

ИЗВѢСТІЯ

ВАРШАВСКАГО

ПОЛИТЕХНИЧЕСКАГО ИНСТИТУТА

ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II.

ВЫПУСКЪ II. — 1903 г.

ВАРШАВА.

ПЕЧ. ВЪ ТИП. АКЦ. ОБЩ. С. ОРГЕЛЬБРАНДА С-ВЕЙ.

1903.

Печатано по опредѣленію Совѣта Варшавскаго Политехниче-
скаго Института Императора Николая II.

Директоръ *А. Лагоріо.*

СОДЕРЖАНІЕ.

Официальный отдѣлъ.

1. Извлеченія изъ протоколовъ засѣданій Совѣта Варшавскаго Политехническаго Института Императора Николая II за 1900—1901 уч. годъ. Стр. 1—31.

Научный и учебный отдѣлы.

2. Расчетъ трубъ для водяного и пароваго отопленія низкаго давленія. *Кн. Кузусева*. Стр. 1—84.
3. Девонскія отложенія профиля Грегоржевице — Скалы — Влохи. *Д. Соболева*. Стр. 1—80.

Приложеніе.

4. Очеркъ кинетической теоріи газовъ. *А. Поспѣлова*. Стр. 1—55.
-

ИЗВЕЩЕНИЯ

О РАБОТАХ ПРОТОКОЛЬНОГО ЧАСА САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО

УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II

ЗА ПЕРВЫЙ СЕМЕСТР 1901

ОФФИЦИАЛЬНЫЙ ОТДѢЛЪ.

ИЗВЛЕЧЕНІЯ

ИЗЪ ПРОТОКОЛОВЪ ЗАСѢДАНІЙ СОВѢТА

Варшавскаго Политехническаго Института

ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II

за 1900/1901 учебный годъ.

Засѣданіе 5 сентября 1900 года.

Присутствовали подъ предсѣдательствомъ Декана Е. Е. Вагнера, члены Совѣта: П. О. Сомовъ, В. А. Анисимовъ, Г. Ѳ. Воропой, В. І. Дѣйчъ, Н. Б. Делоне, В. А. Солонина, А. В. Вульфъ и 5 преподавателей. Отсутствовалъ Директоръ.

Слушали:

1. Отношеніе Департамента Торговли и Мануфактуръ о разрѣшеніи раздѣлить студентовъ 1 курса химическаго Отдѣленія на 2 группы для практическихъ занятій по математикѣ при 2 годовыхъ часахъ для каждой группы.

2. Отношеніе Департамента Торговли и Мануфактуръ о согласіи г. Министра на назначеніе штатнаго преподавателя физики Николаевской инженерной Академіи и Училища Александра Вульфа штатнымъ преподавателемъ Института и на допущеніе его къ исполненію обязанностей экстраординарнаго профессора по кафедрѣ электротехники съ выдачей ему 2000 руб. изъ суммъ вакантной кафедры и 1000 руб. изъ специальныхъ средствъ за завѣдываніе лабораторіей.

3. Отношеніе учебнаго Отдѣла Министерства Финансовъ о перенесеніи съ 1 к. на 2 одной лекціи по теоретической механикѣ на механическомъ и инженерно-строительнымъ отдѣленіяхъ.

4. Отношенія Учебнаго Отдѣла Министерства Финансовъ о назначеніи В. А. Бернацкаго и Н. Р. Брайцева штатными преподавателями Института.

5. Прошеніе кандидата естественныхъ наукъ Дмитрія Соболева о назначеніи его штатнымъ лаборантомъ Института при минералогическомъ кабинетѣ. По баллотировкѣ г. Соболевъ оказался избраннымъ единогласно.

6. Представленіе проф. Вагнера о назначеніи Н. А. Прилежаева младшимъ лаборантомъ при лабораторіи органической химіи. По баллотировкѣ г. Прилежаевъ оказался избраннымъ единогласно.

7. Доклады гг. Декановъ о результатахъ послѣвакаціонныхъ испытаній.

П о л о ж и л и: по ст. 1—4 принять къ свѣдѣнію; по ст. 5 и 6 представить г. Директору на утвержденіе; по ст. 7 перевести на 2 курсъ 12 студентовъ и 3 вольнослушателей, уволить по малоуспѣшности 16 студентовъ.

Засѣданіе 20 сентября 1900 года.

П р и с у т с т в о в а л и подъ предсѣдательствомъ Директора 8 членовъ Совѣта и 15 преподавателей.

С л у ш а л и:

1. Отношеніе Учебнаго Отдѣла Министерства Финансовъ о согласіи г. Управляющаго Министерствомъ Финансовъ на назначеніе преподавателя Технологическаго Института Ивана Юлатова штатнымъ преподавателемъ и исполняющимъ обязанности экстраординарнаго профессора по кафедрѣ практической механики.

2. Докладныя записки профессоровъ В. А. Анисимова, Г. Θ. Воронаго и П. О. Сомова о добавленіи во 2 полугодіи на 1 курсъ для каждой группы 2 недѣльныхъ часовъ практическихъ занятій по математикѣ и 1 часа по теоретической механикѣ на механич. и инж.-строит. отдѣленіяхъ.

3. Вопросъ о преподаваніи гидравлики и механической технологии.

4. Прошеніе капитана отдѣла корпусъ военныхъ топографовъ К. Богданова о назначеніи его преподавателемъ топографическаго

черченія. По баллоритовкѣ г. Богдановъ оказался избраннымъ единогласно.

5. Вопросъ о просмотрѣ отчетовъ студентовъ по строительной практикѣ и предложеніе проф. Дейча устроить собесѣдованія со студентами объ этихъ отчетахъ.

6. Предложеніе Директора обсудить вопросъ объ условіяхъ полученія степени адъюнкта Института.

7. Прошеніе преп. Браицева о разрѣшеніи напечатать въ Извѣстіяхъ Института сочиненія „О нѣкоторыхъ дифференціальныхъ и разностныхъ ур-яхъ, интегрируемыхъ посредствомъ определенныхъ интеграловъ”.

8. Докладъ Декановъ о результатахъ осеннихъ испытаній.

9. О разрѣшеніи бывшимъ студентамъ 1 курса Института держать экзамены на 2 к. вмѣстѣ со студентами Института.

Положили: по ст. 1 принять къ свѣдѣнію; по ст. 2 одобрить; по ст. 3 временно поручить чтеніе гидравлики стипендіату Чорбѣ, а механической технологіи по усмотрѣнію г. Директора стипендіату Лиснянскому или преп. Окольскому; по ст. 4 представить Директору; по ст. 5 поручить просмотръ отчетовъ на мех. отдѣленіи преп. Васильеву, на инж.-строит. отдѣленіи преп. Короткевичу Ночевному, предложеніе проф. Дейча одобрить; по ст. 6 назначить нѣсколько экстренныхъ засѣданій для рѣшенія этого вопроса; по ст. 7 одобрить къ напечатанію; по ст. 8 перевести со 2 на 3 курсъ 63 студ. мех. отд., 25 студ. инж.-строит. и 30 студ. химич. отд., отложить экзамены 5 студентамъ; по ст. 9 разрѣшить держать экзамены вмѣстѣ со студентами 1 курса: 1) студентамъ, пробывшимъ 2 года на 1 курсѣ высшихъ учебныхъ заведеній, 2) студентамъ Института, допущеннымъ къ испытаніямъ съ 1 на 2 курсъ и не выдержавшимъ таковыхъ или не приступавшимъ къ таковымъ. Лицами, допущенными къ экзаменамъ, должны быть выполнены всѣ требуемыя отъ студентовъ 1 к. упражненія и работы по теоретическимъ и практическимъ предметамъ.

Засѣданіе 9 октября 1900 года.

Присутствовали подъ предсѣдательствомъ Директора, 9 членовъ Совѣта и 14 преподавателей; отсутствовалъ 1 членъ Совѣта.

Слушали:

1. Отношеніе Учебнаго Отдѣла Министерства Финансовъ о назначеніи съ Высочайшаго соизволенія академика Императорской Академіи Художествъ Николая Толвинскаго ординарнымъ профессоромъ Института по кафедрѣ архитектуры.

2. Вопросъ о проектированіи по архитектурѣ.

3. Рапортъ профессоровъ Вагнера и Солопины о неудобствѣ чтенія общаго курса химіи на механ. и инж.-строит. отдѣленіяхъ двумя лицами и о желательности порученія чтенія этого курса одному лицу. Какъ лицо, могущее это выполнить съ успѣхомъ, ими былъ указанъ стипендіатъ Института Д. А. Хардинъ.

4. Вопросъ о преподаваніи механической технологіи на 3 курсѣ химич. отдѣленія.

5. Отзывъ проф. Вагнера объ отчетахъ стипендіатовъ Ерчиковского и Хардина за 1 полугод. 1900 г.

6. Предложеніе декановъ В. А. Анисимова и В. І. Дейчъ объ установленіи 3 годовыхъ часовъ лекцій по гидравликѣ на механ. отдѣленіи и 2 часовъ на инж.-строит.

7. Программы преподавателей по предполагаемымъ курсамъ.

8. Рапортъ преп. Окольскаго объ увеличеніи числа группъ на 1 к. механич. отдѣленія.

9. Рапортъ проф. Вульфа о предоставленіи мѣста старшаго лаборанта по кафедрѣ электротехники инженеръ-технологу Пожарискому. По баллотировкѣ г. Пожарискій былъ избранъ 8 голосами противъ 2.

10. Вопросъ объ архитектурномъ черченіи, внесенный деканомъ В. І. Дейчъ.

11. Рапортъ бібліотекаря о состояніи бібліотечныхъ суммъ, ассигнованныхъ на пріобрѣтеніе книгъ во 2 полугодіи.

Положили: по ст. 1 принять къ свѣдѣнію; по ст. 2 производить проектированіе по архитектурѣ для студентовъ 3 к. механ. отдѣленія въ 1 полугодіи въ количествѣ 8 часовъ для каждой группы; проектированіе-же по архитектурѣ на хим. отдѣленіи не производить въ 1 полугодіи этого уч. года; по ст. 3 одобрить и представить Директору; по ст. 4 временно поручить чтеніе лекцій по механ. технологіи стипендіату Задариновскому; по ст. 5 отчеты одобрить; по ст. 6 одобрить; по ст. 7 утвердить; по ст. 8 прибавить на 1 к. механ. отдѣленія на каждую группу $1\frac{1}{2}$ недѣльныхъ часа въ 1-мъ полугодіи этого года и 1 часъ во второмъ; по ст. 9 за неимѣніемъ свободной вакансіи старшаго лаборанта просить г. Директора ходатайствовать

передъ г. Министромъ Финансовъ о назначеніи г. Пожарискаго старшимъ лаборантомъ; по ст. 10 замѣнить на 2 курсѣ инж.-строит. отдѣленія во 2-мъ полугодіи архитектурное черченіе (2 недѣльныхъ часа) проектированіемъ по архитектурѣ съ добавленіемъ 1 лишняго годоваго часа; по ст. 11 распределить библіотечныя суммы между слѣдующими предметами: математика 2 каѳедры, теоретическая механика 1 каѳ., прикладная механика 3 каѳ., механическая технологія 1 каѳ., физика 1 каѳ., электротехника 1 каѳ., строительное искусство 2 каѳ., архитектура 1 каѳ., химія 2 каѳ., химическая технологія 1 каѳ., геологія и минералогія 1 каѳ., ботаника 1 каѳ.

Засѣданіе 6 ноября 1900 года.

Присутствовали: подъ предсѣдательствомъ Директора 10 членовъ Совѣта и 19 преподавателей.

Слушали:

1. Докладъ Декана инж.-строит. отдѣленія В. І. Дейчъ съ проектомъ нѣкоторыхъ измѣненій преподаванія на инженерно-строительномъ отдѣленіи.

Положили: 1). Ввести во 2 полугодіи текущаго учебнаго года преподаваніе теоріи тѣней на 1 к. механич. и инж.-строительнаго отдѣленій и рекомендовать студентамъ 2 курса прослушать его вмѣстѣ со студентами 1 к. 2). Ввести въ преподаваніе курсъ перспективы въ будущемъ учебномъ году на 2, 3 и 4 курсахъ инж.-строительнаго отдѣленія по 1 часу въ недѣлю. 3). Ввести обязательно для студентовъ 3 к. инж.-строит. отдѣленія 1 годовой часть акварельнаго рисованія. 4). Преподаваніе отопленія и вентиляціи въ принципѣ одобрить. 5). Программу преподаванія графическихъ искусствъ на 1 и 2 курсахъ инж.-строит. отдѣленія измѣнить слѣдующимъ образомъ: а) программу рисованія измѣнить введеніемъ на 1 к. моделей геометрическихъ тѣлъ, а на 2 к.—орнаментовъ классическаго стиля и ренессанса при общемъ сокращеніи числа работъ; б) по архитектурному черченію на 1 курсѣ сократить программу на 1 работу, а на 2 к. на 2 работы и на 2 полугодовыхъ часа; в) по конструктивному черченію сократить на 2 к. 1 работу. 6). Имѣть въ виду спеціальныи курсъ теоріи сводовъ.

Слушали:

2. Программы по электротехникѣ и общей механической технологіи со включеніемъ металлургіи.

3. Репортъ проф. Сомова о напечатаніи въ Извѣстіяхъ Института статьи его „о нѣкоторыхъ приложеніяхъ кинематики измѣняемыхъ тѣлъ къ шарнирнымъ механизмамъ.”

4. Отзывъ профессоровъ Делоне и Дейчъ объ отчетѣ стипендіата Заборовекаго съ 1 апрѣля по 1 октября 1900 г.

5. Отзывъ проф. Вагнера объ отчетѣ стипендіата Псаева съ 1 мая по 31 октября 1900 г.

6. Отзывъ преп. Палладина объ отчетѣ лаб. Флерова о заграничной командировкѣ.

7. Докладъ Декана инж.-строит. отдѣленія о результатахъ осеннихъ экзаменовъ по сопротивленію матеріаловъ.

8. Вопросъ, возбужденный г. Директоромъ, объ общемъ надзорѣ по веденію библіотечнаго дѣла.

9. Проектъ распредѣленія суммъ на выписку книгъ на 2 полугодіе 1900 года.

Положили: по ст. 2 и 3 одобрить; по ст. 4, 5, 6 отчеты одобрить; по ст. 7 зачислить 4 студентовъ въ списки студентовъ 3 курса; по ст. 8 просить г. представителя отъ Совѣта при библіотекѣ проф. Делоне принять на себя общій надзоръ по веденію библіотечнаго дѣла; по ст. 9 сумму въ 1470 руб. 96 к. распредѣлить на 2 полугодіе 1900 г. слѣдующимъ образомъ: математика, химія и строительное искусство по 163 р. 44 к., механика прикладная 245 р. 16 коп., механика теоретическая, химическая технологія, механическая технологія, физика, электротехника, архитектура, минералогія съ геологіей, ботаника, геодезія по 81 р. 72 к.

Засѣданіе 13 ноября 1900 года.

Присутствовали подъ предѣтельствомъ Директора 10 членовъ Совѣта.

Обсуждали условія для полученія званія адъюнкта Института.

Положили: 1) при составленіи проекта положенія о полученіи званія адъюнкта Института имѣть въ виду слѣдующіе §§ Положенія 4 января 1864 года объ испытаніяхъ на званіе дѣйствительнаго студента и на ученныя степени: 3, 10, 12, 20, 21 (не требуютъ тезисовъ), 24, 25, 26 (не помѣщать обязанности для ищущаго званія адъюнкта печатать диссертациі на свой счетъ), 27, 28, 29,

а также § 40 Положенія объ Институтѣ Инженеровъ Путей Сообщенія относительно приглашенія постороннихъ лицъ для экзаменовъ.

2. Къ полученію званія адъюнкта Института допускаются изъ стороннихъ лицъ только представившія доказательства своей предварительной основной подготовки.

3. Экзамены происходятъ въ засѣданіяхъ отдѣленія и состоятъ не только изъ устныхъ испытаній, но также изъ составленія проектовъ, заданныхъ отдѣленіемъ.

4. Учредить 10 различныхъ званій адъюнкта Института по слѣдующимъ предметамъ: прикладной механикѣ, механической технологіи, электротехникѣ, строительному искусству, архитектурѣ, химической технологіи, технологіи строительныхъ матеріаловъ, металлургіи, горному искусству, прикладной геологіи. Просить профессоровъ Вагнера, Дейча, Анисимова и Лагоріо выработать проекты экзаменовъ для лицъ, ищущихъ этихъ званій.

Примѣчаніе. Изъ лицъ, окончившихъ Императорскую Академію Художествъ, допускать къ полученію званія адъюнкта архитектуры только классныхъ художниковъ 1-ой степени.

Засѣданіе 27 ноября 1900 года.

Присутствовали подъ предѣтельствомъ Директора 8 профессоровъ и 9 преподавателей; отсутствовали профессора Вагнеръ и Сомовъ.

Слушали:

1. Проекты цикловъ предметовъ для экзаменовъ для полученія званія адъюнкта химической технологіи, прикладной механики, механической технологіи, электротехники, строительной механики, инженерныхъ наукъ, технологіи строительныхъ матеріаловъ и архитектуры.

Положили: одобрить прилагаемый при семъ планъ цикловъ предметовъ (см. прил. 1) за исключеніемъ вопроса о приобрѣтеніи званія адъюнкта технологіи строительныхъ матеріаловъ, рѣшеніе котораго отложить.

2. Вопросъ объ условіяхъ для полученія званія адъюнкта Института.

Положили: 1) требовать отъ всѣхъ лицъ, ищущихъ званія адъюнкта Института представленія проекта, который можетъ по опре-

дѣленію отдѣленія и утвержденію Совѣта замѣнить диссертацию. 2) поручить Секретарю Совѣта составить подъ редакціей Директора проектъ правилъ для полученія званія адъюкта Института.

3. Предложеніе Директора отмѣнить совершенно на будущее время послѣвакаціонные экзамены для студентовъ.

Положили: одобрить.

Засѣданіе 9 декабря 1900 года.

Присутствовали подъ предсѣдательствомъ Директора, 7 членовъ Совѣта и 19 преподавателей; отсутствовали профессоры Сомовъ, Вороной и Вульфъ.

Слушали:

1. Отношеніе Учебнаго Отдѣла Министерства Финансовъ о добавленіи во 2 полугодіи на 1 курсѣ механическаго и инженерно-строительнаго отдѣленій двухъ недѣльныхъ часовъ упражненій по математикѣ и 1 недѣльнаго часа практическихъ занятій по теоретической механикѣ для каждой группы.

2. Отношеніе Учебнаго Отдѣла Министерства Финансовъ о добавленіи по техническому черченію для студентовъ 1 курса механическаго отдѣленія на каждую изъ 3 группъ $1\frac{1}{2}$ недѣльныхъ часа въ 1 полугодіи и 1 недѣльнаго часа во второмъ.

3. Сообщение Директора о томъ, что имъ получено отъ Попечителя Западно-Сибирскаго Учебнаго Округа письмо о торжественномъ открытіи Томскаго Технологическаго Института Имени Его Величества 6 декабря 1900 г. и что въ виду сибирности дѣла имъ отправлена привѣтственная телеграмма слѣдующаго содержанія: „Отъ души привѣтствуя открытіе перваго въ Сибири высшаго техническаго учебнаго заведенія, Совѣтъ Варшавскаго Политехническаго Института ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II съ западной окраины протягиваетъ руку одноименному собрату на Востокъ съ наилучшими пожеланіями совмѣстной и дружной работы на томъ-же поприщѣ образованія юношества на пользу Россіи и вѣрнаго служенія Царю.“

4. Предложеніе Директора обсудить вопросъ о значеніи отмѣтокъ по проектамъ.

5. Проектъ правилъ для полученія званія адъюкта Института.

6. Вопросъ объ условіяхъ, при которыхъ могли бы быть образованы первые адъюнкты Института. Г. Директоромъ было замечено, что по имѣющимся у него даннымъ онъ считаетъ возможнымъ

предложить Совѣту обсудить вопросъ о примѣненіи къ н. о. э. проф. Н. Ѳ. Юпатову § 10 Устава.

7. Предложеніе Декана механическаго отдѣленія В. А. Анисимова привлечь гг. преподавателей специальныхъ техническихъ предметовъ въ качествѣ руководителей черченія на младшихъ курсахъ; въ виду сказаннаго поручить веденіе технического черченія на 1 курсѣ химич. отдѣленія преподавателю механической технологіи Задарновскому.

8. Представленіе преп. Хардина о приглашеніи на должность младшаго лаборанта Института лаборанта С.-Петербургскаго Технологическаго Института инженеръ-технолога Карла Гана. По баллотировкѣ г. Ганъ оказался избраннымъ единогласно.

9. Предложеніе Директора избрать Секретаря Совѣта. По баллотировкѣ оказался избраннымъ единогласно проф. Солонина.

10. Отзывъ профессоровъ Делоне и Юпатова объ отчетѣ стипендіата Института Ломоносова съ 1 мая по 1 ноября 1900 г.

11. Рапортъ проф. Вульфа о преподаваніи электротехники.

12. Предложеніе Декана химич. отд. Е. Е. Вагнера о допущеніи магистровъ фармаціи, зарекомендовавшихъ себя научными трудами, къ приобрѣтенію званія адъюнкта химической технологіи.

13. Представленіе проф. Лагоріо о выдачѣ 200 руб. въ пособіе на изданіе лекцій по минералогіи и кристаллографіи.

14. Отношеніе Правленія о томъ, что съ его стороны не встрѣчается препятствій къ разрѣшенію расхода въ 100—120 р. на печатаніе 2-го выпуска каталога библіотеки согласно представленію г. библіотекаря.

15. Представленное гг. Деканами росписаніе лекцій, практическихъ занятій и сроковъ подачи графическихъ работъ.

16. Рапортъ преп. Эренфейхта о назначеніи практическихъ занятій по геодезіи на 1 курсѣ механич. и инж.-строит. отдѣленій по 2 часа на каждомъ отдѣленіи во 2 полугодіи.

17. Рапортъ преп. Рофе объ измѣненіи программы техническаго черченія на механич. и химич. отдѣленіяхъ.

18. Отчеты профессоровъ и преподавателей о практическихъ занятіяхъ за 1 полугодіе 1900/1 уч. года.

19. Доклады гг. Декановъ объ исправленіи отмѣтокъ студентами 2 курса по предметамъ, по которымъ они должны были исправить неудовлетворительную отмѣтку.

Положили: по ст. 1 и 2 принять къ свѣдѣнію; по ст. 3 одобрить; по ст. 4 считать отмѣтку по проектамъ равносильною съ экза-

менаціонними; по ст. 5 проектъ одобрить за исключеніемъ особаго званія адъюнкта по технологіи строительныхъ матеріаловъ (см. прил. 2); по ст. 6: первыхъ, ищущихъ званія адъюнкта изъ среды преподавателей Института, освободить отъ экзаменовъ по спеціальнымъ предметамъ; что же касается до 2-го вопроса — запросить профессоръ спеціалистовъ С.-Петербургскаго Технологическаго Института, считаютъ ли они г. Юнатова достойнымъ присужденія ему званія адъюнкта безъ экзамена и безъ представленія диссертациі; по ст. 7 одобрить; по ст. 8 представить Директору; по ст. 9 ходатайствовать передъ Министромъ объ утвержденіи проф. Солонина секретаремъ Совѣта на предстоящее четырехлѣтіе; по ст. 10 отчетъ одобрить; по ст. 11 одобрить за исключеніемъ вопроса о проектированіи, разсмотрѣніе котораго отложить до слѣдующаго засѣданія Совѣта; по ст. 12 одобрить и ходатайствовать о семъ передъ Министромъ; по ст. 13, 15 и 16 одобрить; по ст. 14 одобрить печатаніе 2-го выпуска каталога; по ст. 17 передать вопросъ на обсужденіе въ комиссію подъ предѣлательствомъ проф. Анисимова; по ст. 18 принять къ свѣдѣнію; по ст. 19 зачислить исправленныя отмѣтки.

Засѣданіе 29 января 1901 года.

Присутствовали подъ предѣлательствомъ Директора 10 членовъ Совѣта и 23 преподавателя.

Слушали:

1. Докладъ Директора о томъ, что въ 1-мъ полугодіи 1900/1 уч. года были назначены а) временными преподавателями: А. Я. Касьминъ, Н. Θ. Чорба, Д. А. Хардинъ, В. К. Задарновскій, М. Н. Лисенскій, Г. Я. Марковъ, А. Н. князь Кугушевъ, А. Л. Васютинскій, П. Н. Рышковъ, І. Г. Богускій, В. А. Феддерсъ, Г. І. Ерчиковскій, К. Е. Богдановъ; б) временнымъ руководителемъ практически занятіями по химіи А. И. Арио и в) лаборантами: М. В. Пожарскій, Д. Н. Соболевъ, Н. Прилежаевъ и К. Л. Ганъ.

2. Сообщение Директора о томъ, что г. Министръ изволилъ изъявить согласіе на организацію Отдѣленій въ Институтѣ со второго полугодія текущаго учебнаго года.

3. Вопросъ объ адъюнктурѣ по архитектурѣ.

4. Сообщение Директора о томъ, что на основаніи постановленія Совѣта 9 декабря 1900 г. онъ запросилъ профессоровъ спеціалистовъ С.-Петербургскаго Технологическаго Института Гатцука,

Демьянова, Делпа, Лабзина и Щукина, и получилъ отъ нихъ отзывы, что они считаютъ и. о. проф. Юпатова достойнымъ присужденія ему званія Адъюнкта Института безъ экзамена и безъ представленія диссертациі.

5. Рапортъ преп. Бернацкаго о представленіи мѣста лаборанта при кафедрѣ физики учителю математики и физики Холмской учительской семинаріи Линниченко. По баллотировкѣ г. Линниченко былъ единогласно избранъ на должность младшаго лаборанта при кафедрѣ физики.

6. Прошеніе лаб. Славинскаго о командированіи его за границу съ пособіемъ съ научною цѣлью съ 20 марта по 1 сентября с. г.

7. Вопросъ о преподаваніи и проектированіи по электротехникѣ.

8. Рапортъ проф. Анисимова съ слѣдующимъ проектомъ программы по техническому черченію, выработаннымъ особой комиссіей (см. засѣд. 9 декабря ст. 17):

Механическое отдѣленіе.

I курсъ (4½ годов. часа).

Въ 1-мъ полугодіи: 1) вычерчиваніе геометрич. кривыхъ; 2) условныя обозначенія; 3) калька; 4) болтъ и гайка съ разными нарѣзами. Во 2-мъ полугодіи: 5) модель 1-й степени сложности; 6) модель 2-ой степени сложности.

Примѣчаніе. Одна модель выполняется въ карандашѣ, другая тушью.

II курсъ (4 годов. часа).

Въ 1-мъ полугодіи: 1) клапаны и краны разныхъ системъ съ детализировкой; 2) задвижки съ детализировкой; 3) поршни разныхъ системъ (2 листа).

Во 2-мъ полугодіи: 4) подшипники разныхъ системъ; 5) зубчатые колеса (цилиндрическія и коническія) съ расчетомъ.

