

Вып. XVIII.

Р.З. 1630

№139
Механического Института

Московского Технического Училища.

Выпускъ XVIII.

Холодильная лабораторія.

В. Е. Цыдзикъ и И. В. Арбатскій.

Опредѣленіе коэффициентовъ теплопроводности изоляціонныхъ
матеріаловъ „Шевелина“, „Морозина“ и пробковыхъ пластинъ.

Отдѣльный оттискъ изъ журнала „Вѣстникъ Инженеровъ“, № 10, 15 мая 1916 г.

Б.С.П.

ПРОБЕРНО
1952

Р 31630 ✓

1948

Провер. 1935

БИБЛИОТЕКА

Б IV
И. 338.

Определение коэффициентов теплопроводности изоляционных материалов „шевелина“, „морозина“ и пробковых пластинъ.

В. Е. Цыдзикъ и И. В. Арбатскій.

Задача определения коэффициентов теплопроводности для появившихся недавно на рынокъ изоляционныхъ материаловъ „шевелина“ и „морозина“ была поставлена намъ Московскимъ Холодильнымъ Комитетомъ въ цѣляхъ выясненія вопроса о возможности замѣны пробковыхъ пластинъ означенными материалами, производимыми изъ отбросовъ нашей льняной промышленности—костры и короткихъ льняныхъ волоконъ.

Имѣлось въ виду установить зависимость коэффициентовъ теплопроводности отъ степени прессовки пластинъ „морозина“, отъ пропитки ихъ разными растворами, долженствующими сообщить имъ огнеупорность и водоупорность, зависимость коэффициента теплопроводности отъ температуры, а также зависимости коэффициента теплопроводности полотенъ „шевелина“ отъ степени сжатія.

Считаясь съ тѣмъ, что обстоятельства военного времени не позволили осуществить полностью намѣченную программу изслѣдованія, мы рѣшили ограничиться въ настоящее время краткимъ сообщеніемъ того, что уже сдѣлано и что представляетъ наибольшій практический интересъ, отказавшись временно отъ рѣшенія вопроса объ установленіи зависимости коэффициентовъ теплопроводности отъ температуры, такъ какъ вопросъ этотъ съ практической точки зрѣнія представляетъ наименьшій интересъ.

Идея устройства прибора и основы его конструкции были заимствованы нами изъ Мюнхенской лабораторіи технической физики (Dr. Poensgen, „Mitteilungen über Forschungsarbeiten“, Heft 130), методъ же измѣренія раз-

ностей температуръ при помощи термоэлементовъ былъ переработанъ въ цѣляхъ достиженія большей точности измѣреній и большей легкости регулированія количествъ вводимого тепла и охлаждающей воды.

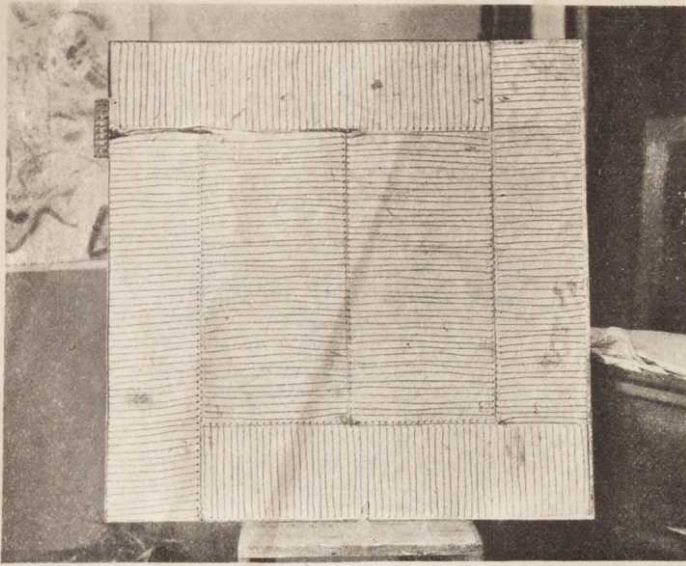
Устройство прибора.

Мѣдная квадратная плита размѣромъ 750×750 мм (фиг. 1) нагрѣвалась изнутри электрическимъ токомъ такъ, что центральная ея часть, размѣромъ 460×460 мм., обогрѣвалась однимъ токомъ, а остальная часть, представляющая собой „защитное кольцо“, другимъ. Сила тока въ „защитномъ кольцѣ“ регулировалась такъ, чтобы центральная часть и края плиты нагрѣвались совершенно одинаково, и степень равномерности нагрѣва контролировалась цѣлымъ рядомъ термоэлементовъ, распределенныхъ по поверхности плиты.

Конструкцію нагрѣвающей плиты легко видѣть на фиг. 1, представляющей собой фотографическій снимокъ съ нея при снятомъ переднемъ листѣ мѣдной оболочки и удаленномъ листѣ асбестоваго картона, отдѣляющаго оболочку отъ никкелевой проволоки, монтированной на листахъ клингерита.

На центральную часть нагрѣвающей плиты по обѣимъ сторонамъ ея накладывались пластинъ испытываемаго материала, а по боковымъ сторонамъ дѣлалось защитное кольцо изъ того же изоляціоннаго материала съ цѣлью избѣжать утечки тепла въ стороны и, такимъ образомъ, со-

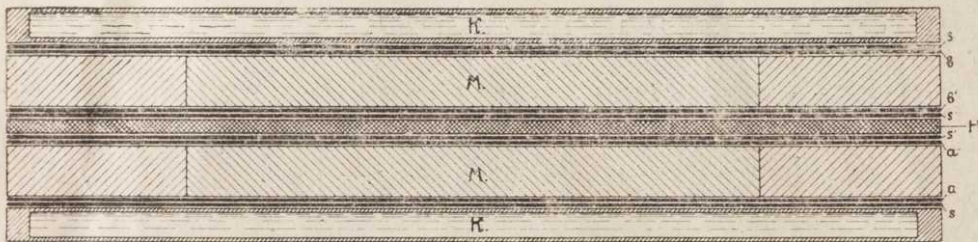
дать въ испытуемыхъ пластинахъ тепловой потокъ лишь по направленію, нормальному къ поверхности нагревающей плиты. Между нагревающей плитой и испытуе-



Фиг. 1. Нагревающая плита.

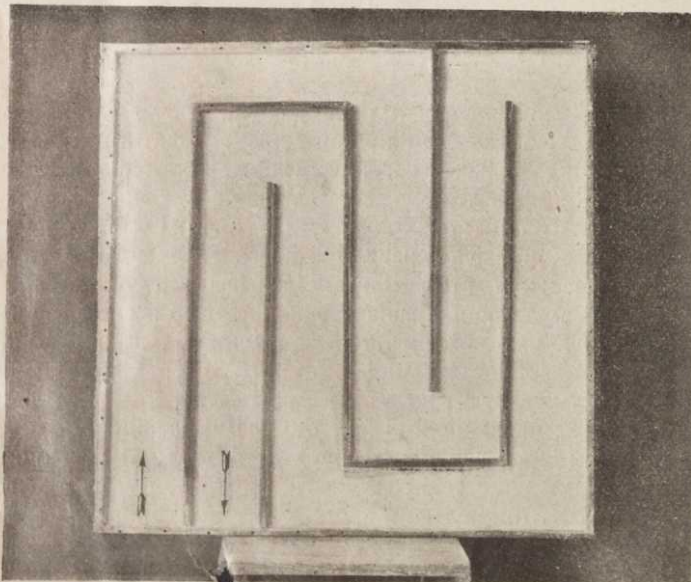
мымъ матеріаломъ (фиг. 2) прокладывались съ каждой стороны два листа клингерита толщиной 1 мм каждый,

РАСПОЛОЖЕНІЕ МАТЕРІАЛА И ТЕРМОЭЛЕМЕНТОВЪ ВЪ СТАНКѢ



Фиг. 2. H—нагревающая плита.
s, s'—листы клингерита.
a, b—листы клингерита съ термоэлементами.

ММ—испытуемый матеріалъ.
a, b—листы клингерита съ термоэлементами.
s, s'—листы клингерита.
K, K—холодные плиты.



Фиг. 3. Холодная плита.

первый имѣлъ цѣлю отдѣлить термоэлементы отъ соприкосновенія съ мѣдной оболочкой нагревающей пли-

ты, а на второмъ монтировались термоэлементы. Контрольные термоэлементы, имѣвшіе цѣлю установить равномерность температуры нагревающей плиты по ея поверхности, имѣли спаи обращенными въ сторону нагревающей плиты, термоэлементы же, служившіе для опредѣленія температуры на поверхности испытуемого матеріала, имѣли спаи термоэлементовъ обращенными въ сторону испытуемого матеріала и непосредственно къ нему прилегающими. Съ противоположныхъ сторонъ испытуемая пластины и защитныя кольца изъ того же матеріала покрывались полыми желѣзными плитами, по которымъ циркулировала охлаждающая вода. Между холодными плитами и испытуемымъ матеріаломъ прокладывались листы клингерита; на листѣ, прилежащемъ къ испытуемому матеріалу, монтировались термоэлементы, а второй листъ имѣлъ своей задачей лишь отдѣлить провода термоэлементовъ отъ соприкосновенія съ желѣзной стѣнкой охлаждающей плиты; спаи термоэлементовъ при этомъ непосредственно прилегали къ испытуемому матеріалу.

Устройство внутреннихъ перегородокъ въ холодной плитѣ можно видѣть изъ фиг. 3, представляющей снимокъ такой плиты при отнятой передней стѣнкѣ.

Измѣреніе количества тепла, вводимого въ центральную часть нагревающей плиты производилось при помощи амперметра A и вольтметра V (фиг. 4), при чемъ для грубого регулированія служилъ реостатъ изъ экономиче-

скихъ лампъ накаливанія, а для болѣе точнаго—реостатъ R₁. Для выравниванія неизбежныхъ колебаній напряженія въ сѣть включены водородные реостаты N, отъ лампъ Нернста. Учетъ электрической энергіи могъ производиться весьма точно, такъ какъ одно дѣленіе шкалы амперметра соответствовало 0,02 ампера, а одно дѣленіе шкалы вольтметра—0,1 вольт. Сила тока въ «защитномъ кольцѣ» нагревающей плиты, измѣнявшаяся при помощи болѣе грубого амперметра A_к, регулировалась реостатомъ R₂ такъ, чтобы температура на поверхности плиты въ ея центральной части и въ такъ называемомъ защитномъ кольцѣ была совершенно одинакова.

Въ виду того, что при испытаніяхъ «Морозина» въ нашемъ распоряженіи не оказалось достаточнаго количества пластинъ cadaго сорта, защитное кольцо для всѣхъ опытовъ съ «морозиномъ» было выполнено изъ пластинъ водоупорнаго «морозина» ($\lambda = 0,055$). Благодаря этому обстоятельству, какъ видно въ дальнѣйшемъ изъ протоколовъ испытаній, для поддержанія ровной температуры на поверхности нагревающей плиты въ ея центральной части и въ защитномъ кольцѣ, въ послѣднемъ приходилось поддерживать токъ сравнительно болѣе или меньшей силы въ зависимости отъ того, былъ ли коэффициентъ теплопроводности матеріала защитнаго кольца больше или меньше, чѣмъ коэффициентъ теплопроводности испытуемыхъ пластинъ.

