ Беленомъ (Парижъ) изображеній на разстояніе.

Крупнымъ очереднымъ вопросомъ представляется мнѣ задача о передачѣ энергіи безъ проводовъ — передачѣ, конечно, „направленной“ передачѣ определенному приемнику. Эта задача пока лишь намѣщается въ видѣ передачи тѣхъ минимальныхъ дозъ энергіи, какія улавливаются при беспроволочной телеграфіи, но развѣ физики моего поколѣнія не помнятъ того ошеломляющаго впечатлѣнія, которое произвели на насъ извѣстія о томъ, что резонаторъ въ опытахъ Герца отзывался на искру осцилятора на такомъ гигантскомъ разстояніи, какъ 2 — 3 де-

сятка метровъ? Съ тѣхъ поръ такъ прочно усвоили себѣ Гораціевское „nil admirari“, что, когда мы получимъ извѣстіе о томъ, что одинъ и тотъ же сигналъ съ центральной станціи безпроволочнаго телеграфа принять на всѣхъ соотвѣтствующей чувствительности станціяхъ земного шара, включая станцію у антиподовъ этой центральной станціи, мы отнесемся къ этому, какъ къестественному и вполнѣ ожиданному событию. Точно также мы будемъ сравнительно спокойно ждать отъ физики, что она дастъ возможность передать на десятки, сотни, а можетъ, тысячи километровъ, не какія-нибудь доли эрга энергіи, а десятки, сотни и тысячи лошадиныхъ силъ.

Обдумывая для своей вступительной лекціи всѣ подобныя недостаточно хорошо разрѣшаемыя или недостаточно хорошо разрѣшенныя задачи практической физики, я обратилъ особое вниманіе на задачу передвиженія вещественныхъ тѣлъ, задачу, для которой мнѣ за годъ до этого пришло въ голову новое рѣшеніе,—на задачу, надъ усовершенствованіемъ рѣшенія которой непрерывно трудится цѣлый рядъ дѣятелей теоретической и практической физики, идя къ этому усовершенствованію различными путями. Паровозы и электровозы, электрическія желѣзныя дороги, автомобили, аэросани, пароходы, теплоходы, гидропланы, самодвижущіяся мины; аэропланы, дирижабли; различные системы огнестрѣльнаго оружія и дальнобойныхъ орудій — энергично конкурируютъ другъ съ другомъ на поприщѣ ускоренія передвиженія вещественныхъ тѣлъ.

Если взглянуть на вопросъ о движеніи вещественныхъ тѣлъ, находящихся на земной поверхности,

съ чисто физической точки зрења, то надо отде-
лить движение газообразныхъ и жидкихъ тѣлъ отъ
движения твердыхъ тѣлъ. Газы и жидкости должны
быть передаваемы въ твердыхъ оболочкахъ, такъ что
передается все-таки твердое тѣло, хотя и съ газо-
образнымъ или жидкимъ содержаніемъ. На сравни-
тельно небольшія разстоянія (километры для газовъ,
до нѣсколькихъ десятковъ километровъ для жид-
костей) газы и жидкости передаются также по труб-
камъ, а жидкости—и по каналамъ. Если исключить
изъ разсмотрѣнія эти случаи, то основною задачею
является передача изъ одного мѣста поверхности
земного шара въ другія твердаго тѣла. Всѣ же твер-
дыя тѣла тяжелѣ воздуха, а многія—тяжелѣ воды,
а потому прежде всего надо обратить вниманіе на
дѣйствіе силы тяжести.

Если твердое тѣло находится на твердой поверх-
ности земли, то сила тяжести прижимаетъ его къ
этой поверхности и вызываетъ силу тренія, тѣмъ
большую, чѣмъ больше вѣсъ тѣла. Если нѣть такой
тврдой поддержки, то твердое тѣло стремится опу-
ститься внизъ,—до „дна“ газообразной атмосферы
земного шара, если оно находится въ воздухѣ, до
„дна“ жидкой оболочки земного шара, если оно на-
ходится на водѣ или внутри нея и при томъ тяже-
лѣ воды, взятой въ его объемѣ. Послѣдняя оговор-
ка указываетъ на то средство борьбы съ силою тя-
жести, какое почти исключительно примѣнялось до
XX вѣка. Это средство—вооруженіе противъ силы
тяжести ея самой: ее самое заставляли аэростатиче-
скимъ или гидростатическимъ давленіемъ, оказывае-
мымъ ею на погруженное въ воздухъ или въ воду

(частью или полностью) тѣло, уравновѣшивать вѣсь этого тѣла. Для этого приходилось дѣлать всю поверхность тѣла или значительную ея часть газо или водо-непроницаемою и увеличивать объемъ тѣла, заполняя пространство между стѣнками болѣе легкими, чѣмъ воздухъ или вода, материалами. Но въ послѣднія 10—20 лѣтъ стали бороться съ силою тяжести силою инерціи, стали пользоваться не только третьимъ закономъ движенія „украшенія рода человѣческаго“, безсмертнаго Ньютона, „actioni semper aequalem esse et contrarium reactionem“ (дѣйствію всегда равно и противоположно противодѣйствіе), но и первыми двумя его законами. Первый гласитъ: „Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi и т. д. (Каждое тѣло упорствуетъ въ своемъ состояніи покоя); второй гласитъ: „Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae et fieri secundum lineam rectam qua vis illa in primitur“ („изменение движенія пропорционально движущей силѣ и происходитъ по прямой, по которой эта сила прилагается“). Поэтому, чтобы сдвинуть съ мѣста нѣкоторую покоющуюся часть воздуха или воды, нужно приложить къ ней силу, направленную въ сторону намѣченаго движенія,—и, по третьему закону Ньютона, тому, что прилагаетъ эту силу, придется испытать со стороны приводимаго въ движеніе воздуха или воды силу—силу инерціи, направленную въ противоположную сторону, т. е. въ сторону, противоположную намѣченному движенію. Если твердое тѣло движется горизонтально по воздуху или по водѣ, то оно должно испытывать со стороны воздуха или воды силу сопротивленія, направленную тоже

горизонтально въ направлениі, прямо противоположномъ направлению движенія твердаго тѣла. Если это тѣло подставляетъ воздуху или водѣ не вертикальную поверхность, а поверхность, отогнутую отъ вертикали въ сторону движения въ верхней своей части, то на эту поверхность,—а чрезъ ея посредство на все движущееся тѣло—дѣйствуетъ составляющая силы инерціи воздуха или воды, направленная вверхъ. Эта составляющая тѣмъ успѣшнѣе борется съ силою тяжести, чѣмъ больше ускореніе, сообщаемое движущимся тѣломъ попадающимся ему на пути частицамъ воздуха или воды, — другими словами, чѣмъ больше скорость этого движущагося тѣла. Движеніе по воздуху тѣль тяжелѣе воздуха аэроплановъ,—движение по поверхности воды тѣль, тяжелѣе воды—гидроплановъ—основано именно на этомъ искусствомъ пользованіи силою инерціи, представляющемъ какъ бы воплощеніе принципа „въ борьбѣ обрѣтешь ты силу свою“.

Съ силою тяжести борятся въ тѣхъ случаяхъ, когда хотятъ обеспечить долговременное и сколь угодно долгое движение по горизонтальному или мало отклоняющемуся отъ горизонтального направлению, когда хотятъ сохранить и величину и направление скорости движущагося тѣла. Если же важенъ лишь самый фактъ возможно быстрой однократной передачи вещественнаго тѣла изъ одного мѣста въ другое, то обыкновенно любезно представляютъ силы тяжести дѣлать свое дѣло—заставлять тѣло равномѣрно ускоренно приближаться къ земной поверхности,—но стараются не дать ей времени на это ея пагубное дѣло, возможно увеличивая

составляющую скорости движенія тѣла по горизонтальному направлению. Въ самомъ дѣлѣ, движущееся въ нѣкоторый моментъ со скоростью v по горизонтальному направлению тяжелое твердое тѣло отклоняется мало по малу отъ этого направленія, и постоянная быстрота возрастанія тангенса угла наклона его траекторіи къ горизонту обратно пропорціональна скорости v (а именно равна v/g , гдѣ g —ускореніе силы тяжести). Поэтому и стремятся, такъ сказать, не дать опомниться движущемуся тѣлу или, скрѣе, не дать опомниться дѣйствующей на него силѣ тяжести, не дать ей времени подѣйствовать.

Для этого первобытный человѣкъ напрягалъ всѣ силы своихъ мускуловъ, чтобы придать возможно большую скорость камню, брошенному имъ или непосредственно рукою, или посредствомъ лука или пращи, а современное человѣчество изобрѣтаетъ освобождающія все большія и большія количества энергіи при томъ же объемѣ взрывчатыя вещества и, удлиняя дула орудій, заставляетъ получающіеся сильно сжатые и раскаленные газы дѣйствовать на все большемъ и большемъ протяженіи на выбрасываемый ими снарядъ. При этомъ способѣ передвиженія вещественныхъ тѣлъ довольствуется тѣми громадными начальными скоростями, которыя имъ придаютъ, — скоростями, приближающимися у большихъ орудій почти къ 2 километрамъ въ секунду. Еслибъ такая скорость могла сохраняться въ теченіе одной минуты, то пройденный путь превысилъ бы сотню километровъ, но за минуту сила тяжести понизила бы траекторію такого движущагося тѣла километровъ на 17. На самомъ же дѣлѣ раз-

стояніе, на какое бываютъ такія орудія, не превышаетъ 40—50 километровъ, — и одна изъ причинъ этого есть довольно быстрое убываніе первоначально приданной снаряду скорости вслѣдствіе значительнаго сопротивленія воздуха—значительной силы инерціи расталкиваемыхъ снарядомъ частицъ воздуха, которую снаряду приходится преодолѣвать.

Съ этою же силою инерціи среды, въ которой движется твердое тѣло, приходиться считаться и при всякомъ быстромъ движеніи по твердой поверхности земли, но еще болѣе—при движеніи по водѣ или въ водѣ и при движеніи въ воздухѣ. Поэтому, если хотятъ сохранять скорость движенія постоянною, то должны производить постоянную трату энергіи на преодолѣніе этой силы „сопротивленія среды“, къ которой—при движеніи по твердой поверхности земли—присоединяется сила тренія о путь. Не буду даже упоминать о тѣхъ ухищреніяхъ и изощреніяхъ человѣческой изобрѣтательности, которые направлены къ возможному увеличенію быстроты этой траты энергіи и къ тратѣ ея съ возможно большимъ увеличеніемъ получающейся при этомъ скорости движущагося поѣзда, автомобиля, корабля, дирижабля, аэроплана и т. п. Скажу лишь, что рекордныя скорости наиболѣе быстрыхъ изъ такихъ способовъ непрерывнаго сообщенія, а не однократнаго перемѣщенія, лежатъ пока вблизи 200 километровъ. въ часъ, т.-е. около 3 километровъ въ минуту или всего 50 метровъ въ секунду, что во много разъ меньше скоростей даже пули изъ винтовки.

Чтобы исчерпать вопросъ этотъ съ общихъ физическихъ точекъ зрѣнія, остановлюсь еще на точ-

кахъ опоры, къ которымъ приходится прилагать силу въ указанныхъ случаяхъ непрерывнаго движенія, такъ какъ преодолѣваемыя силы—сила сопротивленія среды и сила внѣшняго тренія (при движении по твердымъ тѣламъ,—являются силами, такъ сказать, отрицательнаго характера, возникаютъ при движениі твердаго тѣла и являются приложенными къ нему же.