Примѣчаніе. Изъ 6 листовъ 2 выполняются въ карандашѣ; при выполненіи работъ 1, 2, 3 и 4 примѣняются эмпирическія формулы.

Химическое отдѣленіе.

I курсъ (2 годов. часа).

Въ 1-мъ полугодіи: 1) вычерчиваніе геометрическихъ кривыхъ; 2) условныя обозначенія; 3) болтъ и гайка съ разными нарѣзами.

Во 2-мъ полугодіи: 4) модель.

II курсъ.

1) Соединенія трубъ; 2) краны и клапаны; 3) котель, насосъ или какой либо сложный приборъ; 4) зубчатые колеса.

9. Рапортъ преп. Окольскаго съ отчетомъ о заграничной командировкѣ.

10. Рапортъ проф. Толвинскаго о назначеніи пособія для изданія лекцій по исторіи архитектуры.

11. Рапортъ проф. Делоне съ проектомъ распредѣленія библиотечныхъ суммъ на выписку книгъ на 1 полугодіе 1901 г.

Положили: по ст. 1 и 2 принять къ свѣдѣнію; по ст. 3 внести въ таблицу неспытаній на званіе адъюнкта архитектуры предметы: спеціальный—архитектуру и основной—строительную механику (профессора Дейчъ и Толвинскій остались при особомъ мѣстѣ); по ст. 4 присудить п. о. проф. Юнатову званіе адъюнкта Института и представить г. Министру на утвержденіе; по ст. 5 представить г. Директору, по ст. 6 ходатайствовать о проемной командировкѣ; по ст. 7 обсужденіе преподаванія электротехники на химич. отдѣленіи передать въ химическое Отдѣленіе; на механ. отд. проектированіе по электротехникѣ въ этомъ году не производить; по ст. 8 и 10 одобрить; по ст. 9 принять къ свѣдѣнію; по ст. 11 сумму въ 1650 руб. распредѣлить на 1 полугодіе 1901 г. слѣдующимъ образомъ: прикладная механика съ механической технологіей 343 руб. 75 коп., строительное искусство 206 р. 25 к., математика и химическая технология по 137 р. 50 к.; физика, архитектура, минералогія, органическая химія, неорганическая химія, физическая химія съ электрохиміей, механика теоретическая, ботаника, геодезія, политическая экономія, электротехника по 68 р. 75 к.

Засѣданіе 27 февраля 1901 года.

Присутствовали подъ предѣтельствомъ Директора 12 профессоровъ; отсутствовали проф. Вороной.

Слушали:

1. Объ утвержденіи г. Министромъ проф. Соловьинымъ секретаремъ Совѣта съ 9 декабря 1900 г. на 4 года.

2. О переводѣ г. Министромъ адъюнкты-профессора Ново-Александрійскаго Института князя Кугушева на должность экстраординарнаго профессора Института по кафедрѣ строительнаго искусства.

3. О назначеніи г. Товарищемъ Министра лаборанта химической лабораторіи Технологическаго Института ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ I Д. Хардина штатнымъ преподавателемъ Института съ возложеніемъ на него обязанностей экстраординарнаго профессора по кафедрѣ химической технологіи съ 1 октября 1900 г. съ тѣмъ, чтобы до окончательнаго назначенія на кафедру онъ приобрѣлъ въ теченіе 2 лѣтъ званіе адъюнкта Института.

4. О допущеніи г. Товарищемъ Министра штатнаго преподавателя С. А. Заборовскаго къ исполненію обязанностей экстраординарнаго профессора съ 1 января 1901 г. съ обязательствомъ въ теченіе 2 лѣтъ приобрести званіе адъюнкта Института.

5. О назначеніи г. Товарищемъ Министра инженеръ-технолога В. Задарновскаго штатнымъ преподавателемъ технологіи волокнистыхъ веществъ.

6. О назначеніи г. Товарищемъ Министра инженеръ-технолога А. Я. Касьмина штатнымъ преподавателемъ прикладной механики.

7. О назначеніи г. Товарищемъ Министра инженеръ-механика В. К. Рофе штатнымъ преподавателемъ технического черченія.

8. О допущеніи г. Директоромъ Инженера Путей Сообщенія К. А. Оппенгейма къ руководству практическими занятіями по проектированію мостовъ.

9. О назначеніи г. Директоромъ штатнаго учителя Холмской учительской семинаріи Н. А. Линниченко младшимъ лаборантомъ при кафедрѣ физики.

10. Нижеслѣдующій проектъ Правленія распределенія суммъ, назначенныхъ по утвержденной на 1901 г. смѣтѣ на усиленіе средствъ Института въ количествѣ 17000 руб.: 1) на вознагражденіе профессоровъ и преподавателей за завѣдываніе лабораторіями и за дополнительные часы занятій 5700 р.; 2) на содержаніе 3 старшихъ лаборантовъ сверхъ штата 1245 руб.; 3) преподавателю политической экономіи и редактору Извѣстій 1200 р.; 4) на конкурсныя испытанія 675 р.; 5) на студенческую читальню и содержаніе писца при бібліотекѣ 860 р.; 6) на рисовальный залъ 400 р.; 7) на чертежныя 1920 р., итого 12000 руб. Остальную сумму 5000 руб. Правленіе предположило распределить между учебно-вспомогательными учрежденіями отдѣленій слѣдующимъ образомъ: механич. отдѣленію 2000 руб., инженерно-строит. отд. 1000 руб. и химическому 2000 руб.

11. Предложеніе Директора избрать секретарей отдѣленій. По баллотировкѣ членами соответствующихъ отдѣленій были избраны секретаремъ мех. отд. проф. Юнатовъ, инж.-строит. отд. проф. Кугушевъ, механ. отд. проф. Хардинъ.

12. Рапортъ декана инж.-строит. отд. В. І. Дейчъ о порученіи проф. Кугушеву руководства конструктивною частью проектированія на 2 к. инж.-строит. отдѣленія.

13. Рапортъ преп. Лисянскаго о добавленіи ему въ текущемъ полугодіи 2 бесплатныхъ недѣльныхъ часовъ по общей механической технологіи для студ. 3 к. мех. отд.

14. Прошеніе преп. Ерчиковского о разрѣшеніи ему руководить бесплатно практическими занятіями студентовъ механ. и инж.-строит. отдѣленій въ лабораторіи неорганической химіи по 6 час. въ недѣлю.

Положили: по ст. 1—9 принять къ свѣдѣнію; по ст. 10 утвердить; по ст. 11 представить г. Директору на утвержденіе въ соответственныхъ должностяхъ; по ст. 12 предоставить инж.-строит. отдѣленію поручить проф. Кугушеву участвовать въ проектированіи по архитектурѣ; по ст. 13 и 14 разрѣшить.

Засѣданіе 17 марта 1901 года.

Присутствовали подъ предсѣдательствомъ Директора 12 профессоръ. Отсутствовалъ проф. Сомовъ.

Слушали:

1. О присужденіи г. Министромъ инженеръ-технологу Н. О. Юнатову званія адъюнкта Института безъ особаго испытанія и безъ представленія и защиты диссертациі.

2. О назначеніи Н. О. Чорбы штатнымъ преподавателемъ Института.

3. Рапортъ профессора Дейчъ съ отчетомъ о лѣтней строительной практикѣ студентовъ и съ предложеніемъ устройства собесѣдованій и рефератовъ по строительной техникѣ. Вместе съ тѣмъ г. Директоръ предложилъ ввести вообще въ Институтъ подобныя собесѣдованія.

Положили: по ст. 1 и 2 принять къ свѣдѣнію; по ст. 3 одобрить.

Представленія химическаго Отдѣленія.

4. О перенесеніи на 1 курсѣ 1 часа неорганической химіи со 2-го полугодія на 1-е такъ, чтобы она читалась 5 часовъ въ первомъ полугодіи и 3 часа во второмъ.

5. О сокращеніи въ нынѣшнемъ 1901 г. срока окончанія лѣтнихъ практическихъ занятій до 1 сентября для студентовъ, перешедшихъ на 4 курсъ.

6. О разрѣшеніи студентамъ 4 курса исполнять свои занятія на фабрикахъ и заводахъ по окончаніи лекцій и работъ въ лабораторіяхъ 4 курса и приступать къ составленію проектовъ только по возвращеніи съ практики.

7. О томъ, чтобы чтеніе курса по электротехникѣ ограничить 2 недѣльными часами, а работы въ электротехнической лабораторіи считать необязательными.

8. О томъ, чтобы сумму въ 2000 руб., назначенную на нужды химическаго отдѣленія, употребить на оборудованіе химической аудиторіи, отчисливъ отъ нея 150 р. на минералогическій кабинетъ.

Положили: по ст. 4, 7 и 8 одобрить; по ст. 5 одобрить на 1901 г. и ходатайствовать передъ г. Министромъ; по ст. 6 ходатайствовать передъ г. Министромъ объ отложеніи только для 1-го выпуска студентовъ химич. отдѣленія обязательной практики на фабрикахъ и заводахъ послѣ 8 семестра и о продленіи срока для экзаменовъ и представленія проектовъ еще на одно полугодіе.

Представленія механическаго Отдѣленія.

9. Объ исходатайствованіи преп. В. К. Рофе заграничной командировки съ ученою цѣлью съ 10 мая по 20 августа.

10. Объ исходатайствованіи преп. М. И. Лисянскому командировки съ научною цѣлью съ 5 іюля по 20 августа на разные заводы въ Россіи съ пособіемъ въ 300 руб.

11. Объ исходатайствованіи преп. В. К. Задарновскому командировки съ научною цѣлью съ 5 іюля по 20 августа на разные фабрики въ Россіи съ пособіемъ въ 400 руб.

Положили: по ст. 9, 10 и 11 ходатайствовать объ этихъ командировкахъ.

Представленія инженерно-строительнаго Отдѣленія.

12. Объ исходатайствованіи преп. Л. С. Васильеву командировки съ научною цѣлью съ 10 мая по 1 сентября съ пособіемъ въ 300 р.

Положили: ходатайствовать объ этой командировкѣ съ пособіемъ въ 300 руб. но лишь до 20 августа.

Засѣданіе 24 апрѣля 1901 года.

Присутствовали подъ предѣтельствомъ Директора 13 профессоръ.

Слушали:

1. О разрѣшеніи г. Министромъ сократить практическія занятія на фабрикахъ и заводахъ для студентовъ химическаго отдѣленія, переходящихъ на 4 курсъ, до 1 сентября текущаго года.

2. О назначеніи инженеръ-технолога Михаила Лисянскаго штатнымъ преподавателемъ механической технологіи.

3. Представленія соединеннаго засѣданія отдѣленій о командированіи съ научною цѣлью за границу проф. Делоне и лаб. Поепф-лова, перваго съ 1 іюня по 20 августа, втораго съ 20 мая по 20 августа.

4. Рапортъ проф. Делоне о напечатаніи въ Извѣстіяхъ Института его статьи „примѣненіе двойнаго эксцентрика къ передачѣ вращенія“.

5. Прошеніе бібліотекаря о командированіи его за границу для ознакомленія съ устройствомъ бібліотекъ въ высшихъ техническихъ учебныхъ заведеніяхъ Германіи и Швейцаріи.

6. Вопросъ, предложенный на обсужденіе г. Директоромъ, о характерѣ и производствѣ повѣрочныхъ испытаній; причемъ было прочтено мнѣніе г. Министра Финансовъ, высказанное въ изложеніи дѣла при представленіи объ учрежденіи Варшавскаго Политехническаго Института, изъ котораго явствуется, что главное удареніе ставится на постоянныя практическія занятія и что испытанія должны главнымъ образомъ служить контролемъ этихъ практическихъ занятій.

7. Росписанія экзаменовъ на всѣхъ отдѣленіяхъ.

Положили: по ст. 1 и 2 принять къ свѣдѣнію; по ст. 3—5 одобрить; по ст. 6 выработать въ началѣ будущаго учебнаго года точныя правила повѣрочныхъ испытаній; по ст. 7 утвердить.

Представленія инженерно-строительнаго Отдѣленія:

8. О командированіи проф. Дейчъ съ 10 іюня по 25 іюля во внутрь Россіи съ научною цѣлью.

9. О слѣдующемъ распределеніи суммы въ 1000 р., назначенной на нужды инж.-строит. отдѣленія: на минералогическій кабинетъ и на преподаваніе архитектуры выдѣлить по 150 р., распределеніе

же остальныхъ 700 руб. отложить до выясненія нуждъ другихъ учрежденій отдѣленія.

10. О перепесеніи нѣкоторыхъ экзаменовъ на осень этого года.

11. О преподаваніи нѣкоторыхъ предметовъ въ будущемъ уч. году, а именно: 1) курса перспективы на 2, 3 и 4 курсахъ въ размѣрѣ 1 недѣльнаго часа; 2) курса отопленія и вентиляціи на 3 и 4 курсахъ въ размѣрѣ 2 годовыхъ часовъ лекцій и 4 полугодовыхъ часовъ проектированія на 4 курсѣ; 3) курса мостовъ: на 3 к. 3 часа лекцій и 6 часовъ проектированія, на 4 к. 2 часа лекцій и 8 часовъ проектированія; 4) курса гидротехники: на 3 к. 2 часа лекцій въ 1 полугодіи и 4 часа во 2 полуг., на 4 к. 4 часа лекцій въ 1 полуг., а 2 часа лекцій во 2-мъ и 6 годовыхъ часовъ проектированія; 5) курса дорогъ: на 3 к. 3 годовыхъ часа лекцій, а на 4 к. 3 годовыхъ часа лекцій и 5 годовыхъ часовъ по проектированію.

Положили: по ст. 8 и 9 одобрить; по ст. 10 не производить въ этомъ году экзамена по механической теоріи тепла и курсу дорогъ, экзаменъ по минералогіи и геологіи произвести въ будущемъ уч. году не позже января, экзаменъ по архитектурѣ для студентовъ 2 к. перенести на осень не позже 5 сентября; по ст. 11 передать въ Правленіе на заключеніе съ финансовой стороны.

Представленія химическаго Отдѣленія:

12. О слѣдующемъ предполагаемомъ составѣ преподавателей и лаборантовъ: 1) при лабораторіи неорганической химіи 4 преподавателя и 1 лаборантъ; 2) при лаб. орган. химіи 2 препод. и 2 лаб.; 3) при физическомъ кабинетѣ 2 преп. и 2 лаб.; 4) при лабораторіи физической химіи 1 лаб.; 5) при лаб. углеводовъ 1 лаб.; 6) при лаб. пигментовъ 1 лаб.; 7) при лаб. общей химической технологіи 1 лаб. Притомъ Отдѣленіе полагало-бы возможнымъ вознаграждать означенныхъ преподавателей ежегоднымъ окладомъ въ 1200 руб. и зачислять ихъ на государственную службу.

13. Объ установленіи слѣдующихъ цикловъ производствъ на 4 к., а именно: 1) технологіи неорганическихъ веществъ—производства сѣрной кислоты, соды, поваренной соли, солей калия, квасцовъ, ультрамарина и суперфосфатовъ; 2) технологіи углеводовъ — пивовареніе, винокуреніе, производство дрожжей, сахаровареніе и производство крохмала и декстрина; 3) технологіи пигментовъ—производства красящихъ веществъ, отбѣливаніе, окраска и апретировка тканей, съ назначеніемъ 50 часовъ на изложеніе перваго цикла, 50 часовъ — втораго и 60 часовъ третьяго. Кромѣ того отдѣленіе нашло весьма

желательнымъ просить проф. Хардина излагать необязательный курсъ по технологіи нефти въ количествѣ приблизительно 20 часовъ.

14. О разрѣшеніи проф. Вагнеру чтенія курса циклическихъ соединений по 2 часа въ недѣлю на 3 курсѣ хим. отд.

15. О командированіи за границу съ научною цѣлью лаб. Гана на лѣтнее вакаціонное время.

16. О томъ, чтобы курсъ общей химической технологіи читался по операціямъ, а не по производствамъ, за исключеніемъ отдѣловъ о технологіи воды и топлива, которые должны излагаться въ полномъ объемѣ.

Положили: по ст. 12 передать въ Правленіе на обсужденіе съ финансовой стороны; по ст. 13—16 одобрить.

Представленія механическаго Отдѣленія:

17. Проектъ организаціи лѣтнихъ практическихъ занятій студентовъ, перешедшихъ съ 3 на 4 к., а именно: 1) установить лѣтнюю практику на паровозахъ и въ желѣзнодорожныхъ мастерскихъ, на заводахъ, на фабрикахъ по волокнистымъ веществамъ; 2) допускать практику по электротехникѣ, но только на электротехническихъ заводахъ или производящихся установкахъ; 3) обязать студентовъ работать по программамъ, выдаваемымъ профессорами и преподавателями, и представлять отчеты о занятіяхъ не позже 15 октября.

18. Объ отложеніи срока подачи проектовъ до 10 мая с. г., о производствахъ весеннихъ экзаменовъ съ 15 мая по 5 іюня с. г., объ отложеніи на осень экзаменовъ по гидравликѣ, электротехникѣ и технологіи волокнистыхъ веществъ не позже, какъ до 14 сентября и экзаменъ по деталямъ машинъ на осень не позднее 5 сентября.

Положили: по ст. 17 одобрить; по ст. 18 одобрить за исключеніемъ вопроса о технологіи волокнистыхъ веществъ, экзамена по которой въ этомъ году не производить.

Засѣданіе 5 мая 1901 года.

Присутствовали подъ предсѣдательствомъ Директора 11 профессоровъ; отсутствовали проф. Сомовъ и проф. Кукушевъ.

Слушали:

1. Представленія Отдѣленій о подопущеніи къ экзаменамъ нѣкоторыхъ студентовъ.

2. Представленіе химич. отдѣленія объ отложеніи экзамена по физико-химіи и электрохиміи на весну 1902 года.

3. Представленіе химич. отдѣленія объ оставленіи г. Исаева стипендіатомъ на 6 мѣсяцевъ съ 1 сего мая.

4. Представленіе химич. отдѣленія о командированіи препод. Богускаго на выставку въ Глазго на лѣтнее каникулярное время.

5. Представленіе инж.-строит. отдѣленія съ проектомъ правилъ для студентовъ по отбыванію лѣтней строительной практики.

Положили: по ст. 1 не допустить къ экзаменамъ 12 студ. мех. отд., 21 студ. хим. отд. и 16 студ. инж.-строит. отд.; по ст. 2—4 одобрить; по ст. 5 одобрить правила, помѣщенные въ прил. 3.

Засѣданіе 28 мая 1901 года.

Присутствовали подъ предѣтельствомъ Директора 11 профессоровъ, отсутствовали проф. Анисимовъ и проф. Вороной.

С л у ш а л и:

1. О разрѣшеніи г. Министромъ командировокъ съ научною цѣлью проф. Делоне, преп. Лисянскаго, преп. Васильева, преп. Задарновскаго и лаб. Поспѣлова.

2. О согласіи Совѣта Кіевскаго Политехническаго Института на обмѣнъ изданіями съ Варшавскимъ Политехническимъ Институтомъ.

3. О пожертвованіи Институту обществомъ котельныхъ и механическихъ заводовъ „Фицперъ и Гамперъ“ части коллекцій графическихъ работъ, экспонированныхъ на всемірной выставкѣ въ Парижѣ.

4. О пожертвованіи Музеемъ Института Управленіемъ Варшавско-Вѣнской желѣзной дороги коллекцій предметовъ, относящихся къ верхнему строенію желѣзно-дорожнаго пути.

5. Представленіе инженерно-строительнаго отдѣленія о командированіи преп. Невядомскаго въ Петербургъ на 1 недѣлю для выбора коллекцій гипсовыхъ орнаментовъ съ пособіемъ въ 100 руб.

6. Представленіе инж.-строит. отдѣленія съ проектами преподаванія слѣдующихъ предметовъ: 1) прибавить по строительной механикѣ и графической статикѣ на 3 к. 1 годовой часть. Въ частности на будущій 1901/2 уч. годъ въ видѣ исключенія прибавить 2 годовыхъ часа лекцій на 4 к. 2) Ввести курсъ технологіи строитель-

ных матеріаловъ, назначивъ на 2 к. 2 годовыхъ часа лекцій и 4 полугодовыхъ часа практическихъ занятій и на 3 к. 4 годовыхъ часа практическихъ занятій. Въ частности для будущаго 1901/2 уч. года назначить: 2 годовыхъ часа лекцій на 2, 3 и 4 курсахъ (для 4 к. необязательно). Практическія занятія, приуроченныя къ курсу сопротивленія матеріаловъ, установить для студентовъ 2 к. въ размѣрѣ 4 полугодовыхъ ч., а для студентовъ 3 и 4 к. эти занятія замѣнить демонстративными бесѣдами въ механической лабораторіи. Практическія занятія по технологіи строительныхъ матеріаловъ въ будущемъ году не производить. 3) Ввести курсъ строительнаго законодательства и бухгалтеріи (составленіе смѣтъ), назначивъ для строительнаго законодательства на 3 к. 1 годовой часъ, а для составленія смѣтъ—на 4 к. 1 годовой часъ практическихъ занятій. 4) Ввести проектированіе строилъ на 3 к. по 2 полугодовыхъ часа для группы не болѣе 30 человекъ; въ частности для будущаго уч. года для студ. 4 к. 1 годовой часъ. 5) Ввести чтеніе курса „рабочіе механизмы“ на 3 к. по 2 часа въ 1 полугодіи. 6) Преподаваніе архитектуры (исторія и части зданій) вести по примѣру прошлаго года на 2 к. въ размѣрѣ 4 годовыхъ часовъ.

7. Представленіе механическаго отдѣленія со слѣдующимъ проектомъ преподаванія нѣкоторыхъ предметовъ. А) На 1 курсѣ: 1) читать теоретическую механику 2 годовыхъ часа; 2) читать геодезію лишь въ первомъ полугодіи по 2 часа въ недѣлю, а практическія занятія по геодезіи вести во 2 полуг. по 2 ч. въ недѣлю. Б) На 2 курсѣ читать: 1) теоретическую механику 3 годовыхъ ч.; 2) сопротивленіе матеріаловъ 4 ч. лишь въ 1-мъ полуг.; 3) графическую статику 2 часа во 2-мъ полугодіи; 4) вести практическія занятія по сопротивленію матеріаловъ 2 часа во 2-мъ полугодіи. В) На 3 курсѣ: 1) читать графическую статику и строительную механику 1 годовой часъ при 2 годовыхъ часахъ практическихъ занятій; 2) вести проекты по архитектурѣ 8 часовъ въ 1 полугодіи, по деталямъ машинъ 7 часовъ въ 1 полугодіи, проектъ крана 7 ч. во 2 полуг., пароваго котла 4 часа во 2 полуг.; 3) вести практическія занятія въ лабораторіи по испытанію паровыхъ котловъ и машинъ 4 годовыхъ часа. Г) На 4 курсѣ въ 1-мъ полугодіи читать для всѣхъ обязательно: 1) электротехнику 2 ч.; 2) отопленіе и вентиляцію 2 ч.; 3) машины для обработки металловъ и дерева 4 ч.; 4) строительную механику 4 ч. Кроме того для специализирующихся по заводамъ читать заводскія машины 3 ч., для специализирующихся по паровозамъ—паровозы 6 часовъ и заводскія машины 3 ч. и для специализирующихся по технологіи волокнистыхъ веществъ—технологію волокнистыхъ веществъ 4

часа. Обязательные для всѣхъ студентовъ проектъ паровой машины 4 полуг. часа и гидравлическаго двигателя 2 полуг. часа. Д) Во 2-мъ полуг. на 4 курсѣ назначить для всѣхъ студентовъ на проектъ по электротехникѣ 2 полуг. часа, на проектъ стропильной фермы или моста $1\frac{1}{2}$ полуг. часа. Кромѣ того для специальныхъ проектовъ по заводамъ 8 полуг. ч., по паровозамъ 8 полуг. ч. и по фабрикамъ волокнистыхъ веществъ 8 полуг. часовъ. Е) На 4 курсѣ весь годъ вести практическія занятія: 1) въ кабинетѣ по технологіи волокнистыхъ веществъ 4 часа и 2) въ мастерскихъ 3 часа.

8. Представленіе соединеннаго засѣданія всѣхъ 3 отдѣленій о командированіи съ научною цѣлью проф. Вульфа и преп. Чорбы на лѣтнее вакаціонное время перваго — за границу съ пособіемъ въ 150 руб., втораго въ губерніи Привислянскаго Края съ пособіемъ въ 100 руб.

9. Отчетъ стипендіата В. Н. Мейера о научныхъ занятіяхъ съ 1 ноября 1900 г. по 1 мая 1901 г.

Положили: по ст. 1 и 2 принять къ свѣдѣнію; по ст. 3 и 4 благодарить; по ст. 5, 6, 8 и 9 одобрить; по ст. 7 одобрить за исключеніемъ вопроса о преподаваніи электротехники, вопросъ о которой передать въ соединенное засѣданіе механическаго и ниж.-строительнаго отдѣленія.

Засѣданіе 6 іюня 1901 года.

Присутствовали подъ предсѣдательствомъ Директора 13 профессоровъ.

Слушали:

1. Представленіе инженерно-строительнаго отдѣленія о порученіи чтенія курса общихъ началъ строительнаго искусства, отопленія и вентиліаціи съ проектированіемъ профессору Кугушеву, чтенія курсовъ водоснабженія, водостоконъ и хозяйственныхъ меліорацій съ проектированіемъ по гидротехникѣ профессору Дейчу, чтенія курса „рабочіе механизмы“ профессору Юпатову, проектированія стропиль преподавателю Маркову подъ руководствомъ профессора строительной механики.

2. Представленіе химическаго отдѣленія о назначеніи 2 годовыхъ часовъ лекцій по механической теоріи тепла вмѣсто 4 полугодовыхъ и о порученіи преп. Богускому курса неорганической химической технологіи.

3. Ходатайство химическаго отдѣленія о разрѣшеніи профес-

сору Аписимову читать безвозмездно необязательный спеціальный курсъ математики на 2 к.

4. Объ избраніи химическимъ отдѣленіемъ на должность преподавателя ботаники Н. Морковина.

5. Ходатайство химическаго отдѣленія о переводѣ на 4 курсъ 16 студентовъ 3 курса, для которыхъ экзаменъ по термодинамикѣ не состоялся по независящимъ отъ нихъ обстоятельствамъ и о назначеніи имъ экзамена по этому предмету весною 1902 г.

6. Представленія отдѣленій объ оставленіи нѣкоторыхъ студентовъ на 2 годъ на 1 курсѣ.

7. Объ оставленіи нѣкоторыхъ студентовъ 2 к. на 3 годъ.

8. Результаты переходныхъ экзаменовъ студентовъ и испытаній экстерновъ.

9. Ходатайство инженерно-строительнаго отдѣленія о переводѣ на 3 курсъ студента 2 курса Годлевскаго въ виду особо исключительныхъ хорошихъ занятій въ году, а также въ виду выдержанія имъ экзамена по 4 предметамъ съ высшей отмѣткой, не подвергая его экзаменамъ по остальнымъ 4 предметамъ.