Количество охлаждающей воды, протекающей черезъ холодныя плиты прибора, регулировалось такъ, чтобы разности температуръ по обѣимъ сторонамъ испытуемыхъ пластинъ, какъ на сторонѣ A, такъ и на сторонѣ B были совершенно одинаковы. При выполненіи этого условія, а также при условіи, что поверхности центральной части нагревающей плиты и нагревающего защитнаго кольца имѣютъ одинаковую температуру, все количество тепла, введеннаго въ центральную часть плиты $Q = 0,856 \cdot V \cdot A$,

дѣлится поровну между двумя испытуемыми пластинами.

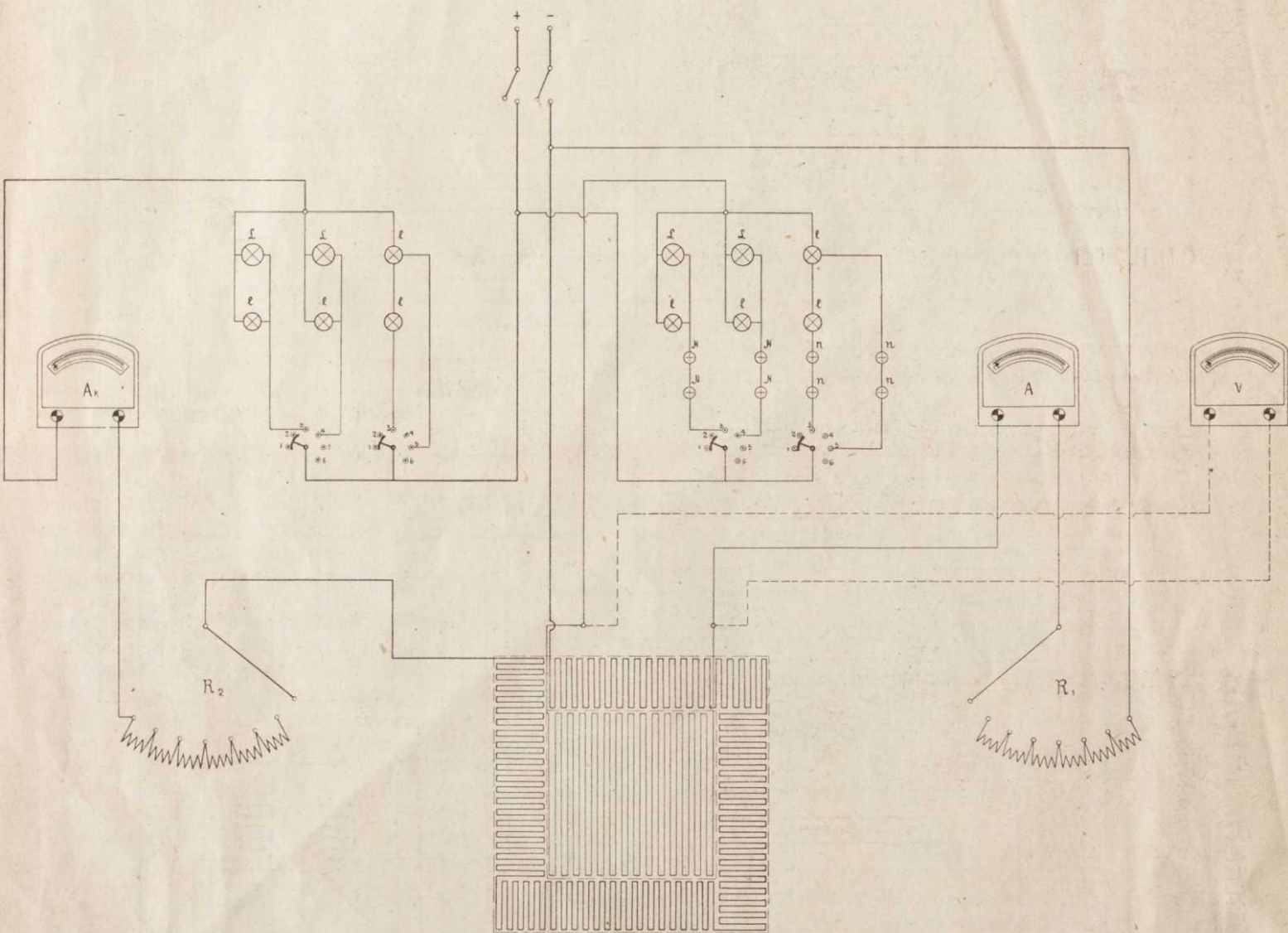
При пропускании через нагревающий прибор тока определенной силы и напряжения по обеим сторонам испытуемых пластин устанавливается определенная разность температур, которая будет тем больше, чем меньше теплопроводность испытуемый материал и чем больше его толщина. Промежуток времени, в течение которого наступает установившееся тепловое состояние и разность температур доходит до своей конечной величины, обычно весьма продолжителен и доходит до суток и более, в зависимости от теплопроводности материала и его толщины.

элементов шло около двух часов, так что продолжительность каждого опыта составляла в среднем при благоприятных условиях около восьми часов.

Порядок расположения спаев основных термоэлементов, служивших для определения разностей температур, установившихся по обеим сторонам испытуемых пластин, а также порядок расположения спаев контрольных термоэлементов, имевших своей задачей отмечать неодинаковую степень нагревания центральной части нагревающего прибора и его защитного кольца, ясно можно видеть из фиг. 5, представляющей условную схему

СХЕМА

РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРИБОРОВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ВВОДИМОГО ТЕПЛА.



Фиг. 4

Продолжительность наблюдений в установившемся тепловом состоянии, как видно в дальнейшем из протоколов, оказалось возможным ограничить 1/2—1 часа, трату же времени на достижение установившегося теплового состояния искусственными мерами, путем включения с самого начала большого числа ламп накаливания и пропускания, таким образом, тока большей силы и напряжения, чем во время самого опыта, удавалось понижать до 5-ти часов. На загрузку материалов в станок и соединение каждый раз между собою термо-

расположения термоэлементов и их проводов. Условность схемы заключается в том, что листы клингерита с смонтированными на них спаями термоэлементов для большей ясности изображения представлены в планѣ сдвинутыми и размещенными в порядкѣ их расположения (фиг. 2) на нагревающей плитѣ по ту и другую сторону ея.

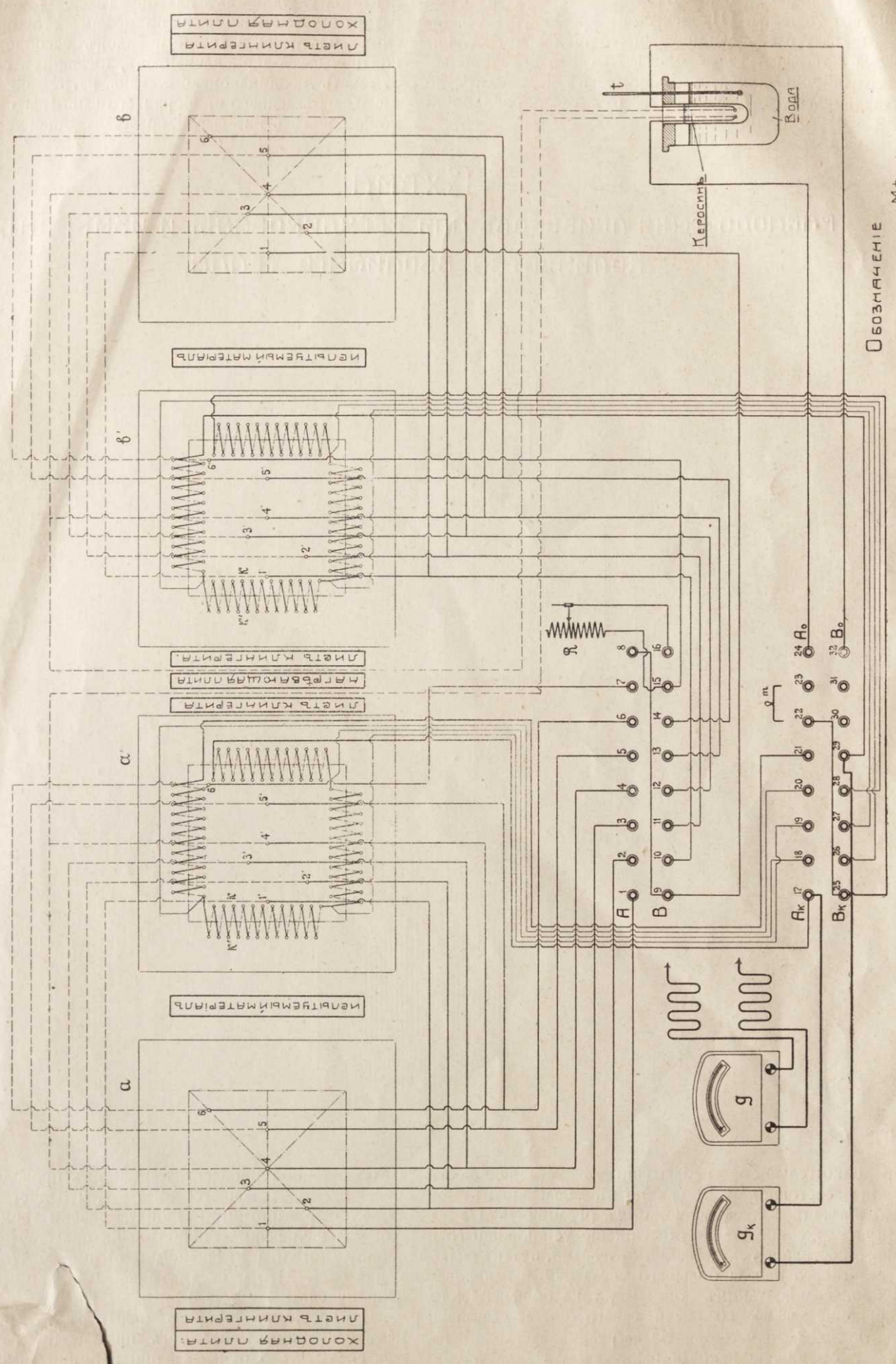
Измерение разностей температур на обеих сторонах испытуемых пластин производилось, как видно из схемы, в 6 пунктах при помощи спаев термоэле-

ментовъ 1-1', 2-2', 3-3', 4-4', 5-5', 6-6', называемыхъ основными. Каждый изъ этихъ термоэлементовъ (1-1', 2-2', 3-3', 4-4', 5-5', 6-6'), при помощи ртутнаго переключателя легко можетъ быть соединенъ съ гальвано-

метромъ порознь или, наоборотъ, всѣ или нѣсколько термоэлементовъ группами послѣдовательно. Присоединяя, на примѣръ, концы проводовъ гальванометра къ ртутнымъ клеммамъ 1-2 переключателя, мы отсчитываемъ

СХЕМА

РАСПОЛОЖЕНІЯ ТЕРМОЭЛЕМЕНТОВЪ И ИХЪ СОЕДИНЕНІЙ СЪ ГАЛЬВАНОМЕТРАМИ
ПРИ ПОМОЩИ РТУТНАГО ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЯ



ОБОЗНАЧЕНІЕ
— МѢДЬ
--- КОНСТАНТАНЪ
ФИГ. 5.