При всѣхъ перечисленныхъ способахъ сообщенія точку опоры получаютъ, прибѣгая къ той же силѣ, которую преодолѣваютъ. При движениі по твердому тѣлу прибѣгаютъ къ той же силѣ тренія, ибо обращеніе, напр., къ силѣ упругости, сказавшееся въ устройствѣ зубчатыхъ колесъ и зубчатыхъ рельсъ при первыхъ опытахъ примѣненія паровыхъ желѣзныхъ дорогъ, отошло, вообще говоря, въ область преданій, оставшись (какъ и тяга стальными канатами и т. п.) почти лишь въ случаѣ крутыхъ подъемовъ; теперь же колеса заставляютъ катиться по рельсамъ, пользуясь тою же силою тренія, которая не должна быть при этомъ настолько мала, чтобы колеса скользили по рельсамъ. Точно также при движениі по водѣ или внутри воды или воздуха, чтобы преодолѣвать силу инерціи встрѣчныхъ частей среды, отбрасываютъ назадъ со значительно большею скоростью—при помощи лопастей весель, лопатокъ колесъ пароходовъ, посредствомъ различныхъ гребныхъ винтовъ и т. п.—частицы той же среды и заставляютъ силу инерціи этихъ отбрасываемыхъ назадъ частицъ толкать впередъ движущееся тѣло,—и въ этихъ отбрасываемыхъ назадъ и постоянно смѣняющихся массахъ находятъ точку

опоры. Наличность повсюду въ средѣ этихъ точекъ опоры даетъ возможность перемѣщаться въ любомъ направленіи и придаетъ значительно большую свободу передвиженію по водѣ и особенно по воздуху, чѣмъ по твердой оболочкѣ земного шара.

Но принципъ „чѣмъ ушибся, тѣмъ и лѣчись“, „similia similibus curantur“, какъ въ житейскомъ обиходѣ, такъ и въ медицинѣ далеко не всѣми признается идеальнымъ,—и почти исключительное пользованіе этимъ принципомъ въ вопросѣ о возможно болѣе быстрой передачѣ твердыхъ тѣлъ—животрепещущемъ вопросѣ для современныхъ людей, торопящихся возможно полноѣ использовать свое кратковременное существованіе на земномъ шарѣ,—бросалось мнѣ въ глаза, когда я обдумывалъ, что дала физика человѣчеству и что еще можетъ и должна дать. Мнѣ тогда же представилось возможнымъ совершенно иное рѣшеніе того же вопроса,—и результаты своихъ послѣднихъ теоретическихъ и экспериментальныхъ попытокъ въ этомъ направленіи я и позволю себѣ изложить здѣсь.

Меня поразила заброшенность второй части первого закона Ньютона „Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum nisi quatenus illud a viribus impressis cogitur statum suum mutare“ (каждое тѣло упорствуетъ въ своемъ состояніи покоя или равномернаго прямолинейнаго движенія пока приложенными къ нему силами оно не будетъ принуждено измѣнить свое состояніе),—поразило отсутствіе попытокъ использовать это упорство въ сохраненіи постоянства величинъ и направленія скорости

движущагося поступательно тѣла (упорство въ сохраненіи угловой скорости у вращающагося тѣла находить все большія и большія примѣненія). Чтобы использовать это упорство у движущагося поступательно тѣла, надо поставить движущееся тѣло въ такія условія, чтобы оно вовсе не встрѣчало сопротивленія, чтобы было немыслимо, что „*illud a viribus impressis cogitur statum suum mutare*“, что „оно приложенными къ нему силами принуждается изменить свое состояніе“. Для этого надо поступить радикально: избавиться отъ этихъ силъ—силы сопротивленія среды и силы внѣшняго тренія о путь. (Силу „внутренняго тренія“ другъ о друга слоевъ среды, движущихся съ различною скоростью, можно, хотя это по существу дѣла и неправильно, приключить къ силѣ сопротивленія среды),

Силы внѣшняго тренія почти нѣть при движениіи твердаго тѣла по водѣ и воздуху, силы сопротивленія нѣть при движениіи твердаго тѣла въ пустотѣ или почти нѣть—въ весьма разрѣженномъ воздухѣ, какъ это имѣеть мѣсто, напр., при пневматической почтѣ, но при движениіи по водѣ и воздуху неизбѣжно сопротивленіе среды, ибо иначе нѣть и точекъ опоры. Поэтому воду и воздухъ надо отбросить, если мы ищемъ идеальный путь. При движениіи же въ трубѣ съ пустотою неизбѣжно, повидимому, треніе о дно трубы, такъ какъ ничто не уравновѣшиваетъ тамъ силы тяжести. Но послѣдняя неизбѣжность—лишь кажущаяся, потому что съ силою тяжести можно успѣшно бороться не только при помощи нея самой, какъ въ обычныхъ корабляхъ и въ воздушныхъ корабляхъ, не только при помощи

силы инерціи, какъ въ аэропланахъ. Силѣ тяжести весьма успешно могутъ противостоять, ее весьма успешно могутъ преодолѣвать, напр., силы магнитные и электромагнитныя.

Возьмемъ, напр., стеклянную трубку съ желѣзнымъ шарикомъ и будемъ водить надъ ней магнитомъ. Желѣзный шарикъ будетъ кататься по полу трубки, но съ меньшимъ давленіемъ на ея нижнюю часть, а, слѣдовательно и съ меньшимъ треніемъ объ нее. Приблизимъ магнитъ еще болѣе,—и шарикъ будетъ теперь двигаться по потолку этой трубки. Правда, мы мало выиграли бы такимъ способомъ, потому что треніе объ полъ мы замѣнили треніемъ о потолокъ. Возьмемъ теперь большую катушку изолированной мѣдной проволоки поставимъ ее вертикально помѣстимъ подъ нею этотъ желѣзный стержень, вводя его верхушку внутрь катушки. Пропустимъ чрезъ эту катушку, чрезъ этотъ соленоидъ постоянный электрическій токъ отъ станціи,—и стержень энергично втягивается внутрь него, и, совершивъ нѣсколько колебаній вверхъ и внизъ, повисаетъ внутри него на невидимыхъ силовыхъ магнитныхъ линіяхъ, какъ виситъ, по вѣрованіямъ магометанъ, въ Меккѣ гробъ Пророка.

Этотъ опытъ и навелъ меня на мысль объ идеальномъ „безвоздушномъ электрическомъ пути“, по своему принципу совершенно отличномъ отъ обычныхъ способовъ сообщенія. Пустимъ тѣло желѣзное или съ желѣзными стѣнками — въ горизонтальномъ направлениі въ горизонтальной трубѣ, изъ которой выкачанъ воздухъ и въ которой такимъ образомъ уничтожено сопротивленіе среды. А чтобы

не было тренія о дно, будемъ поддерживать это ле-
тящее въ этой пустотѣ тѣло при помощи магнитовъ,
электромагнитовъ или соленоидовъ съ токомъ, под-
регулированныхъ такъ, чтобы этотъ заколдованный
вагонъ не касался дна и не подтягивался къ самому
потолку,—и тогда вагону не придется преодолѣвать
какія-либо силы, и онъ будетъ продолжать безко-
нечно свое движение, не измѣня ни величины, ни
направленія своей скорости.

Нѣтъ воздуха—нѣтъ сопротивленія среды, нѣтъ
касанія ко дну или потолку трубы—нѣтъ виѣшняго
тренія, нейтрализована сила тяжести,—и разъ полу-
чившее скорость тѣло мчится дальше съ этою ско-
ростью, не мѣня ея. И нѣтъ теоретически предѣ-
ловъ скорости — если исключить изъ разсмотрѣнія
электромагнитную инерцію, которая полагаетъ пре-
дѣлъ достижимымъ скоростямъ движенія веществен-
ныхъ тѣлъ, равный скорости свѣта, а въ нашемъ
случаѣ вызываетъ индукціонные токи Фуко, задер-
живающее влияніе которыхъ можетъ быть сдѣлано
практически сколь угодно малымъ соотвѣтственнымъ
раздѣленіемъ металлическихъ массъ, — нѣтъ предѣ-
ловъ достижимыхъ скоростей, и не надо никакой
энергіи, чтобы поддерживать скорость постоянною.

Вотъ та простая мысль, которая лежитъ въ осно-
вѣ моихъ попытокъ, мысль, которая приводить къ
своего рода *perpetuum mobile*, но къ такъ назы-
ваемому *perpetuum mobile* второго рода. Это не про-
тиворѣчащий закону сохраненія энергіи вѣчный дви-
гатель, совершающій работу безъ сообщенія ему энергіи,
а находящееся въ полномъ согласіи съ первымъ за-
кономъ Ньютона вѣчно движущееся тѣло, примѣровъ

которымъ мы видимъ сколько угодно въ солнечной и другихъ звѣздныхъ системахъ. При осуществлениі такого безвоздушнаго электрическаго пути къ существующимъ тремъ способамъ передвиженія—по землѣ, по водѣ, по воздуху,—прибавился бы четвертый, по наиболѣе идеальной средѣ,—эфиру.

Для того, чтобы предлагаемый мною принципъ сталъ понятнѣе, перейду безъ дальнѣйшихъ окличностей къ описанію той формы, въ какой мнѣ на основаніи различныхъ соображеній и расчетовъ и нѣкоторыхъ лабораторныхъ изысканій рисуется возможное практическое его приложеніе.

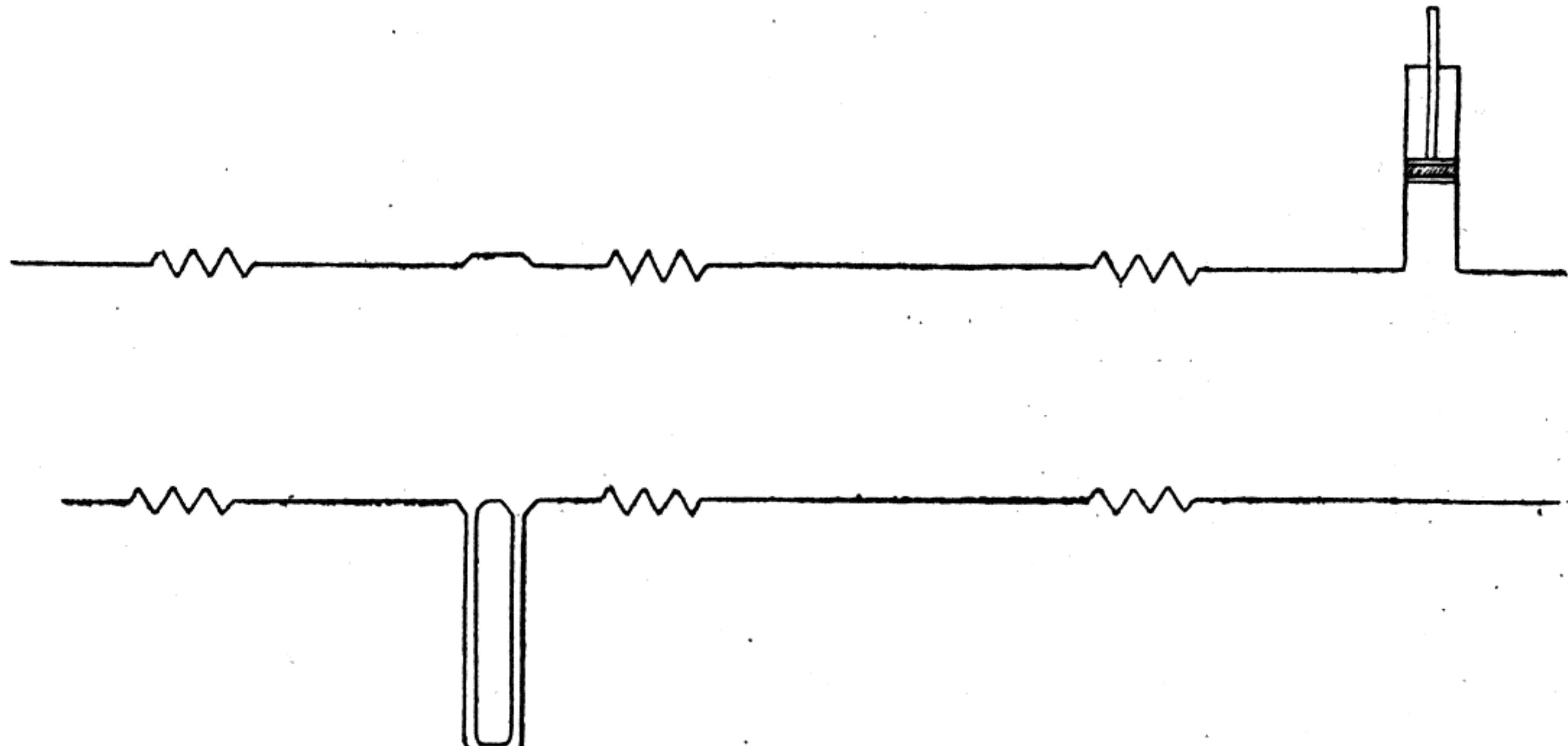


Рис. 4. Часть трубы.