10. Представленіе соединеннаго засѣданія всѣхъ отдѣленій о томъ, чтобы на инж.-стр. и механ. отдѣленіи читался сокращенный курсъ химіи независимо отъ курса химич. отдѣленія, и чтобы курсъ физики читался совмѣстно на всѣхъ трехъ отдѣленіяхъ.

11. Ходатайство соединеннаго засѣданія отдѣленій о томъ, чтобы изъ назначенныхъ по положенію 4 часовъ для курса электротехники на 4 к. мех. отд. 2 часа употреблялись на чтеніе лекцій, а 2 на практическія занятія.

12. Проектъ распредѣленія суммы въ 45375 руб., назначенной на усиленіе средствъ Института въ 1902 г., а именно: 1) на пособіе учащимся и служащимъ въ Институтѣ, а также семействамъ этихъ лицъ 6000 руб.; 2) на издержки по напечатанію научныхъ сочиненій, издаваемыхъ отъ имени Института, 1000 руб.; 3) на расширеніе и улучшеніе учебно-вспомогательныхъ учреждений, на сверхштатное вознагражденіе профессоровъ, преподавателей и лаборантовъ за особія занятія 34040 руб.; 4) на командировки профессоровъ и другихъ лицъ по учебной части 1500 руб.; 5) на издержки при торжественныхъ собраніяхъ и вообще на мелочные расходы 2835 рб.

13. Предложеніе Директора о порученіи завѣдыванія учебно-вспомогательными учрежденіями, кромѣ лицъ, коимъ уже было поручено завѣдываніе соответственными учрежденіями, а именно: проф. Лагорио—минералогическій кабинетъ и лабораторія, проф. Сомовъ—кабинетъ теоретической механики, проф. Вагнеръ лабораторія орга-

пической химіи, проф. Солохина—лабораторія неорганической и аналитической химіи, проф. Делоне — механический музей и кабинетъ прикладной механики, проф. Дейчъ—музей строительнаго искусства, проф. Вульфъ — электротехнический кабинетъ и лабораторія, преп. Бернацкий—физический кабинетъ и лабораторія, преп. Эренфейхтъ—геодезический кабинетъ, поручить завѣдываніе: лабораторіей пигментовъ проф. Хардину, черчежными проф. Дейчъ и поручить завѣдываніе временно: кабинетомъ волокнистыхъ веществъ преп. Задарновскому, лабораторіей механической технологіи преп. Лисянскому, лабораторіей физико-химической преп. Ерчиковскому, лабораторіей общей химической технологіи преп. Богускому, инженерной станціи преп. Касьмину, станціей и лабораторіей испытанія матеріаловъ стип. Мейеру, гидравлическимъ кабинетомъ преп. Чорбъ, лабораторіей углеводоовъ стип. Исаеву.

14. Предложеніе Директора обсудить вопросъ о числѣ лаборантовъ, необходимыхъ для обезпеченія веденія практическихъ занятій.

15. Отзывъ проф. Вагнера объ отчетѣ стип. Исаева съ 1 ноября 1900 г. по 1 мая 1901 г.

Положили: по ст. 1, 2, 4, 5, 9 — 13 одобрить; по ст. 3 одобрить и благодарить проф. Анисимова; по ст. 6 оставить на 2 годъ на 1 к. 16 студ. мех. отд., 15 инж.-строит. и 5 химическаго; по ст. 7 оставить на 3 г. на 2 к. 3 студентовъ мех. отд.; по ст. 8 принять къ свѣдѣнію; по ст. 14 ходатайствовать объ учрежденіи новыхъ должностей 6 старшихъ лаборантовъ и 1 младшаго; по ст. 15 отчетъ одобрить.

Приложенія къ протоколамъ засѣданій Совѣта за 1900/1 учебный годъ.

Приложеніе 1 (къ ст. 1 засѣд. 27 ноября 1900 г.).

ТАБЛИЦЫ испытаній на званіе адъюнкта.

Разряды адъюнктовъ	ЦИКЛЫ ПРЕДМЕТОВЪ	
	Спеціальныя	Основныя
I. Прикладная механика.	1. Гидравлика и гидравлическіе двигатели. 2. Паровые котлы и термические двигатели. 3. Паровозы. 4. Детали машинъ и подъемныя машины. 5. Сопротивленіе матеріаловъ.	1. Гидромеханика. 2. Термодинамика. 3. Соответствующіе отдѣлы теоретической механики. 4. Сопротивленіе матеріаловъ. 5. Теорія уругости.
<i>Примѣчаніе:</i> на теоретическую кафедру прикладной механики (общая теорія машинъ и прикладная кинематика) требовать университетскихъ степеней.		
II. Механическая технология	1. Технология волокнистыхъ веществъ. 2. Механическая технология металловъ и дерева.	1. Прикладная кинематика. 2. Прикладная кинематика.
<i>Примѣчаніе.</i> Что касается до спеціальностей: мукомольное дѣло и сельско-хозяйственныя машины, то вопросъ этотъ отложить до появленія въ Совѣтъ специалистовъ.		

Разряды адъюнктовъ	ЦИКЛЫ ПРЕДМЕТОВЪ	
	Спеціальные	Основные
III. Электротехника.	Электротехника.	Теорія электричества и магнетизма.
IV. Химическая технология.	1. Технология минеральных соединений. 2. Технология строительных материаловъ, стекла и фарфора. 3. Технология сухой перегонки. 4. Технология отопления и освѣщенія. 5. Технология питательныхъ веществъ. 6. Красильная технология. 7. Технология жировъ, эфирныхъ маселъ, клѣтчатки, кожи и другихъ растительныхъ и животныхъ продуктовъ.	1. Неорганическая химія. 2. Неорганическая химія. 3. Органическая химія. 4. Органическая химія. 5. Органическая химія. 6. Органическая химія. 7. Органическая химія.
V. Строительная механика.	1. Строительная механика съ графостатикой.	1. Теорія упругости.
VI. Инженерныя науки.	1. Основные части сооруженийъ. 2. Сухопутные пути сообщенія и ихъ эксплуатация. 3. Мостовыя сооружения. 4. Гидротехника. 5. Отопленіе и вентиляция.	1. Сопротивленіе материаловъ. 2. Строительная механика. 3. Строительная механика съ графостатикой. 4. Гидравлика. 5. Термо — и гидродинамика.
VII. Архитектура.	Архитектура.	Строительная механика.

ПРИМѢЧАНІЕ. Въ приведенной выше таблицѣ были сдѣланы вполнѣдствіи нѣкоторыя измѣненія.

ПРОЕКТЪ

правиль для полученія званія Адъюнкта Института.

§ 1. Совѣту Института предоставляется удостанвать по присужденію подлежащаго отдѣленія званія адъюнкта Института лицъ, окончившихъ образованіе въ университетѣ или въ одномъ изъ высшихъ техническихъ учебныхъ заведеній Имперіи, при чемъ стороннія Институту лица должны представить доказательство своей предварительной соотвѣтствующей и основательной подготовки.

Примѣчаніе. Изъ лицъ окончившихъ ИМПЕРАТОРСКУЮ Академію Художествъ допускаются къ полученію званія адъюнкта архитектуры только лица получившія званіе художника-архитектора (по уст. 1893 г.) или званіе класснаго художника 1-й степени по старому уставу.

§ 2. Для полученія званія адъюнкта требуется: а) выдержаніе испытанія въ соотвѣтственномъ отдѣленіи Института изъ избраннаго отдѣла наукъ по программѣ, составленной экзаменующимся и одобренной отдѣленіемъ. Института примѣнительно къ испытаніямъ на степень магистра руссійскихъ университетовъ, б) представленіе ученой работы по избранной специальности и публичная защита ея, в) прочтеніе одной пробной лекціи на тему предложенную отдѣленіемъ, а другой—на тему избранную испытуемымъ. Разряды отдѣльныхъ наукъ показаны ниже въ особыхъ таблицахъ.

Примѣчаніе. Въ особыхъ случаяхъ знаніе адъюнкта Института также можетъ быть предоставлено на основаніи § 10 Устава Варшавскаго Политехническаго Института ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II.

§ 3. Желаящій подвергнуться испытанію подаетъ Директору прошеніе на простой бумагѣ, въ которомъ обозначаетъ, по какому

разряду наукъ онъ желаетъ пріобрѣсти званіе адъюнкта и подвергнуться испытанію и прилагаетъ къ прошенію дипломъ. Директоръ передаетъ прошеніе Декану подлежащаго отдѣленія для зависящихъ отъ него распоряженій.

§ 4. Экзамены происходятъ въ засѣданіяхъ отдѣленія и состоятъ не только изъ устныхъ испытаній, но также и изъ составленія проектовъ, заданныхъ отдѣленіемъ. Экзаменаціонныя требованія предъявляются въ высшемъ объемѣ того курса, который преподается въ Институтѣ. Каждому изъ присутствующихъ членовъ отдѣленія предоставляется право предлагать экзаменуемымъ вопросы на основаніи программы экзаменующагося, одобренной отдѣленіемъ.

Для участія въ испытаніяхъ кромѣ того могутъ быть приглашены профессора и другихъ высшихъ учебныхъ заведеній, а также и извѣстные своими познаніями спеціалисты.

§ 5. Выдержавшіе успѣшно испытанія по защитѣ проекта обязаны представить диссертацию. Эта диссертация разсматривается по распоряженію Декана всѣми членами отдѣленія порознь, а письменный разборъ ея дѣлаетъ профессоръ или занимающій кафедру преподаватель, къ предмету котораго принадлежитъ сочиненіе. На такое разсмотрѣніе и разборъ назначается не больше шести мѣсяцевъ, при чемъ каникулярное время въ расчетъ не принимается. Если диссертация будетъ признана удовлетворительной, то отдѣленіе допускаетъ кандидата къ публичному защищенію ея и по удовлетворительномъ съ его стороны исполненіи этого условія, представляетъ Совѣту объ утвержденіи его въ званіи адъюнкта (Уст. § 68, 1 г.).

Примѣчаніе. Если въ Институтѣ не имѣется на лицо спеціалиста по соотвѣтствующему предмету, то разсмотрѣніе диссертаций можетъ быть поручено постороннему извѣстному спеціалисту.

§ 6. Научно разработанный проектъ можетъ по опредѣленію отдѣленія замѣнить диссертацию. По архитектурѣ требуется вмѣсто диссертации только представленіе проекта съ полнымъ расчетомъ. Какъ диссертация—можетъ быть представлено самостоятельное ученое сочиненіе, хотя-бы написанное и не съ цѣлью полученія ученаго званія, если только оно относится къ тому разряду наукъ, по которому кандидатъ ищетъ званія. Представленные съ этою цѣлью сочиненія разсматриваются и защищаются тѣмъ-же порядкомъ какъ и диссертация.

§ 7. Ищущія званія адъюнкта обязаны напечатать диссертацию и экземпляры ихъ въ опредѣленномъ Совѣтомъ числѣ представить въ отдѣленіе по крайней мѣрѣ за мѣсяць до защищенія. Про-

ектъ, замѣняющій диссертацию, можетъ быть представленъ съ разрѣшенія отдѣленія въ одномъ экземплярѣ.

§ 8. Деканъ отдѣленія назначаетъ время для публичнаго защищенія диссертаци и объявляетъ о томъ во всеобщее свѣдѣнiе.

§ 9. При публичномъ защищеніи диссертаци присутствуютъ деканъ и члены подлежащаго отдѣленія. Официальныхъ оппонентовъ, заблаговременно назначенныхъ отдѣленіемъ, должно быть не менѣе двухъ. Возраженія могутъ представлять также все присутствующія на диспутѣ лица.

§ 10. При публичномъ защищеніи диссертаци Деканъ направляетъ пренія, охраняетъ порядокъ диспута, заключаетъ оный и собравъ мнѣнія присутствовавшихъ членовъ отдѣленія, публично объявляетъ о состоявшемся рѣшеніи. Затѣмъ онъ представляетъ Совѣту Института объ утвержденіи защищавшаго диссертацию въ званіи адъюнкта (Уст. § 68, 1 г.).

§ 11. Удостоенные званія адъюнкта получаютъ наименованіе по разрядамъ наукъ нижеприведенныхъ въ таблицахъ. Въ дипломахъ, выдаваемыхъ на званіе адъюнкта, означается заглавіе публично защищенной диссертаци или представленнаго вмѣсто оной сочиненія или проекта.

§ 12. Званія адъюнкта учреждаются по слѣдующимъ отдѣламъ:

1. Адъюнктъ прикладной механики.
2. „ механической технологіи.
3. „ электротехники.
4. „ строительной механики.
5. „ инженерныхъ наукъ.
6. „ химической технологіи.
7. „ архитектуры.

Учреждая перечисленные выше званія адъюнкта, для экзамена устанавливаются опредѣленные циклы предметовъ, смотря по специальности ищущихъ ученаго званія.

Составъ цикловъ предметовъ приводится въ прилагаемыхъ таблицахъ испытаній.

ПРАВИЛА

ПО СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКѢ

для студентовъ инженерно - строительнаго отдѣленія

ВАРШАВСКАГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКАГО ИНСТИТУТА

ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II.

§ 1. Для студентовъ инженерно-строительнаго отдѣленія, переходящихъ со II на III и съ III на IV курсы, назначается въ течение лѣтнихъ ваканцій обязательная строительная практика.

§ 2. Цѣль строительной практики заключается въ наглядномъ и опытномъ ознакомленіи студентовъ со строительною техникою.

§ 3. Занятія студентовъ во время практики обусловливаются порученіями, которыя будутъ имъ даны лицомъ, завѣдывающимъ работами. При этомъ студенты должны пользоваться всякимъ представленнымъ имъ случаемъ личнаго участія въ производствѣ промѣровъ, нивелировокъ, разбивокъ, съ цѣлью пріобрѣтенія въ нихъ необходимой опытности, въ изготовленіи чертежей, шаблоновъ и въ надзорѣ за работами, стараясь коснуться простѣйшихъ даже строительныхъ пріемовъ, дабы имѣть возможность судить о таковыхъ на основаніи собственнаго опыта.

Степень личнаго участія въ подобнаго рода работахъ имѣетъ особенное значеніе при оцѣнкѣ занятій по строительной практикѣ.

Параллельно съ этимъ студенты должны стараться ознакомиться съ совокупностью производимыхъ работъ, общимъ ходомъ таковыхъ и значеніемъ отдѣльныхъ пріемовъ или особенностей, замѣчен-

ныхъ ими въ конструкціи сооружений или способъ производства работъ.

§ 4. Въ удостовѣреніе участія въ строптельной практикѣ, практиканты должны представить не позже 15 октября отчетъ о практическихъ занятіяхъ и удостовѣреніе отъ офіціального лица, завідующаго постройкой, въ томъ, что практикантъ находился на работахъ и принималъ въ нихъ личное участіе въ теченіе положеннаго времени.

§ 5. Отчетъ по практическимъ занятіямъ долженъ заключать слѣдующія свѣдѣнія:

а) Общее описаніе сооружений или работъ, при которыхъ студентъ состоялъ на практикѣ.

б) Краткій обзоръ занятій студента, возложенныхъ на него обязанностей и порученій.

в) Описаніе деталей устройствъ и работъ, съ которыми студентъ имѣлъ возможность ближе ознакомиться или въ которыхъ принималъ личное участіе.

Къ отчету, для его поясненія, прилагаются чертежи.

Объемъ общаго описанія находится въ зависимости отъ того, въ какихъ размѣрахъ студентъ имѣлъ возможность ознакомиться съ общимъ ходомъ работъ или цѣлости сооружения. Во всякомъ случаѣ описаніе это должно позволять судить о значеніи работъ, въ которыхъ студентъ принималъ участіе и объ отношеніи ихъ къ совокупности работъ или самостоятельной ихъ части, а равно свидѣтельствовать, что онъ сознательно относился къ своимъ практическимъ занятіямъ.

§ 6. Чертежи, относящіеся къ работамъ, въ которыхъ студентъ принималъ личное участіе, должны быть преимущественно сняты съ натуры и быть самостоятельно составлены студентомъ. Чертежи эти могутъ быть представлены въ видѣ эскизовъ, вычерченныхъ перомъ, отъ руки, на клѣтчатой бумагѣ съ размѣрами (предпочтительно метрическими) въ количествѣ не менѣе 4 листовъ формата въ $\frac{1}{4}$ листа ватманской бумаги.

Прочіе чертежи могутъ быть представлены также въ видѣ копій на каленкоръ или калькѣ.

Текстъ отчета долженъ быть помѣщенъ въ тетради формата цѣлаго листа писчей бумаги.

§ 7. Студенты, специализирующіеся на IV курсѣ въ области архитектуры, обязаны, кромѣ вышеизложеннаго, представить не ме-

нѣ двухъ листовъ чертежей или рисунковъ съѣмки съ натуры съ существующихъ зданій современной архитектуры или съ древнихъ памятниковъ зодчества, или же деталей ихъ. Масштабъ для плановъ $\frac{1}{200}$, для фасадовъ $\frac{1}{100}$, для деталей масштабъ произвольный.

§ 8. Самостоятельная обработка результатовъ лѣтней строительной практики, наравнѣ съ другими самостоятельными работами и сочиненіями студентовъ, можетъ быть удоставяема преміей, а также можетъ быть и напечатана въ Извѣстіяхъ Института.

НАУЧНЫЙ И УЧЕБНЫЙ ОТДѢЛЫ.

Разсчетъ трубъ для водяного и парового отопленія низкаго давленія.

Кн. Кугушева.

Въ основу вышензложенныхъ изслѣдованій была принята формула для движенія жидкостей въ трубахъ, которую предлагаетъ профессоръ Fischer ¹⁾, представляющая при достаточной степени точности большое удобство пользованія.

Формула эта имѣетъ видъ:

$$p = \left[\gamma \frac{l^u}{q} \left(\frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \frac{v^2}{2g} \gamma \quad 1.$$

здѣсь:

p — давленіе, затрачиваемое на сопротивленія въ данномъ участкѣ трубы;

γ — опытный коэффициентъ, значеніе котораго для воды и пара въ хорошихъ гладкостѣнныхъ трубахъ $\gamma = 0,0003$ до $0,0004$;

γ — вѣсъ 1 куб. м. жидкости [въ кгр.];

l — длина разсматриваемаго участка трубы (въ м.);

u — периметръ (въ м.)

q — площадь (въ кв. м.)

} поперечнаго сѣченія трубы;

¹⁾ См. Handbuch der Architektur III Theil, 4 Band (Auf 2).

v — скорость въ 1 сек. (въ м.);

g — ускореніе силы тяжести = 9,81 м.

$\Sigma \xi$ — сумма коэффициентовъ сопротивленій, пронсходящихъ при уда-
рахъ: поворотахъ, расширеніяхъ, сь уженіяхъ и пр. Величины
этихъ коэффициентовъ будутъ указаны ниже.

Формулу (1) возможно упростить, принявъ для члена $\frac{1}{v}$, значе-
ніе скорости наиболѣе соотвѣтствующее дѣйствительности. Такъ при
водяномъ отопленіи можно принять $v = 0,2$ м, а для пароваго $v = 10$ м.
Кромѣ того значеніе опытнаго коэффициента η для воды слѣдуетъ
взять $\eta = 0,00035$, для пара $\eta = 0,00036$.

Вмѣстѣ съ тѣмъ означая діаметръ трубы черезъ D (въ м.) отно-
шеніе периметра къ площади будетъ: $\frac{u}{q} = \frac{4}{D}$.

Подставляя всѣ эти значенія въ формулу (1) получимъ

$$p = [0,035 \frac{l}{D} + \Sigma \xi] \frac{v^2}{2g} \gamma \dots \dots \dots \text{ для воды}$$

$$p = [0,028944 \frac{l}{D} + \Sigma \xi] \frac{v^2}{2g} \gamma \dots \dots \dots \text{ для пара}$$

или вообще

$$p = [\alpha \frac{l}{D} + \Sigma \xi] \frac{v^2}{2g} \gamma \quad 2.$$

Далѣе, если означить черезъ Q (въ кб. м.) секунднй расходъ
жидкости, то будемъ имѣть еще уравненіе

$$Q = q \cdot v \text{ или } Q = \frac{\pi D^2}{4} v \text{ откуда}$$

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (3).$$

это значеніе v вставить въ ур. (2).

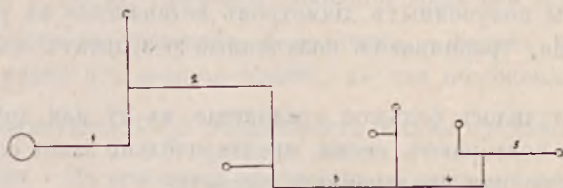
$$p = [\alpha \frac{l}{D} + \Sigma \xi] \frac{16}{2g\pi^2} \frac{Q^2}{D^4} \gamma$$

Означить для краткости членъ $\frac{16}{2g\pi^2} = p$.

$$p = [\alpha \frac{l}{D} + \Sigma \xi] p \frac{Q^2}{D^4} \gamma \quad (4).$$

Таково выраженіе потери давленія p на данномъ участкѣ трубы
съ постояннымъ діаметромъ D .

Обыкновенно приходится имѣть дѣло съ цѣлою сѣтью трубъ (фиг. 1), изъ которой избирается какое либо направленіе, напр. со-



Фиг. 1.

стоящее изъ участковъ трубъ 1, 2, 3, 4, 5. Участки эти имѣютъ различные расходы $Q_1, Q_2, Q_3, \dots$ и соответственно различные діаметры $D_1, D_2, D_3, \dots$. Означимъ также длину этихъ участковъ $l_1, l_2, l_3, \dots$, а вѣсъ жидкости $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \dots$.

Для того, чтобы быть увѣреннымъ, что при данномъ дѣйствующемъ давленіи по этимъ участкамъ протекало означенное количество жидкости, необходимо должно существовать равновѣсіе между дѣйствующимъ давленіемъ P и суммою вѣсхъ сопротивленій въ данныхъ участкахъ трубъ.

Пользуясь ур. 4 можно написать для каждаго участка:

$$p_1 = \left[\alpha \frac{l_1}{D_1} + \sum \xi \right] \frac{Q_1^2}{D_1^5} \gamma_1 \mu \quad \dots \text{ для участка 1.}$$

$$p_2 = \left[\alpha \frac{l_2}{D_2} + \sum \xi \right] \frac{Q_2^2}{D_2^5} \gamma_2 \mu \quad \dots \text{ для участка 2.}$$

$$p_3 = \left[\alpha \frac{l_3}{D_3} + \sum \xi \right] \frac{Q_3^2}{D_3^5} \gamma_3 \mu \quad \dots \text{ для участка 3}$$

и т. д.

Складывая почленно эти уравненія и приравнивая сумму сопротивленій дѣйствующему давленію P , получимъ:

$$P = p_1 + p_2 + p_3 + \dots = \left[\alpha \frac{l_1}{D_1} + \sum \xi_1 \right] \frac{Q_1^2}{D_1^5} \gamma_1 \mu + \left[\alpha \frac{l_2}{D_2} + \sum \xi_2 \right] \frac{Q_2^2}{D_2^5} \gamma_2 \mu + \dots$$

Такъ какъ величины $p_1, p_2, p_3, \dots$ не извѣстны то остается

$$P = \mu \sum \left[\alpha \frac{l}{D} + \sum \xi \right] \frac{Q^2}{D^5} \gamma \quad (5).$$

Уравненіе это получается со многими неизвѣстными $D_1, D_2, D_3, \dots$ следовательно рѣшеніе его неопредѣленно.

Для рѣшенія этого уравненія обыкновенно прибѣгаютъ къ способу пробнаго подсчета, заключающагося въ опредѣленіи диаметровъ (изъ уравненія 3) по нѣкоторой наиболѣе возможной скорости v (для водяного отопленія $v = 0,1$ до $0,2$ м., для парового $v = 10$ м.).

Величины полученныхъ диаметровъ вставляется въ ур. 5 и, произведя дѣйствія, сравниваютъ полученный результатъ съ величиною давленія P .

Если получилось большое отклоненіе въ ту или другую сторону, то приемъ повторяютъ снова, предварительно взявъ соответственно уменьшенную или увеличенную скорость.

Обыкновенно нельзя ограничиться однимъ подсчетомъ, а приходится повторять его нѣсколько разъ для того, чтобы получить желаемый результатъ, что безъ сомнѣнія, требуетъ значительной затраты труда и времени.

Дѣло однако въ значительной мѣрѣ могло бы облегчиться если бы явилась возможность поставить какое либо условіе для измѣненія величины давленія p , которое можетъ быть затрачено на сопротивленія въ каждомъ отдѣльномъ участкѣ трубы. Въ самомъ дѣлѣ, если бы можно было опредѣлить величины $p_1, p_2, p_3, \dots$ въ зависимости отъ величины ихъ суммы P , то дѣло свелось бы къ рѣшенію нѣсколькихъ уравненій, каждое лишь съ одною неизвѣстною D .

Професоръ Rietschel въ своемъ сочиненіи „Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs — und Heizungs — Anlagen“ замѣчаетъ, что скорость въ котлу должна возрастать, чтобы трубы съ большими диаметрами не были дороги, такъ какъ стоимость трубъ растетъ быстрѣе чѣмъ диаметръ.

На основаніи высказаннаго Проф. Rietschel'емъ принципа, является возможнымъ поставить себѣ задачей:

найти законъ измѣненія скорости или, тоже діаметра трубъ съ такимъ расчетомъ, чтобы общая стоимость ихъ была наименьшая.

Ниже приведено рѣшеніе этого вопроса и примѣненіе его къ расчету трубъ для водяного и парового отопленія низкаго давленія.

Водяное отопленіе низкаго давленія.

Возьмемъ уравненіе 4 и вставимъ значеніе для p и α

$$p = \left[0,035 \frac{l}{D} + \sum \xi \right] \frac{16}{2g\pi^2} \frac{Q^2}{D^5} \quad (6).$$

Означимъ далѣе:

W — количество передаваемого тепла въ 1 часть (въ больш. калор.),
 t', t'' — температуры горячей и холодной воды (въ град. Ц.),
 γ', γ'' — вѣсъ 1 куб. м. горячей и холодной воды (въ кгр.).