по гальванометру разность температур по обѣмъ сторонамъ пластинъ въ пунктѣ 1; присоединяя тѣ же концы къ клеммамъ 1-4 переключателя, мы суммируемъ разность температуръ въ пунктахъ 1-2 и 3; присоединяя, наконецъ, тѣ же концы къ клеммамъ 1-7 переключателя, мы суммируемъ разность температуръ во всѣхъ 6 пунктахъ, а для суммарное показаніе гальванометра на 6, получаемъ показаніе, соответствующее средней разности температуръ на сторонѣ *A* плиты; то же, въ виду полной симметричности прибора, относится и къ сторонѣ *B*.

Въ виду того, что клеммы 8-ая и 9-ая переключателя соединены между собою, можно, соединивъ при помощи вилки *m* клеммы 7-ую и 8-ую и присоединивъ концы проводовъ гальванометра къ клеммамъ 1 и 15 переключателя, просуммировать показанія всѣхъ 12-ти отновныхъ термоэлементовъ (6 на сторонѣ *A* и 6 на сторонѣ *B*), соединенныхъ другъ съ другомъ послѣдовательно. Такъ какъ суммирование показаній такого числа термоэлементовъ обычно выводило за предѣлы шкалы гальванометра, между клеммами 15-ой и 16-ой включался добавочный реостатъ *R*, сопротивление котораго при помощи подвижного контакта устанавливалось заранее такъ, чтобы для опредѣленія приблизительной средней разности температуръ, установившейся по обѣмъ сторонамъ испытуемыхъ пластинъ, достаточно было умножать показанія гальванометра на какой-либо удобный переводный множитель 0,1 или 0,2. Такимъ образомъ, соединяя между собой клеммы 7-ую и 8-ую и присоединяя концы проводовъ къ клеммамъ 1-ой и 16-ой (условное обозначеніе въ протоколахъ $1 - \frac{7}{8} - 16$), можно было непосредственно по гальванометру, безъ всякаго подсчета, грубо отсчитывать интересующую насъ среднюю разницу температуръ, что представляло значительныя удобства для общей ориентировки во время опытовъ. Для того чтобы сразу убѣдиться, что разности температуръ по обѣмъ сторонамъ испытуемыхъ пластинъ, какъ на сторонѣ *A*, такъ и на сторонѣ *B*, совершенно одинаковы, достаточно включить основные термоэлементы 1-1', 2-2', 3-3' 4-4', 5-5', 6-6' на сторонѣ *B* навстрѣчу тѣмъ же термоэлементамъ на сторонѣ *A*, т. е., соединивъ между собой вилкой *m* клеммы 7-ую и 15-ую, присоединить концы проводовъ гальванометра къ клеммамъ 1-ой и 9-ой (условно $1 - \frac{7}{15} - 9$). Такъ какъ разность разностей температуръ по обѣмъ сторонамъ испытуемыхъ пластинъ на сторонахъ *A* и *B* должна быть, при правильномъ распредѣленіи охлаждающей воды и полной однородности матеріала, равна нулю, то и стрѣлка гальванометра должна стать на нуль или только незначительно отъ него отклоняться.

Въ виду того, что при принятой схемѣ расположенія спаевъ термоэлементовъ непосредственно отсчитывалась разница температуръ $t_1 - t_2$ по обѣмъ сторонамъ испытуемыхъ пластинъ, въ сущности отпала надобность въ устройствѣ начальныхъ спаевъ, погруженныхъ въ тахій ледъ. Лишь для опредѣленія той средней температуры $\left(\frac{t_1 + t_2}{2}\right)$, при которой совершался процессъ теплопередачи, явилась надобность опредѣлить абсолютное значеніе температуры испытуемаго матеріала на поверхности его, обращенной къ холодной плитѣ или, наоборотъ, на поверхности, обращенной къ нагрѣвающей плитѣ; тогда по одной изъ этихъ температуръ (t_1 или t_2) и опредѣленной уже разности температуръ $t_1 - t_2$ по обѣмъ сторонамъ испытуемыхъ пластинъ нетрудно опредѣлить среднюю температуру $\frac{t_1 + t_2}{2}$ матеріала во время испытанія.

За исходную начальную температуру t_0 при опредѣленіи абсолютнаго значенія температуры на холодной и теплой поверхностяхъ испытуемыхъ пластинъ была принята температура помѣщенія, въ которомъ производилось испытаніе.

Присоединяя концы проводовъ гальванометра къ клеммамъ 24-й и 4-й и зная температуру помѣщенія, нетрудно (см. ниже) опредѣлить по отклоненію гальванометра температуру холодной поверхности испытуемой пластины на сторонѣ *A*; присоединяя же концы къ клеммамъ 32-й и 12-й, находимъ ту же температуру для стороны *B*. Пользуясь клеммами 24-й, 5-й, 32-й и 13-й можно точно также опредѣлить температуры теплыхъ поверхностей въ центрахъ пластинъ на сторонахъ *A* и *B*. Соединяя между собой вилкой *m* клеммы 24-ю и 32-ю и присоединяя концы проводовъ гальванометра къ клеммамъ 4-й и 12-й (условно $4 - 24/32 - 12$), мы опредѣляемъ разность температуръ въ центрахъ холодныхъ поверхностей испытуемыхъ пластинъ на сторонахъ *A* и *B*, которая при правильной работѣ должна быть равна нулю, оставляя по прежнему соединенными клеммы 24-ю и 32-ю и присоединяя концы проводовъ гальванометра къ клеммамъ 5-й и 13-й (условно $5 - 24/32 - 13$), мы измеримъ разность температуръ въ центрахъ теплыхъ поверхностей испытуемыхъ пластинъ на сторонахъ *A* и *B*, которая также должна быть равна нулю.

Спаи *k* контрольныхъ термоэлементовъ распредѣлены по поверхности нагрѣвающей плиты такъ, что одна половина спаевъ этихъ термоэлементовъ расположена на центральной части нагрѣвающей плиты, а другая половина на части ея, называемой защитнымъ кольцомъ; такъ какъ на сторонахъ *A* и *B* имѣется по 48 контрольныхъ термоэлементовъ (96 спаевъ), соединенныхъ другъ съ другомъ послѣдовательно, то, при соединеніи вилкой *m* клеммъ 21-й и 22-й и присоединеніи концовъ проводовъ гальванометра G_k къ клеммамъ 17-й и 29-й ($17 - 21/22 - 29$), всѣ 96 термоэлементовъ, расположенные на сторонахъ *A* и *B*, оказываются включенными послѣдовательно и, благодаря этому, малѣйшая разность температуръ центральной части нагрѣвающей плиты и ея защитнаго кольца отсчитывалась по контрольному гальванометру G_k увеличенной въ 96 разъ. Сила тока въ защитномъ кольцѣ при помощи реостата R_2 (фиг. 4) регулировалась такъ, чтобы стрѣлка гальванометра G_k (фиг. 5) въ теченіе опыта оставалась на нулѣ; при отклоненіи стрѣлки гальванометра въ ту или другую сторону одно дѣленіе шкалы гальванометра соответствовало $\sim 0,006^\circ \text{Ц}$.

Изъ приведеннаго описанія схемы расположенія термоэлементовъ, такимъ образомъ, нетрудно усмотрѣть, что принятый способъ послѣдовательнаго соединенія между собой термоэлементовъ, какъ основныхъ, такъ и контрольных, позволилъ отсчитывать интересующія насъ разницы температуръ со значительно большей степенью точности, такъ какъ при соединеніи послѣдовательно *n* термоэлементовъ, искомая разница температуръ отсчитывалась по гальванометру увеличенной въ *n* разъ.

Термоэлементы.

При изслѣдованіи теплопроводности матеріаловъ необходимы такіе приборы, которые были бы настолько тонки, чтобы можно было пренебречь ихъ толщиной. Такимъ свойствомъ обладаютъ лишь термоэлементы и термометры сопротивления: первые даютъ температуру въ одной точкѣ, а вторые, благодаря большому развитію въ ширину, даютъ среднюю температуру по плоскости. Казалось бы это даетъ преимущество передъ термоэлементами, но, съ одной стороны, невозможность имѣть вполне однородную платиновую проволоку и дороговизна послѣдней, а съ другой—невозможность использовать имѣвшіеся въ холодильной лабораторіи готовые термометры съ сопротивленіемъ, въ виду ихъ громоздкой конструкции, заставили остановиться на термоэлементахъ; къ тому же въ Лабораторіи Паровыхъ Котловъ имѣлся очень хорошій матеріалъ для изготовленія термоэлементовъ.

говъ, а именно: константановыя и мѣдныя проволоки, специально для этой цѣли доставленныя еще до войны фирмой Hartman & Braun.

Въ виду большой точности предстоявшей работы нельзя было ни базироваться на литературныхъ данныхъ, ни пользоваться опытами, произведенными ранѣе въ Лабораторіи Паровыхъ Котловъ съ другими предѣлами температуръ, а пришлось выяснитъ однородность проволокъ въ термоэлектрическомъ отношеніи и затѣмъ градуировать ихъ по имѣющемуся гальванометру.

Опредѣленіе однородности проволокъ, какъ константановой, такъ и мѣдной изолированной и не изолированной производилось слѣдующимъ образомъ: двѣ испытуемыя проволоки скручивались и припаивались, затѣмъ концы присоединялись къ гальванометру Сименсъ и Гальске (сопротивленіе 74,8 омъ, дѣленіе шкалы $2,68 \cdot 10^{-7}$ амп.), а спай помѣщался въ горѣлку Меккера и нагрѣвался до температуры 600°C ., при чемъ не было отклоненія стрѣлки болѣе 0,1—0,2 дѣленія гальванометра.

Такъ какъ работѣ приходилось съ разностями температуръ не болѣе нѣсколькихъ десятковъ градусовъ, то указанная неоднородность не могла имѣть абсолютно никакого вліянія на отсчетъ по гальванометру; въ виду этого, всѣ проволоки были признаны совершенно однородными и оказалось возможнымъ перейти къ градуированію термопаръ, которое необходимо было произвести между предѣлами $+30^{\circ}$ и -20°C . Предыдущими опытами въ Лабораторіи Паровыхъ Котловъ было установлено, что термоэлектрическая способность, т. е. первая производная отъ электродвижущей силы по температурѣ измѣняется въ узкихъ предѣлахъ температуръ по очень пологой кривой, которую съ большимъ приближеніемъ можно замѣнить прямой. Въ виду этого и средняя термоэлектрическая способность между температурами 0° и t^0 выразится тоже прямой, но съ инымъ наклономъ къ оси абсциссъ.