Самый путь — металлическая труба, изъ отдѣльныхъ звеньевъ (рис. 4), герметически соединенныхъ другъ съ другомъ гармоникообразными соединеніями (вродѣ тѣхъ, какія примѣняются въ гибкихъ паровыхъ котлахъ), которые позволяли бы звеньямъ трубы измѣнять свою длину при измѣненіи внѣшней температуры. Диаметръ трубы, если бы безвоздушный электрическій путь предназначался для перевозки

не только грузовъ, но и людей, долженъ замѣтно превышать діаметръ человѣческаго тѣла, и долженъ быть не менѣе сантиметровъ 90. На извѣстныхъ разстояніяхъ должны быть соединенія этой трубы съ насосами, которые поддерживали бы внутри нея достаточное разрѣженіе, такъ какъ герметичность не можетъ быть вполнѣ совершенною. Точно также на извѣстныхъ интервалахъ—въ 1—2 км.—труба должна быть снабжена боковыми камерами съ заслонами, при перемѣщеніи которыхъ внутрь трубы соответственная часть ея могла бы быть герметически отдѣлена отъ остальной. Такое отдѣленіе необходимо въ случаѣ ремонта, остановки вагона и т. п.

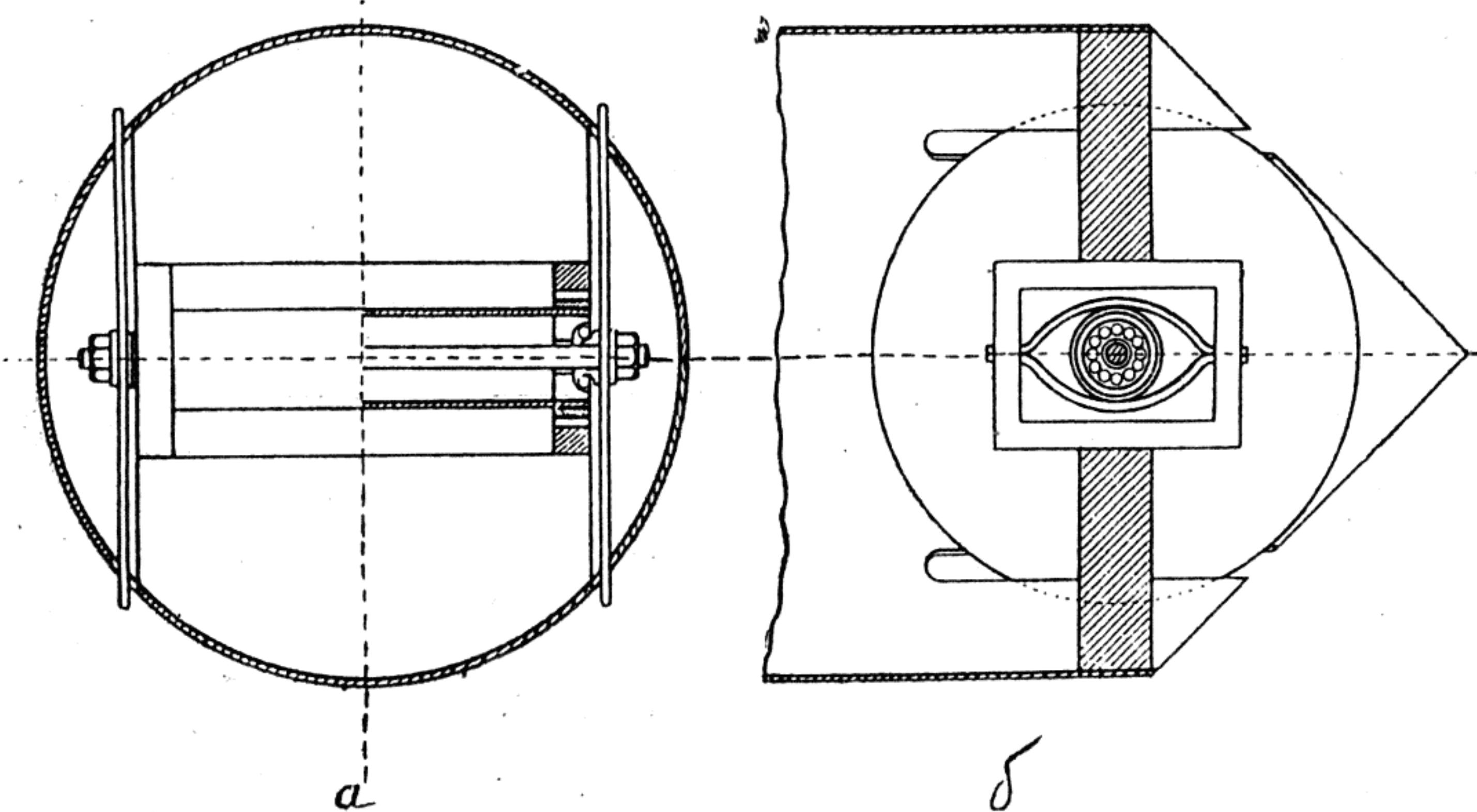


Рис. 5. Колеса вагона.

Вагоны для безвоздушного электрическаго пути—тѣла вращенія (напр., цилиндры съ коническими концами), съ желѣзными стѣнками, болѣе толстыми сверху и съ боковъ, чѣмъ снизу. Вагонъ имѣть сверху или сбоку дверцу, которая можетъ быть тоже закрыта герметически. Для перевозки людей вагонъ

долженъ имѣть соотвѣтствующія приспособленія, какъ-то: мягкие тюфяки, электрическія лампочки съ аккумуляторами для нихъ, снаряды для поглощенія углекислоты, запасъ кислорода. Для періодовъ, когда вагонъ находится въ покоѣ, а также на случай слишкомъ большого приближенія къ верхней или нижней

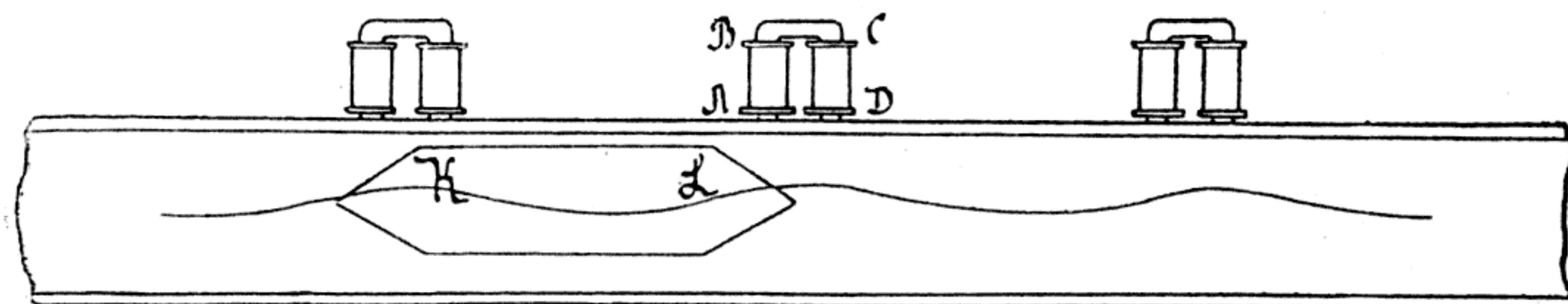


Рис. 6. Нормальные поддерживающіе электромагниты.

части трубы вагонъ снабжается колесами, ободъ которыхъ нѣсколько выдается надъ и подъ вагономъ, если смотрѣть на вагонъ спереди (рис. 5а). Подшипники (шариковые)—на рессорахъ (рис. 5б) для уменьшенія рѣзкости толчка при прикосновеніи колесъ къ верхней или нижней части трубы.

Чтобы движеніе совершилось безъ касанія ко дну, надъ трубою помѣщаются электромагниты (рис. 6), поддерживающіе на горизонтальныхъ и прямыхъ частяхъ пути, о которыхъ я буду пока говорить, вагонъ на той же средней высотѣ надъ горизонтомъ. Разстояніе a между серединами двухъ послѣдовательныхъ электромагнитовъ должно превышать разстояніе b между полюсами электромагнита во столько разъ, во сколько разъ средняя при различномъ относительномъ положеніи полюсовъ A , D электромагнита и верхней части вагона — сила притяженія F между полюсами и вагономъ превышаетъ вѣсъ P вагона. Траекторія центра инерціи вагона представ-

ляетъ собою волнистую линію, высота гребней и глубина долинъ которой будеть тѣмъ меньше, чѣмъ больше скорость вагона (около 1 стм. при той скорости въ 220 метровъ въ секунду = 800 километровъ въ часъ, для какой я вель расчетъ). Любопытно, что равенство высоты гребня и глубины долины обусловливается лишь наличностью отношенія

$$a : b = F : P \quad (1)$$

и не зависитъ отъ скорости v вагона. Чѣмъ больше эта скорость v , тѣмъ меньше то паденіе центра инерціи по вертикали, какую получилъ бы онъ, проходя свободно разстояніе a , но за то тѣмъ меньше и скорость, какую пріобрѣтаетъ онъ въ вертикальномъ направлениі вверхъ подъ влияніемъ силы притяженія одного электромагнита, пробѣгая подъ нимъ. Въ самомъ дѣлѣ, чѣмъ больше скорость v , тѣмъ меньше времени прохожденія вагономъ разстоянія между электромагнитами, но тѣмъ меньше и время пребыванія вагона подъ полюсами электромагнита, и оба эти промежутка времени измѣняются одинако при измѣненіи скорости v .

Тѣмъ не менѣе чрезвычайно важно постоянство скорости v , такъ какъ при различіи ея у различныхъ вагоновъ могутъ на длинномъ пути произойти такія измѣненія разстояній между послѣдовательными отдѣльными вагонами, какія приведутъ къ столкновеніямъ.

Поддерживающіе электромагниты должны включаться въ цѣнь лишь при приближеніи къ нимъ вагона и лишь на то чрезвычайно малое время —

долю секунды, какое вагонъ пролетаетъ мимо нихъ. Благодаря этому даже при большой частотѣ слѣдованія вагоновъ другъ за другомъ (я вель разсчетъ на 12 вагоновъ въ минуту, что соотвѣтствуетъ разстоянію между ними въ пути въ 1 километръ) токъ проходилъ бы по обмоткѣ электромагнитовъ незначительную долю всего времени, и обмотка можетъ быть сдѣлана изъ сравнительно малаго числа витковъ проволоки и пропускать токъ плотности, совершенно недопустимой при обычныхъ условіяхъ.

Но даже на идеально прямой и горизонтальной части пути невозмжно сохраненіе постоянства средняго направленія скорости центра инерціи вагона, потому, что сила притяженія электромагнитомъ якоря измѣняется съ измѣненіемъ разстоянія r между ними (при значительныхъ r —отъ 1 до 8% разстоянія b между полюсами—приблизительно обратно пропорціонально корню квадратному изъ r , какъ показали наши лабораторные опыты). Вслѣдствіе этого малѣйшее отклоненіе вверхъ или внизъ отъ той траекторіи, которая соотвѣтствуетъ условію (1), будетъ наростать по мѣрѣ прохожденія подъ слѣдующими электромагнитами, и вагонъ постепенно станетъ задѣвать своими колесами верхнюю или нижнюю поверхность трубы.

Для устраненія подобной возможности, которая привела бы къ остановкѣ движенія и закупоркѣ пути, и для достиженія того, чтобы вагонъ имѣлъ лишь поступательное движеніе вдоль горизонтальной оси трубы, необходимо принять мѣры къ устраниенію слѣдующихъ нежелательныхъ движеній вагона:

1. поступательныхъ движеній въ горизонтальной плоскости, но перпендикулярныхъ къ оси трубы;

2. поступательныхъ движеній въ вертикальной плоскости;
3. вращательныхъ движеній вокругъ вертикальной оси, проходящей чрезъ центръ инерціи вагона;
4. вращательныхъ движеній вокругъ горизонтальной оси, проходящей черезъ центръ инерціи вагона и перпендикулярной къ его длинѣ.