Кромѣ того въ уравненіи 6 величина γ будетъ различна для трубъ съ горячей и холодною водою, но для обобщенія этого выраженія безъ чувствительной погрѣшности можно оринять: $\gamma = \frac{\gamma' + \gamma''}{2}$

для всей сѣти. На основаніи принятыхъ обозначеній количество протекающей воды Q по данному участку опредѣлится:

$$Q = \frac{W}{3600 \cdot \frac{\gamma' + \gamma''}{2} (t' - t'')};$$

это значеніе Q вставимъ въ ур. 6.

$$p = [0,035 \frac{l}{D} + \Sigma \xi] \frac{W^2}{2g \cdot \pi \cdot 900^2 \left(\frac{\gamma' + \gamma''}{2} \right) (t' - t'')^2 D^4}$$

Выражая количество тепла w въ тысячахъ калорій, а діаметръ трубы d — въ сантиметрахъ, окончательно будемъ имѣть:

$$p = [3,5 \frac{l}{d} + \Sigma \xi] \frac{w^2}{2g \pi^2 0,9^2 \left(\frac{\gamma' + \gamma''}{2} \right) (t' - t'')^2 \frac{1}{100^4} d^4} \quad (7).$$

означая для краткости, $2g \pi^2 0,9^2 \left(\frac{\gamma' + \gamma''}{2} \right) (t' - t'')^2 \frac{1}{100^4} = p \dots$ (7а),

тогда

$$p \cdot p = [3,5 \frac{l}{D} + \Sigma \xi] \frac{w^2}{d^4} \quad (8).$$

Величиною $\Sigma \xi$ въ виду ея незначительности, а также для дальнѣйшаго упрощенія выраженія (8) можно пренебречь, тогда окончательно получимъ:

$$p \cdot p = 3,5 l \cdot \frac{w^2}{d^5} \quad (9).$$

Положимъ, что имѣемъ цѣлый рядъ участковъ трубъ, по которымъ движется вода, съ различными расходами $Q_1, Q_2, Q_3 \dots Q_n$, различными діаметрами $d_1, d_2, d_3 \dots d_n$ и длина каждого участка будетъ $l_1, l_2, l_3 \dots l_n$; при этомъ общее дѣйствующее давленіе будетъ P .

Въ такомъ случаѣ потеря давленія на каждомъ участкѣ, согласно сокращенному ур. 9 выразится:

$$\left. \begin{aligned} \rho p_1 &= 3,5 \, l_1 \frac{w_1^2}{d_1^5} \\ \rho p_2 &= 3,5 \, l_2 \frac{w_2^2}{d_2^5} \\ \rho p_3 &= 3,5 \, l_3 \frac{w_3^2}{d_3^5} \\ &\dots \dots \dots \\ \rho p_n &= 3,5 \, l_n \frac{w_n^2}{d_n^5} \end{aligned} \right\} \quad (10).$$

Полная же потеря давленія на всѣхъ участкахъ будетъ равна суммѣ потерь на отдѣльныхъ участкахъ, т. е.

$$\rho \cdot \sum_{i=1}^{i=n} p_i = 3,5 \sum_{i=1}^{i=n} l_i \frac{w_i^2}{d_i^5} \quad (11).$$

Но съ другой стороны величина полной потери давленія должна равняться дѣйствующему давленію, т. е. $\sum_{i=1}^{i=n} p_i = P$, что и вставимъ въ предыдущее уравненіе

$$\rho \cdot P = 3,5 \sum_{i=1}^{i=n} l_i \frac{w_i^2}{d_i^5}$$

или

$$\sum_{i=1}^{i=n} l_i \frac{w_i^2}{d_i^5} - \frac{\rho P}{3,5} = 0 \quad (12).$$

Кромѣ того стоимость t трубы постояннаго діаметра d и данной длины l вмѣстѣ съ укладкою и всѣми фасонными частями, съ достаточной точностью, можетъ быть выражена уравненіемъ $t = (a + b d^2) l$, гдѣ a и b суть численные коэффициенты.

На основаніи этого уравненія полная стоимость T трубы, состоящей изъ участковъ трубъ различнаго діаметра выразится суммою стоимостей послѣднихъ, т. е.

$$T = (a + b d_1^2) l_1 + (a + b d_2^2) l_2 + \dots + (a + b d_n^2) l_n$$

или

$$T = \sum_{i=1}^{i=n} (a + b d_i^2) l_i \quad (13).$$

И такъ имѣемъ два уравненія 12 и 13, по которымъ остается найти значеніе величины d , при которомъ функція T будетъ имѣть minimum. Здѣсь сложная $f(T)$ отъ переменнаго d представляетъ неявную функцію, а потому для нахождения minimum'a согласно правиламъ дифференціальнаго исчисленія, слѣдуетъ составить изъ ур. 12 и 13 новую функцію, со введеніемъ нѣкотораго постояннаго множителя λ . Функція эта будетъ:

$$\dot{Z} = \sum_{i=1}^{i=n} (a + b d_i^2) l_i + \lambda \left(\sum_{i=1}^{i=n} l_i \frac{w_i^2}{d_i^5} - \frac{P \rho}{3,5} \right) \quad (14).$$

Для опредѣленія значенія величины d нужно взять всѣ частныя производныя $f(\dot{Z})$ по переменнымъ $d_1, d_2, d_3 \dots d_n$ и приравнять ихъ 0.

Такъ какъ видъ этихъ производныхъ будетъ одинаковъ, то достаточно взять одну производную по какому нибудь d_z

$$\frac{d\dot{Z}}{dd_z} = 2b d_z l_z - 5\lambda \frac{l_z}{d_z^6} w_z^2$$

приравнивая эту производную 0, получимъ величину d_z :

$$2b d_z l_z = 5\lambda \frac{l_z}{d_z^6} w_z^2$$

$$d_z^7 = \left(\frac{5\lambda}{2b} \right) w_z^2, \text{ откуда:}$$

$$d_z^5 = \left(\frac{5\lambda}{2b} \right)^{5/7} w_z^{10/7} \quad (15).$$

Это значеніе величины d вставимъ въ ур 12, причемъ общій множитель $\left(\frac{5\lambda}{2b} \right)^{5/7}$ вынесемъ изъ подъ знака Σ , тогда:

$$\left(\frac{2b}{5\lambda} \right)^{5/7} \sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7} - \frac{P \rho}{3,5} = 0 \text{ откуда:}$$

$$\left(\frac{5\lambda}{2b} \right)^{5/7} = \frac{3,5 \cdot \sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}}{P \rho}.$$

Въ свою очередь это значеніе величины $\left(\frac{5\lambda}{2b} \right)^{5/7}$ вставить въ ур. 15.

$$d_z^5 = \frac{3,5 \sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}}{P \rho} w_z^{10/7} \quad (16).$$

Такимъ образомъ на основаніи ур. 16 по даннымъ величинамъ $l_1, l_2, l_3, \dots, w_1, w_2, w_3, \dots$ P и ρ можно было бы сразу написать выраженія для каждаго діаметра, а именно:

$$\left. \begin{aligned} d_1^5 &= \frac{3,5 \sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}}{P \rho} \cdot w_1^{10/7} \\ d_2^5 &= \frac{3,5 \sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}}{P \rho} \cdot w_i^{10/7} \\ &\dots \dots \dots \\ d_n^5 &= \frac{3,5 \sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}}{P \rho} \cdot w_n^{10/7} \end{aligned} \right| \quad (17).$$

Но принимая во вниманіе, что при самомъ началѣ нашихъ разсужденій въ ур. 8 былъ опущенъ членъ $\sum \xi$, то слѣдовательно и значенія діаметровъ должны быть нѣсколько иныя.

Вставимъ значенія величинъ діаметровъ изъ системы ур. 17 въ соответствующія мѣста системы ур. 10, тогда получимъ:

$$\begin{aligned} \rho p_1 &= \frac{3,5 l_1 w_1^2}{w_1^{10/7}} \cdot \frac{P \rho}{3,5 \sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}} = \frac{P \rho}{\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}} l_1 w_1^{4/7} \\ \rho p_2 &= \frac{3,5 l_2 w_2^2}{w_2^{10/7}} \cdot \frac{P \rho}{3,5 \sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}} = \frac{P \rho}{\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}} l_2 w_2^{4/7} \end{aligned}$$

или вообще:

$$\rho p = \frac{P \rho}{\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}} l w^{4/7} \quad (18).$$

Это значеніе величины ρp вставимъ въ болѣе полное ур. 8.

$$\frac{P \rho}{\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}} = [3,5 \frac{l}{d} + \sum \xi] \frac{w^2}{d^5}, \text{ откуда по раздѣленіи обѣихъ частей}$$

на $l w^{4/7}$ будемъ имѣть:

$$\frac{P \rho}{\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}} = [3,5 + \frac{\sum \xi}{l} \cdot d] \frac{w^{10/7}}{d^5} \quad (19).$$

Здѣсь всѣ величины будутъ извѣстны за исключеніемъ діаметра d , который и можетъ быть опредѣленъ для каждаго участка въ отдельности. Однако ур. получается 5-й степени, что въ значительной мѣрѣ затрудняетъ его рѣшеніе.

Въ виду того, что нѣтъ необходимости имѣть дѣйствительно точнаго рѣшенія ур. 19, такъ какъ величины діаметровъ должны быть избираемы соотвѣтственно тѣмъ, которые имѣются въ продажѣ, и иногда значительно отличающіеся отъ найденныхъ вычисленіемъ, является возможнымъ, слѣдовательно, пользоваться приближеннымъ рѣшеніемъ ур. 19.

Для этой цѣли, безъ сомнѣнія, можетъ лучше всего служить графическій методъ, дающій быстрое рѣшеніе съ достаточной степенью точности. вмѣстѣ съ тѣмъ въ ур. 19 можно сдѣлать еще одно упрощеніе предположивъ, что для обыкновенныхъ случаевъ отношеніе $\frac{\sum \xi}{l}$ не превосходитъ 0,3¹⁾; тогда ур. 29 приметъ видъ:

$$\frac{P\rho}{\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}} = \frac{3,5 + 0,3 d}{d^5} w^{10/7} \quad (20).$$

Далѣе означимъ:

$$\frac{P\rho}{\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}} = k \quad (20a).$$

Къ рѣшенію выведенныхъ ур. 20 и 20а примѣняется графическій методъ.

Предварительно опредѣляются величины $lw^{4/7}$ при помощи графической таблицы А²⁾ и притомъ лишь лѣвою ея половиною, т. е. первыми (начиная слѣва) тремя масштабами, означенными сверху l , $lw^{4/7}$ и w .

Первый масштабъ означенъ буквою l и на немъ берутся длины участковъ въ пог. метр., на третьемъ масштабѣ, означенномъ буквою w берется число калорій въ тысячахъ, числомъ которыхъ опредѣляется количество протекающей воды по данному участку, а на среднемъ, означенномъ $lw^{4/7}$, читается результатъ соотвѣтствующій означенной

¹⁾ См. Wieprecht Otto „Entwerfen und Berechnen von Heizund—und Lüftungsanlagen.

²⁾ Всѣ графическія таблицы построены на основаніи теоріи изложенной въ сочиненіи: Osange „Traité de nomographie.“

величинъ. Само дѣйствіе вычисленія заключается въ очень простой манипуляціи: на масштабѣ l отмѣчаемъ точку, положеніе которой соответствуетъ численной величинѣ длины трубы, напр., 8,6 метр. на масштабѣ w , также отмѣчаемъ точку соответствующую данной величинѣ w въ тысячахъ калорий, напр. 32,5 тыс., отмѣченные точки соединяемъ прямою линіею, точка пересѣченія которой съ масштабомъ $lw^{4/7}$ опредѣляетъ величину равную: $8,6 \cdot 32,500^{4/7}$. Въ данномъ случаѣ $lw^{4/7} = 62,7^1$.

Вычисливъ такимъ образомъ для каждаго участка величины $lw^{4/7}$ путемъ сложенія легко получить величину $\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}$.

Далѣе величина P опредѣляется на основаніи данныхъ проекта и равняется разности давленій соответствующихъ столбовъ воды. Что касается величины ρ , то въ значеніе ея (см. ур. 7а) входятъ величины $\frac{\gamma' + \gamma''}{2}$ и $(t' - t'')$, отъ измѣненія которыхъ измѣняется и величина ρ . Однако при различныхъ температурахъ t' и t'' , которыя обыкновенно берутся между 50° и 95° , величина $\frac{\gamma' + \gamma''}{2}$ колеблется весьма мало, въ виду чего допустимо принять для вѣса 1 куб. м. воды при различныхъ температурахъ нѣкоторую среднюю величину, а именно ниже принято: $\frac{\gamma' + \gamma''}{2} = 974$ кгр. Такимъ образомъ измѣненіе величины ρ будетъ зависѣть исключительно лишь отъ разности температуръ $(t' - t'')$ горячей и холодной воды.

Величины ρ при соответствующихъ разностяхъ температуръ $(t' - t'')$ даны въ таблицѣ I.

Имѣя величины $\sum l_i w_i^{4/7}$ и $P\rho$ при помощи графической таблицы А находимъ величину $\frac{P\rho}{\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}} = k$ (см. ур. 20а) слѣдующимъ образомъ.

На масштабѣ $lw^{4/7}$ беремъ точку соответствующую найденной величинѣ $\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}$, также точно на масштабѣ означенномъ $P\rho$ отмѣчаемъ точку для найденной величины $P\rho$; эти точки соединяемъ пря-

¹⁾ Непосредственное вычисленіе даетъ $lw^{4/7} = 62,868$.

мою, проходящую до встрѣчи съ масштабомъ $\log k$. Пересѣченіе проведенной прямой съ масштабомъ $\log k$ дастъ точку, положеніе которой будетъ соответствовать величинѣ $\log \frac{P\rho}{\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}} = \log k$.

Напр., имѣемъ: $P\rho = 6,73$ кгр., $\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7} = 79,8$, тогда этимъ величинамъ будетъ соответствовать примѣрно $\log k = 2,925$ ¹⁾.

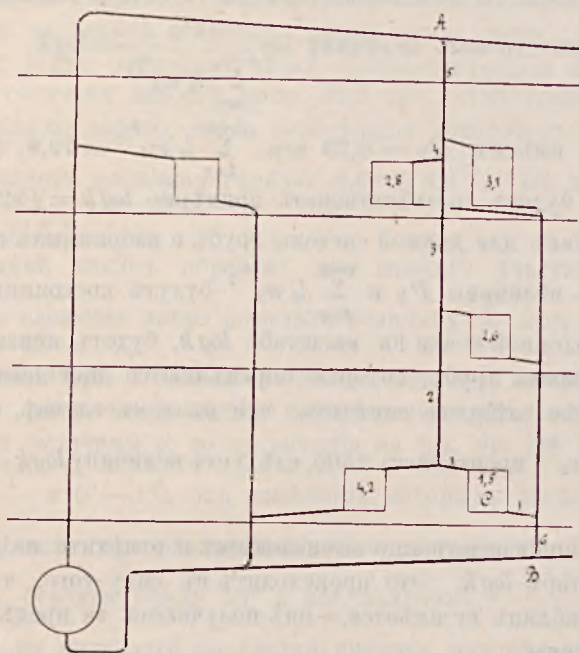
Такъ какъ для данной системы трубъ и избранныхъ постоянныхъ температуръ вблизины $P\rho$ и $\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}$ будутъ постоянны, то и положеніе найденной точки на масштабѣ $\log k$, будетъ неизмѣннымъ для всѣхъ діаметровъ трубъ, которые опредѣляются при данномъ давленіи P . Далѣе слѣдуетъ замѣтить, что въ томъ случаѣ, когда величина $\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}$ превзойдетъ 2500, слѣдуетъ величину $\log k = \frac{P\rho}{\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}}$

опредѣлить непосредственно вычисленіемъ и отмѣтить на соответствующемъ масштабѣ $\log k$. Это происходитъ въ силу того, что величины > 2500 на таблицѣ не имѣются, — онѣ получаются за предѣлами составленной таблицы.

Такимъ образомъ получивъ и отмѣтивъ положеніе $\log k$, для дальнѣйшаго нахожденія діаметровъ, остается только проводить прямыя линіи черезъ соответствующія величины w (въ тыс.), которыя берутся на масштабѣ отмѣченномъ w и черезъ отмѣченную точку $\log k$. Пересѣченіе этихъ прямыхъ съ масштабомъ d (для воды), падающимъ на правой сторонѣ таблицы, укажетъ между какими, существующими въ продажѣ діаметрами трубъ находится діаметръ трубы данного участка (для водяного отопленія величины діаметровъ написаны съ лѣвой стороны масштаба). При этомъ слѣдуетъ замѣтить, что обыкновенно берутъ ближайшій высшій діаметръ, но въ томъ случаѣ, когда искомый діаметръ лежитъ довольно близко къ низшему предѣлу (на что укажетъ близкое положеніе точки пересѣченія проведенной линіи съ масштабомъ d), то слѣдуетъ взять этотъ послѣдній, предполагая, что излишнее сопротивленіе, которое вводится принятіемъ меньшаго діаметра, покроется тѣми избытками давленій, которые получаются на участкахъ съ діаметрами принятыми большими противъ требуемыхъ расчетомъ.

¹⁾ Точное значеніе $\log k = 2,9260122$.

Сказанное поясимъ примѣромъ.



Фиг. 2.

На Фиг. 2 изображено расположение пѣкоторой части системы водяного отопленія и для примѣра опредѣлимъ діаметры трубъ между пунктами А и В причемъ выберемъ лишь одно направленіе, а именно то, по которому движется вода отъ точки А черезъ приборъ С къ точкѣ В. Въ это направленіе, слѣдовательно, войдутъ участки трубъ 1, 2, 3, 4, 5 и 6.

Длина этихъ участковъ и соответствующее имъ количество тепла собраны въ нижеслѣдующей таблицѣ во 2-ой и 3-й графахъ.

№ участка	Длина участ. l (въ м.)	Число калорий w (въ тыс.)	$lw^{4/5}$	Діам. d (въ сант.)
1	3,5	1,5	4,4	2,5
2	4,3	5,7	11,6	3,8
3	4,3	8,3	14,3	4,4
4	0,8	11,1	3,2	4,4
5	6,5	14,2	29,5	5,1
6	4,6	10,0	16,8	4,4

Выбѣтъ съ тѣмъ предположимъ, что какимъ либо образомъ опредѣлено то давленіе, которое можетъ быть затрачено на сопротивленія во взятыхъ участкахъ. Положимъ, что $P\rho = 6,73$.

Пользуясь графической таблицей А опредѣляемъ величины $lw^{4/7}$, складывая которыя получимъ $\sum_{i=1}^{i=6} l_i w_i^{4/7} = 79,8$.

Взявъ величину 79,8 на масштабѣ $lw^{4/7}$ и 6,73 на масштабѣ $\rho\rho$, проведемъ прямую, отмѣтимъ на масштабѣ $\log k$ точку. Въ этомъ случаѣ знать абсолютную величину $\log k$ не требуется, а важно лишь положеніе отмѣченной точки. Черезъ найденную точку $\log k$ и соответствующія величины $w_1, w_2, w_3 \dots$ проводимъ прямая до встрѣчи съ масштабомъ d (для воды) и каждый разъ беремъ ближайшія діаметры.

Въ данномъ случаѣ всѣ діаметры приняты равными высшимъ предѣламъ, кромѣ $d_4 = 4,4$ см., который взять равнымъ низшему предѣлу, такъ какъ точка пересѣченія получается довольно близко къ послѣднему.

Не лишнее будетъ замѣтить, что при всѣхъ указанныхъ дѣйствіяхъ нѣтъ надобности проводить линій въ дѣйствительности, но достаточно лишь приложить линейку къ двумъ даннымъ точкамъ, а третью отмѣтить или карандашомъ, или проще поставленной иглой, къ которой опять прикладывается линейка для дальнѣйшаго ея направленія, а игла переносится въ новую опредѣляемую точку.

Однако, допуская возможность принимать для искомыхъ діаметровъ, по усмотрѣнію, высшій или низшій предѣлъ можно вѣдаться въ ту или другую крайность, т. е., что сумма сопротивленій при принятыхъ діаметрахъ будетъ чувствительно менѣе или болѣе даннаго дѣйствующаго давленія.

Дабы имѣлась возможность избѣгать сильныхъ уклоненій необходимо умѣть опредѣлять, по возможности быстро, величины сопротивленій при тѣхъ діаметрахъ, которые мы принимаемъ.

Для указанной цѣли опять будемъ пользоваться приближеннымъ опредѣленіемъ величинъ. Въ этомъ случаѣ хотя будутъ получаться результаты болѣе или менѣе отличные отъ истинныхъ, тѣмъ не менѣе они могутъ служить руководящею нитью при выборѣ діаметровъ.

Возьмемъ уравненіе 18

$$\rho\rho = \frac{P\rho}{\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}} lw^{4/7}$$

Но по уров. 20а

$$\frac{P\rho}{\sum_{i=1}^n l_i w_i^{4/7}} = k.$$

Слѣдовательно:

$$\rho\rho = k (l w^{4/7}) \quad (22).$$

Съ другой стороны, изъ ур. 20 видно, что если принять діаметръ d' нной противъ дѣйствительнаго, то этому діаметру должна соответствовать нѣкоторая иная величина k' , слѣдовательно, дѣйствительное значеніе величины $(\rho\rho)'$ при принятомъ діаметрѣ d' на основаніи ур. 22 будетъ

$$(\rho\rho)' = k' (l w^{4/7}).$$

Для опредѣленія этой величины $(\rho\rho)'$ предлагается та-же графическая таблица А.

Чтобы получить величину $(\rho\rho)'$ проводимъ прямую черезъ избранный нами діаметръ и величину w (взятыя на соответственныхъ масштабахъ) отмѣчаемъ точку на масштабѣ $\log k$; черезъ эту послѣднюю и величину $l w^{4/7}$ для даннаго участка проводимъ вторую прямую, которая въ пересѣченіи съ масштабомъ $\rho\rho$ дастъ искомую величину.

Напр. для величинъ взятыхъ въ предыдущемъ примѣрѣ, проводя линію черезъ $\log k = 2,925$ и положимъ величину $w_1 = 1,5$ (тыс.) точка пересѣченія съ масштабомъ d получается между $d = 1,9$ см. и $d = 2,5$ см., такъ какъ мы приняли въ данномъ случаѣ діаметръ $d = 2,5$ см., то соединимъ прямою этотъ діаметръ (2,5 см.) съ величиной $w_1 = 1,5$, отмѣчаемъ точку пересѣченія на масштабѣ $\log k$, въ свою очередь эту точку соединяемъ съ величиной $l_1 w_1^{4/7} = 4,4$, въ пересѣченіи съ масштабомъ $\rho\rho$ читаемъ, что $p_1\rho = 0,35$. Для $w_2 = 5,7$, $d = 3,8$ см. и $l_2 w_2^{4/7} = 11,6$ такимъ же образомъ получимъ: $p_2\rho = 0,85$; точно также будемъ имѣть $p_3\rho = 0,85$; $p_4\rho = 0,3$; $p_5\rho = 1,95$; $p_6\rho = 1,35$. Складывая полученные величины будемъ имѣть: $\rho\Sigma\rho = 5,65$, что довольно близко къ $P\rho = 6,73$.

Это указывать на то, что рѣзкихъ уклоненій, въ какую либо одну сторону при выборѣ діаметровъ, нами не сдѣлано.

Такимъ образомъ можетъ быть сдѣланъ довольно быстро приближенный подборъ діаметровъ трубъ съ соблюденіемъ minimum'a

общей их стоимости. Эти же диаметры могут служить для составления смѣты.

Однако для полнаго и вполне надежнаго расчета необходимо произвести повѣрку подобраннымъ диаметрамъ: опредѣлить по возможности точно, дѣйствительно ли сумма сопротивленій не будетъ превышать дѣйствующаго давленія. Это тѣмъ болѣе необходимо, такъ какъ до сего времени мы пользовались лишь упрощенными формулами и приближеннымъ расчетомъ.

Для повѣрочныхъ вычисленій слѣдуетъ пользоваться основною формулой (1):

$$p = \left[\gamma \cdot l \cdot \frac{n}{q} \left(\frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma.$$

Здѣсь по предыдущему имѣемъ: $\gamma = 0,00035$, $\frac{n}{q} = \frac{1}{D}$; $\gamma = \frac{\gamma' + \gamma''}{2}$,

вставляя которыя получимъ:

$$p = \left[0,0014 \cdot \frac{l}{D} \left(\frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \frac{v^2}{2g} \left(\frac{\gamma' + \gamma''}{2} \right) \quad (23).$$

но кромѣ того величина скорости выразится:

$$v = \frac{W}{3600 \left(\frac{\gamma' + \gamma''}{2} \right) (t' - t'') \frac{\pi D^2}{4}}$$

Это значеніе скорости вставимъ въ ур. 23 вмѣсто члена v^2

$$p = \left[0,0014 \cdot \frac{l}{D} \left(\frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \frac{W^2}{2g \cdot \pi^2 \cdot 900^2 \left(\frac{\gamma' + \gamma''}{2} \right) (t' - t'')^2 D^4} \quad \text{или}$$

выражая w въ тысячахъ калорій и диаметръ d въ сант. окончательно будемъ имѣть:

$$p = \left[0,14 \cdot \frac{l}{d} \left(\frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \cdot \frac{w^2}{\rho d^4}, \quad \text{гдѣ } \rho \text{ будетъ та же величина, что въ ур. 7а.}$$

И наконецъ:

$$p \rho = \left[0,14 \cdot \frac{l}{d} \left(\frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \frac{w^2}{d^4} \quad (24).$$

Далѣе возьмемъ выраженіе скорости и также преобразуемъ его принимая w въ тысячахъ, а d въ см. тогда обратная величина скорости будетъ:

$$\frac{1}{v} = 0,9. \pi \left(\frac{\gamma' + \gamma''}{2} \right) \cdot \frac{(t' - t'')}{100^2} \cdot \frac{d^2}{w}, \text{ а отсюда:}$$

$$0,14 \left(\frac{1}{v} + 20 \right) = 0,14. 0,9 \pi \frac{(\gamma' + \gamma'')}{2} \cdot \frac{(t' - t'')}{100^2} \cdot \frac{d^2}{w} + 2,8 = \varphi \quad (25).$$

Эту величину, означенную буквою φ вставимъ въ ур. 24, тогда

$$p \cdot \rho = \left[\frac{l\varphi}{d} + \Sigma \xi \right] \frac{w^2}{d^4}$$

Далѣе означимъ

$$\left[\frac{l\varphi}{d} + \Sigma \xi \right] \cdot \frac{1}{d^4} = s \quad (26).$$

которое совмѣстно съ предыдущимъ урав. дастъ окончательно

$$p \cdot \rho = s w^2 \quad (27).$$

Величины φ и s изъ ур. 25 и 26 могутъ быть найдены съ достаточной точностью графическимъ методомъ, а рѣшеніе ур. 27 уже не представляетъ никакого затрудненія рѣшить аналитически.

Для опредѣленія величины φ предлагается таблица В.

На лѣвомъ масштабѣ нанесены разности температуръ $(t' - t'')$, на второмъ — діаметры въ см., на третьемъ величины φ и на четвертомъ величины w въ тысячахъ калорій. Пользованіе таблицей подобно предыдущимъ.

Положимъ (для ранѣ взятаго примѣра) разность температуръ $t' - t'' = 20^\circ$, черезъ эту точку, взятую на лѣвомъ масштабѣ и данный діаметръ, положимъ, $d_1 = 2,5$ см. проводимъ прямую, пересѣченіе которой со сплошной линіей (безъ дѣленій) соединяемъ снова съ величиной $w_1 = 1,5$ тыс. на последнемъ масштабѣ, пересѣченіе этой линіи съ масштабомъ φ укажетъ величину этой последней. Для даннаго случая $\varphi_1 = 6,0$ ¹⁾.