Если обозначимъ среднюю термоэлектрическую способность въ предѣлахъ отъ нуля до t черезъ

$$\left[\frac{dE}{dt} \right]_0^t = \nu_0^t = a + bt,$$

то нетрудно показать, что термоэлектрическая способность въ предѣлахъ t_1 и t_2 напишется

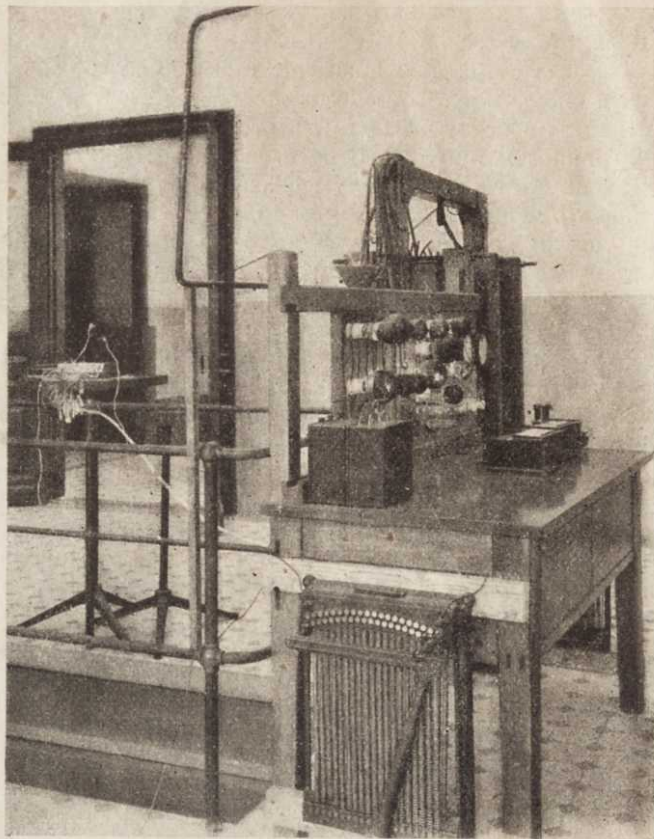
$$\nu_{t_1}^{t_2} = a + b(t_1 + t_2)$$

Для опредѣленія термоэлектрической способности необходимо было точно измѣрять температуры и электровозбудительныя силы. Для этой цѣли были взяты двѣ банки отъ аккумуляторной батареи и въ нихъ помѣщены глубокіе стеклянные стаканчики съ керосиномъ (общее расположеніе показано на фиг. 7), а въ керосинъ были опущены спаи термоэлементовъ, соединенныхъ послѣдовательно и изолированныхъ одинъ отъ другого тонкими стеклянными трубочками. Для полученія ровной температуры по всей массѣ воды и керосина перемѣшиваніе производилось при помощи пузырьковъ воздуха, нагнетаемаго особымъ аппаратомъ.

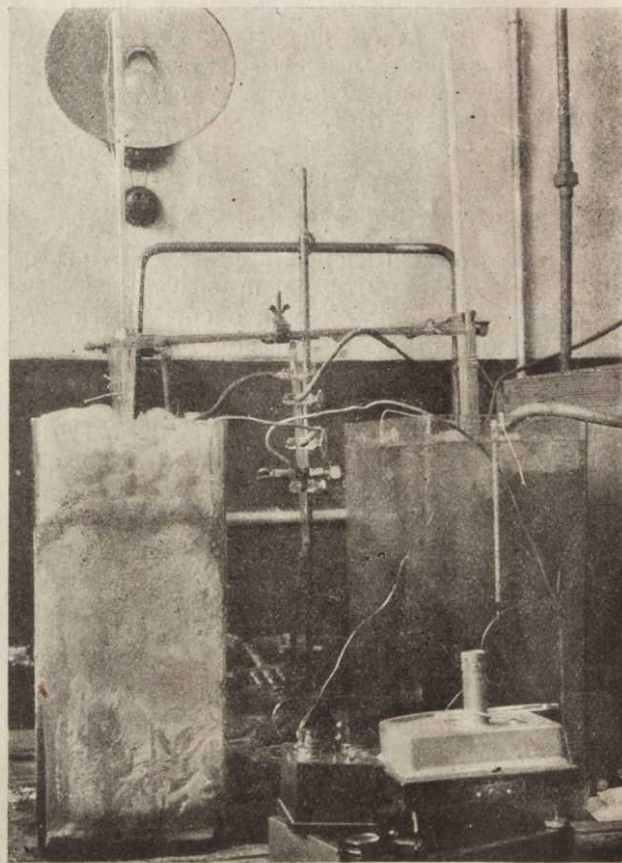
Въ тѣхъ случаяхъ, когда необходима была температура ниже нуля, послѣдняя достигалась при помощи смѣси льда съ солью. На фиг. 7 и показанъ такой случай, при чемъ вся внѣшняя поверхность лѣваго сосуда покрылась снѣгомъ.

Наблюденіе температуръ велось по двумъ термометрамъ, раздѣленнымъ на $0,1^{\circ}$ (отсчеты производились въ лупу съ точностью до $0,01^{\circ}$), при чемъ одинъ изъ нихъ имѣлъ свидѣтельство нѣмецкой палаты мѣръ и вѣсовъ, а второй пришлось предварительно повѣрить по первому (фиг. 8). Точка нуля повѣрялась по таянію измельченнаго льда, полученнаго изъ дистиллированной воды, и при послѣдующихъ вычисленіяхъ всѣ эти поправки были

приняты во вниманіе (поправки свидѣтельства, поправки отъ сравненія термометровъ, поправки выступающаго столбика).



Фиг. 6.



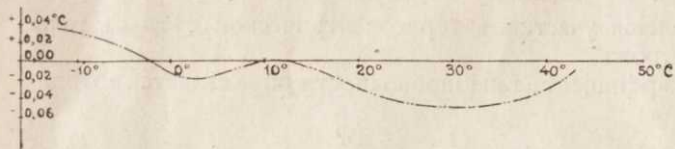
Фиг. 7.

Электровозбудительная сила измѣрялась при помощи гальванометра, постоянная котораго была опредѣлена Электротехнической Лабораторіей Императорскаго Тех-

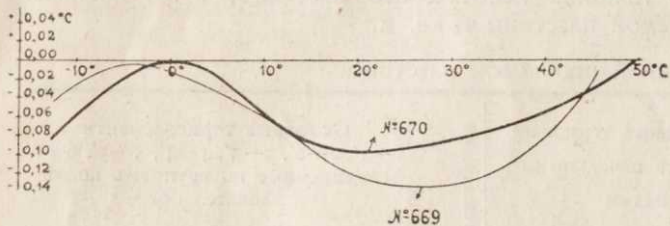
ническаго Училища, съ добавочнымъ сопротивленіемъ Siemens & Halske, также провереннымъ той же Лабораторіей.

ПОВѢРКА ТЕРМОМЕТРОВЪ

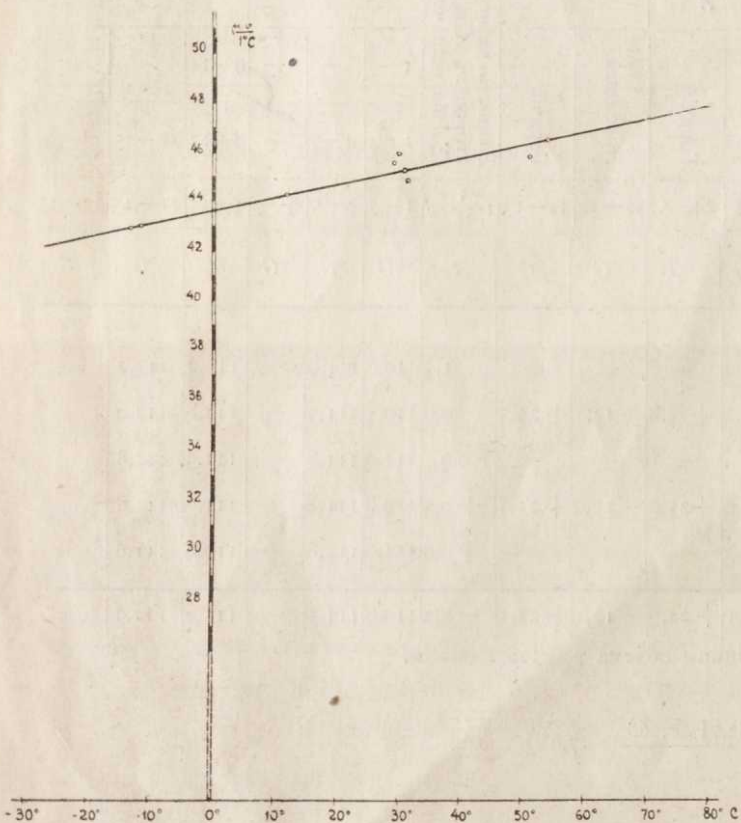
ПОПРАВКИ ТЕРМОМЕТРА № 669 ПО № 670.



ПОПРАВКИ ТЕРМОМЕТРОВЪ № 669 И 670 ПО ГАЗОВОМУ ТЕРМОМЕТРУ



Фиг. 8.



Фиг. 9 Зависимость термоэлектрической способности отъ температуры.

Результаты градуированія термоэлементовъ нанесены на діаграмѣ фиг. 9, при чемъ при оцѣнкѣ величины ошибокъ слѣдуетъ обратить вниманіе на то, что ось абсциссъ значительно смѣщена вверхъ.

Формулы для подсчета.

Если испытаніе матеріала производится между температурами t_1 и t_2 , то термоэлектрическая способность μ выражается, какъ уже сказано выше, уравненіемъ

$$\mu = 43,6 + 0,051 \cdot (t_1 + t_2).$$

Пользуясь для опредѣленія температуръ t_1 и t_2 по показаніямъ центральныхъ термоэлементовъ съ начальными спаями (A_0, B_0 —холодные, A'_0, B'_0 —горячіе), имѣемъ

$$t_1 = t_0 + \frac{A'_0 + B'_0}{2} \cdot \frac{81,5 \cdot 0,268}{\mu_1},$$

$$t_2 = t_0 + \frac{A_0 + B_0}{2} \cdot \frac{81,5 \cdot 0,268}{\mu_2} \text{ и}$$

$$t_1 + t_2 = 2 t_0 + \frac{81,5 \cdot 0,268}{2} \cdot \left[\frac{A'_0 + B'_0}{\mu_1} + \frac{A_0 + B_0}{\mu_2} \right].$$

Принимая предварительно

$$\mu_1 = \mu_2 = 45,6 \text{ } \mu v/^{\circ} C.,$$

имѣемъ

$$t_1 + t_2 = 2 t_0 + 0,24 \cdot [A_0 + A'_0 + B_0 + B'_0].$$

Подставляя выраженіе $t_1 + t_2$ въ уравненіе μ , имѣемъ

$$\mu = 43,6 + 0,102 \cdot t_0 + 1,22 \cdot \left[\frac{A_0 + A'_0 + B_0 + B'_0}{100} \right]. \quad (1)$$

Сопротивленія въ сѣти термоэлементовъ.