Что касается до вращательныхъ движеній вокругъ продольной оси, то они будутъ уничтожаться сами собою тѣмъ, что центръ инерціи будетъ расположенъ ниже горизонтальной плоскости, проходящей чрезъ геометрическую ось вагона, а сила подтягивающихъ магнитовъ будетъ дѣйствовать на верхнюю часть вагона.

По отношенію ко всѣмъ перечисленнымъ явленіямъ вагонъ безвоздушного электрическаго пути представляеть собою, съ механической точки зрењія свободное тѣло—и каждое изъ такихъ движеній, начавшись продолжается дальше съ неизмѣнною—линейною или угловою—скоростью.

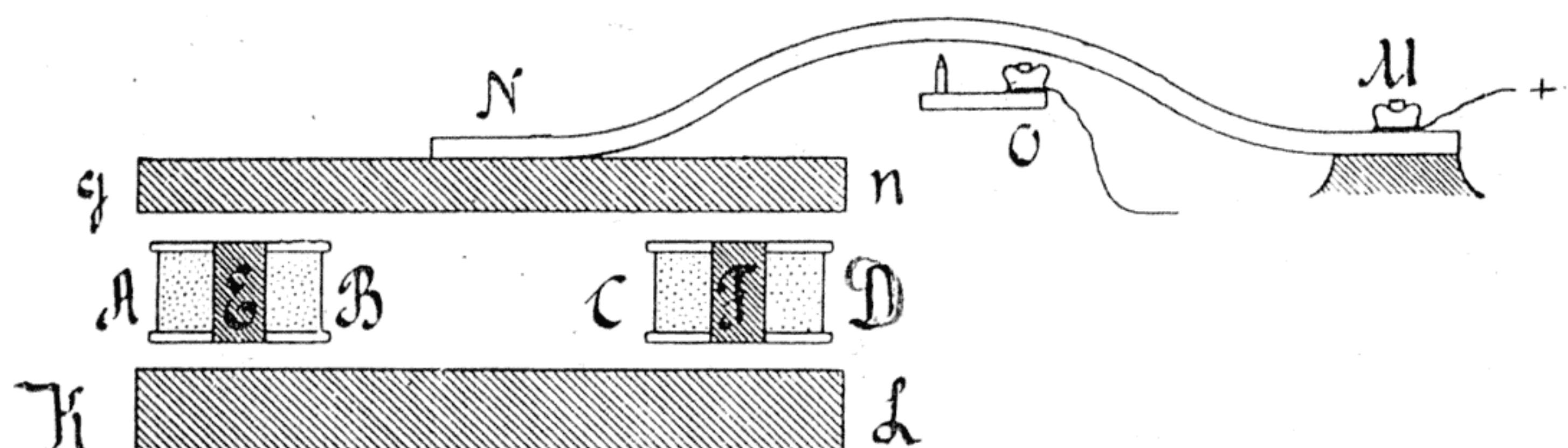


Рис. 7. Сигнальное приспособлене.

Для устраненія этихъ нежелательныхъ скоростей нужны особые добавочные электромагниты, включаемые въ цѣль въ случаѣ наличности этихъ нежелательныхъ движеній, а потому необходимы такія

сигнальныя приспособленія, которыя какъ бы указывали этимъ добавочнымъ электромагнитамъ на необходимость приступить къ выполненію своихъ обязанностей или, проще говоря, включали бы ихъ въ цѣль при обнаружениі тѣхъ или другихъ особенностей движенія улетящаго мимо этихъ сигнальныхъ приспособленій вагона, не касаясь его и не задерживая такимъ образомъ его движенія. Такое сигнальное приспособленіе должно чувствовать приближеніе къ нему желѣзной массы и замыкать токъ въ нужной намъ цѣпи (напр., въ особомъ рэлэ) когда эта масса приближается къ нему на достаточно малое разстояніе.

Такимъ сигнальнымъ приспособленіемъ могъ бы, напр., быть электромагнитъ типа, изображенаго на рис. 7. Желѣзные стержни *E* и *F* окружены катушками *AB* и *CD*, по которымъ идетъ токъ, и имѣютъ вблизи себя укрепленный на пружинѣ *NM* кусокъ мягкаго желѣза *GH*. Когда вблизи катушекъ *AB* и *CD* оказывается желѣзная стѣнка *KL* вагона, намагничение сердечниковъ *E* и *F* увеличивается, притяжение между ними и якоремъ *GH* возрастаетъ,— и пружина *NM* отгибается и, касаясь острія *O*, замыкаетъ токъ.

Трудно сказать, эта система или какая нибудь другая изъ придуманныхъ и отчасти испробованныхъ мною на лабораторномъ опытѣ системъ подобныхъ сигнальныхъ приспособленій окажется наиболѣе подходящею при тѣхъ гигантскихъ скоростяхъ порядка 200 метровъ въ секунду, какія желательно осуществить, но которыя были недоступны при ограниченности условій лабораторныхъ опытовъ, но во

всякомъ случаѣ несомнѣнно эта задача вполнѣ разрѣшима.

При помощи такихъ сигнальныхъ приспособленій возможно исправлять обнаружившіяся нежелательные движения вагона.

Такъ, напр., для уничтоженія полученныхъ поступательныхъ, но перпендикулярныхъ къ оси трубы движений въ горизонтальной плоскости можно помѣстить съ боковъ трубы на равныхъ—довольно большихъ—разстояніяхъ по два добавочныхъ электромагнита—*A* и *C* на рис. 8 изображающемъ кусокъ трубы въ планѣ,—и кроме того по шесть сигнальныхъ приспособленій—*a*, *b*, *c* и *d* съ боковъ трубы и *e* и *f*—съ верху. Эти приспособленія соединены съ соответствующими рубильниками для тока, идущаго въ электромагниты *A* и *C* такъ, чтобы:

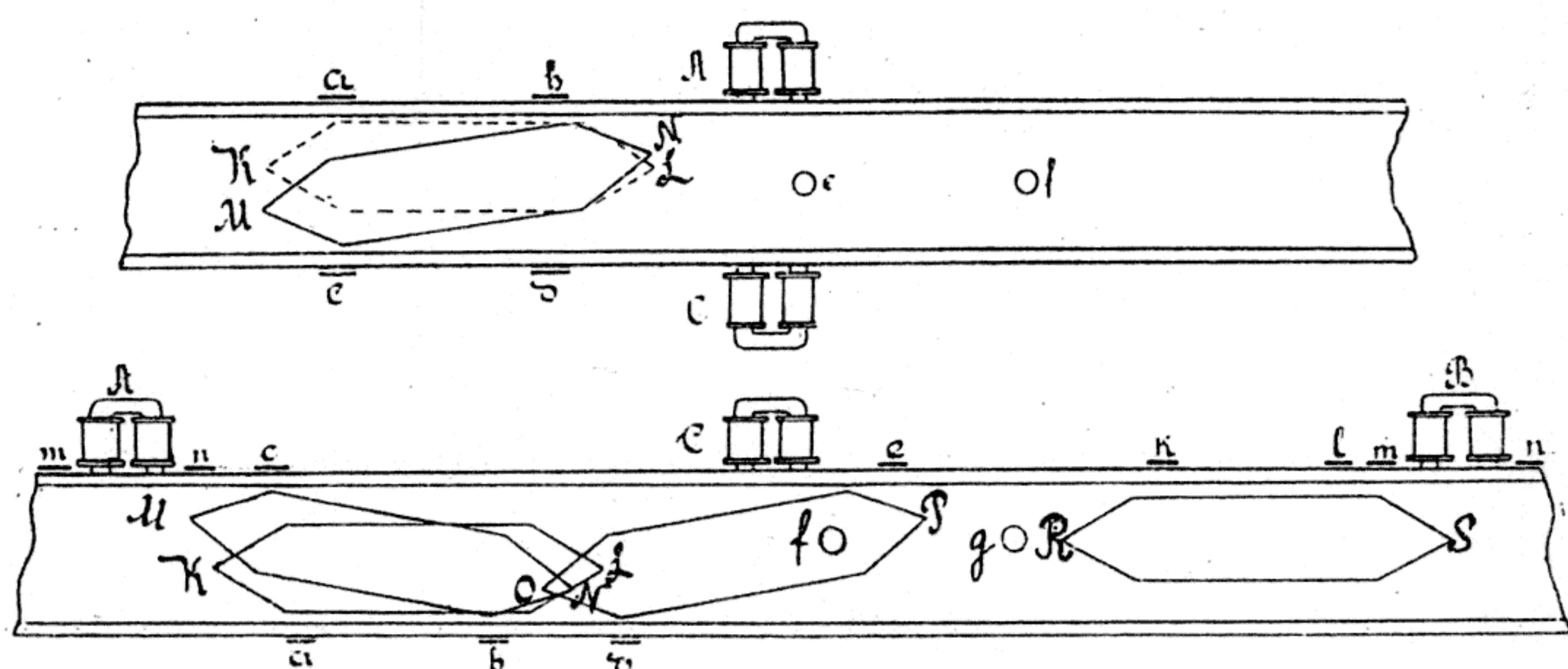


Рис. 8 и 9. Регулирующіе боковые и верхніе электромагниты.

1. при приближеніи вагона къ *a* и *b* одновременно (положеніе вагона—*KL*; отклоненія отъ средняго положенія сильно преувеличены) или при приближеніи къ *c* и *b* одновременно (положеніе *MN*) замыкается токъ въ электромагнитъ *C*;

2. при приближеніи вагона къ *c* и *d* одновременно или къ *a* и *d* одновременно замыкается токъ въ электромагнитѣ *A*;

3. при приближеніи вагона къ *e* размыкается токъ въ электромагнитѣ *A*, если онъ былъ замкнутъ отъ одновременаго дѣйствія сигнальныхъ приспособленій *a* и *d*, или въ электромагнитѣ *C*, если токъ былъ замкнутъ отъ одновременаго дѣйствія сигнальныхъ приспособленій *c* и *b*;

4. при приближеніи вагона къ *f* размыкается токъ въ электромагнитѣ *A*, если онъ былъ замкнутъ отъ одновременаго дѣйствія сигнальныхъ приспособленій *c* и *d*, или въ электромагнитѣ *C*, если токъ былъ тамъ замкнутъ отъ одновременаго дѣйствія сигнальныхъ приспособленій *a* и *b*.

Не останавливаясь на подробностяхъ схемы соединеній, осуществляющей эти требованія, укажу лишь, что этимъ—при соответствующихъ расположенияхъ и разстояніяхъ сигнальныхъ приспособленій—достигается то, что электромагнитъ *A* или электромагнитъ *C* дѣйствуетъ оттягивающе на всемъ протяженіи перемѣщенія около него вагона въ тѣхъ случаяхъ, когда нужно уничтожить поступательное движение вагона къ противоположной стѣнкѣ, и что электромагнитъ *A* или электромагнитъ *C* дѣйствуетъ преимущественно заворачивающе—до тѣхъ поръ, пока, напр., не поровняется съ нимъ средина вагона,—въ тѣхъ случаяхъ, когда нужно уничтожить вращательное движение вагона вокругъ вертикальной оси.

Для уничтоженія поступательнаго движенія внизъ и вращательныхъ движеній въ вертикальной плос-

кости между нормальными подтягивающими электромагнитами A , B (рис. 9, вертикальный разрезъ) помѣщаются на нѣкоторыхъ—тоже довольно большихъ—разстояніяхъ регулирующіе подтягивающіе электромагниты C , каждый изъ которыхъ окаймленъ, напр., 7 сигнальными приспособленіями: тремя — a , b , d на рис. 9—снизу, двумя — c и e —сверху и двумя — f и g съ одного изъ боковъ. Эти приспособленія соединяются съ соответствующими рубильниками такъ, что:

- 1) при приближеніи вагона къ a и b одновременно—положеніе KL на рис. 9—электромагнитъ C включается на все время прохожденія вагона мимо него, т.-е. до воздействиія вагона на приспособленіе g ;
- 2) при приближеніи вагона къ c и b одновременно—положеніе MN —электромагнитъ C дѣйствуетъ въ теченіе времени отъ этого момента до момента, когда центръ инерціи вагона подойдетъ подъ середину электромагнита C (для размыканія электромагнита C при этомъ служить приспособленіе f);
- 3) при приближеніи вагона къ d и e одновременно—положеніе OP —электромагнитъ C включается отъ этого момента до прохожденія вагона мимо него.