Поступая подобнымъ образомъ далѣе получимъ:

$$\varphi_2 = 4,73; \varphi_3 = 4,59; \varphi_4 = 4,12; \varphi_5 = 4,20; \varphi_6 = 4,28.$$

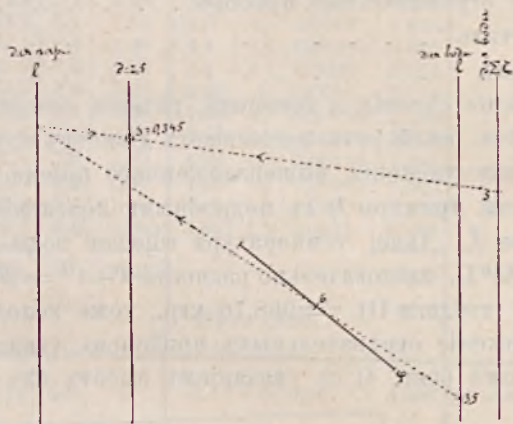
Найдя величины φ и пользуясь графической таблицей С находимъ величины $s_1, s_2, \dots$ слѣдующимъ образомъ.

Съ правой стороны таблицы имѣется масштабъ означенный *l для воды*. На этомъ масштабѣ находимъ точку соотвѣтствующую длинѣ даннаго участка трубы, положимъ $l_1 = 3,5$ м. На діагональномъ масштабѣ находимъ величину соотвѣтствующую, уже найден-

¹⁾ Непосредственное вычисленіе дастъ $\varphi = 6,0152$.

ному φ напр. $\varphi_1 = 6,0$; через эти точки проводимъ прямую до встрѣчи съ лѣвымъ вертикальнымъ масштабomъ помѣченнымъ l для пара и, не читая полученной величины, данную точку соединяемъ съ точкой найденной на правомъ крайнемъ масштабѣ означенномъ $\Sigma \xi$ для воды, положимъ $\Sigma \xi_1 = 5$. Далѣе ищемъ пересѣченіе данной линіи съ тѣмъ вертикальнымъ масштабomъ, который помѣченъ даннымъ діаметромъ. Въ нашемъ случаѣ $d_1 = 2,5$ см. На этомъ масштабѣ читаемъ величину s , которая для принятого случая будетъ $s_1 = 0,345$.¹⁾

Сказанное поясняется фиг. 3, гдѣ пунктиромъ показаны направления проводимыхъ линій.



Фиг. 3.

Такимъ образомъ, принимая для выше приведеннаго примѣра $\Sigma_2 \xi = 0,5$; $\Sigma_3 \xi = 0$; $\Sigma_4 \xi = 0,5$; $\Sigma_5 \xi = 1,3$; $\Sigma_6 \xi = 1,3$ будетъ соответственно имѣть: $s_2 = 0,0282$; $s_3 = 0,012$; $s_4 = 0,0035$; $s_5 = 0,0098$; $s_6 = 0,0151$ и наконецъ пользуясь ур. 27 окончательно получимъ:

величины p найденныя ранѣе приближенно.		
$p_1 \rho_1 = s_1 w_1^2 = 0,345$	$1,5^2 = 0,776$	0,35
$p_2 \rho_2 = s_2 w_2^2 = 0,0282$	$5,7^2 = 0,916$	0,85
$p_3 \rho_3 = \dots \dots \dots = 0,827$		0,85
$p_4 \rho_4 = \dots \dots \dots = 0,431$		0,30
$p_5 \rho_5 = \dots \dots \dots = 1,976$		1,95
$p_6 \rho_6 = \dots \dots \dots = 1,510$		1,35
$\rho \Sigma p =$	$= 6,436$	5,65

¹⁾ Непосредственное вычисленіе дастъ $s_1 = 0,34358$.

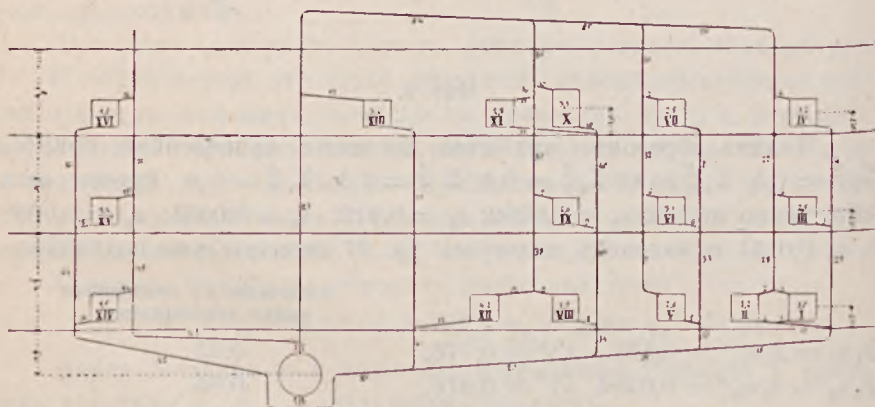
Эта найденная величина $\rho \Sigma p$ больше величины ранее найденной приближенным путем, но вместе с тем однако не превосходить действующаго давления $P\rho = 6,73$. Такимъ образомъ принятые діаметры могутъ остаться неизмѣнными, такъ какъ запасъ, въ смыслѣ избытка давления,—незначителенъ.

Ниже приводимъ значеніе величинъ ξ .

прямоугольное колѣно	1
закругленное	0,5
обратный поворотъ	0,8
внезапное—значительное расширеніе: при входѣ въ ко- тель или огрѣвательный приборъ	1
открытый вентиль	0,5 до 1
открытый крапъ	0,1 до 0,3
малое увеличеніе сѣченія и поворотъ, радіусъ котораго болѣе чѣмъ въ 5 разъ превышаетъ діаметръ трубы. 0	

Для лучшаго уясненія, вышензложеннаго приѣма расчета трубъ ниже приведены примѣры ¹⁾ съ подробными поясненіями.

Примѣръ I. Дано: температура горячей воды $t' = 85^\circ \text{Ц}$, холодной $t'' = 65^\circ \text{Ц}$, слѣдовательно разность $t' - t'' = 20^\circ$; всѣхъ 1 куб. м. горячей воды (таблица II) $\gamma' = 968,76$ кгр., тоже холодной $\gamma'' = 980,67$ кгр. Расположеніе огрѣвательныхъ приборовъ указано на прилагаемомъ чертежѣ (фиг. 4) съ указаніемъ высотъ ихъ взаимнаго рас-



Фиг. 4.

положенія и количества потребнаго тепла. Всѣ данныя для расчета помѣщены въ нижеслѣдующей таблицѣ.

¹⁾ Примѣры заимствованы изъ сочиненія Rietschel „Leitfaden zum Berechnen...“

№ участка въ м.	Длина участка въ м.	Количество те- плъ въ тыс. кал.	$lv^{4/7}$	Диаметръ въ сант.	Приближ. сопротив.	для da				для db			
						φ	$\Sigma \xi$	s	Истинное сопротив.	db	φ	s	pp
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	3,0	3,0	5,6	3,8	0,16	6,5	5,0	0,0485	0,437				
28	4,5	5,2	11,5	4,4	0,36	5,65	0,5	0,0168	0,454				
27	4,3	7,7	13,8	5,1	0,38	5,4	0	0,0068	0,403				
26	8,5	10,9	33,2	5,1	1,50	4,6	1,5	0,0136	1,616				
25	5,0	19,4	27,1	6,4	1,00	4,4	1,0	0,00265	0,997				
24	19,5	33,6	145,0	7,6	5,00	4,1	1,5	0,0036	4,064				
23	10,2	37,2	80,0	7,6	3,20	3,98	0	0,0016	2,214				
22	2,1	11,7	17,7	8,9	0,40	4,23	4,5	0,00088	1,530				
21	6,4	37,2	50,4	7,6	2,00	3,98	2,0	0,00161	2,228				
20	8,3	29,4	57,0	7,6	1,60	4,28	0,5	0,00156	1,348				
19	4,5	19,4	24,5	6,4	0,90	4,40	0	0,00185	0,696				
18	6,0	10,9	23,5	5,1	1,10	4,60	1,5	0,0105	1,248				
17	1,0	5,2	2,7	4,4	0,085	5,65	1,5	0,0075	0,203				
492,0					17,685	17,438							
$P_1 \rho = 18,93$						$P \rho = 18,93$							
2	2,0	2,2	3,13	1,9	—	4,1	4,0	0,64	3,098	2,5	4,97	0,26	1,258
						17,001							17,001
$P_2 \rho = 18,93 - 17,53 = 1,4$						$P \rho = 18,93$							18,259
						20,099							
3	4,0	2,5	6,7	1,9	4,0	3,9	4,6	0,98	6,125				
29	4,3	5,7	11,6	1,9	23,0	3,3	0	0,58	18,844				
18,3					27,0	16,344							
$P_3 \rho = 31,29$						$P \rho = 50,22$							
						41,313							
4	7,5	3,2	14,5	1,9	—	3,7	5,5	1,55	15,883				
						34,785							
$P_4 \rho = 31,29$						$P \rho = 81,51$							
						50,668							
5	7,5	2,6	12,9	3,2	0,67	5,8	5,5	0,183	1,237				
32	4,3	5,7	11,6	3,8	0,85	4,75	0	0,026	0,845				
31	7,5	8,5	25,3	4,4	1,60	4,55	1,5	0,0248	1,792				
30	5,5	8,5	18,6	4,4	1,20	4,55	1,5	0,0192	1,387				
68,4					4,32	13,077							
$P_5 \rho = 18,93 - 14,1 = 4,83$						$P \rho = 18,93$							
						18,338							

№ участковъ	Длина участка въ м.	Количество тепл. пла въ тыс. кал.	$lw^{4/3}$	Диаметръ въ сант.	Приблѣж. сопротив.	для d_a				для d_b			
						φ	$\Sigma \xi$	s	Истинное сопротив.	db	φ	s	$p \rho$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	2,0	3,1	3,82	1,9	3,25	3,70	4,0	0,61	5,862				
33	4,3	5,9	11,90	1,9	25,00	3,27	0	0,57	19,842				
			15,72		28,25				17,101				
$F_6 \rho = 31,29$						$P \rho = 50,22$				42,805			
7	6,5	2,8	11,8	1,9	—	3,8	4,5	1,345	10,545				
									36,098				
$F_7 \rho = 31,29$						$P \rho = 81,51$				46,643			
8	3,5	1,5	4,4	2,5	0,35	6,0	5,0	0,345	0,776				
38	4,3	5,7	11,6	3,8	0,85	4,73	0	0,0258	0,838				
37	4,3	8,3	14,3	4,4	0,85	4,59	0	0,012	0,827				
36	0,8	11,1	3,2	4,4	0,30	4,12	0	0,0023	0,283				
35	6,5	14,2	29,5	5,1	1,95	4,20	1,5	0,0107	2,158				
34	4,5	10,0	16,8	4,4	1,35	4,28	1,5	0,0158	1,580				
			79,8		5,65				11,384				
$F_8 \rho = 18,93 - 12,2 = 6,73$						$P \rho = 18,93$				17,846			
9	3,0	2,6	5,2	1,9	3,4	3,85	4,5	0,81	5,476				
39	4,3	8,5	14,5	2,5	11,9	3,37	0	0,150	10,838				
			19,7		14,3				16,232				
$P_9 \rho = 31,29$						$P \rho = 50,22$				32,546			
11	5,0	2,8	9,0	1,9	10,3	3,8	4,5	1,12	8,781	1,3	3,27	6,0	47,040
40	4,3	5,9	11,9	2,5	7,25	3,6	0	0,16	5,570				5,570
			20,9		17,55				26,243				26,243
$P_{11} \rho = 31,29$						$P \rho = 81,51$				40,594			78,853
10	3	3,1	5,7	1,3	—	3,22	4,5	4,20	40,362				
									31,530				
$P_{10} \rho = 33,47 - 7,25 = 26,22$						$P \rho = 83,686$				71,892			

№ участка	Длина участка въ м.	Количество те- пла въ тыс. кал.		Диаметръ въ сант.	Приблиз. сопротив.	для d_a				для d_b			
									Исчисл. сопротив.				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
12	10,5	4,2	23,7	3,2	2,5	5,25	5,5	0,217	3,828	3,8	5,4	0,098	1,729
41	5,0	7,8	16,0	3,8	1,8	4,20	1,5	0,0337	2,050				2,050
			39,7		4,3				14,142				14,142
$P_{12} \rho = 18,93 - 14,55 = 4,38$						$P \rho = 18,93$							17,921
13	14,5	3,6	30,0	1,9	—	3,57	6,0	2,55	33,048				
									18,022				
$P_{13} \rho = 81,51 - 7,4 = 74,11$						$P \rho = 81,51$							
14	3,0	1,5	3,8	1,9	1,10	4,65	5,0	0,950	2,138				
43	10,5	4,5	24,5	3,2	2,80	4,55	2,0	0,162	3,281				
42	12,0	4,5	27,0	2,5	10,00	3,88	2,5	0,550	11,138				
			55,3		13,90				1,530				
$P_{14} \rho = 18,93 - 0,4 = 18,53$						$P \rho = 18,93$							
15	3,0	1,4	3,6	1,3	6,0	3,73	5,0	4,75	9,310				
45	4,3	3,0	8,0	1,9	6,5	3,73	0	0,66	5,940				
44	4,3	3,0	8,0	1,9	6,5	3,73	0	0,66	5,940				
			19,6		19,0				15,949				
$P_{15} \rho = 31,29$						$P \rho = 50,22$							
16	11,5	1,6	15,0	1,3	—	3,6	6,0	13,25	33,920				
									27,749				
$P_{16} \rho = 31,29$						$P \rho = 81,51$							
									61,649				

Въ 1-й графѣ помѣщены № участковъ трубъ
 во 2-й " " длина cadaго участка (въ м.)
 въ 3-й " " количество требуемаго тепла (въ тыс.
 калор.).

Кромѣ того слѣдуетъ замѣтить, что удобнѣе располагать участки отдѣльными группами, соотвѣтственно каждому отдѣльному направлению.

Въ данномъ случаѣ приборъ I расположенъ самымъ невыгоднымъ образомъ, почему въ первую группу участковъ входят трубы, соотвѣтствующія движенію воды отъ прибора I-го черезъ котель и обратно, т. е. полный кругъ.

Для прибора II направление движенія воды будетъ совпадать съ направлениемъ для прибора I, за исключеніемъ участка 2, а такъ какъ всѣ діаметры участковъ, кромѣ 2-го уже опредѣляются изъ расчета предыдущаго и остаются неизмѣнными для расчета всей остальной сѣти, то въ группу 2-ю будетъ входить лишь участокъ 2-й.

На подобномъ же основаніи въ 3-ю группу войдутъ участки еще съ неопредѣленными діаметрами для прибора III, т. е. участки 3-й и 29-й. Для прибора IV—участокъ 4-й.

Далѣе переходить къ опредѣленію діаметровъ для самаго невыгоднаго прибора, находящагося на второй вертикальной распределительной трубѣ, т. е. для прибора V. Здѣсь движеніе воды происходитъ по участкамъ 5, 32, 31, 25, 24, 23, 22, 21, 20, 19, 30, но такъ какъ снова діаметры участковъ съ 25 и до 19 включительно входятъ въ составъ 1-й группы, то въ настоящую войдутъ лишь участки 5, 32, 31, 30 и т. д.

Заполнивши соотвѣтствующими величинами графы 1, 2 и 3 переходятъ къ опредѣленію величинъ $lw^{4/7}$, пользуясь графической таблицей А и результатъ вписывается въ графу 4-ю. Для каждой группы участковъ опредѣляется $\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}$, которая подписывается въ графу

4-й снизу. Напримѣръ для группы I-й. $\sum lw^{4/7} = 492$, для группы 2-й—3,13, для группы 3-й—18,3 и т. д.

Далѣе при расчетѣ трубъ 1-й группы согласно ур. 20 нужно знать величину P_r . Такъ какъ движеніе воды происходитъ черезъ приборъ I, то давленіе P для него опредѣляется въ зависимости отъ разности высотъ между серединами котла и даннаго прибора I, т. е. въ данномъ случаѣ $H = 2,6$ м. Величина же давленія P будетъ

$$P = H. (\gamma'' - \gamma') = 2,6. (980,67 - 968,76) = 30,966 \text{ кгр.}$$

Далѣе ρ (по таблицѣ 1) для $t' - t'' = 20^\circ$ будетъ

$$\rho = 0,6111 \text{ и окончательно}$$

$$P\rho = 18,93$$

Такимъ образомъ имѣя величины $\Sigma lw^{4/7}$ и P_r на графической таблицѣ А опредѣляется величина $\log k$ соответственно ур. 20а по способу ранѣе указанному, т. е. на масштабъ $lw^{4/7}$ беремъ пайдениую величину $\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7} = 492$ (для 1-й группы) и на масштабъ p_r величину $P_r = 18,93$ къ этимъ точкамъ прикладываемъ линейку и находимъ точку на масштабѣ $\log k$, который въ данномъ случаѣ будетъ $\log k = 2,59^1$). Однако абсолютной величины $\log k$ знать не требуется, а необходимо лишь отмѣтить соответствующую точку обозначая ее карандашемъ.

Далѣе прикладывая линейку къ отмѣченной точкѣ $\log k$ и соответствующему w , на масштабѣ *для воды* читаемъ діаметръ, который вписывается въ графу 5. Но при этомъ тотчасъ же опредѣляется и приближенная величина p_r для даннаго діаметра. Такъ для участка 1-го при опредѣленіи діаметра, точка пересѣченія съ масштабомъ *для воды* получается между 3,2 и 3,8, нами принять діаметръ 3,8 см. поэтому прикладываемъ линейку къ этому послѣднему и соответствующему w , т. е. $d_1 = 3,8$ и $w_1 = 3,0$ находимъ точку пересѣченія съ масштабомъ $\log k$, эту послѣднюю соединяемъ съ величиной $l_1 w_1^{4/7} = 5,6$ для даннаго участка и читаемъ величину p_r на соответствующемъ масштабѣ. Для участка 1-го $p_r = 0,16$, каковую величину вносимъ въ графу 6. Такимъ же точно образомъ продолжаемъ работу для всей 1-ой группы участковъ, заполняя графы 5 и 6.

По окончаніи подбора діаметровъ этой группы складываемъ всѣ величины p_r , сумма которыхъ для группы 1-ой будетъ $p \Sigma p = 17,685$, что довольно близко къ величинѣ дѣйствующаго давленія $P_r = 18,92$.

Что касается опредѣленія діаметра 2 участка, то слѣдуетъ замѣтить, что движеніе воды къ прибору II будетъ направлено по участкамъ: 2, 28, 27, 26, 25, 24, 23, 22, 21, 20, 19, 18 и 17 и происходитъ подъ тѣмъ же напоромъ, что и для прибора I-го, т. е. $P_r = 18,93$, который и долженъ быть израсходованъ на сопротивленія во всѣхъ указанныхъ участкахъ трубъ. Но при опредѣленіи группы 1-ой діамдтровъ было найдено то сопротивление на всѣхъ участкахъ, кромѣ 2, которое они окажутъ, а потому разность между дѣйствующимъ давленіемъ и величиною найденныхъ сопротивленій дастъ тотъ избытокъ давленія, который можетъ быть израсходованъ на пути остающагося участка 2-го.

¹⁾ Истинное значеніе $\log k = 2,5850200$.

Сумма сопротивленій участковъ съ 28 по 17, получится путемъ сложения величинъ $p\rho$ изъ графы 6-й 1-ой группы: $\rho \Sigma p = 17,53$; дѣйствующее давленіе по предыдущему $P\rho = 18,93$, слѣдовательно избытокъ давленія для участка 2-го будетъ

$$P_2\rho = 18,93 - 17,53 = 1,4.$$

По найденной величинѣ $P_2\rho = 1,4$ и $\Sigma_2 lw^{4/7} = 3,13$ находимъ снова, какъ для 1-ой группы, по графической таблицѣ $A \log k_2$ (въ дапномъ случаѣ $\log k_2 = 1,65$), по положенію котораго и величинѣ $w_2 = 2,2$ находимъ, что $d_2 = 1,9$ см.

Далѣе переходимъ къ опредѣленію діаметровъ 3-ей группы. Здѣсь величина давленія будетъ

$$\rho P_3 = [2,6 (\gamma'' - \gamma') + 4,3 (\gamma'' - \gamma')],$$

которое расходуется на сопротивленія въ участкахъ: 29, 3, 27, 26, ..., 18, слѣдовательно будемъ имѣть равенства

$$\rho P_3 = [2,6 (\gamma'' - \gamma') + 4,3 (\gamma'' - \gamma')] \rho = \rho p_{29} + \rho p_3 + \rho p_{27} + \rho p_{26} + \dots + \rho p_{18} = \rho [p_{29} + p_3 + p_{27} + \dots + p_{18}] \quad (28).$$

Но съ другой стороны для движенія воды черезъ приборъ I-ый на томъ же основаніи можно написать

$$\rho P_1 = 2,6 (\gamma'' - \gamma') \rho = \rho (p_1 + p_{28} + p_{27} + p_{26} + \dots + p_{18} + p_{17}).$$

Вычитая 2 урав. изъ 1-го получимъ:

$$4,3 (\gamma'' - \gamma') \rho = \rho (p_{29} + p_3) - \rho (p_1 + p_{28} + p_{17}) \text{ или} \\ 4,3 (\gamma'' - \gamma') \rho + \rho (p_1 + p_{28} + p_{17}) = (p_{29} + p_3) \quad (29).$$

т. е. къ величинѣ напора, опредѣляемому на основаніи разности высотъ между серединами I и II приборовъ надо приложить сумму сопротивленій участковъ 1, 28 и 17, каковое давленіе можетъ быть израсходовано на пути участковъ 29 и 3. Величины сопротивленій ρp_1 , ρp_{28} и ρp_{17} уже имѣются въ графѣ 6 группы 1-ой, сумма ихъ можетъ быть опредѣлена непосредственнымъ сложеніемъ $p_1 \rho + p_{28} \rho + p_{17} \rho = \rho \Sigma p = 0,605$. Но, принимая во вниманіе, что величина эта сравнительно съ величиной $4,3 (\gamma'' - \gamma') \rho$ очень незначительна, возможно для простоты вычисленія, ея пренебречь и въ такомъ случаѣ ур. 29 приметъ видъ:

$$4,3 (\gamma'' - \gamma') \rho = \rho p_{29} + \rho p_3$$

Такимъ образомъ можно принять, что

$$\rho P_3 = 4,3 (\gamma'' - \gamma') \rho = 31,29.$$

Съ другой стороны изъ графы 4-й имѣемъ, что $\Sigma l w^{4/7} = 18,3$.

По этимъ даннымъ опять опредѣляемъ положеніе точки соотвѣтствующей $\log k_3$ а по послѣднему и величинамъ $w_3 = 2,5$ и $w_{29} = 5,7$ находимъ діаметръ $d_3 = 1,9$ см., $d_{29} = 1,9$ см., а также величины $p_3 \rho = 4,0$, $p_{29} \rho = 23,0$.

Здѣсь сумма $\rho \Sigma p = 4 + 23 = 27$ также довольно близко подходитъ въ величинѣ имѣющагося давленія $P_3 \rho = 31,29$.

Для участка 4 на основаніи только что изложеннаго будемъ имѣть $P_4 \rho = 4,3 (\gamma'' - \gamma') \rho = 31,29$; $l w^{4/7} = 14,5$ по каковымъ даннымъ опять находимъ положеніе $\log k_4$, а затѣмъ $d_4 = 1,9$ см.

Движеніе чрезъ приборъ V происходитъ подъ давленіемъ

$$P \rho = 2,6 (\gamma'' - \gamma') \rho = 18,93.$$

Это давленіе расходится на сопротивленія въ участкахъ: 30, 5, 32, 31, 25, 24, 19, а слѣдовательно

$$P \rho = 18,93 = \rho (p_{30} + p_5 + p_{32} + p_{31} + \dots p_{19})$$

но изъ графы 6 группы 1-й путемъ сложенія величинъ $p \rho$ находимъ

$$\text{что } \rho (p_{25} + p_{24} + \dots p_{19}) = 14,1$$

Слѣдовательно вставляя въ предыдущее равенство получимъ

$$P_5 \rho = 18,93 - 14,1 = 4,83 = \rho p_{30} + \rho p_5 + \rho p_{32} + \rho p_{31}$$

зная величину $P_5 \rho = 4,83$ и $\Sigma l w^{4/7} = 68,4$ для данныхъ участковъ поступаемъ по предыдущему опредѣляя діаметры и величины сопротивленій $p \rho$. Сложивши послѣднія мы убѣждаемся, что

$$\rho \Sigma p = 4,43 \approx 4,83 = P_5 \rho,$$

что опять согласуется съ требованіемъ.

Для участковъ 6 и 13 величина $P_6 \rho$ находится такъ же какъ для 3 и 29, причемъ въ данномъ случаѣ онѣ будутъ равны, т. е.

$$P_6 \rho = P_3 \rho = 31,29 \text{ и т. д.}$$

Подобравъ такимъ образомъ всѣ діаметры переходимъ уже къ болѣе точному опредѣленію сопротивленій въ трубахъ при выбранныхъ діаметрахъ.

Въ графѣ 8-ой вписывается сумма сопротивленій отъ ударовъ для каждаго участка $\Sigma \xi$.

Въ графѣ 7-ой вписываются величины φ согласно ур. 25, опредѣляемые помощью графической табл. B, пользованіе которой было указано ранѣе.

По данным φ , l , d и $\Sigma \xi$ определяются величины s (см. ур. 26) пользуясь графич. табл. C , пользование которой также было указано ранее.

Имѣя величины s для каждого участка и зная w , по ур. 27 находимъ истинныя величины $p\rho$, которыя вписываются въ графу 10.

При этомъ слѣдуетъ замѣтить, что опредѣленіе истинныхъ значеній не должно быть производимо для всѣхъ участковъ сразу, но сначала опредѣляются эти величины для 1-й группы. Сумма этихъ величинъ не должна превосходить дѣйствующаго давленія.

Такъ для группы 1-ой имѣемъ $P_1\rho = 18,93$ и истинное значеніе $\rho \Sigma p = 17,438$, которое получилось менѣе дѣйствующаго усилія $P_1\rho = 18,93$, а слѣдовательно выбранные діаметры могутъ вполне обезпечить движеніе воды въ необходимомъ количествѣ. Далѣе для прибора II имѣемъ $P\rho = 18,93$ и складывая истинныя значенія $p\rho$ всѣхъ участковъ соотвѣствующихъ этому прибору будемъ имѣть:

$$\rho \Sigma p_{26, 25} \dots 19, 17 + \rho p_2 = 17,001 + 3,098 = 20,099.$$

Въ данномъ случаѣ получаемъ перевѣсъ на сторонѣ сопротивленій чего не должно быть. Для уменьшенія сопротивленія необходимо увеличить діаметръ трубъ. Здѣсь мы можемъ измѣнить лишь діаметръ трубы участка 2; беремъ слѣдующій размѣръ діаметра, именно 2,5 см., опредѣляя для него φ , ρ и наконецъ $p\rho = 1,258$ получимъ общую сумму сопротивленій

$$17,001 + 1,258 = 18,259 < 18,93 = P_2\rho$$

Такимъ образомъ принимая діаметръ для участка 2 $d_2 = 2,5$ см. будетъ имѣться перевѣсъ на сторонѣ дѣйствующаго давленія, чего и слѣдовало достигнуть.