Схема включенія.		Сопротивленіе въ омахъ безъ гальванометра.	Сопротивленіе въ омахъ, включая сопротивлен. гальваномет.
1	6 основныхъ термоэлементовъ 1—1', 2—2', 3—3', 4—4', 5—5', 6—6' на сторонѣ A включены послѣдовательно (1—7)	14,0	89,8
2	Тоже на сторонѣ B (9—15)	13,9	89,7
3	Всѣ 12 основныхъ термоэлементовъ на сторонахъ A и B включены послѣдовательно (1—7—8—15)	27,8	103,6
4	Основные термоэлементы 1—1', 2—2', 3—3' на сторонѣ A включены послѣдовательно (1—4)	7,4	83,2
5	Основные термоэлементы 4—4', 5—5', 6—6' на сторонѣ A включены послѣдовательно (4—7)	6,8	82,6
6	Основные термоэлементы 1—1', 2—2', 3—3' на сторонѣ B включены послѣдовательно (9—12)	7,4	83,2
7	Основные термоэлементы 4—4', 5—5', 6—6' на сторонѣ B включены послѣдовательно (12—15)	6,9	82,7
8	Центральный термоэлементъ на сторонѣ A (холодн.) съ начальнымъ спаемъ (24—4)	5,7	81,5
9	Центральный термоэлементъ на сторонѣ A (горячій) съ начальнымъ спаемъ (24—5)	5,7	81,5
10	Центральный термоэлементъ на сторонѣ B (холодн.) съ начальнымъ спаемъ (32—12)	5,5	81,3
11	Центральный, термоэлементъ на сторонѣ B (горячій) съ начальнымъ спаемъ (32—13)	5,5	81,3
12	Контрольные термоэлементы на сторонахъ A и B включены послѣдовательно (17—21—29)	19,6	95,4
13	Контрольные термоэлементы на сторонѣ A включены послѣдовательно (17—21)	9,9	85,7
14	Контрольные термоэлементы на сторонѣ B включены послѣдовательно (25—29)	9,9	85,7

Въ виду того, что температура охлаждающей воды обычно ниже температуры помѣщенія и члены A_0 и A'_0 , съ одной стороны, и B_0 и B'_0 , съ другой, имѣютъ противоположные знаки, послѣдній членъ въ уравненіи (1) обычно очень малъ; небольшія отклоненія μ_1 и μ_2 въ ту и другую сторону отъ принятаго средняго значенія 45,6 $\mu v/^{\circ} C.$ почти совершенно не отражаются на конечномъ результатѣ, и подсчетъ μ по формулѣ (1) оказался въ достаточной мѣрѣ точнымъ для всѣхъ опытовъ. Въ опытахъ № 1 и № 2 съ толстыми пробковыми пластинами μ_1 и μ_2 отличались другъ отъ друга болѣе значительно, чѣмъ въ другихъ опытахъ, и, кромѣ того, среднее ихъ значеніе было нѣсколько выше принятаго въ предварительномъ подсчетѣ. Въ опытахъ № 10—12 съ «шевелиномъ», въ виду малой его толщины, значенія

μ_1 и μ_2 незначительно отличались друг от друга, но, благодаря значительно болѣе холодной водѣ, среднее ихъ значеніе, наоборотъ, было ниже принятаго въ предварительномъ подсчетѣ. Дѣлая для этихъ опытовъ повторный болѣе точный подсчетъ, задаваясь новыми значеніями μ_1 и μ_2 , нетрудно найти точное значеніе μ , которое отличается отъ приближеннаго, вычисленнаго по формулѣ (1), всего на $\pm 0,02 \mu v/^{\circ}C$, т. е. на величину, лежащую за предѣломъ точности нашихъ наблюденій.

Опредѣливъ, такимъ образомъ, по формулѣ (1) величину μ , находимъ среднюю разницу температуръ по обѣимъ сторонамъ испытуемыхъ пластинъ $t_1 - t_2$:

$$t_1 - t_2 = \frac{89,75 \cdot 0,268}{12} \cdot \left[\frac{A_{1-7} + B_{9-15}}{\mu} \right] = 2,00 \cdot \left[\frac{A_{1-7} + B_{9-15}}{\mu} \right] \dots (2)$$

Если шкала гальванометра не позволяла включать послѣдовательно всѣ 6 термоэлементовъ, то послѣдніе разбивались на группы по 3 или по 2 термоэлемента въ каждой, и тогда

$$t_1 - t_2 = \frac{0,268}{12 \cdot \mu} \cdot [\Sigma A R_a + \Sigma B \cdot R_b], \dots (3)$$

гдѣ A и B —показанія гальванометра, а R_a и R_b —сопротивленія участковъ термоэлектрической сѣти съ гальванометромъ.

Коэффициентъ теплопроводности опредѣляется по формулѣ:

$$\lambda = \frac{Q}{2} \cdot \frac{\delta}{(t_1 - t_2) \cdot F} \dots (4)$$

гдѣ δ —толщина испытуемыхъ пластинъ, а F —площадь испытуемой пластины въ кв. м.

Протоколъ № 1. Испытаніе негудронированной пробковой пластины.

10 дѣ мѣсяцъ и число.	Основ- ные термо- эле- менты (1—6)		Добавочное со- привлечіе. R Градусы гальвано- метра 1-7/8-16	Прибл. средн. разница темпер. $R+10,4$ $t_1-t_2 \approx 0,5 t_{100}$	Контроль- ные термоэле- менты	Электрический токъ			Количество тепла на одну пластину $Q = 0,428 \cdot V \cdot A$	Температура охлаждающей воды t_w	Температура начальныхъ спаевъ t_0	Центральные термоэле- менты съ начальными спаями				Разность разностей темпер. на сторонахъ A и B (ΣA на встрѣчу ΣB)	Основные термоэлементы 1—1', 2—2', 3—3', 4—4', 5—5', 6—6' соединенные по группамъ послѣ- довательно.						
												Сторона A		Сторона B			Сторона A		Сторона B				
												Холодный	Горячій	Холодный	Горячій		1—7 15—9	1—3	3—5	5—7	9—11	11—13	13—15
Часы	°C	°C	°C	°C _K	°C	A _K	A	V	калор. часъ	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
6,00 в.	290	92,4	—	0,0	—	1,49	1,12 (56,0)	5,90 (59,0)	—	16,9	24,0	—	—	—	—	—	1,5	110,8	111,0	—	112,2	112,2	—
6,15 в.	"	92,4	—	0,0	—	1,49	1,12 (56,0)	5,90 (59,0)	—	16,9	24,0	-12,2	+24,8	-12,1	+25,2	-0,9	110,5	111,3	—	111,8	112,0	—	
6,30 в.	"	92,2	—	0,0	—	1,49	1,12 (56,0)	5,90 (59,0)	—	17,0	23,9	—	—	—	—	0,0	111,0	111,8	—	111,3	111,8	—	
6,45 в.	*	92,1	—	0,0	—	1,49	1,12 (56,0)	5,90 (59,0)	—	17,0	23,8	-12,0	+25,0	-12,0	+25,3	+0,5	110,8	111,8	—	111,0	111,8	—	
7,00 в.	*	92,0	—	0,0	—	1,49	1,12 (56,0)	5,90 (59,0)	—	17,0	23,8	—	—	—	—	+0,8	111,0	111,8	—	110,8	111,6	—	
Ср. вел.	290	92,2	18,4	0,0	0,0	1,49	1,12	5,90	2,83	17,0	23,9	-12,1	+24,9	-12,1	+25,2	-0,2	110,8	111,5	—	111,4	111,9	—	

Примѣчанія. Толщина испытуемаго матеріала $\delta = 50$ мм. Всѣ единицы объема $\gamma = 128$ кг/куб. м.

$$\mu = 43,6 + 0,102 \cdot 23,9 + 1,22 \left[\frac{50,1 - 24,2}{100} \right] = 46,4 \mu v/^{\circ}C.$$

$$t_1 - t_2 = \frac{[110,8 \cdot 83,2 + 111,5 \cdot 82,6 + 111,4 \cdot 83,2 + 111,9 \cdot 82,7] \cdot 0,268}{12 \cdot 46,4} = 17,8^{\circ}C.$$

$$\lambda = \frac{2,83 \cdot 0,050}{17,8 \cdot 0,211} = 0,038 \text{ кал./час./кв. м./}^{\circ}C.$$

Протоколъ № 2. Испытаніе негудронированной пробковой пластины.

1,30 д.	290	119,3	—	—1,0	—	1,50	1,11	5,85	—	14,5	19,4	—9,3	+39,8	—8,8	+40,6	+1,0	97,1	98,8	102,5	97,8	99,0	100,0
2,00 д.	"	119,3	—	—1,0	—	1,50	1,11	5,85	—	14,7	19,7	—	—	—	—	—0,4	97,0	98,5	101,8	98,0	99,3	100,0
2,30 д.	"	119,3	—	—1,0	—	1,50	1,11	5,85	—	14,7	19,8	—9,5	+39,2	—9,0	+40,0	—0,5	96,9	98,4	101,6	98,0	99,1	100,0
3,00 д.	"	119,3	—	0,0	—	1,50	1,12	5,90	—	14,8	19,9	—	—	—	—	—0,2	97,0	98,3	101,7	98,0	99,2	100,0
Ср. вел.	290	119,3	23,8	—0,8	0,005	1,50	1,11	5,86	2,78	14,7	19,7	—9,4	+39,5	—8,9	+40,3	0,0	97,0	98,5	101,9	98,0	99,2	100,0

Примѣчанія. Толщина испытуемаго матеріала $\delta = 81$ мм. Всѣ единицы объема $\gamma = 150$ кг/метр.³.

$$\mu = 43,6 + 0,102 \cdot 19,7 + 1,22 \left[\frac{79,8 - 18,3}{100} \right] = 46,3 \mu v/^{\circ}C.$$

$$97,0 \cdot 80,7 + 98,5 \cdot 80,6 + 101,9 \cdot 80,4 + 98,0 \cdot 80,7 + 99,2 \cdot 80,6 + 100,0 \cdot 80,4 = 47900 \mu v.$$

$$t_1 - t_2 = \frac{47900 \cdot 0,268}{12 \cdot 46,3} = 23,1^{\circ}C;$$

$$\lambda = \frac{2,78 \cdot 0,081}{23,1 \cdot 0,211} = 0,046 \text{ кал./час./кв. м./}^{\circ}C.$$

Протокол № 3. Испытание негудронированной пробковой пластины.

Годъ, мѣсяцъ и число.	Основ- ные термо- эле- менты (1—6)		Прибл. средн. разница темпер.	Контроль- ные термоэле- менты		Электрический токъ			Количество тепла на одну пластину $Q_2 = 0,428 \cdot V \cdot A$	Температура охлаждающей воды t_w	Температура начальныхъ спаевъ t_0	Центральные термоэле- менты съ начальными спаями				Разность разностей темпер на сторонахъ А и В (2А на вступѣ 2В)	Основные термоэлементы 1—1', 2—2', 3—3', 4—4', 5—5', 6—6' соединенные по группамъ послѣ- довательно																		
	Добавочное со- противленіе R Градусы гальвано- метра.	$R + 104$ $t_1 - t_2 \cdot 0,51$ 1000		Показанія контрольного гальванометра.	Средн. разн. темпер. на по- верхъ зашит. кольца и центр части нагрев. плиты Δt	Защитное кольцо	Центральная часть.					Сторона А	Сторона В	Сторона А	Сторона В																				
			Амперы				Вольты	Холодный	Горячій	Холодный	Горячій																								
19 $\frac{4}{VI}$ 15	1—7/8—16											Холодный	Горячій	Холодный	Горячій		1—7	—	—	9—15	—	—	1—4	4—7	—	9—12	12—15	—	1—3	3—5	5—7	9—11	11—13	13—15	
Часы	Ω	°G	°C	°G _K	°C	A _K	A	V	калор. часъ	°C	°C	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G
5,15 в.	92	80,0	—	+1,0	—	1,75	1,48 (74,0)	7,24 (72,4)	—	14,5	18,5	—	—	—	—	—1,9	88,7	—	—	90,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,30 в.	"	79,6	—	+1,0	—	1,75	1,48 (74,0)	7,23 (72,3)	—	14,5	18,4	—5,9	+10,6	—6,0	+10,6	—1,5	88,6	—	—	90,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,45 в.	"	79,5	—	+1,0	—	1,75	1,48 (74,0)	7,23 (72,3)	—	14,4	18,4	—	—	—	—	—1,0	88,9	—	—	90,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,00 в.	"	79,9	—	+1,0	—	1,75	1,48 (74,0)	7,23 (72,3)	—	14,3	18,4	—6,0	+10,6	—6,1	+10,6	—0,6	89,5	—	—	90,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,15 в.	"	79,9	—	+2,0	—	1,75	1,48 (73,8)	7,21 (72,1)	—	14,3	18,4	—	—	—	—	—1,0	89,3	—	—	90,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ср.вел.	92	79,8	8,0	+1,2	0,007	1,75	1,48	7,23	4,58	14,4	18,4	—6,0	+10,6	—6,1	+10,6	—1,2	89,0	—	—	90,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания. Толщина испытуемого материала $\delta = 14,9$ мм. Всь единицы объема $\gamma = 177$ кг/кб. м.

$$\mu = 43,6 + 0,102 \cdot 18,4 + 1,22 \cdot \frac{21,2 - 12,1}{100} = 45,6 \text{ } \mu\text{v}/^\circ\text{C}.$$

$$t_1 - t_2 = 2,00 \cdot \frac{89,0 + 90,4}{45,6} = 7,88 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\lambda = \frac{4,58 \cdot 0,0149}{7,88 \cdot 0,211} = 0,041 \text{ кал./час./кв. м.}/^\circ\text{C}.$$

11
19 VI 15

Протокол № 4. Испытание водоупорного «Морозина», вторично пропитанного раствором.