Этимъ достигается, что въ случаѣ излишняго пониженія вагона электромагнитъ C подтягиваетъ его дополнительно вверхъ, а въ случаѣ пониженія или повышенія носа вагона сравнительно съ кормою подѣйствуетъ на него преимущественно выпрямляюще.

Для устраненія же поступательного движенія вагона вверхъ при излишнемъ приближеніи его къ верхней части трубы (положеніе RS на рис. 9) онъ дѣйствуетъ одновременно на сигнальныя приспосо-

бленія *k* и *l*. Эти приспособленія исключаютъ слѣдующее очередное сигнальное приспособленіе *m*, служащее при обычныхъ условіяхъ для введенія въ цѣль очередного нормального подтягивающаго электромагнита *C*, который обычно выключается приспособленіемъ *n*.

Послѣ этихъ примѣровъ мнѣ врядъ ли нужно много распространяться о криволинейныхъ и негоризонтальныхъ частяхъ безвоздушнаго электрическаго пути—о томъ, какъ этотъ вагонъ Жюль-Верновскаго или Уэльсовскаго типа, можно заставлять завернуть въ томъ или другомъ направленіи, подниматься вверхъ или опускаться внизъ.

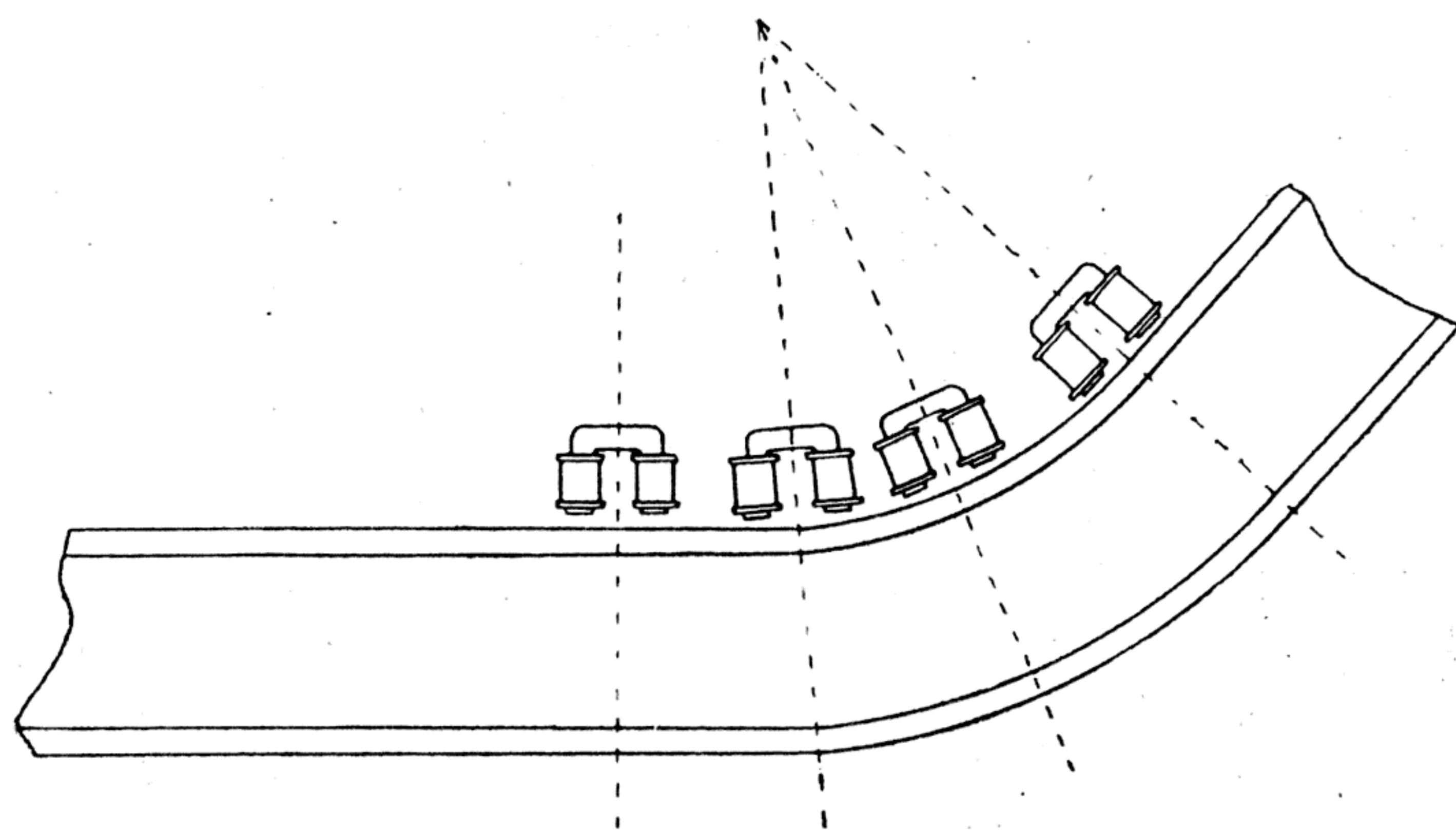


Рис. 10. Заворачивающіе боковые электромагниты.

Для измѣненія направленія вагона въ горизонтальной плоскости электромагниты располагаются съ одной стороны пути (рис. 10), при чмъ разстоянія электромагнитовъ другъ отъ друга зависятъ отъ радиуса кривизны *R* заворота, а общее число ихъ—отъ угла, на который должно измѣниться направле-

ніє скорости послѣ заворота. Эти боковые электромагниты вводятся—посредствомъ соотвѣтствующихъ сигнальныхъ приспособленій—въ цѣль поочередно и при томъ такъ, что дѣйствие каждого изъ нихъ начинается тогда, когда нось вагона начинаетъ подходить къ нему, а прекращается нѣсколько ранѣе того, какъ задняя часть вагона отойдетъ отъ его середины,—чтобы кромѣ ускоренія, сообщаемаго притяженіемъ этого электромагнита центру инерціи вагона по направленію къ центру кривизны, вагонъ получалъ и соотвѣтствующую угловую скорость вокругъ вертикальной оси, проходящей черезъ центръ инерціи.

Для того, чтобы придать траекторіи центра инерціи вагона вогнутость въ вертикальной плоскости по сравненію съ горизонтальною линіею—части *BC* и *HK* на рис. 11—надъ соотвѣтствующею частью

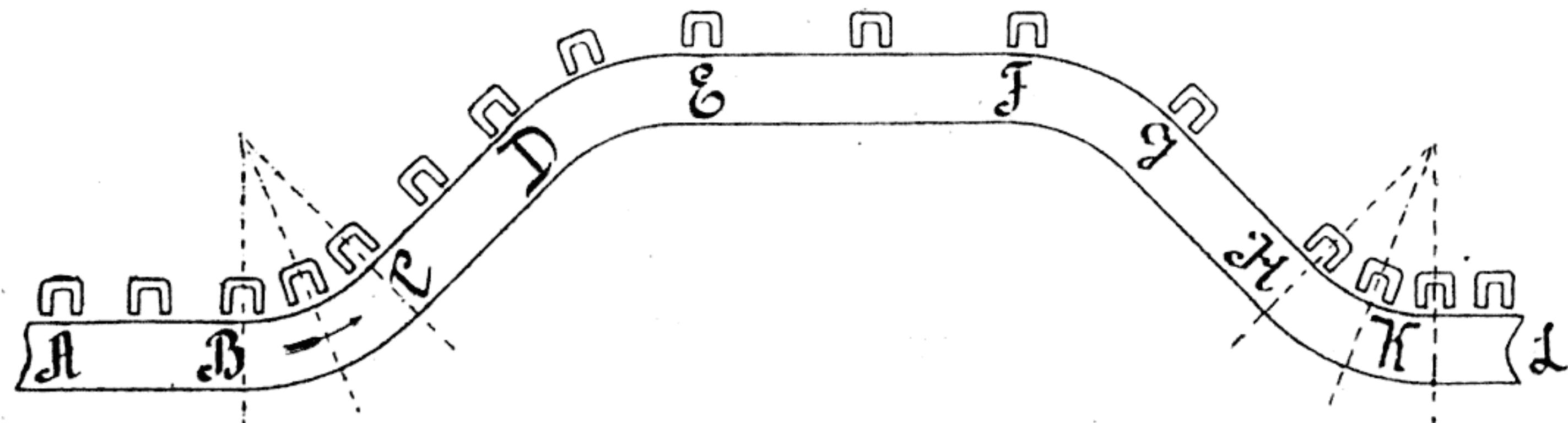


Рис. 11. Расположеніе поддерживающихъ электромагнитовъ на подъемахъ и спускахъ.

трубы подтягивающіе вверхъ электромагниты располагаются значительно чаще, чѣмъ расположены надъ горизонтальными кусками пути—*AB*, *EF*, *KL*, электромагниты, регулирующіе горизонтальность траекторіи вагона на этихъ кускахъ. Эти электромагниты вводятся также не на все время прохожденія вагона

подъ ними, чтобы вагонъ не только испытывалъ общий подъемъ, но и повернулся носомъ кверху на соотвѣтствующій уголъ.

Подъ частями—*DE*, *FG*—трубы, гдѣ траекторія, центра инерціи вагона выпукла по сравненію съ горизонтальною линіею, подтягивающіе электромагниты располагаются рѣже, чѣмъ надъ горизонтальными частями, и вводятся въ цѣль такъ, что дѣйствіе каждого изъ нихъ начинается нѣсколько позднѣе того, какъ носъ вагона подойдетъ къ нему, а прекращается послѣ того, какъ задняя часть вагона минуетъ электромагнитъ, чѣмъ достигается и соотвѣтствующій поворотъ задняго конца оси вагона кверху въ вертикальной плоскости.

Надъ наклонными частями пути, не имѣющими кривизны въ вертикальной плоскости—*CD* и *GH* на рис. 11,—роль подтягивающихъ электромагнитовъ сводится къ уничтоженію ускоренія центра инерціи въ вертикальномъ направлениі, и разстояніе ихъ другъ отъ друга зависитъ отъ того, каковъ наклонъ данной части трубы и будутъ ли вагоны въ ней двигаться вверхъ или внизъ.

Такъ какъ центростремительное ускореніе, которое должны сообщить центру инерціи вагона заворачивающіе его въ бокъ или вверхъ электромагниты, равно v^2/R , то успѣшное дѣйствіе этихъ электромагнитовъ зависитъ въ большей степени отъ одинаковой скорости каждого вагона, подходящаго къ электромагниту. Это еще разъ подтверждаетъ необходимость слѣдить за постоянствомъ скорости вагона, которая при наличии регулирующихъ электромагнитовъ, дѣйствующихъ въ теченіе не всего вре-

мени прохождения мимо нихъ вагона, можетъ испытывать измѣненія хотя и очень небольшія.