Величина $d_2 = 2,5$ и соотвѣствующія φ , s и $p\rho$ вписываются для измѣненнаго діаметра въ графахъ 11, 12, 13 и 14.

Далѣе опредѣляемъ истинныя значенія величинъ $p\rho$ для участковъ 3 и 29.

Дѣйствующее давленіе согласно ур. 28 для прибора III будетъ $P\rho = 18,93 + 31,29 = 50,22$, сумма сопротивленій

$$\rho (p_{29} + p_3 + p_{27} + p_{26} + \dots p_{18}) = 41,373,$$

что менѣе давленія 50,22.

Хотя въ данномъ случаѣ имѣется значительный запасъ со стороны давленія, который можно было-бы уменьшить путемъ уменьшенія діаметровъ трубъ на участкахъ 3 и 29, но при этомъ получится обратное явленіе, т. е. величина сопротивленія слишкомъ возро-

стеть. Напримѣръ измѣняя на участкѣ 3 діаметръ съ 1,9 см на 1,3 см. сумма сопротивленій достигнетъ:

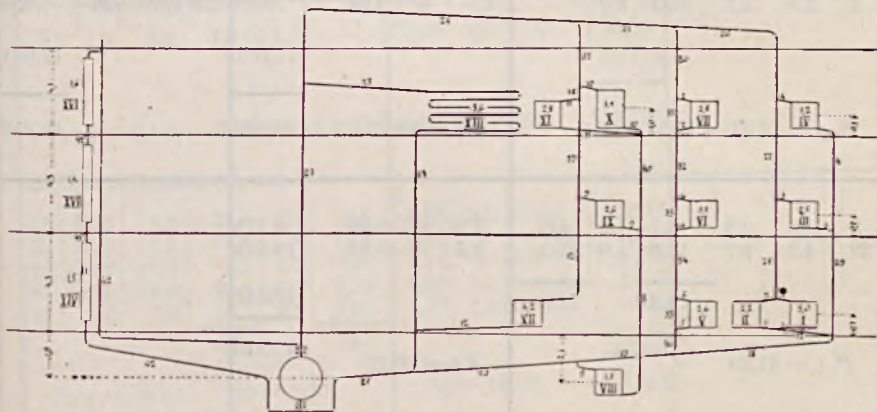
$$16,344 + 18,844 + 32,500 = 66,416,$$

что значительно болѣе давленія $P_p = 50,22$ и потому приходится оставить ранѣе принятый діаметръ.

По указанному способу проверяются всѣ остальные діаметры и какъ видно изъ всей сѣти съ 45-ю участками пришлось измѣнить (при точномъ подсчетѣ сопротивленій) діаметры лишь на 3-хъ участкахъ, что составляетъ менѣе 7%.

Ко всему сказанному слѣдуетъ добавить, что въ случаѣ необходимости измѣнить діаметры трубъ въ ту или другую сторону, изъ всѣхъ участковъ данной группы подлежатъ прежде всего измѣненію тѣ, величины діаметровъ которыхъ сильно отличаются отъ той, которая получилась бы при рѣшеніи ур. 20 аналитическимъ путемъ.

Примѣръ 2. Дано: температура горячей воды $t' = 85^\circ \text{C}$, ходовой $t'' = 65^\circ \text{C}$, слѣдовательно разность $t' - t'' = 20^\circ$. Расположеніе огрѣвательныхъ приборовъ указано на фиг. 5, съ указаніемъ



Фиг. 5.

высотъ ихъ взаимнаго расположенія и величины потребнаго количества тепла, а остальные данныя въ прилагаемой таблицѣ.

№ участка	Длина участка в м.	Количество те- пла в тыс. кал.			Приблиз. сопротив.	для d_a				для d_b			
									Истинное сопротив.				
1	2	3	4	5	6	φ	$\Sigma \xi$	s	$p \varphi$	db	φ	s	$p \varphi$
1	3,0	3,0	5,6	3,8	0,16	6,5	5,0	0,0485	0,437				
28	4,5	5,2	11,5	4,4	0,36	5,65	0,5	0,0168	0,454				
27	4,3	7,7	13,8	5,1	0,38	5,4	0	0,0068	0,403				
26	8,5	10,9	33,2	5,1	1,50	4,6	1,5	0,0136	1,616				
25	5,0	19,4	27,1	6,4	1,00	4,4	1,0	0,00265	0,997				
24	19,5	33,6	145,0	7,6	5,00	4,1	1,5	0,0036	4,064				
23	10,2	37,2	80,0	7,6	3,20	3,98	0	0,0016	2,214				
22	2,1	41,7	17,7	8,9	0,40	4,23	4,5	0,00088	1,530				
21	6,4	37,2	50,4	7,6	2,00	3,98	2,0	0,00161	2,228				
20	8,3	29,4	57,0	7,6	1,60	4,28	0,5	0,00156	1,348				
19	4,5	19,4	24,5	6,4	0,90	4,4	0	0,00185	0,696				
18	6,0	10,9	23,5	5,1	1,10	4,6	1,5	0,0105	1,248				
17	1,0	5,2	2,7	4,4	0,085	5,65	1,5	0,0057	0,203				
					492,0					17,438			
					$P_1 \varphi = 18,93$					$P \varphi = 18,93$			
2	2,0	2,2	3,13	1,9	—	4,1	4,0	0,64	3,098	2,5	4,97	0,26	1,258
										17,001			
										17,001			
					$F_2 \varphi = 18,93 - 17,53 = 1,4$					20,099			
										$P \varphi = 18,93$			
										18,259			
3	4,0	2,5	6,7	1,9	4,0	3,9	4,6	0,98	6,125				
29	4,3	5,7	11,6	1,9	23,0	3,3	0	0,58	18,844				
					18,3					16,344			
					27,0					41,313			
					$P_3 \varphi = 31,29$					$P \varphi = 50,22$			
4	7,5	3,2	14,5	1,9	—	3,7	5,5	1,55	15,883				
										34,785			
										50,668			
					$P_4 \varphi = 31,29$					$P \varphi = 81,51$			

№ участка	Длина участка в м.	Количество те- пла в тыс. кал.	$lw^{1/3}$	da	Приблиз. сопротив.	для da					для db			
						φ	$\Sigma \xi$	s	Полное сопротив.		db	φ	s	$p \rho$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
5	2,0	2,6	3,45	3,2	0,20	5,8	4,0	0,073	0,493					
34	3,1	8,5	10,50	3,8	1,35	4,1	0	0,015	1,084					
33	1,2	5,4	3,15	3,8	0,23	4,83	0	0,0078	0,227					
32	3,2	8,5	10,90	3,8	1,40	4,1	0	0,0168	1,214					
31	1,2	5,7	3,20	3,8	0,23	4,72	0	0,0072	0,234					
30	7,5	8,5	25,40	3,8	3,25	4,1	1,5	0,046	3,324	4,4	4,62	0,021	1,517	
36	5,5	8,5	18,60	3,8	2,35	4,1	1,5	0,0355	2,565					
75,2					9,01	13,077				13,077				
$F_5 \rho = 21,49 - 14,1 = 7,39$						$P \rho = 21,49$				22,218	20,411			
6	2,0	3,1	3,8	1,9	3,2	3,67	4,0	0,63	6,054					
35	1,2	5,9	3,32	1,9	7,0	3,27	0	0,17	5,918					
7,12					10,2	21,498								
$F_6 \rho = 42,78 - 22,68 = 20,1$						$P \rho = 42,78$				33,470				
7	2,0	2,8	3,6	1,3	—	3,27	3,5	3,00	23,52					
						27,182								
$F_7 \rho = 52,164 - 29,78 = 22,384$						$P \rho = 52,164$				50,702				
12	10,5	4,2	23,6	3,2	2,43	4,66	5,5	0,129	2,276					
39	4,3	8,3	14,4	3,8	1,75	4,12	0	0,0225	1,550					
38	0,8	11,1	3,2	4,4	0,30	4,11	0	0,0023	0,283					
37	6,5	14,2	29,5	5,1	0,85	4,19	1,5	0,0102	2,057					
41	5,0	7,8	16,1	3,8	0,95	4,20	1,5	0,0337	2,050					
86,8					6,28	10,036								
$P_{12} \rho = 18,93 - 10,6 = 8,33$						$P \rho = 18,93$				18,252				
9	3,0	3,06	5,7	1,9	4,7	3,7	4,5	0,79	7,397					
8	9,5	10,0	35,0	3,2	12,8	3,58	5,0	0,15	15,000					
40,7					17,5	15,274								
$P_9 \rho = 42,96 - 15,02 = 27,94$						$P \rho = 42,96$				37,671				

№ участковъ	Длина участка въ м.	Количество тепла въ тыс. кал.			Приблиз. сопротив.	для d_a				для d_b			
									Истинное сопротив.				
1	2	3	4	5	6	φ	$\Sigma \xi$	s	$p \rho$	db	φ	s	$p \rho$
11	5,0	3,3	9,9	1,9	9,0	3,63	4,5	1,08	11,761				
40	4,3	7,0	13,0	1,9	35,0	3,19	0	0,56	27,440				
			22,9		44,0				28,724				
$P_{11} \rho = 69,92 - 18,05 = 51,87$						$P \rho = 69,92$			67,925				
10	3,0	3,7	6,16	1,9	—	3,55	4,5	0,775	10,610				
									55,881				
$P_{10} \rho = 71,80 - 52,75 = 19,05$						$P \rho = 71,8$			66,491				
XIII	31,0	3,6	64,0	5,1	0,58	8,3	5,0	0,082	1,063	(d и s вычислены)			
13	15,0	3,6	31,0	1,9	32,00	3,57	5,0	2,55	33,048				
			95,0		32,58				8,022				
$P_{13} \rho = 81,516 - 6,55 = 74,386$						$P \rho = 81,516$			42,133				
42	32,5	4,5	76,0	2,5	—	3,86	5,5	1,422	28,796				
									1,530				
$P_{42} \rho = 62,206 - 0,4 = 61,806$						$P \rho = 62,206$			30,326				

При указанномъ расположеніи приборовъ V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XIV, XV, XVI. которые находятся въ зависности одинъ отъ другаго, необходимо сдѣлать предварительныя опредѣленія промежуточныхъ температуръ и приведенія количества потребнаго тепла къ крайнимъ температурамъ.

Первоначально возьмемъ приборъ V, VI и VII.

Обозначимъ g — вѣсовое количество воды, протекающее въ теченіи часа черезъ данное сѣченіе:

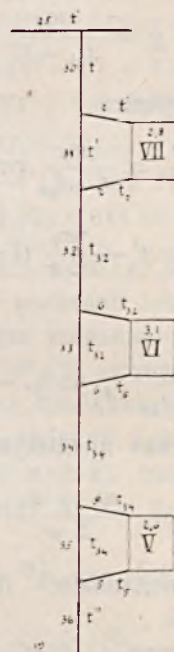
w — часовое количество тепла, которое должно быть выдѣлено или уже выдѣлилось изъ протекающей воды;

t_1, t_2, t_3 температуры протекающей воды.

На основаніи принятыхъ обозначеній вѣсовое количество воды, протекающей чрезъ данное сѣченіе въ теченіи часа и выдѣлившей w калор. въ часъ при охлажденіи воды отъ t_1 до t_0 выразится уравненіемъ:

$$g = \frac{w}{t_1 - t_0} \quad (30).$$

Температура воды на участкахъ 30, 31 и подходящей къ прибору VII (см. фиг. 6) будетъ очевидно $t' = 85^0$. По выходѣ изъ



Фиг. 6.

прибора VII вода приметъ нѣкоторую температуру t_2 и смѣшавшись съ водой протекающей по участку 31 приметъ температуру t_{32} . Далѣе нѣкоторая часть воды съ температурой t_{32} вступитъ въ приборъ VI и по выходѣ изъ него будетъ имѣть температуру t_3 , которая, въ свою очередь, смѣшавшись съ водой температурой t_{32} протекающей по участку 33, приметъ опять нѣкоторую иную температуру t_{34} и т. д. Необходимомъ является распредѣлить температуры такъ, чтобы по выдѣленіи всего необходимаго количества тепла вода охладилась бы отъ t' до t'' .

Очевидно, что на участкахъ 30, 32, 34 и 36 протекаетъ одно

и то-же вѣсовое количество воды, но выразить его можно, пользуясь урав. 30, черезъ различныя температуры и величины w , а именно:

$$g = \frac{w_5 + w_6 + w_7}{t' - t''} = \frac{\Sigma w}{t' - t''} \quad (31).$$

$$g = \frac{w_7}{t' - t_{32}} \quad (32).$$

$$g = \frac{w_6}{t_{32} - t_{34}} \quad (33).$$

$$g = \frac{w_5}{t_{34} - t''} \quad (34).$$

Изъ урав. 31 и 32 получимъ

$$\frac{\Sigma w}{t' - t''} = \frac{w_7}{t' - t_{32}} \quad \text{откуда}$$

$$t_{32} = t' - \frac{w_7}{\Sigma w} (t' - t'') \quad (35).$$

изъ урав. 31 и 33:

$$\frac{\Sigma w}{t' - t''} = \frac{w_6}{t_{32} - t_{34}}; \quad t_{34} = t_{32} - \frac{w_6}{\Sigma w} (t' - t'') \quad (36).$$

Вставляя значеніе t_{32} изъ предыдущаго, получимъ:

$$t_{34} = t' - \frac{w_6 + w_7}{\Sigma w} (t' - t'') \quad (36a).$$

Такимъ образомъ опредѣляются промежуточныя температуры воды на участкахъ 32 и 34.

Что касается температуръ t_7 , t_6 и t_5 , то задача въ сущности, получается неопредѣленной, такъ какъ величина этихъ температуръ находится въ полной зависимости отъ количествъ воды направленныхъ черезъ приборъ и мимо него.

Но для руководства въ данномъ случаѣ можно поставить условіе, чтобы разность температуръ воды, входящей и выходящей изъ прибора, равнялась разности крайнихъ температуръ, т. е.:

$$t' - t'' = t' - t_7 = t_{32} - t_6 = t_{34} - t_5 \quad \text{откуда}$$

$$t_7 = t''; \quad t_6 = t_{32} - (t' - t''); \quad t_5 = t_{34} - (t' - t'') \quad (37).$$

зная изъ уравненій 35 и 36а величины t_{32} и t_{34} нетрудно опредѣлить и величины температуръ t_6 и t_5 изъ урав. (37).

Вставимъ въ ур. 35, 36 или 36а, 37 извѣстныя изъ заданія величины, тогда

$$t_{32} = 85 - \frac{2800}{8500} \cdot 20 = 78^{\circ},4; t_{34} = 78,4 - \frac{3100}{8500} \cdot 20 = 71^{\circ},1$$

$$t_6 = 78,4 - 20 = 58^{\circ},4 \quad t_5 = 71,1 - 20 = 51^{\circ},1$$

Эти величины температуръ даютъ возможность опредѣлить величины дѣствующихъ давленій для каждого прибора, а именно:

для прибора V: $P_5 \rho = [2 (\gamma'' - \gamma') + 0,6 (\gamma_5 - \gamma')] \rho = [2 \cdot 11,91 + 0,6 \cdot 18,91] 0,611 = 21,49$

для прибора VI: $P_6 \rho = [2 (\gamma'' - \gamma') + 4,3 (\gamma_{34} - \gamma') + 0,6 (\gamma_6 - \gamma')] \rho = [2 \cdot 11,91 + 4,3 \cdot 8,57 + 0,6 \cdot 15,56] 0,611 = 42,78$

для прибора VII: $P_7 \rho = [2 (\gamma'' - \gamma') + 4,3 (\gamma_{34} - \gamma') + 4,3 (\gamma_{32} - \gamma') + 0,6 (\gamma_7 - \gamma')] \rho = 2 \cdot 11,91 + 4,3 \cdot 8,57 + 4,3 \cdot 4,08 + 0,6 \cdot 11,92] 0,611 = 52,164.$

Здѣсь: γ означаетъ вѣсъ 1 куб. м. воды, значекъ же поставленный внизу указываетъ, что величина эта берется для той температуры, которая опредѣлена для указаннаго участка. Напр. γ_{32} соответствуетъ температурѣ $t_{32} = 78^{\circ},4$ Ц. которая будетъ $\gamma_{32} = 972,84$.

Величина ρ берется для крайнихъ разностей температуръ, т. е. для $t' - t'' = 20^{\circ}$ и согласно таблицъ $\rho = 0,611$.

Далѣе пользуясь ур. 30 можемъ написать для количествъ протекающей воды черезъ участки 5, 6 и 7.

$$g_5 = \frac{w_5}{t_{34} - t_5}, \text{ но изъ ур. 37: } t_{34} - t_5 = t' - t'' \text{ слѣдовательно}$$

$$g_5 = \frac{w_5}{t' - t''}$$

$$g_6 = \frac{w_6}{t_{32} - t_6}, \text{ и изъ ур. 37: } t_{32} - t_6 = t' - t'' \text{ отсюда:}$$

$$g_6 = \frac{w_6}{t' - t''}$$

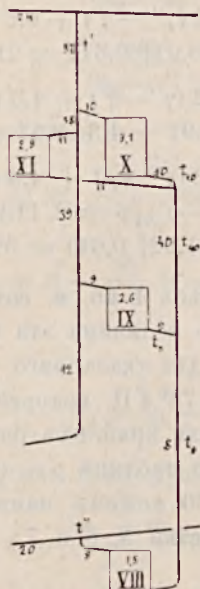
И наконецъ:

$$g_7 = \frac{w_7}{t' - t_7}, \text{ а по ур. 37: } t_7 = t'', \text{ откуда:}$$

$$g_7 = \frac{w_7}{t' - t''}$$

Отсюда мы видимъ, что для всѣхъ приборовъ величина разности температуръ остается постоянною равною $t' - t'' = 85^\circ - 64^\circ = 20^\circ$ и что величины w_5 , w_6 и w_7 сохраняютъ свою величину, что, какъ мы увидимъ далѣе, не будетъ при другой формѣ расположенія приборовъ. На основаніи только что сказаннаго, мы въ правѣ взять одну и ту-же величину p для разности температуръ $t' - t'' = 20^\circ$.

Приборъ VIII, IX, X, XI. Теперь возьмемъ приборы VIII, IX, X на XI (см. фиг. 7).



Фиг. 7.

По типу ур. 31, 32, 33, 34 можемъ и для данного случая написать:

$$g_8 = \frac{w_8 + w_9 + w_{10} + w_{11}}{t' - t''} = \frac{\Sigma w}{t' - t''}$$

$$g_8 = \frac{w_9 + w_{10} + w_{11}}{t' - t_8} \text{ отсюда:}$$

$$\frac{\Sigma w}{t' - t''} = \frac{w_9 + w_{10} + w_{11}}{t' - t_8}; \quad t_8 = t' - \frac{w_9 + w_{10} + w_{11}}{\Sigma w} (t' - t'').$$

Поставляя соответствующія величины получимъ:

$$t_8 = 85^\circ - \frac{8500}{10000} \cdot 20 = 68^\circ$$

Что касается величинъ температуръ t_9 , t_{10} , t_{11} , t_{40} то онѣ берутся равными t_8 , т. е. $t_9 = t_{10} = t_{11} = t_{40} = t_8 = 68^\circ$.

По этимъ даннымъ опредѣляемъ величины дѣйствующихъ давлений:

Для приборовъ VIII и IX $P_8 \rho = [6,9 (\gamma_8 - \gamma') - 0,3 (\gamma'' - \gamma_8)] \rho = [6,9 \cdot 10,26 - 0,3 \cdot 1,65] \cdot 0,611 = 42,96$.

Для прибора XI $P_{11} \rho = P_8 \rho + 4,3 (\gamma_8 - \gamma') \rho = 69,92$.

Для прибора X $P_{10} \rho = P_{11} \rho + 0,3 (\gamma_8 - \gamma') \rho = 71,80$.

Далѣе согласно съ урав. 30 будемъ опредѣлять количество протекающей воды черезъ каждый приборъ или соотвѣтствующій участокъ трубы.

$$g_9 = \frac{w_9}{t' - t_9}$$

но ранѣе нами принято $t_9 = t_8$, слѣдовательно

$g_9 = \frac{w_9}{t' - t_8}$ вставимъ значеніе величины t_8 тогда

$$g_9 = \frac{w_9}{t' - t_8} = \frac{w_9}{\frac{w_9 + w_{10} + w_{11}}{\sum w} (t' - t'')} = \frac{\sum w}{\left(1 + \frac{w_{10} + w_{11}}{w_9}\right)} \cdot \frac{1}{(t' - t'')}$$

Подобнымъ же образомъ получимъ:

$$g_{11} = \frac{\sum w}{\left(1 + \frac{w_9 + w_{10}}{w_{11}}\right)} \cdot \frac{1}{(t' - t'')} \quad g_{10} = \frac{\sum w}{\left(1 + \frac{w_9 + w_{11}}{w_{10}}\right)} \cdot \frac{1}{(t' - t'')}$$

$$g_{40} = \frac{w_{10} + w_{11}}{t' - t_{40}}, \text{ но } t_{40} = t_8, \text{ отсюда}$$

$$g_{40} = \frac{w_{10} + w_{11}}{t' - t_8} = \frac{\sum w}{\left(1 + \frac{w_9}{w_{10} + w_{11}}\right)} \cdot \frac{1}{t' - t'}$$

Изъ этихъ опредѣленій величинъ g_9 , g_{10} , g_{11} и g_{40} видно, что для возможности выразить всѣ количества проходящей воды только чрезъ разность крайнихъ температуръ, необходимо измѣнить величины выделяемаго тепла.

$$\text{Такъ для участка 9: } w'_9 = \frac{\sum w}{1 + \frac{w_{10} + w_{11}}{w_9}}$$

$$\text{для уч. 11: } w'_{11} = \frac{\Sigma w}{1 + \frac{w_9 + w_{10}}{w_{11}}}$$

$$\text{для уч. 10: } w'_{10} = \frac{\Sigma w}{1 + \frac{w_9 + w_{11}}{w_{10}}}$$

$$\text{для уч. 40: } w'_{40} = \frac{\Sigma w}{1 + \frac{w_9}{w_{10} + w_{11}}}$$

Подставляя соответствующія значенія, получимъ:

$$w'_9 = \frac{10000}{1 + \frac{5900}{2600}} = 3058 \text{ калор. примемъ 3,06 тыс. кал.}$$

$$w'_{11} = \frac{10000}{1 + \frac{5700}{2800}} = 3294 \text{ калор. примемъ 3,3 тыс. кал.}$$

$$w'_{10} = \frac{10000}{1 + \frac{5400}{3100}} = 3647 \text{ калор. примемъ 3,7 тыс. кал.}$$

$$w'_{40} = \frac{10000}{1 + \frac{3600}{5900}} = 6945 \text{ калор. примемъ 7,0 тыс. кал.}$$

Эти послѣднія величины и вставляются въ таблицу и служатъ основаніемъ для расчета.

Безъ сомнѣнія величины эти лишь номинальныя и необходимы только для однообразія рѣшенія всей остальной задачи.

Дѣло въ томъ, что въ урав. 9 величина ρ берется одна для всей сѣти и соответствуетъ разности крайнихъ температуръ $t' - t''$, если же въ рассмотренномъ случаѣ не сдѣлать соответствующаго измѣненія величинъ $w_9, w_{10}, \dots$ то и величина ρ будетъ различна для разныхъ участковъ, такъ какъ при этомъ соответствующая разность температуръ, напр. $t' - t_s = 85 - 68 = 17^\circ$ для уч. 10, 11, 8 и 40, не будетъ равна $t' - t'' = 20^\circ$, а слѣдовательно мы не вправѣ были бы величину ρ выносить общимъ множителемъ въ ур. 11, что необходимо для рѣшенія вопроса.

Приборы XIV, XV, XVI. Приборы эти представляютъ вертикальныя трубы діаметромъ положимъ, $d = 24,5$ см.

Подобно ранѣе указанному способу опредѣлимъ промежуточные температуры

$$g = \frac{\sum w}{t' - t''} = \frac{w_{16}}{t' - t_{42}'} = \frac{w_{15}}{t_{42}' - t_{42}''} \quad \text{откуда}$$

$$t_{42}' = t' - \frac{w_{16}}{\sum w} (t' - t'') = 85 - \frac{1600}{4500} \cdot 20 = 77^{\circ},9$$

$$t_{42}'' = t_{42}' - \frac{w_{15}}{\sum w} (t' - t'') = 77,9 - \frac{1400}{4500} \cdot 20 = 71^{\circ},7$$

Далѣе слѣдуетъ опредѣлить длину каждого прибора. Принимая комнатную температуру въ 15° находимъ разность температуры между среднею температурой воды прибора и комнатной

$$\text{Приборъ XIV} \quad \frac{71,7 + 65}{2} - 15 = 53^{\circ},35$$

$$\text{Приборъ XV} \quad \frac{77,9 + 71,7}{2} - 15 = 59^{\circ},8$$

$$\text{Приборъ XVI} \quad \frac{77,9 + 85}{2} - 15 = 66^{\circ},45.$$

Согласно указаніямъ Rietschel'я при указанныхъ разностяхъ температуръ величина коэффициента теплопередачи будетъ $k = 8,5$ (для 1 кв. м. поверхности и на 1° температурной разности). При этихъ данныхъ длина приборовъ опредѣлится:

$$l_{14} = \frac{1500}{0,254 \cdot \pi \cdot 8,5 \cdot 53,35} = 4,14 \text{ м.}$$

$$l_{15} = \frac{1400}{0,254 \cdot \pi \cdot 8,5 \cdot 59,8} = 3,45 \text{ м.}$$

$$l_{16} = \frac{1600}{0,254 \cdot \pi \cdot 8,5 \cdot 66,45} = 3,7 \text{ м.}$$

Полагая разстояніе между низомъ прибора и поломъ $= 0,27$ м. опредѣлимъ разстояніе между серединами приборовъ и серединою котла, они будутъ:

$$h_{14} = 4,24 \text{ м.}, \quad h_{15} = 8,1 \text{ м.}, \quad h_{16} = 12,62 \text{ м.}$$

Теперь уже имѣемъ всѣ данныя для опредѣленія величины дѣйствующаго давленія, а именно:

$$P\rho = [h_{14}(\gamma'' - \gamma') + (h_{15} - h_{14})(\gamma_{42}'' - \gamma') + (h_{16} - h_{15})(\gamma_{42}' - \gamma')] \rho = \\ = [4,24. 11,91 + 3,86. 8,16 + 4,52. 4,38]. 0,6111 = 62,206.$$

Приборъ XIII. Подобно предыдущему опредѣляемъ длину змѣвика для трубъ діаметрамъ 0,051.