3,45 д.	92	96,5	—	0,0	—	1,74	1,46 (73,1)	7,25 (72,5)	—	16,5	24,6	—14,8	+4,8	—14,5	+4,9	0,0	57,3	57,5	—	56,5	58,5	—
4,15 д.	"	96,5	—	0,0	—	1,74	1,46 (73,0)	7,24 (72,4)	—	16,4	24,6	—	—	—	—	+1,0	57,3	57,8	—	56,1	58,0	—
4,45 д.	"	96,0	—	0,0	—	1,73	1,46 (72,9)	7,23 (72,3)	—	16,3	24,5	—14,8	+4,8	—14,2	+5,0	+1,4	57,2	57,5	—	55,8	57,5	—
Ср. вел.	92	96,3	9,6	0,0	0,0	1,74	1,46	7,24	4,52	16,4	24,6	—14,8	+4,8	—14,3	+5,0	+0,8	57,3	57,6	—	56,1	58,0	—

Примечания. Толщина испытуемого материала $\delta = 22,5$ мм. Всь единицы объема $\gamma = 309$ кг/кб. м.

$$\mu = 43,6 + 0,102 \cdot 24,6 + 1,22 \cdot \frac{9,8 - 29,1}{100} = 45,9 \text{ } \mu\text{v}/^\circ\text{C}.$$

$$t_1 - t_2 = \frac{[57,3 \cdot 83,2 + 57,6 \cdot 82,6 + 56,1 \cdot 83,2 + 58,0 \cdot 82,7] \cdot 0,268}{12 \cdot 45,9} = 9,23 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\lambda = \frac{4,52 \cdot 0,0225}{9,23 \cdot 0,211} = 0,052 \text{ кал./час./кв. м.}/^\circ\text{C}.$$

28
19 V 15

Протокол № 5. Испытание «Морозина» чистой костры.

5,30 в.	92	99,0	—	0,0	—	1,81	1,56 (78,2)	7,78 (77,8)	—	13,8	18,3	—	—	—	—	—0,2	109,2	—	—	109,5	—	—
5,45 в.	"	99,0	—	0,0	—	1,81	1,56 (78,2)	7,77 (77,7)	—	13,8	18,2	—	—	—	—	0,0	109,2	—	—	109,4	—	—
6,00 в.	"	99,0	—	0,0	—	1,81	1,58 (78,9)	7,81 (78,1)	—	13,8	18,2	—6,2	+13,9	—6,8	+13,2	0,0	109,2	—	—	109,3	—	—
Ср. вел.	92	99,0	9,9	0,0	0,0	1,81	1,57	7,79	5,23	13,8	18,2	—6,2	+13,9	—6,8	+13,2	—0,1	109,2	—	—	109,4	—	—

Примечания. Толщина испытуемого материала $\delta = 21$ мм. Всь единицы объема $\gamma = 315$ кг/кб. м.

$$\mu = 43,6 + 0,102 \cdot 18,2 + 1,22 \cdot \frac{27,1 - 13,0}{100} = 45,6 \text{ } \mu\text{v}/^\circ\text{C}.$$

$$t_1 - t_2 = 2,00 \cdot \frac{109,2 + 109,4}{45,6} = 9,59 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\lambda = \frac{5,23 \cdot 0,021}{9,59 \cdot 0,211} = 0,054 \text{ кал./час./кв. м.}/^\circ\text{C}.$$

Протокол № 6. Испытание «Морозина» водоупорного.

Годъ, мѣсяцъ и число.	Основ- ные термо- эле- менты (1—6)		Прибл. средн. разница темпер. $R + 104$ $t_1 - t_2 = 0,51 n$	Контроль- ные термоэле- менты		Электрический токъ			Количество тепла на одну пластину $Q = 0,428 \cdot V \cdot A$	Температура охлаждающей воды t_w	Температура начальныхъ спаевъ t_0	Центральные термоэле- менты съ начальными спаями				Разность разностей темпер на сторонахъ A и B (ΣA на вострѣху ΣB)	Основные термоэлементы 1—1', 2—2', 3—3', 4—4', 5—5', 6—6' соединенные по группамъ послѣ- довательно						
	Добавочное со- противленіе R Градусы гальвано- метра.			Показаніи контрольного гальванометра.		Средн. разн. темпер. на по- верх зашит. кольца и центр части нагрѣв. плиты Δt		Защитное кольцо				Центральная часть.	Сторона A	Сторона B	Сторона A		Сторона B						
	1-7/8-16						Амперы	Амперы				Вольты	Холодный	Горячій	Холодный		Горячій	1-7	—	—	9-15	—	—
Часы	Ω	°G	°Ц	°G _K	°Ц	A_K	A	V	калор. часъ	°Ц	°Ц	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	
5,15 в.	92	93,0	—	+2,0	—	1,79	1,56 (78,2)	7,63 (76,3)	—	12,9	19,3	—9,2	+9,9	—10,2	+9,2	+1,2	108,2	—	—	106,8	—	—	
5,25 в.	„	92,5	—	+1,0	—	1,79	1,57 (78,7)	7,70 (77,0)	—	12,9	19,3	—	—	—	—	+0,8	107,8	—	—	106,2	—	—	
5,35 в.	„	92,4	—	0,0	—	1,78	1,56 (78,2)	7,66 (76,6)	—	12,9	19,2	—	—	—	—	+0,2	107,3	—	—	106,6	—	—	
5,45 в.	„	92,8	—	—2,0	—	1,80	1,56 (78,2)	7,67 (76,7)	—	12,9	19,2	—9,5	+9,9	—10,4	+9,2	+0,2	107,9	—	—	106,8	—	—	
Ср.вел.	92	92,7	93,3	+0,2	0,001	1,79	1,56	7,67	5,15	12,9	19,2	—9,3	+9,9	—10,3	+9,2	+0,6	107,8	—	—	106,6	—	—	

Примѣчанія. Толщина испытываемаго матеріала $\delta = 21,25$ мм. Всѣ единицы объема $\gamma = 324$ кг./кб. м.

$$\mu = 43,6 + 0,102 \cdot 19,2 + 1,22 \cdot \left| \frac{19,1 - 19,7}{100} \right| = 45,6 \text{ } \mu\text{v}/^\circ\text{C}.$$

$$t_1 - t_2 = 2,00 \cdot \frac{107,8 + 106,6}{45,6} = 9,42 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\lambda = \frac{5,15 \cdot 0,0212}{9,42 \cdot 0,211} = 0,055 \text{ кал./часъ/кв. м./}^\circ\text{C}.$$

27
19 V 15 Протокол № 7. Испытание «Морозина» огнеупорного.

11,25 у	92	84,0	—	+1,0	—	1,69	1,56 (78,0)	7,62 (76,2)	—	12,8	18,4	—9,0	+9,2	—9,0	+8,5	+1,0	97,2	—	—	96,2	—	—
11,35 у	"	—	—	+2,0	—	1,69	1,56 (78,1)	7,65 (76,5)	—	12,8	18,5	—	—	—	—	+1,0	97,2	—	—	96,2	—	—
11,45 у	"	—	—	+1,0	—	1,69	1,56 (77,9)	7,62 (76,2)	—	12,7	18,6	—9,2	+8,9	—9,3	+8,2	+0,9	97,6	—	—	96,6	—	—
Ср.вел.	92	84,0	84,4	+1,3	0,008	1,69	1,56	7,63	5,10	12,8	18,5	—9,1	+9,1	—9,1	+8,4	+1,0	97,3	—	—	96,3	—	—

Примѣчанія. Толщина испытываемаго матеріала $\delta = 20,5$ мм. Всѣ единицы объема $\gamma = 346$ кг./кб. м.

$$\mu = 43,6 + 0,102 \cdot 18,5 + 1,22 \cdot \left| \frac{17,5 - 18,2}{100} \right| = 45,5 \text{ } \mu\text{v}/^\circ\text{C}.$$

$$t_1 - t_2 = 2,00 \cdot \frac{97,3 + 96,3}{45,5} = 8,52 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\lambda = \frac{5,10 \cdot 0,0205}{8,52 \cdot 0,211} = 0,058 \text{ кал./часъ/кв. м./}^\circ\text{C}.$$

19 V 15 Протокол № 8. Испытание «Морозина» съ волокномъ сильной прессовки.

4,30 д.	92	79,5	—	+2,0	—	1,70	1,57 (78,5)	7,75 (77,5)	—	16,7	19,6	—	—	—	—	+1,0	90,0	—	—	88,9	—	—
4,40 д.	"	79,8	—	+2,0	—	1,70	1,56 (78,0)	7,75 (77,5)	—	16,6	19,6	—4,8	+11,5	—5,0	+11,5	+0,3	90,0	—	—	89,3	—	—
4,50 д.	"	79,8	—	+2,0	—	1,68	1,56 (78,0)	7,75 (77,5)	—	16,6	19,6	—	—	—	—	0,0	89,8	—	—	89,8	—	—
5,00 д.	"	79,9	—	+2,0	—	1,68	1,57 (78,5)	7,75 (77,5)	—	16,6	19,5	—4,5	+11,5	—4,8	+11,5	—0,5	89,5	—	—	89,8	—	—
Ср.вел.	92	79,8	79,8	+2,0	0,012	1,69	1,57	7,75	5,21	16,6	19,6	—4,7	+11,5	—4,9	+11,5	+0,2	89,8	—	—	89,5	—	—

Примѣчанія. Толщина испытываемаго матеріала $\delta = 18,25$ мм. Всѣ единицы объема $\gamma = 364$ кг./кб. м.

$$\mu = 43,6 + 0,102 \cdot 19,6 + 1,22 \cdot \left| \frac{23,0 - 9,6}{100} \right| = 45,8 \text{ } \mu\text{v}/^\circ\text{C}.$$

$$t_1 - t_2 = 2,00 \cdot \frac{89,8 + 89,5}{45,8} = 7,84 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\lambda = \frac{5,21 \cdot 0,01825}{7,84 \cdot 0,211} = 0,058 \text{ кал./часъ/кв. м./}^\circ\text{C}.$$

Протокол № 9. Испытание «Морозина» водоупорного сильной прессовки.