Для возвращенія величины скорости къ ея нормальной величинѣ могутъ служить большие соленоиды, включаемые въ цѣль на промежутокъ τ , близкій къ времени прохождения вагономъ пути, равнаго половинѣ его длины. Такой соленоидъ SS'

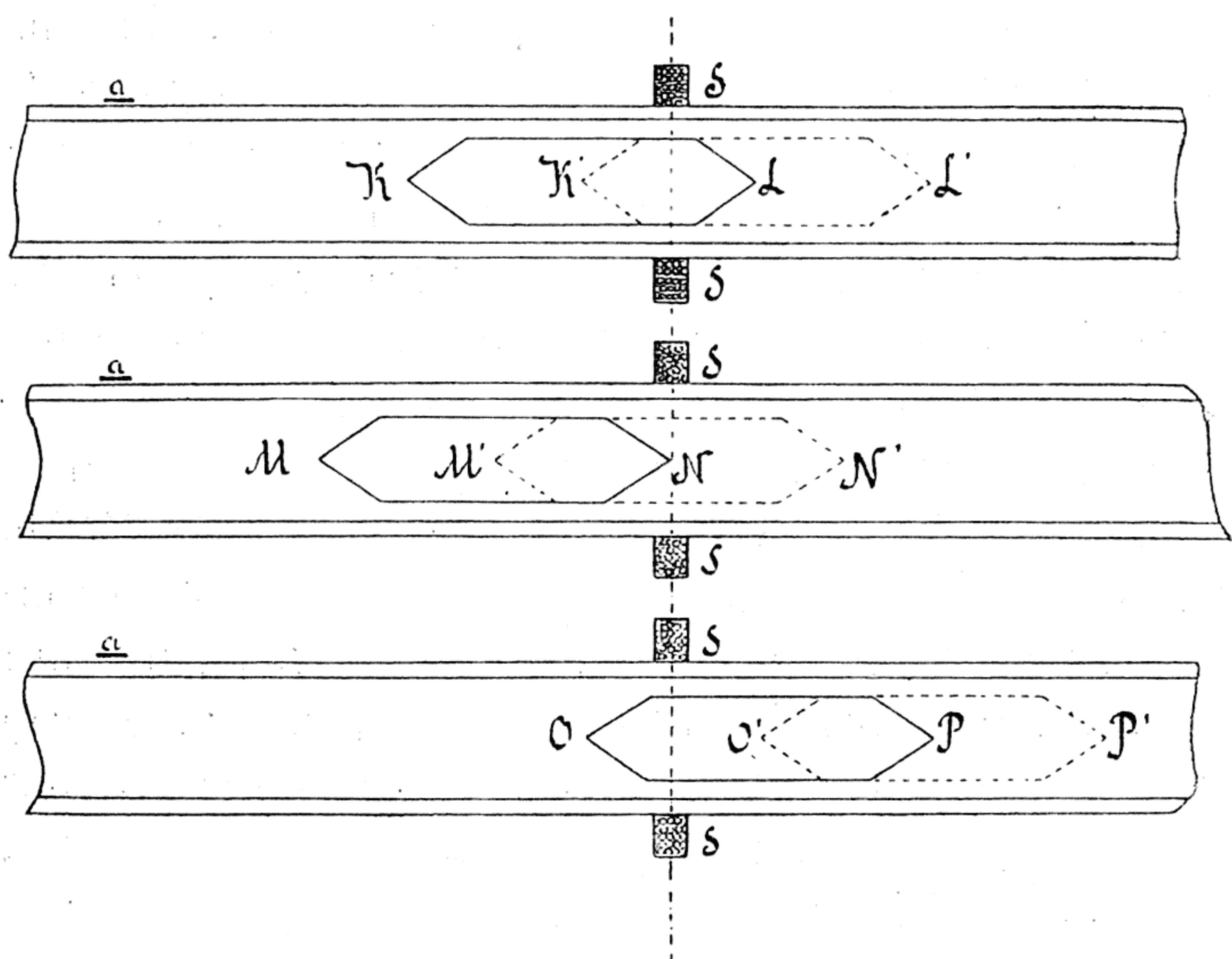


Рис. 12 — 14. Нормальное, ускоряющее и задерживающее действие регулирующаго соленоида.

(рис. 12) включается сигнальными приспособленіями a черезъ время τ , послѣ прохождения носа вагона вблизи него, при чмъ это время должно быть приблизительно на $\frac{1}{2}\tau$ меньше того промежутка времени, въ теченіе котораго вагонъ, движущійся съ нормальною скоростью, пройдетъ разстояніе отъ сигнального приспособленія a до соленоида SS' . При этихъ усло-

віяхъ,—осуществимыхъ посредствомъ довольно простыхъ механизмовъ, на устройствѣ которыхъ я не буду останавливаться,—соленоидъ SS начинаетъ дѣйствовать ускоряюще на вагонъ, движущійся съ нормальною скоростью тогда, когда нось вагона уже войдетъ въ соленоидъ—положеніе KL на рис. 12—и прекратить дѣйствовать задерживающе тогда, когда задняя часть вагона начнетъ выходить изъ соленоида—положеніе $K'L'$,—и эти два симметричные дѣйствія противоположнаго характера не отразятся на величинѣ скорости.

При скорости, меньшей нормальной, ускоряющее втягиваніе вагона соленоидомъ будетъ длиться дольше задерживающаго: дѣйствіе соленоида начнется тогда, когда вагонъ будетъ только подходить къ соленоиду—положеніе MN на рис. 13, — а прекратится тогда, когда середина вагона будетъ близка къ серединѣ соленоида—положеніе $M'N'$,—и въ результатѣ скорость вагона получить нужное приращеніе.

При скорости, большей нормальной, задерживающее втягиваніе соленоида начнется тогда, когда середина вагона уже минуетъ середину соленоида—положеніе OP на рис. 14—и кончится тогда, когда вагонъ выйдетъ изъ соленоида—положеніе $O'P'$,—и скорость вагона соотвѣтствующе уменьшится.

Чѣмъ болѣе отличается скорость вагона отъ нормальной, тѣмъ болѣе отличаются случаи рис. 13 и 14 отъ случая рис. 12,—и тѣмъ значительнѣе вызываемыя въ скорости вагона соленоидомъ измѣненія.

Длинный рядъ такихъ же втягивающихъ катушекъ, включающихся въ цѣпь, когда нось вагона подходитъ къ нимъ, и выключающихся изъ цѣпи,

когда середина вагона проходитъ черезъ середину соленоида, составляеть собою главную часть станціи отправленія, напоминающу въ этомъ отношеніи электрическую пушку Биркеланда,—но съ тою разницею, что здѣсь будетъ выбрасываться не смертоносный снарядъ, а вагонъ въ нѣсколько пудовъ вѣсомъ, несущій человѣка, почту, грузъ внутри себя.

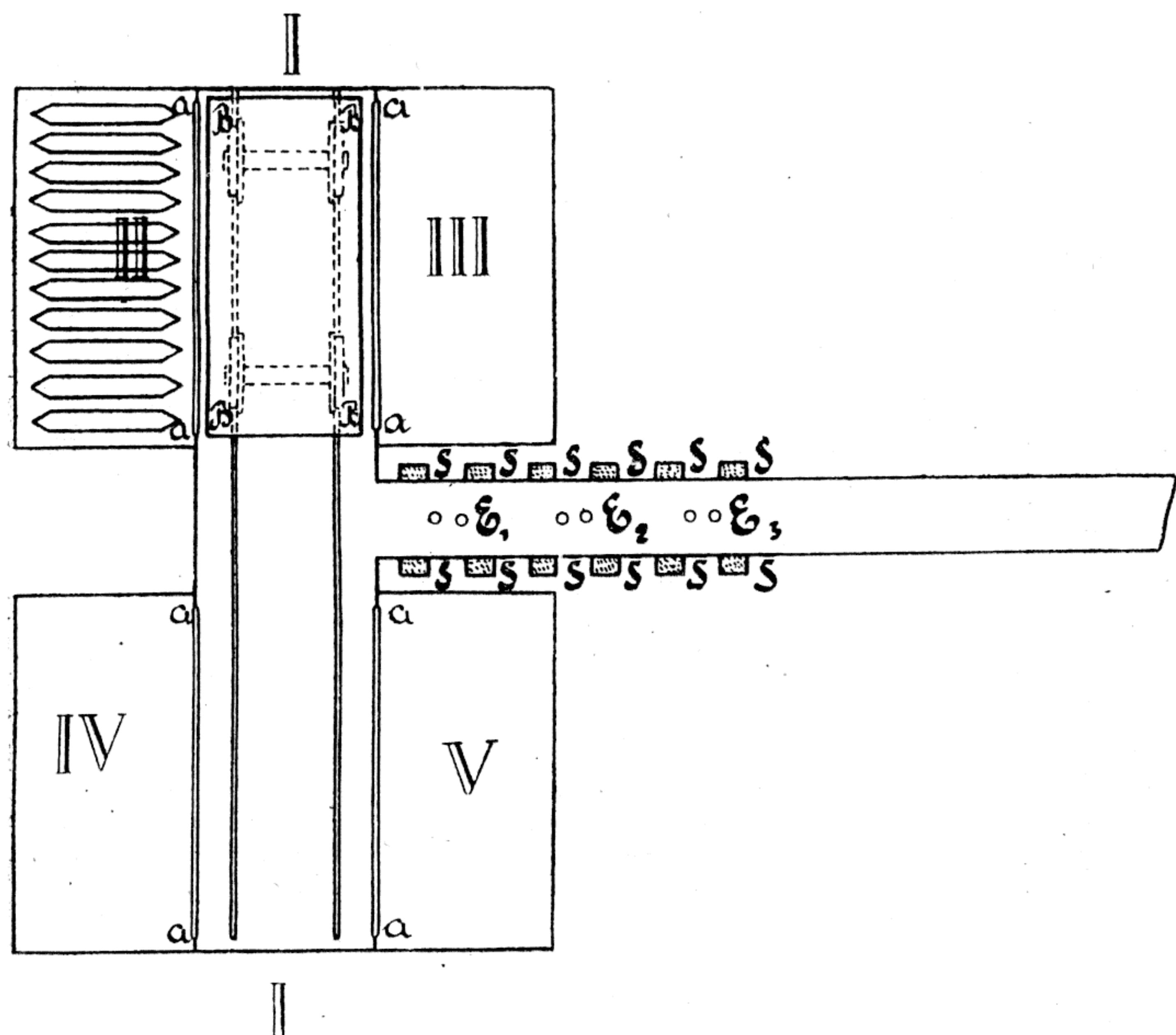


Рис. 15. Станція отправленія.

Станція отправленія (рис. 15) состоить изъ основной камеры II, соединенной съ концомъ AA трубы и служащей для послѣдовательнаго подведенія вагоновъ къ отверстію трубы. Конецъ трубы окружень рядомъ соленоидовъ S, S, S, \dots , въ промежуткахъ между

которыми расположены подтягивающие вверхъ элек-
тромагниты $E_1 E_2 E_3 \dots$ Для увеличения быстроты по-
дачи вагоновъ камера I I соединяется—посредствомъ
раздвижныхъ герметически закрывающихся перего-
родокъ $aa, aa\dots$, съ нѣсколькими боковыми камерами,
II, III, IV, V... Въ основной камерѣ I I перемѣщаются
по рельсамъ платформа $VVVV$, на которую изъ бо-
ковыхъ камеръ могутъ вкатываться вагоны въ на-
правлениі, перпендикулярномъ къ рельсамъ въ ка-
мерѣ I.

Вагоны эти заранѣе нагружаются до опредѣлен-
наго вѣса, при чёмъ грузы распредѣляются и закрѣ-
пляются такъ, чтобы центръ инерціи приходился на
серединѣ вагона.

Когда какая нибудь камера,—напр., камера II—
заполнена вагонами, изъ нея выкачивается воздухъ,
она приводится въ сообщеніе съ камерою I I,—и вагоны
передвигаются на платформу VV , а камера II
опять разобщается съ камерою I I и начинаетъ за-
полняться новыми готовыми къ отправкѣ вагонами.

При перемѣщеніи платформы въ тѣ моменты,
когда какой нибудь вагонъ становится противъ от-
верстія трубы, онъ автоматически замыкаетъ токъ
въ первомъ соленоидѣ S и втягивается въ трубу.

Когда платформа VV , какъ обойма со снарядами
для пулемета, очистится такимъ образомъ послѣдо-
вательно отъ всѣхъ вагоновъ и перемѣстится въ
другой конецъ камеры I I, эта камера приводится въ
сообщеніе съ камерою IV или V, въ которой уже
приготовлены вагоны для отправки и изъ которой
уже выкачанъ воздухъ,—и повторяется та же опе-
рація вкатыванія вагоновъ на платформу VV и пере-

движения—на этот разъ въ обратномъ направлении—къ отверстю трубы.

Устройство станцій прибытія вполнѣ аналогично устройству станцій отправленія, но сигнальныя приспособленія расположены такъ, чтобы каждый соленоидъ включался тогда, когда середина вагона пройдетъ середину его, а выключался послѣ того, какъ конецъ вагона выйдетъ изъ соленоида.