Разность температуръ воды и комнатнаго воздуха:

$$\frac{85 + 65}{2} - 15 = 60^{\circ}$$

Слѣдовательно $k = 8,5$ тогда

$$\text{длина } l_{13} = \frac{3600}{0,051. \pi. 8,5. 60} = 31 \text{ метръ.}$$

Діаметръ остальной части трубы, подводящей и отводящей воду отъ змѣвика опредѣляется путемъ общаго расчета.

Такимъ образомъ ищутся всѣ данныя для подбора діаметровъ трубъ, для всѣхъ участковъ пользуясь тѣми же правилами, что были указаны при описаніи примѣра 1.

Здѣсь мы также видимъ, что при точномъ вычисленіи величинъ $p\rho$ пришлось измѣнить 2 діаметра: на участкѣ 2 и 30, что составить около 5% всего числа участковъ.

При опредѣленіи истинной величины $p\rho$ для участка 13 пришлось величину s вычислить аналитически по ур. 26, такъ какъ графическая таблица не даетъ соответствующей величины. Кромѣ того сопротивленія въ приборахъ XIV, XV и XVI, подобно какъ и во всѣхъ остальныхъ приборахъ, не принимаются во вниманіе въ виду ихъ ничтожности. Напримѣръ для прибора XIV истинная величина $p\rho = 0,00095$.

Для трубы 42 получается слишкомъ большой запасъ, такъ какъ сумма сопротивленій $\rho \Sigma p = 30,326$ гораздо менѣе дѣйствующаго давленія $P\rho = 62,206$.

Для увеличенія сопротивленія однако нельзя принять ближайшій меньшій діаметръ ($d = 1,9$ см.) для всей трубы, въ виду того, что тогда оказывается сумма сопротивленій будетъ $\rho \Sigma p = 100,755$, что значительно болѣе $P\rho = 62,206$.

Вслѣдствіе этого можно было-бы уменьшить діаметры лишь на части трубы, напримѣръ для участка отъ прибора XIV до соединенія съ участкомъ 22 (у котла) принявъ для него діаметръ 1,9 см. и оставивъ $d = 2,5$ см. для всѣхъ остальныхъ. Въ этомъ случаѣ: $\rho \Sigma p = 56,374$, что будетъ уже гораздо ближе къ дѣйствующему давленію.

Паровое отопленіе.

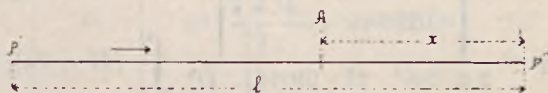
Возьмемъ первоначально выведенную формулу для потери давленія при паровомъ отопленіи

$$p = (0,028944 \frac{l}{D} + \Sigma \xi) \frac{v^2}{2g} \gamma$$

вынесемъ за скобки членъ $\frac{l}{D}$ тогда

$$p = (0,028943 + \frac{\Sigma \xi}{l} D) \frac{v^2}{2g} \gamma \cdot \frac{l}{D} \quad (38).$$

Положимъ, что имѣемъ трубу (см. фиг. 8) длиною l съ нѣкото-



Фиг. 8.

рымъ постояннымъ діаметромъ D . Тогда потеря давленія на нѣкоторомъ элементѣ трубы dx , находящемся въ разстояніи x отъ конечнаго пункта трубы согласно уравненію 38 будетъ

$$dp = (0,028944 + \frac{\Sigma \xi}{l} D) \frac{v^2}{2g} \gamma \frac{dx}{D} \quad (39).$$

Вмѣстѣ съ тѣмъ количество пара, протекающее черезъ данное сѣченіе трубы составляется изъ того количества, которое необходимо доставить къ конечному пункту трубы + то, которое расходуется на пути x вѣдѣствіе конденсаціи пара въ трубахъ.

Означая черезъ W часовое количество тепла требующее въ конечномъ пунктѣ трубы и черезъ V —часовое количество тепла теряемое однимъ погоннымъ метромъ трубы вѣдѣствіе конденсаціи пара,

то секундный расходъ пара въ сѣченіи A будетъ: $\frac{W + V \cdot x}{3600 \cdot \gamma \cdot \rho}$ куб. м.

Здѣсь: ρ — скрытая теплота $\left\{ \right.$ пара при данномъ давленіи.
 γ — вѣсъ куб. м.

Слѣдовательно скорость пара въ сѣченіи A будетъ:

$$v = \frac{W + Vx}{3600 \cdot \gamma \cdot \rho \cdot \frac{\pi D^2}{4}} = \frac{W + V \cdot x}{900 \cdot \pi D^2 \cdot \gamma \cdot \rho}$$

Вставимъ это выраженіе скорости въ ур. 39 будемъ имѣть:

$$dp = (0,028944 + \frac{\Sigma \xi}{l} D) \frac{(W + Vx)^2 dx}{2g \cdot 900^2 \cdot \pi^2 \cdot \rho^2 \cdot \gamma \cdot D^5}$$

Съ достаточной степенью точности для абсолютнаго давленія пара отъ 1 до 1,5 атмосферъ можно положить, что $\rho^2 \gamma = 59,341 p^{0,864}$, гдѣ давленіе пара выражено въ килогр. абсолютнаго давленія на 1 кв. м.

Слѣдовательно окончательно будемъ имѣть:

$$p^{0,864} dp = [0,028944 + \frac{\Sigma \xi}{l} D] \frac{(W + Vx)^2 dx}{2g \cdot 900^2 \cdot \pi^2 \cdot 59,341 \cdot D^5}$$

Остается лишь проинтегрировать данное выраженіе, при чемъ положимъ, что давленіе въ началѣ трубы p' , а въ концѣ p'' и кромѣ того полная длина трубы $= l$

$$\int_{p''}^{p'} p^{0,864} dp = \frac{\left[0,028944 + \frac{D \Sigma \xi}{l} \right]}{2g \cdot 900^2 \cdot \pi^2 \cdot 59,341 \cdot D^5} \int_0^l (W + Vx)^2 dx, \text{ отсюда}$$

$$\frac{p'^{1,864} - p''^{1,864}}{1,864} = \frac{\left[0,028944 + \frac{D \Sigma \xi}{l} \right]}{2g \cdot 900^2 \cdot \pi^2 \cdot 59,341 \cdot D^5} \left[W^2 l + W V l + \frac{V^2 l^2}{3} \right]$$

Въ послѣднемъ выраженіи безъ большой погрѣшности членъ $\frac{V^2 l^2}{3}$ можно замѣнить членомъ $\frac{V^2 l^2}{4}$, тогда въ скобкахъ получится полный квадратъ двучлена $\left(W + \frac{Vl}{2} \right)$, а потому будемъ имѣть:

$$p'^{1,864} - p''^{1,864} = \left[0,028944 + \frac{D \Sigma \xi}{l} \right] \frac{1,864 l}{2g \cdot 900^2 \cdot \pi^2 \cdot 59,341 \cdot D^5} \left(W + \frac{Vl}{2} \right)^2$$

Выражая діаметръ трубы d въ сантиметрахъ

$$p'^{1,864} - p''^{1,864} = [0,057965 l + 0,020027 d \Sigma \xi] \frac{\left(W + \frac{Vl}{2} \right)^2}{d^5}, \text{ или проще:}$$

$$p'^{1,864} - p''^{1,864} = [0,058 l + 0,02 d \Sigma \xi] \frac{(W + 0,5Vl)^2}{d^5} \quad (40).$$

Отдача тепла стѣнками трубъ (одного погоннаго метра) идетъ пропорціонально внѣшнему периметру ея или, что тоже самое, внѣшнему діаметру D_0 (въ см.), т. е. можно написать: $V = n D_0$

Означимъ величину коэффициента n для трубъ, незащищенныхъ дурнымъ проводникомъ черезъ n_0 , величина котораго зависитъ отъ температуры окружающаго воздуха; для трубъ защищенныхъ можно положить, что благодаря присутствію изолирующаго слоя сберегается, въ зависимости отъ степени изоляціи, нѣкоторая часть α отъ n_0 . Въ такомъ предположеніи величина n для изолированныхъ трубъ будетъ $n = n_0 (1 - \alpha)$.

Напримѣръ, для температуры окружающаго воздуха 10^0 величина $n_0 = 37,56$, при устройствѣ изоляціи, сберегающей 70% тепла получимъ $n = 37,55 (1 - 0,7) = 11,27$.

Такимъ образомъ для величинъ n составлена нижеслѣдующая таблица ¹⁾.

Температура, окужающа- го трубу воз- духа.	Величина α въ %.					
	0	60	65	70	75	80
+30°	29,40	11,76	10,29	8,82	7,35	5,88
25°	31,44	12,58	11,00	9,43	7,86	6,29
20°	33,48	13,39	11,72	10,04	8,37	6,70
15°	35,52	14,20	12,43	10,65	8,88	7,10
10°	37,56	15,02	13,15	11,27	9,39	7,51
5°	39,61	15,84	13,86	11,83	9,90	7,92
0°	41,65	16,66	14,58	12,50	10,41	8,33
—5°	43,69	17,48	15,29	13,11	10,92	8,74
—10°	45,73	18,29	16,01	13,72	11,43	9,15

Тогда ур. 40 приметъ видъ

$$p'^{1,864} - p^{1,864''} = [0,058 l + 0,02 d \Sigma \xi] \frac{(W + 0,5 n D_0 l)^2}{d^5} \quad (41).$$

Для дальнѣйшаго рѣшенія вопроса, какъ то было для водяного отопленія, необходимо ур. 41 упростить, что возможно сдѣлать пренебрегая членами $0,02 d \Sigma \xi$ и $0,5 n D_0 l$ вслѣдствіе ихъ незначительности.

Такимъ образомъ получимъ выраженіе

$$p'^{1,864} - p''^{1,864} = 0,058 l \frac{W^2}{d^5}$$

Выражая количество тепла въ тысячахъ калорій черезъ w будемъ имѣть:

¹⁾ „Gesundheits-Ingenieur.“ 20 juni 1903. Статья Rietschel'я.

$$\frac{p'^{1,864} - p''^{1,864}}{1000^2} = 0,058 l \frac{w^2}{d^5} \quad (42).$$

Дальнѣйшее разсужденіе ведется точно такимъ же порядкомъ какъ и при водяномъ отопленіи, пользуясь формулою 42. Окончательно мы приходимъ къ результату весьма сходному съ таковымъ же при водяномъ отопленіи, т. е. чтобы сумма стоимости трубы была минимум должно быть

$$\frac{P^{1,864} - p_0^{1,864}}{1000^2 \sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}} = \left(0,058 + 0,02 d \frac{\sum \xi}{l} \right) \frac{w^{4/7}}{d^5} \quad (43).$$

Здѣсь P абсолютное давленіе (въ клг. на кв. м.) въ котлѣ

” p_0 ” ” ” ” передъ входомъ въ приборъ.

Кромѣ того, можно положить какъ и при водяномъ отопленіи, что $\frac{\sum \xi}{l} = 0,3$ и въ такомъ случаѣ ур. 43 будетъ

$$\frac{P^{1,864} - p_0^{1,864}}{1000^2 \sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}} = \frac{0,058 + 0,006 d}{d^5} \cdot w^{4/7} = k \quad (44).$$

Рѣшеніе ур. 44 производится точно также помощью графической таблицы 1.

Предварительно опредѣляются величины $l w^{4/7}$ для каждаго участка.

Далѣе пользуясь таблицей IV опредѣляется величина $P^{1,864} - p_0^{1,864}$. При этомъ для возможности пользованія одною графич. таблицей А, какъ для водяного, такъ и парового отопленія, величину

$$\frac{P^{1,864} - p_0^{1,864}}{1000^2 \sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}}$$

нужно помножить на 10.

Такимъ образомъ

$$\lg \frac{P^{1,864} - p_0^{1,864}}{100000 \cdot \sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}} = \lg k \quad (45).$$

каковая величина $\lg k$ отмѣчается на масштабѣ $\lg k$.

Впрочемъ, величину $\lg k$ можно не вычислять, и поступить какъ и при расчетѣ водяного отопленія, т. е. на масштабѣ $l w^{4/7}$ отыскиваютъ точку соответствующую величинѣ $\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}$ и на мас-

штабъ $p'_{1,864} - p''_{1,864}$ величину $\frac{P_{1,864} - p_{0,1,864}}{100000}$, эти точки соединяютъ прямою до встрѣчи съ масштабомъ $lg k$, точка пересѣченія съ которымъ укажетъ положеніе $lg k$.

Дальнѣйшее рѣшеніе ур. 44 для опредѣленія діаметровъ ведется совершенно по тому же способу какъ и для водяного отопленія. При этомъ такъ-же точно необходимо для каждого принятаго діаметра опредѣлить величину потери давленія, т. е. $p'_{1,864} - p''_{1,864}$, которая отсчитывается на соотвѣтствующемъ масштабѣ и получается въ сто-тысячныхъ доляхъ.

Для лучшаго разъясненія возьмемъ примѣръ.

Начальное давленіе (абсолютное) $P = 10413$ кгр. на 1 кв. м., въ концѣ, при входѣ въ огрѣвательный приборъ $p_0 = 10343$ кгр. на 1 кв. м.

№	l длина	w въ тыс.	$lw^{4/7}$	d	$p'_{1,864} - p''_{1,864}$ въ сто тысяч.
1	2	4,5	4,7	2,5	0,3
2	7	10,5	26,7	3,2	1,8
3	5	19,5	27,3	3,8	2,0

$$\Sigma lw^{4/7} = 58,7$$

$$4,1$$

Длина участковъ трубъ (въ метр.) и соотвѣтствующее количество (въ тысячахъ калорій) приведены въ прилагаемой таблицѣ.

Имѣя величины l и w при помощи лѣвой половины графической таблицы А, опредѣлены для каждого участка величины $lw^{4/7}$, т. е. на масштабъ l отмѣчаемъ точку соотвѣтствующую величинѣ $l = 2$ м. (перваго участка), на масштабъ w отмѣчаемъ точку соотвѣтствующую количеству тепла $w = 4,5$ тыс. калор., соединяя эти точки прямою, пересѣченіе которой съ масштабомъ $lw^{4/7}$ укажетъ величину $lw^{4/7} = 4,7$. Для втораго и третьяго участка точно также соотвѣтственно получимъ 26,7 и 27,3. Складывая полученные величины получимъ $\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7} = 58,7$. Съ другой стороны, пользуясь та-

блицей IV опредѣляемъ по даннымъ величинамъ давленій P и p_0 значеніе $\frac{P^{1,864} - p_0^{1,864}}{100\,000} = \frac{30814950 - 30429941}{100\,000} = 3,85$.

Такимъ образомъ имѣемъ всѣ данныя для полученія $\log k$ въ ур 45.

Для дальнѣйшаго хода рѣшенія на масштабѣ $lw^{4/7}$ той же графической таблицы А отмѣчаемъ величину $\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7} = 58,7$, а на масштабѣ $p'^{1,864} - p''^{1,864}$ величину $\frac{P^{1,864} - p_0^{1,864}}{100\,000} = 3,85$, соединяя

эти точки прямою до встрѣчи съ масштабомъ $\log k$, получимъ положеніе послѣдняго. Черезъ полученную точку и соотвѣтственно для каждаго участка величины w (которыя берутся на масштабѣ w) проводимъ прямые до встрѣчи съ масштабомъ d (для пара) и на правой сторонѣ послѣдняго читаемъ соотвѣтствующій діаметръ, принимая или большій предѣлъ или меньшій, пользуясь тѣмъ же правиломъ, какъ и для водяного отопленія.

Для 1 участка діаметръ d почти точно соотвѣтствуетъ 2,5 см., для участковъ же 2-го и 3-го взяты низшіе предѣлы діаметровъ (3,2 см. и 3,8 см.) такъ какъ точка пересѣченія получается весьма близко къ означеннымъ діаметрамъ.

Одновременно съ подборомъ діаметровъ опредѣляются приближительныя величины сопротивленій $p'^{1,864} - p''^{1,864}$ для каждаго участка при избраннхъ діаметрахъ.

Для послѣдней цѣли соединяютъ прямою точку, отмѣчающую данный діаметръ $d = 2,5$ (для 1-го участка) на масштабѣ d (для пара) съ точкой, соотвѣтствующей количеству тепла w (для 1-го участка $w = 4,5$), точку пересѣченія проведенной линіи съ масштабомъ $\log k$ соединяютъ вновь съ точкой соотвѣтствующей величинѣ $lw^{4/7}$ (для 1-го участка $lw^{4/7} = 4,7$) и въ точкѣ пересѣченія второй проведенной прямой съ масштабомъ $p'^{1,864} - p''^{1,864}$ читаютъ величину послѣдняго (для 1-го участка $p'^{1,864} - p''^{1,864} = 0,3$).

Сказанное разъясняетъ фиг. 9.

Такимъ же точно образомъ поступаютъ для опредѣленія величинъ $p'^{1,864} - p''^{1,864}$ и для остальныхъ участковъ. Въ данномъ случаѣ:

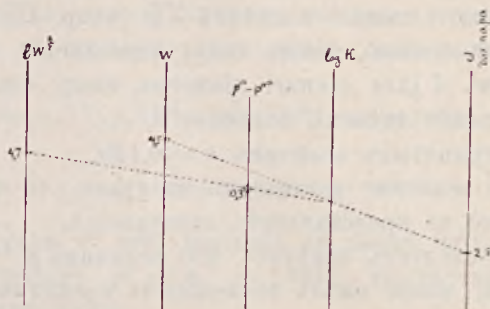
для 2-го участка $p'^{1,864} - p''^{1,864} = 1,8$

для 3-го участка $p'^{1,864} - p''^{1,864} = 2,0$

Суммируя найденныя величины $p'^{1,864} - p''^{1,864}$ получимъ

$$\Sigma (p'^{1,864} - p''^{1,864}) = 4,1.$$

Такимъ образомъ величина сопротивлений оказывается равной 4,1, тогда какъ дѣйствующаго давления $P^{1,864} - p_0^{1,864} = 3,85$, что



Фиг. 9,

указываетъ на нѣкоторый перевѣсъ величинъ сопротивлений надъ давленіемъ. Слѣдовало-бы для избѣжанія этого обстоятельства какой либо изъ діаметровъ увеличить, но принимая во вниманіе, что перевѣсъ сопротивлений надъ давленіемъ представляетъ незначительную величину ($4,1 - 3,85 = 0,25$) и то обстоятельство, что опредѣленіе величинъ сопротивлений сдѣлано приближенно, можно сохранить принятые діаметры.

Однако для полной увѣренности въ достаточности размѣровъ принятыхъ діамтровъ можно убѣдиться лишь при точномъ вычисленіи величины сопротивленій.

Для послѣдней цѣли пользуемся рѣшеніемъ полного ур. 41.

$$\frac{p'^{1,864} - p''^{1,864}}{1000^2} = (0,058 l + 0,02 d \Sigma \xi) \frac{(w + 0,5 n D_0 l)^2}{d^5}$$

Здѣсь уже количество тепла берется въ тысячахъ:

Послѣднее уравненіе можно преобразовать такъ:

$$\frac{p'^{1,864} - p''^{1,864}}{1000^2} = (3 l + 1,04 d \Sigma \xi) \frac{[0,1386 (w + 0,5 n D_0 l)]^2}{d^5}$$

Означимъ:

$$\frac{(3 l + 1,94 d \Sigma \xi)}{d^3} = s \text{ тогда}$$

$$\frac{p'^{1,864} - p''^{1,864}}{1000^2} = s \cdot [0,1389 (w + 0,5 n D_0 l)]^2 \quad (46).$$

Величина s въ ур. 46 находится графическимъ путемъ, пользуясь таблицей C — по даннымъ l , $\Sigma \xi$ и d слѣдующимъ образомъ:

На масштабъ l (для *пара*) съ лѣвой стороны таблицы отмѣчаемъ точку, соответствующую данной длинѣ участка [напр. $l = 4,5$] на масштабъ $\Sigma \xi$ (для *пара*) [съ правой стороны таблицы] отмѣчаемъ точку, соответствующую данной величинѣ $\Sigma \xi$ [напр. $\Sigma \xi = 2,5$], соединя взятыя точки прямою, ищемъ точку пересѣченія ея съ масштабомъ означеннымъ d [для даннаго діаметра, напр. $d = 2,5$ см.] и на послѣднемъ масштабѣ читаемъ величину s .

Такъ для принятыхъ величинъ $s = 0,129$.

Найденную величину вставляемъ въ уравн. 46 и рѣшаемъ его аналитически, что не представляетъ затрудненій.

При этомъ слѣдуетъ замѣтить, что величина $p'^{1,864} - p''^{1,864}$ будетъ истинной и, чтобы имѣть возможность сравнивать съ таковою же величиной найденной приближенно или величиной $\frac{P^{1,864} - p_0^{1,864}}{100\,000}$ необходимо и найденныя величины $p'^{1,864} - p''^{1,864}$ выразить также въ сто-тысячныхъ доляхъ.

Въ виду этого ур. 46 слѣдуетъ написать въ такомъ видѣ:

$$\frac{p'^{1,864} - p''^{1,864}}{100\,000} = s. 10. [0,1389 (w + 0,5 n D_0 l)]^2, \text{ гдѣ} \quad (47)$$

величина $w + 0,5 n D_0 l$ берется въ тысячахъ.

Возьмемъ участокъ 1-ый изъ предыдущаго примѣра и предположимъ, что трубы защищены дурнымъ проводникомъ, дающимъ сбереженіе, противъ незащищенныхъ, въ 80%; температура окружающаго воздуха пусть будетъ $+30^\circ$. Въ такомъ случаѣ согласно приведенной выше таблицѣ $n = 5,88$. Внѣшній діаметръ трубы D_0 при внутреннемъ $d = 2,5$ см., будетъ $D_0 = 3,3$ (табл. III), $l = 4,5$. Слѣдовательно

$$0,5 n D_0 l = 0,5. 5,88. 3,3. 4,5 = 43,65 \text{ карорій}$$

кромя того $w = 4500$ калор.

поэтому $w + 0,5 n D_0 l = 4543,65$ калор., а выражая въ тысячахъ

$$w + 0,5 n D_0 l = 4,544 \infty 4,54.$$

Такъ какъ $s = 0,129$ (при $\Sigma \xi = 2,5$), то вставляя найденныя величины въ уравн. 47 получимъ

$$\frac{p'^{1,864} - p''^{1,864}}{100\,000} = 0,129. 10 [0,1389. 4,54]^2 = 0,51299 \text{ } ^1) \quad (48).$$

¹⁾ Приближенное значеніе $\frac{p'^{1,864} - p''^{1,864}}{100\,000} = 0,3.$

Далѣе остается указать какимъ образомъ опредѣлить истинную величину потери давленія на данной трубѣ.

Въ виду того, что труба участка 1-го примыкаетъ непосредственно къ огрѣвательному прибору, то давленіе пара въ концѣ трубы, при входѣ въ приборъ, нами ранѣе было принято $p_0 = 10343$ кгр. на 1 кв. м.

Изъ таблицы IV $p_0^{1,864} = \overline{10343}^{1,864} = 30429941$, но изъ ур. 48 имѣемъ:

$$p'^{1,864} = 51299 + p''^{1,864} \quad (49).$$

Но такъ какъ p'' есть давленіе въ концѣ трубы, принятое нами по предыдущему $p'' = p_0'' = 10343$, то вставляя это значеніе въ ур. 49 будемъ имѣть

$$p'^{1,864} = 51299 + p_0^{1,864} \text{ или вставляя величину } p_0^{1,864}:$$

$$p'^{1,864} = 51299 + 30429941 = 30481240.$$

Ползуясь опять таблицей IV въ графѣ $p^{1,864}$ находимъ число близко подходящее къ полученному, а именно 30484809, которому соответствуетъ величина $p = 10353$, т. е. $p' = 10353$, а слѣдовательно истинная потеря давленія на данномъ участкѣ будетъ

$$p' - p'' = 10353 - 10343 = 10 \text{ кгр.}$$

Зная величину p'' начального давленія участка 1-го, такимъ же точно образомъ находимъ истинную потерю давленія на участкѣ 2-мъ, причемъ для этого послѣдняго величина $p' = 10353$ будетъ конечнымъ давленіемъ.

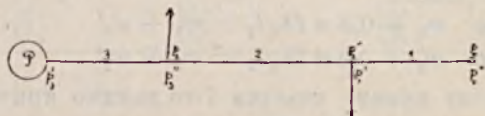
Слѣдовательно означая:

для участка 1-го конечное и начальное давленіе чрезъ p_1'' p_1'

" " 2-го " " " " p_2'' p_2'

" " 3-го " " " " p_3'' p_3'

должно принять, что $p_1' = p_2''$, $p_2' = p_3''$, $p_1'' = p_0'$, $p_3' = p'$.



Фиг. 10.

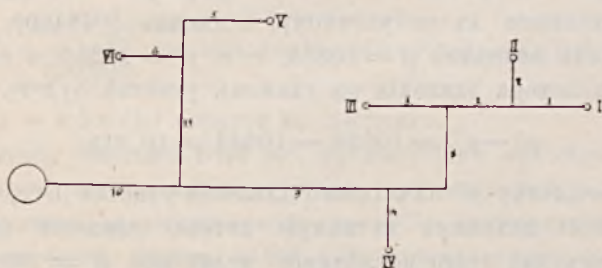
Однако при цѣлой сѣти развѣтвляющихся трубъ не представляется возможнымъ *точно* опредѣлить потери давленія, если только

не подобраны діаметры безусловно всей сѣти. Это происходитъ вслѣдствіе того, что не зная діаметровъ трубъ, примыкающихъ къ данной трубѣ нѣтъ возможности опредѣлить дѣйствительное количество пара, движущагося по данной трубѣ, такъ какъ оно зависитъ отъ величины конденсаціи пара въ трубахъ, лежащихъ за разсматриваемымъ участкомъ (согласно направленію движенія пара).

Величина же конденсаціи въ трубѣ опредѣляется, по ранѣе принятому $0,5n D_0 l$, гдѣ входитъ величина D_0 ,—внѣшній діаметръ трубы.

Такимъ образомъ, чтобы имѣть возможность опредѣлить полное количество пара, протекающее по данному участку необходимо подобрать діаметры трубъ для всей сѣти по количеству тепла w , которое требуется въ конечныхъ пунктахъ, а по подобраннымъ уже діаметрамъ опредѣлить потерю тепла происходящую вслѣдствіе конденсаціи на каждомъ участкѣ.

Положимъ имѣемъ сѣть трубъ (фиг. 11).



Фиг. 11.

Трубы защищены дурнымъ проводникомъ тепла.

Пользуясь раньше указаннымъ способомъ подберемъ діаметры для всѣхъ 11-ти участковъ.