Годъ, мѣсяцъ и число.	Основ- ные термо- эле- менты (1—6)		Прибл. средн. разница темпер. $R + 104$ $t_1 - t_2 = 0,5$ на 1000	Контроль- ные термоэле- менты		Электрическій токъ			Количество тепла на одну пластину $Q_2 = 0,428 \cdot V \cdot A$	Температура охлаждающей воды t_w	Температура начальныхъ спаевъ t_0	Центральные термоэле- менты съ начальными спаями				Разность разностей темпер. на сторонахъ А и В [ΣА на встречу ΣВ]	Основные термоэлементы 1—1', 2—2', 3—3', 4—4', 5—5', 6—6' соединенные по группамъ послѣ- довательно												
	Добавочное со- протавление R	Градусы гальвано- метра		Показанія контрольного гальванометра.	Средн. разн. темпер. на по- верх. защит. кольца и центр. части нагрев. плиты Δt	Защитное кольцо	Центральная часть	Сторона А				Сторона В		Сторона А			Сторона В		Сторона А		Сторона В								
								Амперы				Вольты	Амперы	Вольты	Холодный		Горячій	Холодный	Горячій	1—7	4—7	9—12	12—15	1—3	3—5	5—7	9—11	11—13	13—15
19 ²⁹ V ¹⁵	1.7/8-16	$t_1 - t_2 = 0,5$ на 1000										24—4	24—5	32—12	32—12	1—7 18—9	1—3	3—5	5—7	9—11	11—13	13—15							
Часы	Ω	°G	°Ц	°G _K	°Ц	A _K	A	V	калор. часъ	°Ц	°Ц	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G							
4,15 д.	92	82,4	—	0,0	—	1,62	1,57 (78,5)	7,73 (77,3)	—	13,7	20,9	— 11,0	+ 6,0	— 10,0	+ 7,4	— 1,0	93,0	—	—	92,0	—	—							
4,40 д.	"	82,0	—	0,0	—	1,62	1,57 (78,3)	7,70 (77,0)	—	13,7	20,8	— 11,0	+ 6,0	— 9,9	+ 7,5	+ 1,3	92,9	—	—	91,5	—	—							
5,05 д.	"	82,3	—	+ 2,0	—	1,62	1,57 (78,8)	7,75 (77,5)	—	13,7	20,6	— 10,8	+ 6,4	— 9,5	+ 8,0	+ 1,7	93,3	—	—	91,5	—	—							
5,25 д.	"	82,5	—	+ 2,0	—	1,62	1,57 (78,5)	7,73 (77,3)	—	13,6	20,5	—	—	—	—	+ 2,0	93,5	—	—	91,5	—	—							
Ср.вел.	92	82,3	8,2	+ 1,0	0,006	1,62	1,57	7,73	5,20	13,7	20,7	— 10,9	+ 6,2	— 9,7	+ 7,7	+ 1,0	93,2	—	—	91,6	—	—							

Примѣчанія. Толщина испытуемаго матеріала $\delta = 19$ мм. Вѣсь единицы объема $\gamma = 370$ кг./кб. м.

$$\mu = 43,6 + 0,102 \cdot 20,7 + 1,22 \cdot \left| \frac{13,9 - 20,6}{100} \right| = 45,6 \text{ } \mu\text{v}/^\circ\text{Ц.}$$

$$t_1 - t_2 = 2,00 \cdot \frac{93,2 + 91,6}{45,6} = 8,11 \text{ } ^\circ\text{Ц.}$$

$$\lambda = \frac{5,20 \cdot 0,019}{8,11 \cdot 0,211} = 0,058 \text{ кал./часъ/кв. м.}/^\circ\text{Ц.}$$

19 ⁷/_{XII} 15 Протокол № 10. Испытание «Шевелина» въ два слоя.

8,30 в.	290	68,0	—	— 1,0	—	2,10	1,48 (74,0)	7,55 (75,5)	—	12,8	13,5	— 0,1	+ 28,5	— 0,1	+ 28,2	+ 2,0	85,0	84,0	—	83,0	83,0	—
8,40 в.	"	67,8	—	— 1,0	—	2,12	1,50 (75,0)	7,60 (76,0)	—	12,6	13,5	—	—	—	—	+ 2,0	84,5	83,9	—	82,9	83,0	—
8,50 в.	"	67,8	—	— 0,9	—	2,11	1,48 (73,9)	7,50 (75,0)	—	12,4	13,5	—	—	—	—	+ 1,9	84,5	84,0	—	83,0	83,0	—
9,00 в.	"	67,8	—	— 0,5	—	2,12	1,50 (75,0)	7,60 (76,0)	—	12,3	13,6	— 1,5	+ 27,0	— 1,1	+ 26,8	+ 1,5	84,5	84,0	—	83,0	83,0	—
Ср. вел.	290	67,8	— 13,6	— 0,8	0,005	2,11	1,49	7,56	4,84	12,5	13,5	— 0,8	+ 27,8	— 0,6	+ 27,5	+ 1,8	84,6	84,0	—	83,0	83,0	—

Примѣчанія. Толщина испытуемаго матеріала $\delta = 2 \times 10,5$ мм. = 21 мм.

Вѣсь единицы объема $\gamma = 139$ кг./кб./м.

$$\mu = 43,6 + 0,102 \cdot 13,5 + 1,22 \cdot \left| \frac{55,3 - 1,4}{100} \right| = 45,6 \text{ } \mu\text{v}/^\circ\text{Ц.}$$

$$t_1 - t_2 = \frac{[84,6 \cdot 83,2 + 84,0 \cdot 82,6 + 83,0 \cdot 83,2 + 83,0 \cdot 82,7] \cdot 0,268}{12 \cdot 45,6} = 13,6 \text{ } ^\circ\text{Ц.}$$

$$\lambda = \frac{4,84 \cdot 0,021}{13,6 \cdot 0,211} = 0,036 \text{ кал./часъ/кв. м.}/^\circ\text{Ц.}$$

20 ²⁰/_{XI} 15 Протокол № 11. Испытание «Шевелина» въ два слоя.

7,30 в.	92	98,0	—	— 1,0	—	2,10	1,55 (77,5)	7,59 (75,9)	—	11,3	12,5	—	—	—	—	0,0	111,0	—	—	111,0	—	—
7,45 в.	"	98,0	—	0,0	—	2,10	1,55 (77,5)	7,58 (75,8)	—	11,3	12,4	— 1,9	+ 18,5	— 1,6	+ 19,0	0,0	111,6	—	—	111,4	—	—
8,00 в.	"	99,0	—	0,0	—	2,10	1,54 (77,0)	7,53 (75,3)	—	11,3	12,4	—	—	—	—	0,0	111,9	—	—	111,9	—	—
8,15 в.	"	99,0	—	— 0,8	—	2,10	1,54 (77,1)	7,53 (75,3)	—	11,3	12,4	— 1,8	+ 19,0	— 1,3	+ 19,0	0,0	111,9	—	—	111,9	—	—
Ср. вел.	92	98,5	— 9,85	— 0,5	0,003	2,10	1,55	7,56	5,01	11,3	12,4	— 1,8	+ 18,8	— 1,4	+ 19,0	0,0	111,6	—	—	111,5	—	—

Примѣчанія. Толщина испытуемаго матеріала $\delta = 2 \times 8$ м/м. = 16 мм.

Вѣсь единицы объема $\gamma = 182$ кг./кб. м.

$$\mu = 43,6 + 0,102 \cdot 12,4 + 1,22 \cdot \left| \frac{37,8 - 3,2}{100} \right| = 45,3 \text{ } \mu\text{v}/^\circ\text{Ц.}$$

$$t_1 - t_2 = 2,00 \cdot \frac{111,6 + 111,5}{45,3} = 9,83 \text{ } ^\circ\text{Ц.}$$

$$\lambda = \frac{5,01 \cdot 0,016}{9,83 \cdot 0,211} = 0,039 \text{ кал./часъ/кв. м.}/^\circ\text{Ц.}$$

Протокол № 12. Испытание «Шевелина» в два слоя.

Год, месяц и число.	Основ- ные термо- эле- менты (1—6)		Прибл. средн. разница темпер. $R + 104$ $t_1 - t_2 \approx 0,5 t_n$	Контроль- ные термоэле- менты		Электрический ток			Количество тепла на одну пластину $Q_2 = 0,428 \cdot V \cdot A$	Температура охлаждающей воды t_w	Температура начальных спаев t_0	Центральные термоэле- менты с начальными спаями				Разность разностей темпер. на сторонах A и B [$\sum A$ на вступу $\sum B$]	Основные термоэлементы 1—1', 2—2', 3—3', 4—4', 5—5', 6—6' соединенные по группам послѣ- довательно							
												Сторона A		Сторона B			Сторона A		Сторона B					
												Холодный	Горячий	Холодный	Горячий		1—7	—	—	9—15	—	—		
19 ²⁹ XI ¹⁵	Добавочное со- протвление R	Градусы гальвано- метра	$R + 104$ $t_1 - t_2 \approx 0,5 t_n$	Показания контрольного гальванометра.	Средн. разн. темпер. на по- верх. зашит. кольца и центр. части нагрев. плиты Δt	Амперы	Амперы	Вольты	Q_2			24—4	24—5	32—12	32—12	1— ⁷ 15—9	1—3	3—5	5—7	9—11	11—13	13—15		
												Холодный	Горячий	Холодный	Горячий	1—4	4—7	—	9—12	12—15	—			
Часы	Ω	°G	°Π	°G _K	°Π	A _K	A	V	калор. часъ	°Π	°Π	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G	°G		
6,30 в.	92	66,0	—	0,0	—	1,92	1,56 (77,8)	7,46 (74,6)	—	10,2	10,4	—	—	—	—	—2,5	73,0	—	—	76,0	—	—		
6,40 в.	"	66,0	—	+0,5	—	1,92	1,56 (78,0)	7,48 (74,8)	—	10,0	10,4	0,0	+14,6	+0,2	+15,0	—2,0	73,3	—	—	75,5	—	—		
6,50 в.	"	66,0	—	+1,0	—	1,92	1,56 (78,0)	7,50 (75,0)	—	10,0	10,4	—	—	—	—	—2,0	73,3	—	—	75,5	—	—		
7,00 в.	"	66,0	—	0,0	—	1,91	1,55 (77,6)	7,45 (74,5)	—	9,9	10,4	0,0	+14,0	+0,5	+14,5	—2,0	73,2	—	—	75,5	—	—		
Ср. вел.	92	66,0	6,6	+0,4	0,002	1,92	1,56	7,47	5,00	10,0	10,4	0,0	+14,3	+0,4	+14,7	—2,1	73,2	—	—	75,6	—	—		

Примечания. Толщина испытуемого материала $\delta = 2 \times 5,5$ мм. = 11 мм.