Путь долженъ быть двутрубнымъ, а станціи,—по возможности, рѣдкими, 500—1000 верстъ другъ отъ друга, при чмъ желательно, чтобы вагоны отправлялись отъ одной конечной до другой конечной станціи. Если же необходимо имѣть промежуточную станцію, то труба на нѣкоторомъ разстояніи въ обѣ

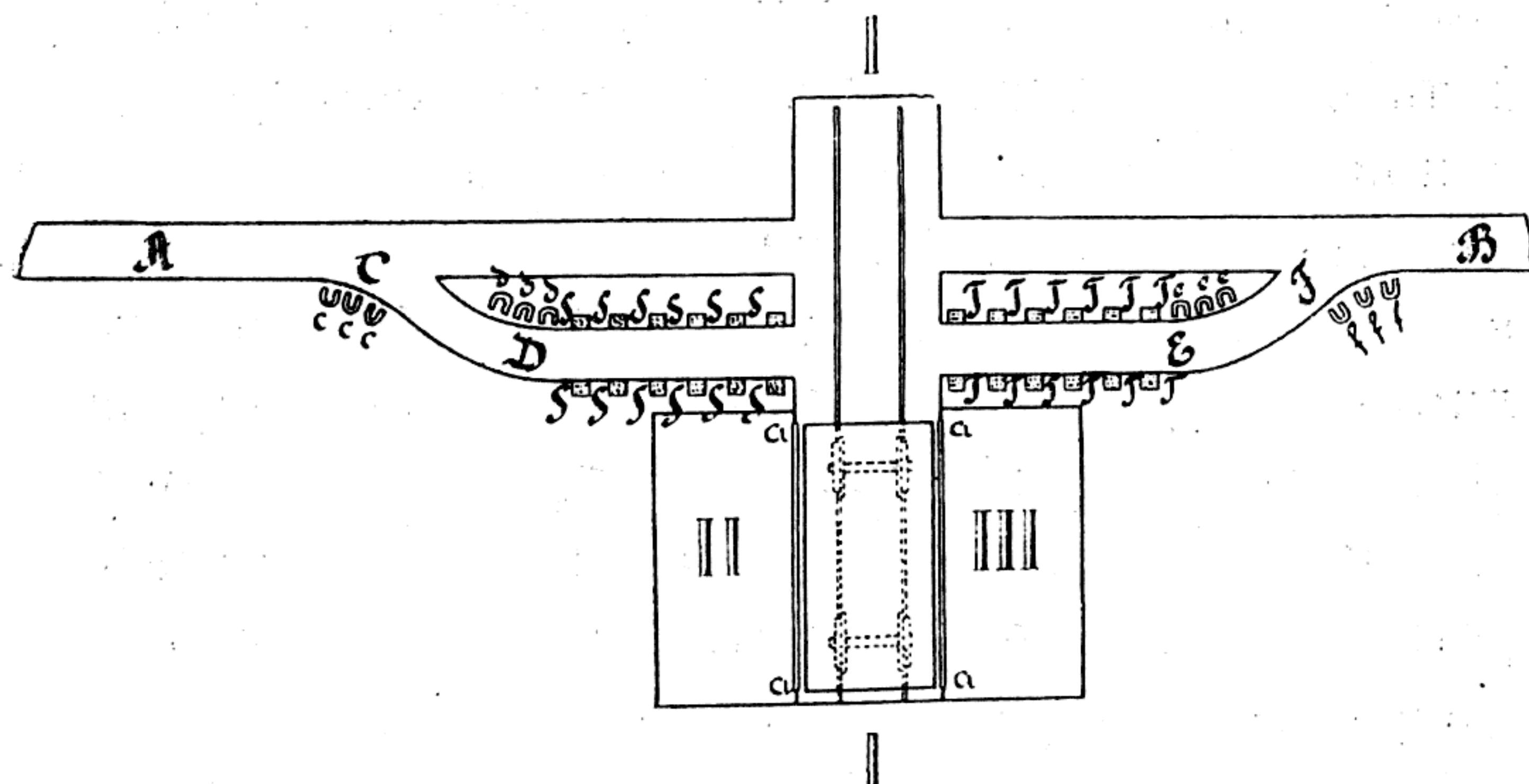


Рис. 16. Промежуточная станція.

стороны отъ нея развѣтвляется на двѣ части—прямую *AB* и боковую *CDEF* (рис. 16). У заворотовъ *C* и *D* помѣщаются оттягивающіе въ бокъ электромагниты *c*, *c*, *c*... и *d*, *d*, *d*..., при чмъ электромагниты *c*, *c*, *c*... приводятся въ дѣйствіе посредствомъ

соответствующей сигнализациі со станціи отправленія тогда, когда къ нимъ подходитъ вагонъ, направляемый на промежуточную станцію. Когда вагонъ входитъ въ прямолинейную часть *DE* отвѣтленія, начинаютъ дѣйствовать задерживающіе его движение соленоиды *S, S...*, и вагонъ останавливается на платформѣ въ основной камерѣ *II*, откуда можетъ быть переведенъ для разгрузки въ боковыя камеры—*II* или *III*.

Система втягивающихъ соленоидовъ *T, T, T...* и оттягивающихъ электромагнитовъ *e, e, e...* и *f, f, f...* служить для отправленія вагоновъ съ промежуточной станціи въ главную трубу.

Не стану распространяться о подобныхъ же приспособленіяхъ для задержки ряда вагоновъ въ пути въ случаѣ катастрофы и т. п.

Лабораторные опыты, которые я производилъ послѣдніе 2—3 года, показали полную возможность разогнать, при помощи соленоидовъ со сравнительно небольшимъ числомъ витковъ и пользуясь довольно слабыми токами вагонъ (около 10 кгр. вѣсомъ) внутри медной трубы діаметромъ 25 сант., подхватить его съ полу электромагнитами во время движения и заставить двигаться далѣе, не касаясь стѣнокъ, а также сворачивать его съ пути. Правда, опыты, эти пока, за недостаткомъ средствъ, производились въ воздухѣ, но при тѣхъ сравнительно небольшихъ скоростяхъ—порядка нѣсколькихъ метровъ въ секунду,—какія можно осуществлять при небольшомъ пространствѣ для разгона (около 1 метра), сопротивленіе воздуха значенія не имѣть.

Подтвердивъ правильность основной идеи и фи-

з и ч е с к у ю в о з м о ж н о с т ѿ о с у щ е с т в л е н і я п o д o б -
н а г о д в и ж е н і я , э т и о п ы т ы в м ъ с т ъ с ъ д р у г и м и о п ы -
т а м и н а д ъ п р и т я ж е н і е м ъ э л е к т р о м а г н и т а м и н а б о л ь -
ш о м ъ р а з с т о я н і и и т . п .— д о с т а в и л и м н ъ н ъ к о т о р ы я
д а н н ы я д л я с у ж д е н і я о п р а к т и ч е с к о й о с у щ e -
с т в и м о с т и п o д o б н а г о б e з в o з д u ш n a g o э l e k t r i c h e -
c a g o п u t i т a k ъ с k a z a t въ n a t u r a l y n u в e l i c h i n u ,
д ля р a c c e t a e г o c t o i m o s t i .

Такъ какъ величина силы, потребной для сво-
рачиванія вагона съ прaмolinейnагo пути, равна
 $m v^2 / R$, гдѣ m — масса вагона, v — его скорость, а
 R — радиусъ кривизны, то ввиду ограниченности
силы притяженія ряда электромагнитовъ даже при
помѣщениіи ихъ почти вплотную другъ около друга
скорость движенія является функціей того предѣль-
наго наименьшаго радиуса кривизны, какой допу-
скается при постройкѣ пути въ зависимости отъ
топографическихъ условій. Чѣмъ больше этотъ
радиусъ, тѣмъ больше и нормальная скорость дви-
женія, хотя, конечно, не исключается возможность
искусственнаго уменьшенія скорости въ особенно
извилистыхъ частяхъ пути и возстановленія нор-
мальной ея величины по ихъ минованіи. Примемъ
за наименьшій радиусъ кривизны 750 м., и условимся
не прибѣгать къ токамъ колоссальной мощности
такъ какъ дальнѣйшее увеличеніе ихъ силы (сра-
внительно съ тѣми, на которые мною произведены
расчеты) мало отражается на притягательной силѣ
электромагнитовъ, сердечники которыхъ будутъ уже
близки къ насыщенію. Въ такомъ случаѣ, повиди-
мому, можно придавать такую кривизну траекторіи
вагона, движущагося со скоростью 220 метровъ въ-

секунду, т.-е. 800 километровъ въ часъ. При такой скорости при непрерывномъ движениі можно перебросить грузъ изъ Петербурга во Владивостокъ въ 11 часовъ или можно пообѣдать въ Москвѣ, прѣхать прослушать оперу или докладъ въ Петербургъ и вернуться къ ужину въ Москву.

Если считать быстроту подачи вагоновъ къ отверстію трубы въ 12 вагоновъ въ минуту, что соотвѣтствуетъ разстоянію ихъ въ трубѣ другъ отъ друга на 1 километръ, и считать, что на перемѣщеніе вагоновъ изъ боковыхъ камеръ на платформу основной камеры и другія подобныя операциі будеть уходить одна седьмая этого времени, то получимъ пропускную способность въ каждую сторону въ 15000 вагоновъ въ сутки. Это при нагрузкѣ въ 150 кгр. даетъ около 140000 пудовъ въ сутки въ одномъ направлениі. Что же касается перевозимыхъ людей, то ясна тяжесть долговременнааго пребыванія въ лежачемъ положеніи въ такой своего рода бомбѣ, герметически закрытой и мчащейся со скоростью 800 километровъ въ часъ—скоростью, которая по принципу относительности будеть незамѣтна для пассажира,— и потому при длинныхъ переѣздахъ придется дѣлать ихъ въ нѣсколько приемовъ, что должно сократить провозоспособность такого безвоздушнаго электрическаго пути тысячъ до 10 человѣкъ, т.-е. болѣе одной бригады въ сутки.

Укажу кстати, что трудно сказать съ увѣренностью, насколько переносимо будетъ для организма человѣка приведеніе его въ движеніе съ такою скоростью, которое, если производить его даже съ ускореніемъ, равнымъ численно ускоренію свобод-

наго паденія, потребуетъ болѣе трети минуты и станціи отправленія длиною въ $2\frac{1}{2}$ километра въ сторону движенія,—а также остановка его. Если бы такое ускореніе оказалось губительнымъ для человѣка (для чего нужны особые опыты), то придется растягивать станцію на большее разстояніе. Среди же пути человѣкъ, находящійся внутри такой мчащейся въ пустотѣ со скоростью 800 километровъ въ часъ громадной сигары съ желѣзными стѣнками, не будетъ даже знать, стоитъ или висить онъ на мѣстѣ, или же мчится по равнинѣ, или перескакиваетъ рѣку, или пробѣгаешьъ въ нѣсколько минутъ длиннѣйшій туннель.

Такъ какъ лабораторные опыты являются далеко не достаточными, и окончательная новѣрка практической осуществимости моего проекта потребовала бы постройки пробной линіи въ 2—3 десятка километровъ, на что понадобился бы, пожалуй, десятокъ миллионовъ рублей, то очень трудно сказать съ определенностью вѣроятную стоимость сооруженія подобнаго пути. Произведенныя мною расчеты даютъ значеніе отъ 200 до 300 тысячъ рублей на версту пути (двутрубнаго), стоимость пассажироверсты—отъ нѣсколькихъ десятыхъ копейки до копейки, а пудоверсты—отъ нѣсколькихъ сотыхъ копейки до десятой копейки—при непрерывной работе пути считая и амортизацію капитала, и ремонтъ пути, и содержаніе служащихъ (среди которыхъ не будетъ, между прочимъ, „вагоновожатыхъ“). Это вполнѣ сравнимо со стоимостью перевозки въ обыкновенныхъ нашихъ поѣздахъ, не говоря уже о скорыхъ, тогда какъ даже скорость послѣднихъ будетъ черепашьимъ шагомъ.

по сравнению со скоростью безвоздушного электрического пути.