Весь единицы объема $\gamma = 265$ кг/кб. м.

$$\mu = 43,6 + 0,102 \cdot 10,4 + 1,22 \cdot \left| \frac{29,0 + 0,4}{100} \right| = 45,0 \text{ мв/}^\circ\Pi.$$

$$t_1 - t_2 = 2,00 \cdot \frac{73,2 + 75,6}{45,0} = 6,6 \text{ }^\circ\Pi.$$

$$\lambda = \frac{5,00 \cdot 0,011}{6,6 \cdot 0,211} = 0,040 \text{ кал./час./кв. м./}^\circ\Pi.$$

Изъ приведенныхъ въ таблицѣ результатовъ испытаній видно, что «морозинъ» въ среднемъ имѣетъ коэф-фициентъ теплопроводности выше коэффиціента теплопроводности пробки почти на 33% при удѣльномъ вѣсѣ его, превосходящемъ удѣльный вѣсѣ пробки болѣе, чѣмъ въ два раза.

Результаты испытаній изоляціонныхъ материаловъ.

№ протоколовъ.	Материалъ.	Вѣсѣ единицы объема γ кг/кб. м.	Толщина пластины δ мм.	Разниа температура $t_1 - t_2$	Средняя температура $\frac{t_1 + t_2}{2}$	Число калорій въ часѣ на 1 кв. м. при разн. темпер. $1^\circ\Pi$.	Коэффиціентъ теплопроводности λ
1	Пробковая пластина	128	50,0	17,8	27	—	0,038
2	Пробковая пластина	150	81,2	23,1	26,7	—	0,046
3	Пробковая пластина	177	14,9	7,88	19,5	—	0,041
4	«Морозинъ» водоупорный, второ- рично пропитанный раство- ромъ	309	22,5	9,23	22,4	—	0,052
5	«Морозинъ» чистой костры . . .	315	21,0	9,61	19,9	—	0,054
6	«Морозинъ» водоупорный . . .	324	21,2	9,42	19,2	—	0,055
7	«Морозинъ» огнеупорный . . .	346	20,5	8,52	18,4	—	0,058
8	«Морозинъ» съ волокномъ сильной прессовки	364	18,2	7,84	21,2	—	0,058
9	«Морозинъ» водоупорный силь- ной прессовки	370	19,0	8,11	19,8	—	0,058
10	«Шевелинъ» въ два слоя въ свободномъ состояніи (безъ сжатія)	139	$2 \times 10,5$	13,55	19,8	1,69	(0,036)
11	«Шевелинъ» въ два слоя легко сжатый	182	$2 \times 8,0$	9,83	16,5	2,42	(0,039)
12	«Шевелинъ» въ два слоя силь- но сжатый	261	$2 \times 5,5$	6,6	13,7	3,59	(0,040)

«Шевелинъ» и по теплопроводности и по удѣльному вѣсу приближается къ пробкѣ. Коэффиціентъ теплопро-водности «шевелина», какъ условный, поставленъ въ скобкахъ (). Условность коэффиціента теплопро-водности полотень «шевелина» заключается, во-первыхъ, въ томъ, что «шевелинъ» не представляетъ собой однород-наго въ смыслѣ теплопроводности

материала, а состоитъ изъ двухъ на-ружныхъ слоевъ бумаги «джіантъ», между которыми заключены три слоя волокна «шевелина» съ бумажными между ними прослойками; такимъ об-разомъ, приведенный въ таблицѣ услов-ный коэффиціентъ теплопроводности относится не къ одному волокну «шевелинъ», а ко всей совокупности изоляціонныхъ материаловъ, входящихъ въ полотно «шевелинъ». Вторая услов-ность содержится въ вопросѣ о томъ, что считать за толщину полотна «ше-велина», вообще легко сжимаемаго. Въ свободномъ (не сжатомъ) состояніи онъ имѣетъ толщину около 10,5 мм., а въ станкѣ прибора легко можетъ быть сжатъ и до 5 мм. «Шевелинъ» испытывался въ двухъ слояхъ при раз-личныхъ степеняхъ сжатія: 1) въ свобод-номъ состояніи (толщ. $2 \times 10,5 = 21$ мм.), 2) сжатымъ до толщины $2 \times 8 = 16$ мм.) и 3) сжатымъ до толщины $2 \times 5,5 = 11$ мм. Степень сжатія материала обуслови-валась толщиной деревянной рамки, окаймлявшей испытуемые образцы по-лотна «шевелина». При опредѣленіи коэффиціента теплопроводности въ

подсчетъ вводилась та толщина матеріала, какую онъ имѣлъ во время испытанія въ станкѣ прибора, т. е. въ первомъ случаѣ 21 мм., во второмъ—16 мм. и въ третьемъ—11 мм. Въ виду условности коэффициента, въ таблицѣ на ряду съ коэффициентомъ теплопроводности даны также абсолютныя значенія числа калорій въ часъ на 1 кв. метръ при разности температуръ въ 1° Ц для полотень «шевелина», положенныхъ въ два слоя, безъ отнесенія ихъ къ какой-либо толщинѣ, выраженной въ миллиметрахъ.

Какъ видно изъ таблицы результатовъ испытаній,

коэффициентъ теплопроводности для всѣхъ этихъ матеріаловъ растетъ съ возрастаніемъ плотности прессовки или сжатія матеріала, и только въ опытѣ № 2 съ пробковой пластиной толщиной 81 мм. произошло нѣкоторое отклоненіе отъ этой зависимости. Отклоненіе это нельзя отнести ни къ неточности испытанія, ни къ ошибкамъ въ наблюденіяхъ, а произошло лишь потому, что мы въ данномъ случаѣ имѣли дѣло съ нѣсколькими иными сортами пробки, отличіе котораго отъ двухъ другихъ испытываемыхъ сортовъ было замѣтно и по болѣе темному цвѣту и по самой структурѣ.

(Отдельный оттискъ изъ № 10 «Вѣстника Инженеровъ» за 1916 г.)

БИБЛИОТЕКА
ИМПЕРАТОРСКАГО
МОСКОВСКАГО
ТЕХНИЧЕСКАГО УЧИЛИЩА

Извѣстій Механическаго Института.

- Вып. I. К. В. Киршъ. Общія указанія относительно постановки занятій въ П. Л. Процессъ растопки холоднаго котла. Тепловое состояніе и теплосодержаніе котла. Сравнительныя изслѣдованія котловъ при установившемся тепловомъ состояніи. (Распроданъ. См. Бюл. П. О. 1904 г. № 5).
- Вып. II. В. И. Гриневецкій. Графическій расчетъ парового котла. Цѣна 1 руб. 25 коп.
- Вып. III. К. В. Киршъ. Изслѣдованіе паровой установки Фряновской шерст. фабрики. Работа локомобильнаго котла П. Л. при новой нефтяной топкѣ. (Распроданъ. См. Бюл. П. О. 1906 г. № 6).
- Вып. IV. И. А. Калининковъ. Изслѣдованіе причинъ разрыва парового котла. Испытаніе желѣзо-бетонныхъ брусъ-евъ. Испытаніе на разрывъ образцовъ съ выточкой или запилотъ. Вліяніе скручиванія литого желѣза на его механическія свойства. Испытаніе литейнаго и ковкаго чугуна. Упругость приводныхъ ремней. Экстензометръ для ремней. Дефлектометръ. На какую глубину слѣдуетъ ввертывать желѣзную шпильку въ чугунъ. Цѣна 1 руб.
- Вып. V. Студ. А. И. Ставровскій. Испытаніе форсунокъ. (Распроданъ. См. Бюл. П. О. 1907 г. № 6).
- Вып. VI. К. В. Киршъ. Опыты съ корнвалійскимъ и водотрубнымъ котлами Л. П. К. при нефтяномъ отопленіи. Изслѣдованіе котельной центральной станціи московскаго трамвая. К. В. Киршъ и И. И. Куколевскій. Изслѣдованіе парозлектрической установки центральной станціи И. М. Т. У. Цѣна 1 руб. 25 коп.
- Вып. VII. К. В. Киршъ. Изслѣдованіе установки изъ корнвалійскаго котла, перегрѣвателя и жел. экономайзера прямого дѣйствія при нефтяномъ отопленіи и напряженіяхъ до 51 kg/cm² въ часъ. Комбинированный котель Л. П. К. и опыты съ нимъ. Къ вопросу о теплопередачѣ въ паровыхъ котлахъ. Цѣна 1 руб.
- Вып. VIII. И. А. Калининковъ. Экспериментальное изслѣдованіе раструбныхъ соединений выприванію. Химическіе составы и механическія свойства чугуновъ московскихъ литейныхъ заводовъ. Крѣпость заплечиковъ въ чугунныхъ деталяхъ. Вліяніе на результаты испытанія формы поперечнаго сѣченія чугунныхъ брусковъ, изъ которыхъ вытачиваются нормальные образцы для разрыва. Студ. Б. М. Лампси. Испытаніе смазочныхъ маселъ. Цѣна 1 руб. 25 коп.
- Вып. IX. И. А. Калининковъ. Экспериментальное изслѣдованіе раструбныхъ соединений (сопротивленіе выприванію). Цѣна 50 коп.
- Вып. X. И. А. Калининковъ и В. Ф. Раздорскій. Матеріалы къ ученію о механическихъ свойствахъ расте-цій. Цѣна 1 руб. 25 коп.
- Вып. XI. И. В. Арбатскій. Вліяніе лучеиспусканія на показаніе пирометровъ. О погрѣшностяхъ при измѣреніи температуръ при помощи термоэлемента и гальванометра. Цѣна 50 коп.
- Вып. XII. К. В. Киршъ. Изслѣдованіе корнвалійскаго, комбинированнаго и водотрубнаго котловъ Л. П. К. въ ком-бинаціи съ ребристымъ экономайзеромъ при напряженіяхъ до 55 kg/cm² въ часъ. Водотрубный котель Л. П. К. съ вертикальными ходами и перегрѣвателемъ. Изслѣдованіе ребристаго экономайзера сист. „Р. Каблицъ“. Цѣна 1 руб. 50 коп.
- Вып. XIII. К. В. Киршъ. Изслѣдованіе южно-русскихъ антрацитовъ. Цѣна 2 руб.
- Вып. XIV. В. И. Ясинскій. Къ вопросу о діафрагменномъ измѣреніи расхода пара. Цѣна 1 руб. 50 коп.
- ✓ Вып. XV. К. В. Киршъ. Сжиганіе антрацитовъ съ легкоплавкой золой. Рѣшетки высокаго напряженія. Опыты съ уральскимъ антрацитомъ. Н. Г. Пацуковъ. Къ вопросу объ опредѣленіи степени легкоплавности шлаковъ и золы. Карта порайоннаго распредѣленія антрацитовыхъ копей Донецкаго бассейна. Цѣна 1 руб. 50 коп.
- ✓ Вып. XVI. К. В. Киршъ. О подмосковномъ каменномъ углѣ. Опыты по сжиганію его въ Л. П. К. Предварительныя данныя объ опытахъ съ тощими углями Донецкаго бассейна. Цѣна 1 руб.
- Вып. XVII. Н. Р. Брилингъ. Примѣненіе спирта въ двигателяхъ внутренняго сгоранія Цѣна 1 руб.
- Вып. XVIII. В. Е. Цыдзикъ и И. В. Арбатскій. Опредѣленіе коэффициентовъ теплопроводности изоляционныхъ матеріаловъ „Шевелина“, „Морозина“ и пробковыхъ пластинъ. Цѣна 80 коп.