Возможно однако значительное сокращение расходовъ на электрическое оборудование пути, если, напр., въ помощь электромагнитамъ надъ трубою помѣстить постоянные магниты и тѣмъ самымъ уменьшить общее число электромагнитовъ, требующихъ для своего питанія токовъ большой электрической мощности. А это влечетъ уменьшеніе общаго числа, какъ главныхъ станцій, которые вырабатывали бы мощные электрические переменные токи, такъ и ряда подстанцій, которые обращали бы эти переменные токи въ постоянные и по очередно питали бы ими электромагниты подвѣдомственной имъ части пути.

Еще большее удешевленіе и болѣе вѣроятная осуществимость электрическаго пути получается, если не стремиться къ полному уничтоженію сопротивленія среды и тренія и къ полной сохранности величины скорости, а пойти на компромиссъ—на то, что скорость не будетъ само собой сохраняться постоянно и что это постоянство придется поддерживать нѣкоторымъ сообщеніемъ энергіи извнѣ.

Это достижимо прежде всего устройствомъ болѣе простыхъ,—а, слѣдовательно, болѣе дешевыхъ и, можетъ быть, и безошибочно дѣйствующихъ—сигнальныхъ приспособленій, основанныхъ на принципѣ контакта, вызываемаго прохожденiemъ мимо нихъ вагоновъ. Еще болѣе это достижимо при устройствѣ „подвѣснаго электромагнитнаго пути“ въ которомъ вагонъ катился бы по потолку, прижимаясь къ нему очень небольшимъ избыткомъ притяженія магнитами и электромагнитами надъ вѣ-

сомъ, или „облеченаго электромагнитнаго пути“, въ которомъ вагонъ катился бы по ровному полотну, но давилъ бы на него лишь малою долею своего вѣса, большая часть котораго компенсировалась бы притяженіемъ находящихся надъ путемъ магнитовъ и электромагнитовъ. Задержку отъ тренія осей колесъ о подшипники и обода колесъ о потолокъ или полотно легко можно было бы компенсировать дѣйствиемъ втягивающихъ соленоидовъ, или самихъ электромагнитовъ; если выключать ихъ нѣсколько раньше, чѣмъ вагонъ пройдетъ мимо нихъ. Такія ускоряющія дѣйствія могли бы производиться довольно рѣдко, почти отсутствовать передъ крутыми заворотами и на спускахъ, и наоборотъ быть чаще по выходѣ на почти прямая части пути и на подъемахъ.

При наличии такого касанія вагона къ потолку или полотну пути значительно упрощается и регулированіе движенія въ вертикальной плоскости, такъ какъ разстояніе вагона отъ поддерживающихъ электромагнитовъ и магнитовъ было бы почти постояннымъ.

Съ экономической точки зрењія, можетъ быть, было бы выгоднѣе даже не дѣлать подобный путь и безвоздушнымъ,—не устраивать дорогой и все-таки трудно выполнимой на практикѣ безвоздушной трубы,—а производить движеніе, какъ и при другихъ обычныхъ способахъ сообщенія, въ воздухѣ. Тогда пассажиры могли бы хоть мелькомъ видѣть, гдѣ они мчатся, а убытки отъ катастрофъ были бы не такъ значительны, какъ въ случаѣ безвоздушнаго пути.

Интересуясь осуществимостью идеала — безвоздушного электрическаго пути — и будучи твердо убѣжденъ въ томъ, что всемогущая современная техника, если практическая жизнь настоятельно поставитъ ей задачу осуществленія безвоздушной трубы въ тысячи километровъ длиною, съ сотнями электромагнитовъ, десятками соленоидовъ и тысячами сигнальныхъ приспособленій и рубильниковъ на каждую версту этой трубы, справится въ концѣ концовъ съ этою практическою задачею, — разъ физически все это осуществимо, — я не производилъ пока ни подробнаго расчета сравнительно легко осуществимаго компромиснаго способа сообщенія — облегченнаго электромагнитнаго пути (къ которому, какъ я узналъ, подбираются уже практически въ Америкѣ), ни возможной стоимости его сооруженія. Гадательно я опредѣлилъ бы въ данное время стоимость въ 150—220 тысячъ рублей на версту, — и думаю, что, если безвоздушный электрическій путь будетъ когда нибудь осуществленъ, то лишь послѣ предварительной повѣрки на опытъ облегченнаго электромагнитнаго пути, въ которомъ вмѣсто чувствительныхъ сигнальныхъ приспособленій будутъ навѣрняка дѣйствующіе контакты — контакты, оказывающіеся пригодными втеченіе достаточно долгихъ промежутковъ времени даже при электрическихъ желѣзныхъ дорогахъ на свободномъ воздухѣ, тогда какъ здѣсь весь путь будетъ проложенъ въ закрытомъ помѣщеніи — въ своего рода трубѣ, хотя и не безвоздушной.

Эфиръ остался бы и при подвѣсномъ электромагнитномъ пути, и при облегченномъ электромагнитномъ пути въ качествѣ своего рода геометриче-

скаго мѣста точекъ опоры, ибо подтягиваніе вагона впередъ или задержка его соленоидами происходили бы посредствомъ магнитныхъ силовыхъ линій, натянутыхъ въ эфирѣ, но какъ бы зацѣпившихся за витки соленоида (рис. 17). Источникъ движущей вагонъ энергіи былъ бы внѣ вагона, какъ это имѣть мѣсто и въ электрическихъ желѣзныхъ дорогахъ, но эта энергія передавалась бы вагонамъ не какимъ

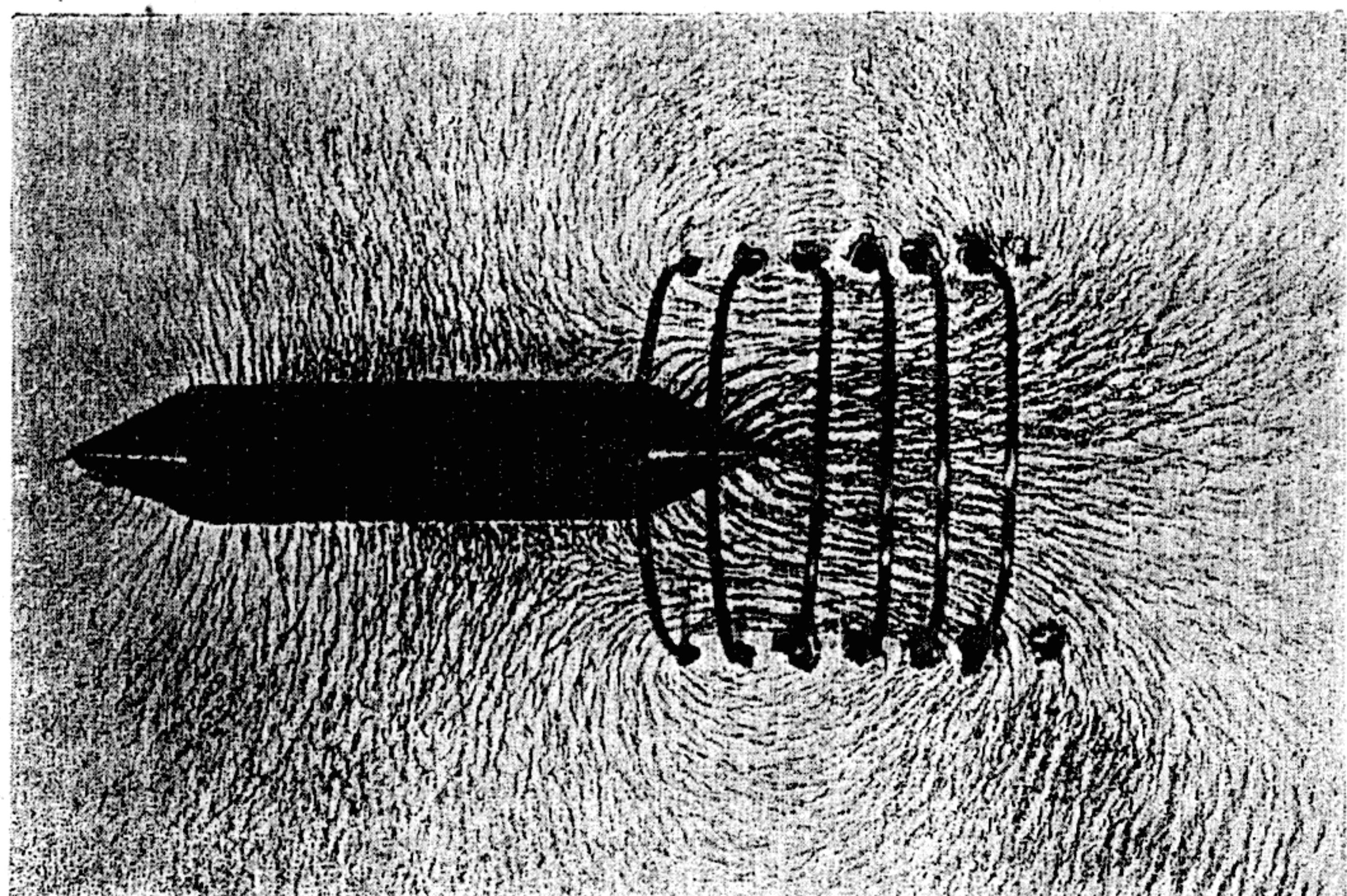


Рис. 17. Магнитныя линіи силъ, втягивающія желѣзное тѣло внутрь соленоида и какъ бы зацѣпившіяся за его вѣтки.

либо проводомъ, не посредствомъ питанія ею тяжелыхъ электрическихъ двигателей, а натяженіемъ невидимыхъ невещественныхъ магнитныхъ силовыхъ линій. Такое же натяженіе магнитныхъ силовыхъ линій въ любомъ варьянтѣ предполагаемаго мною электрическаго пути служить также для полнаго.

преодолѣнія или значительного ослабленія силы тяжести—проявленія того таинственного тяготѣнія, которое властнымъ гнетомъ прижимаетъ всѣхъ нась и всѣ окружающіе нась предметы къ поверхности обиталища человѣчества—земного шара.

Ускореніе сношеній способствуетъ упроченію связей людей другъ съ другомъ—и это ускореніе особенно важно для большихъ континентальныхъ странъ, какою является, напр., Россія. Для странъ, у которыхъ разстояніе между границиами равно нѣсколькимъ сотнямъ или тысячамъ слишкомъ километровъ, скорость въ 800 километровъ въ часъ не представляетъ особенно большого значенія, такъ какъ сравнительно безразлично, перѣѣхать ли изъ одного мѣста въ другое въ 2 или въ 12 часовъ, ибо самые сборы и перемѣщеніе къ мѣсту отправленія и отъ мѣста прибытія займутъ тоже нѣсколько часовъ—и процентный выигрышъ времени невеликъ и явится, новидимому, большою роскошью. Но для странъ, протяженіемъ въ нѣсколько тысячъ километровъ, возможность ускореннаго въ такой мѣрѣ обмѣна товарами, скоропортящимися продуктами, документами, почтовыми посылками, людьми и т. д. можетъ имѣть очень большое значеніе, какъ въ смыслѣ все растущей спайки страны въ одно прочное цѣлое, такъ и въ частныхъ цѣляхъ: торговопромышленной, административной, стратегической и т. п.

Если легкость—и дешевизна благодаря этому—сообщеній по водѣ заставила съ глубокой древности придавать громадное значеніе этому способу сообщенія, если за послѣднее время стали упорно стремиться къ завоеванію воздуха, то будемъ надѣяться,

что слѣдующимъ—и, очевидно, послѣднимъ—этапомъ въ этомъ расширениіи доступныхъ человѣчеству средъ для передвиженія по нимъ—будетъ эфиръ—тотъ самый эфиръ, который непосредственно—въ безпроводочной телеграфіи—или косвенно—при всякомъ электрическомъ токѣ—служить мѣстомъ дѣйствія электрическихъ и магнитныхъ силъ и тѣмъ самымъ обусловливаетъ всевозможныя примѣненія человѣчествомъ самого покорнаго своего раба, „электричества”—тотъ самый эфиръ, который мчитъ намъ источникъ всей жизни на землѣ—лучистую энергию солнца. Мнѣ хочется вѣрить, что и въ вопросѣ ускоренія движенія вещественныхъ тѣлъ слово переходитъ теперь къ эфиру,—и что въ результатѣ споровъ между землею, водою, воздухомъ и эфиromъ послѣднее слово и останется за эфиromъ.