Далѣе вновь опредѣляемъ количество тепла для каждого участка, включая потерю вслѣдствіе конденсаціи:

Означимъ $n D_0 l = 2 w'$ тогда расчетное количество тепла будетъ выражаться:

Для участка 1-го $w_1 + 0,5 n D_0 l_1 = w_1 + w_1'$

Для участка 2-го $w_2 + 0,5 n D_0 l_2 = w_2 + w_2'$

Къ конечному пункту участка 7-го должно притекать такое количество пара, которое могло бы выдѣлить количество тепла, требуемое приборами I и II плюс (+) то, которое выдѣляется трубами 1 и 2 вслѣдствіе конденсаціи, т. е.

$$w_1 + w_2 + 2 w_1' + 2 w_2' = w_7 + 2 (w_1' + w_2').$$

Для опредѣленія-же расчетнаго количества тепла слѣдуетъ еще прибавить тепло теряемое самимъ участкомъ 7-мъ вслѣдствіе конденсаціи, тогда будемъ имѣть

$$w_7 + 2 (w_1' + w_2') + w_7'$$

Для участка 3-го $w_3 + w_3'$

Для участка 8-го $w_1 + w_2 + w_3 + 2 (w_1' + w_2' + w_3' + w_7') + w_8' = w_8 + 2 \sum_7 w' + w_8'$

Для участка 4-го $w_4 + w_4'$

Для участка 9-го $w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + (w_1' + w_2' + w_3' + w_7' + w_8' + w_4') 2 + w_9' = w_9 + 2 \sum_8 w' + w_9'$

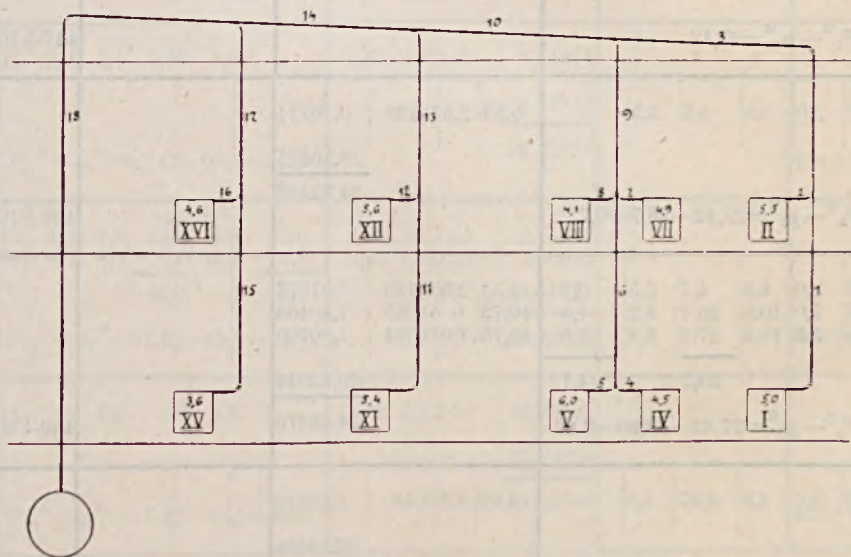
и т. д.

Такимъ образомъ опредѣляемъ вновь количество тепла, которое уже служить для точнаго опредѣленія потери давленія на каждомъ участкѣ.

Ниже приводимъ примѣръ полнаго расчета паропроводной сѣти ¹⁾.

Величины коэффициентовъ сопротивленій ξ отъ ударовъ:

1 поворотъ подъ прямымъ угломъ	1
1 поворотъ закругленный	0,3 — 0,5
1 открытый вентиль	0,5 — 1
1 открытый кранъ	0,3 — 1
Закругленія, болѣе чѣмъ въ 5 разъ превосходящія діаметръ трубы.	0.



Фиг. 12.

¹⁾ Примѣръ заимствованъ изъ сочиненія Rietschel'я.

№ участка в м.	Длина участка в м.	Количество те- пла в тыс. кал.	w	$w^{4/5}$	Диаметр в сантм.	Приблиз. потери давл. $p'^a - p''^a$	$w + 0.5 n D_0 l$	для d_a		для d_b		Полная потеря давления $P - p_0$	
								Σs	s	Истинное $p'^a - p''^a$ в сто тыс.	d_b		s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5	2,0	6,0	5,55	3,8	—	6,04	2,5	0,0106	0,07461	2,5	0,129	0,90706	
									23,83303			23,83303	
$P_5^a - p_0^a = 27,42 - 27,3 = 0,12$									23,90764			24,74099	443+10
8	2,0	4,1	4,47	1,9	—	4,12	2,5	0,45	1,47371				
									22,53666				
$P_8^a - p_0^a = 27,42 - 25,5 = 1,92$									24,01037				430+10
11	7,0	5,4	18,2	2,5	1,5	5,41	2,5	0,281	1,58674				
13	5,0	11,0	19,7	2,5	4,25	11,19	1,0	0,180	4,34850				
			37,9		5,75				17,14663				
$P_{11}^a - p_0^a = 27,42 - 19 = 8,42$									23,08187				414+10
12	2,0	5,6	5,35	1,9	—	5,62	2,5	0,45	2,74214				
									21,49513				
$P_{12}^a - p_0^a = 27,42 - 25,9 = 1,52$									24,23727				434+10
15	7,0	3,6	14,5	1,9	2,6	3,68	2,5	1,05	2,74340				
17	6,0	8,2	20,0	2,5	3,1	8,47	1,0	0,21	2,90663				
			34,5		5,7				14,64611				
$P_{15}^a - p_0^a = 27,42 - 15,5 = 11,92$									20,29614				365+10
16	2,0	4,6	4,8	1,3	—	4,62	2,5	2,5	10,29505				
									17,55274				
$P_{16}^a - p_0^a = 27,42 - 18,6 = 8,82$									27,84779				498+10

Въ графѣ 1 означены № участковъ, въ графѣ 2—длина участковъ l въ метр., въ графѣ 3—количество тепла w (въ тысяч. калор.).

Участки трубъ, какъ и при водяномъ отопленіи, вписываются группами, причемъ каждая группа состоитъ изъ участковъ какого либо направленія за исключеніемъ тѣхъ, кои входятъ въ предыдущую группу.

1-ую группу составляютъ участки, расположенные по пути на-
ра отъ котла къ наиболѣе удаленному прибору.

Во 2-ю группу входятъ слѣдующіе участки, примыкающіе къ из-
бранному направленію за исключеніемъ (какъ было сказано) участковъ
входящихъ въ предыдущую группу, т. е. въ данномъ случаѣ 2-ая
группа будетъ состоять изъ одного участка 2.

3-ю группу составляютъ слѣдующіе участки, примыкающіе
къ первоначальному направленію, начиная отъ наиболѣе далекаго
прибора за исключеніемъ, опять таки, участковъ ранѣе вошедшихъ.

Слѣдовательно въ данномъ случаѣ въ группу 3-ю войдутъ
участки 4, 6 и 9, и т. д.

Разчетъ начинается съ опредѣленія величинъ $lw^{4/7}$ для всѣхъ
участковъ, пользуясь графической таблицей А. Полученіе резуль-
татовъ $lw^{4/7}$ уже было не разъ объяснено ранѣе.

Затѣмъ подборъ діаметровъ ведется по группамъ начиная съ 1-ой.

Для подбора діаметровъ нужно найти величину $P^{1,864} - p_0^{1,864}$
и $\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7}$. Вторая величина опредѣляется сложеніемъ цифръ впи-
санныхъ въ графу 4, причѣмъ суммируются числа каждой группы
отдѣльно. Въ данномъ случаѣ для группы 1-ой

$$\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7} = 434,5$$

Далѣе по заданію, $P = 10833$ кгр., $p_0 = 10343$, въ табл. IV со-
отвѣтственно находимъ:

$$P^{1,864} = 33172011, p_0^{1,864} = 30429941$$

$$\text{или } P^{1,864} - p_0^{1,864} = 2742070.$$

Согласно ур. 45 нужно взять

$$\frac{P^{1,864} - p_0^{1,864}}{100\,000} = 27,42$$

обозначимъ $1,864 = \alpha$ тогда

$$\frac{P^\alpha - p_0^\alpha}{100\,000} = 27,42.$$

По даннымъ $\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{4/7} = 434,5$ и $P^a - p_0^a = 27,42$ находится положеніе точки соответствующей $\log k$, отмѣчаемой карандашемъ и положеніе которой остается неизмѣннымъ для подбора всѣхъ диаметровъ 1-ой группы, по соответствующимъ величинамъ.

Диаметры вписываются въ графу 5. Далѣе, для каждого диаметра и соответствующихъ величинъ w и $lw^{4/7}$ находимъ по той же графической таблицѣ приближенныя величины сопротивленій $p'^{1,864} - p''^{1,864}$ на каждомъ участкѣ, которыя получаютъ въ сто-тысячныхъ доляхъ, и вписываются въ графу 6. Правило для отысканія этихъ величинъ было указано раѣе, на разсмотрѣнномъ примѣрѣ и ходъ опредѣленія указанъ на (фиг. 9).

Суммируя числа графы 6-ой для 1-ой группы участковъ получимъ: $\sum (p'^a - p''^a) = 28,00$, т. е. величину лишь немного превосходящую дѣйствующее давленіе 27,42.

Приступая къ опредѣленію диаметра участка 2, мы имѣемъ тоже дѣйствующее давленіе ¹⁾, расходуемое на участкахъ 2, 3, 10, 14 и 18, слѣдовательно, означая величину сопротивленія на каждомъ участкѣ буквою A съ соответствующимъ значкомъ должны имѣть:

$$P^a - p_0^a = A_2 + A_3 + A_{10} + A_{14} + A_{18} \quad \text{откуда}$$

$$P^a - p_0^a - (A_3 + A_{10} + A_{14} + A_{18}) = A_2$$

$$\text{Но } A_3 = p'^a - p''^a = 3,1 \text{ (изъ графы 6-й, группы 1-ой).}$$

$$A_{10} = \dots\dots\dots 4,6$$

$$A_{14} = \dots\dots\dots 3,5$$

$$A_{18} = \dots\dots\dots 15,5$$

$$\Sigma A = \dots\dots\dots 26,7.$$

Слѣдовательно:

$$27,42 - 26,7 = A_2 = 0,72.$$

Такимъ образомъ получаемъ новую величину

$$P_2^a - p_0^{''a} = 0,72$$

кромѣ того $l_2 w_2^{4/7} = 5,3.$

¹⁾ Разность $P^{1,864} - p_0^{1,864}$ остается для всѣхъ приборовъ величиною постоянной лишь при условіи, что величина давленія p_0 при входѣ въ каждый приборъ есть *Const.* Въ противномъ случаѣ нужно опредѣлить снова эту разность по новому p'_0 , которое необходимо для данного прибора.

По этимъ величинамъ снова находимъ $\log k_2$, а затѣмъ по $\log k_2$ и величинѣ w_2 діаметръ $d_2 = 2,5$ см.

Для группы 3-ей снова имѣемъ:

$$P^{\alpha} - p_0^{\alpha} = A_4 + A_6 + A_9 + A_{10} + A_{14} + A_{18} \quad \text{отсюда}$$

$$(P^{\alpha} - p_0^{\alpha}) - (A_{10} + A_{14} + A_{18}) = A_4 + A_6 + A_9$$

Но изъ графы 6-й группы 1-ой имѣемъ

$$A_{10} + A_{14} + A_{18} = 4,6 + 3,5 + 15,5 = 23,6.$$

Слѣдовательно:

$$27,42 - 23,6 = 3,82 = A_4 + A_6 + A_9 = P_4'^{\alpha} - p_0'^{\alpha}$$

кромѣ того $\sum_{i=1}^{i=n} l_i w_i^{1/7} = 4,7 + 26,7 + 27,3 = 58,7.$

По величинамъ 3,82 и 58,6 находимъ $\log k_2$, а по послѣднему и величинамъ w_4, w_6, w_9 діаметры $d_4 = 2,5$ см., $d_6 = 3,2$ см. и $d_9 = 3,8$ см.

Вмѣстѣ съ тѣмъ, для каждаго участка находимъ приближенныя величины потери давленія, которые будутъ:

$$\text{Для участка 4} \quad \dots \dots \dots 0,3$$

$$\text{Для участка 6} \quad \dots \dots \dots 1,8$$

$$\text{Для участка 9} \quad \dots \dots \dots 2,0$$

$$\text{Сумма} \quad \dots \quad 4,1.$$

Здѣсь тоже получился небольшой перевѣсъ на сторонѣ сопротивленій, т. е. $4,1 < 3,82$

и т. д.

Подобравши діаметры для всѣхъ участковъ опредѣляется дѣйствительная величина количества тепла, со включеніемъ теряющагося отъ конденсаціи.

Количество тепла, теряющагося отъ конденсаціи будетъ $2 w' = n D_0 l$.

Величины внѣшнихъ діаметровъ D_0 даны въ таблицѣ III.

Предположимъ, что температура окружающаго воздуха будетъ $+20^{\circ}$, трубы защищены и сберегаютъ 75% тепла. Въ такомъ случаѣ $n = 8,37$.

Участокъ 1. $d = 2,5$ см., по табл. III, $D_0 = 3,3$ см., $l = 7$ м.

$$w_1' = 0,5 \cdot 8,37 \cdot 3,3 \cdot 7 = 97 \approx 0,1 \text{ тыс. калор.}$$

$$\text{Разсчетное количество} = w_1 + w_1' = 5,0 + 0,1 = 5,1 \text{ тыс.}$$

Участокъ 2. $d = 2,5$ см., $D_0 = 3,3$ см., $l = 2$ м.

$$w_2' = 0,5 \cdot 8,37 \cdot 3,3 \cdot 2 = 28 \text{ калор. } \infty 0,03 \text{ тыс. кал.}$$

$$\text{Разсчѣтн. колич.} = w_2 + w_2' = 5,5 + 0,03 = \mathbf{5,53} \text{ тыс. кал.}$$

Участокъ 3. $d = 3,2$ см., $D_0 = 4,1$ см., $l = 12$ м.

$$w_3' = 0,5 \cdot 8,37 \cdot 4,1 \cdot 12 = 206 \text{ кал.}$$

$$\text{Разсчѣтн. колич.} = w_3 + 2 \sum_2 w' + w_3' = 10500 + 2 (97 + 28) + 206 = 10956 \infty \mathbf{10,96} \text{ тыс. кал.}$$

Участокъ 4. $d = 2,5$ см., $D_0 = 3,3$ см., $l = 2$ м.

$$w_4' = 0,5 \cdot 8,37 \cdot 3,3 \cdot 2 = 28 \text{ кал. } \infty 0,03 \text{ тыс. кал.}$$

$$\text{Разсчѣтн. колич.} = w_4 + w_4' = 4,5 + 0,03 = \mathbf{4,53} \text{ тыс. кал.}$$

Участокъ 5. $d = 3,8$ см., $D_0 = 4,7$ см., $l = 2$ м.

$$w_5' = 0,5 \cdot 8,37 \cdot 4,7 \cdot 2 = 39,34 \infty 0,04 \text{ тыс. кал.}$$

$$\text{Разсчѣтн. колич.} = w_5 + w_5' = 6,0 + 0,04 = \mathbf{6,04} \text{ тыс. кал.}$$

Участокъ 6. $d = 3,2$ см., $D_0 = 4,1$ см., $l = 7$ м.

$$w_6' = 0,5 \cdot 8,37 \cdot 4,1 \cdot 7 = 117 \text{ кал.}$$

$$\text{Разсчѣтн. колич.} = w_6 + 2 \sum_5 w' + w_6' = 10500 + 2 (28 + 39) + 117 = 10751 \text{ кал. } \infty \mathbf{10,75} \text{ тыс. кал.}$$

Участокъ 7. $d = 1,9$ см., $D_0 = 2,6$ см., $l = 2$ м.

$$w_7' = 0,5 \cdot 8,37 \cdot 2,6 \cdot 2 = 21,76 \text{ кал. } \infty 0,02 \text{ тыс. кал.}$$

$$\text{Разсчѣтн. колич.} = w_7 + w_7' = 4,900 + 0,02 = \mathbf{4,92} \text{ тыс. кал.}$$

Участокъ 8. $d = 1,9$ см., $D_0 = 2,6$ см., $l = 2$ м.

$$w_8' = 0,5 \cdot 8,37 \cdot 2,6 \cdot 2 = 21,76 \text{ кал. } \infty 0,02 \text{ тыс. кал.}$$

$$\text{Разсчѣтн. колич.} = w_8 + w_8' = 4,1 + 0,02 = \mathbf{4,12} \text{ тыс. кал.}$$

Участокъ 9. $d = 3,8$ см., $D_0 = 4,7$ см., $l = 5$ м.

$$w_9' = 0,5 \cdot 8,37 \cdot 4,7 \cdot 5 = 98,4 \text{ кал.}$$

$$\text{Разсчѣтн. колич.} = w_9 + 2 \sum_8 w' + w_9' = 19500 + 2 (117 + 22 + 22) + 98,4 = 19759,4 \text{ кал. } \infty \mathbf{19,76} \text{ тыс. кал.}$$

Участокъ 11. $d = 2,5$ см., $D_0 = 3,3$ см., $l = 7$ м.

$$w_{11}' = 0,5 \cdot 8,37 \cdot 3,3 \cdot 7 = 97 \text{ калор. } \infty 0,01 \text{ тыс. кал.}$$

$$\text{Разсчѣтн. колич.} = w_{11} + w_{11}' = 5,4 + 0,01 = \mathbf{5,41} \text{ тыс. кал.}$$

Участокъ 12. $d = 1,9$ см., $D_0 = 2,6$ см., $l = 2$ м.

$$w_{12}' = 0,5 \cdot 8,37 \cdot 2,6 \cdot 2 = 21,76 \text{ кал. } \infty 0,02 \text{ тыс. кал.}$$

$$\text{Разсчѣтн. колич.} = w_{12} + w_{12}' = 5,6 + 0,02 = \mathbf{5,62} \text{ тыс. кал.}$$

Участокъ 13. $d = 2,5$ см., $D_0 = 3,3$ см., $l = 5$ м.

$$w_{13}' = 0,5 \cdot 8,37 \cdot 3,3 \cdot 5 = 69 \text{ кал.}$$

$$\text{Разсчѣтн. колич.} = w_{13} + 2 \sum_{12} w' + w_{13}' = 11000 + 2 (97 + 22) + 69 = 11188 \text{ кал. } \infty \mathbf{11,19} \text{ тыс. кал.}$$

Участокъ 10. $d = 4,4$ см., $D_0 = 5,3$ см., $l = 10$ м.

$$w_{10}' = 0,5. 8,37. 5,3. 10 = 221, 8 \text{ кал.}$$

$$\text{Разсчетн. колич.} = w_{10} + 2 \Sigma_9 w' + w_{10}' = 30000 + 2 (97 + 28 + 206 + 28 + 39,34 + 117 + 21,76 + 21,76 + 98,4) + 221,8 = 31538 \text{ кал.} \infty \mathbf{31,54} \text{ тыс. кал.}$$

Участокъ 14. $d = 5,1$ см., $D_0 = 6,0$ см., $l = 8$ м.

$$w_{14}' = 0,5. 8,37. 6,0. 8 = 200,88 \text{ кал.}$$

$$\text{Разсчетн. колич.} = w_{14} + 2 \Sigma_{13} w' + w_{14}' = 41000 + 2 (97 + 28 + 206 + 28 + 39,34 + 117 + 21,76 + 21,76 + 98,4 + 221,8 + 97,22 + 69) + 20,88 = 43335 \text{ кал.} \infty \mathbf{43,34} \text{ тыс. кал.}$$

Участокъ 15. $d = 1,9$ см., $D_0 = 2,6$ см., $l = 7$.

$$w_{15}' = 0,5. 8,37. 2,6. 7 = 76,2 \text{ кал.} \infty 0,08 \text{ тыс. кал.}$$

$$\text{Разсчетн. колич.} = w_{15} + w_{15}' = 3,60 + 0,08 = \mathbf{3,68} \text{ тыс. кал.}$$

Участокъ 16. $d = 1,3$ см., $D_0 = 2,0$ см., $l = 2$ м.

$$w_{16}' = 0,5. 8,37. 2. 2 = 16,74 \infty 0,02 \text{ тыс. кал.}$$

$$\text{Разсчетн. колич.} = w_{16} + w_{16}' = 4,60 + 0,02 = \mathbf{4,62} \text{ тыс. кал.}$$

Участокъ 17. $d = 2,5$ см., $D_0 = 3,3$ см., $l = 6$ м.

$$w_{17}' = 0,5. 8,37. 3,3. 6 = 82,86 \text{ кал.}$$

$$\text{Разсчетн. колич.} = w_{17} + 2 \Sigma_{16} w' + w_{17}' = 8200 + 2 (76,2 + 16,74) + 82,86 = 8468,7 \infty \mathbf{8,47} \text{ тыс. кал.}$$

Участокъ 18. $d = 5,1$ см., $D_0 = 6$ см., $l = 25$ м.

$$w_{18}' = 0,5. 8,37. 6. 25 = 627,75 \text{ кал.}$$

$$\text{Разсчетн. колич.} = w_{18} + 2 \Sigma_{17} w' + w_{18}' = 49000 + 2 (97 + 28 + 206 + 28 + 39,34 + 117 + 21,76 + 21,76 + 98,4 + 221,8 + 97 + 22 + 69 + 200,88 + 76,2 + 16,74 + 82,86) + 627,75 = 51515,23 \text{ кал.} \infty \mathbf{51,52} \text{ тыс. кал.}$$

Всѣ найденныя значенія величинъ разсчетнаго количества тепла вписываются въ графу 7.

Въ графѣ 8 вписываются величины коэффициента $\Sigma \xi$ для каждаго участка.

Далѣе по величинамъ l , $\Sigma \xi$ и d опредѣляются значенія s при помощи графической таблицы C , пользованіе которой было пояснено ранѣе.

Величины s вписываются въ графу 9.

Величины графы 7 и 9 вписываются въ ур. 47, рѣшая которое, для каждаго участка будемъ получать каждый разъ величину сопротивленія — $p'^{1,864} - p''^{1,864}$ въ сто-тысячныхъ доляхъ. Величины эти вписываются въ графу 10.

Такимъ образомъ для группы 1-й складывая цифры графы 10 получимъ $\Sigma (p'^{\alpha} - p''^{\alpha}) = 24,97381$, что будетъ меньше $P^{\alpha} - p_0^{\alpha} = 27,42$, а слѣдовательно имѣемъ избытокъ давленія надъ сопротивленіямъ.

Чтобы окончательно узнать какова будетъ полная потеря давленія отъ котла до прибора 1, напишемъ слѣдующее равенство:

$$P_1^{\alpha} - p_0^{\alpha} = 24,97381$$

Такъ какъ здѣсь величина эта выражена въ стотысячныхъ доляхъ то истинное значеніе будетъ

$$P_1^{\alpha} - p_0^{\alpha} = 2497381 \text{ отсюда:}$$

$$P_1^{\alpha} = 2497381 + p_0^{\alpha}, \text{ но}$$

$p_0^{1,864} = 10343^{1,864} = 30439941$ подставляя въ предыдущее равенство получимъ

$$P^{\alpha} = 2497381 + 30429941 = 32927322.$$

По табл. IV находимъ въ графѣ $p^{1,864}$ ближайшее число, а именно 32926977, этому числу соответствуетъ

$$P_1 = 10790, \text{ а слѣдовательно:}$$

$$P_1 - p_0 = 10790 - 10343 = 447 \text{ кгр.}$$

Въ началѣ же было принято, что полная потеря давленія можетъ быть допущена въ 500—10=490 кгр., такимъ образомъ въ данномъ случаѣ получился избытокъ въ 490 — 447 = 43 кгр., т. е. почти 9%.

На основаніи полученныхъ результатовъ можно вывести заключеніе, что принятые діаметры вполне удовлетворяютъ требованію и измѣненію не подлежатъ.

Далѣе переходимъ къ группѣ 2-й.

Истинная величина $p'^{\alpha} - p''^{\alpha} = 0,76111$.

Но сумма сопротивленій начиная отъ прибора II до котла будетъ $A_2 + A_3 + A_{10} + A_{14} + A_{18} = \Sigma (p'^{\alpha} - p''^{\alpha}) = 0,76111 + 2,94327 + 3,47381 + 2,50052 + 14,64611 = 24,32482$, что тоже меньше дѣйствующаго давленія $P^{\alpha} - p_0^{\alpha} = 27,42$.

Подобно предыдущему опредѣляемъ дѣйствительную потерю давленія:

$$P_2^{\alpha} = 2432482 + 30329941 = 32862423 \text{ откуда (по табл. IV)}$$

$$P_2 = 10779 \text{ н}$$

$$P_2 - p_0 = 10779 - 10343 = 436 \text{ кгр.}$$

слѣдовательно избытокъ = $490 - 436 = 54 \text{ кгр.} \propto 11\%$ запаса.

Группа 3-яя.

Опредѣливъ предварительно величину сопротивленій каждаго участка, суммируемъ далѣе всѣ сопротивленія начиная отъ прибора IV до котла, т. е.

$$\Sigma (p'^\alpha - p''^\alpha) = A_4 + A_6 + A_9 + A_{10} + A_{14} + A_{18}.$$

$$\text{Но } A_{10} + A_{14} + A_{18} = 3,47381 + 2,50052 + 14,64611 = 20,62044.$$

а отсюда

$$\Sigma (p'^\alpha - p''^\alpha) = A_4 + A_6 + A_9 + 20,62044 = 0,51073 + 1,40463 + 1,80796 + 20,62044 = 24,34376.$$

что снова менѣе дѣйствующаго давленія 27,42.

Подобно ранѣе указанному опредѣляемъ дѣйствительную потерю давленія

$$P_4^\alpha = 2434376 + p_0^\alpha = 2434376 + 30429941 = 32864317,$$

и пользуясь таблицей IV получимъ

$$P_4 = 10779$$

$$P_4 - p_0 = 10779 - 10343 = 436 \text{ кгр.,}$$

слѣдовательно избытокъ $490 - 436 = 54 \text{ кгр.} \propto 11\%$ запаса.

Подобнымъ образомъ провѣряются всѣ принятые діаметры. Для взятаго примѣра пришлось перемѣнить одинъ діаметръ: на участкѣ 5-мъ: съ 3,8 см. на 2,5 см.

Всего участковъ 18, измѣнено 1, что составляетъ 6%.

Здѣсь слѣдуетъ замѣтить, что въ томъ случаѣ когда приходится измѣнить діаметры трубъ, безъ сомнѣнія должно быть измѣнено и то количество тепла w' , которое теряется трубою вслѣдствіе конденсаціи. Само собою разумѣется, что полное количество тепла вписываемое въ графу 7 измѣнится не только для даннаго участка, но и для всѣхъ участковъ, находящихся по пути отъ даннаго участка, съ измѣненнымъ діаметромъ, до котла. Однако, принимая во вниманіе, что величина w' , вообще говоря, измѣняется незначительно отъ величины діаметра, то нѣтъ надобности вновь пересчитывать цифры графы 7, а пользоваться уже полученными ранѣе.

Напримѣръ, измѣняя трубу участка 5 съ $d=3,8$ см, на $d=2,5$ см., расчетное количество тепла получилось бы при новомъ діаметрѣ:

$$d = 2,5 \quad D_0 = 3,3 \quad l = 2.$$

$$w_5' = 0,5. 8,37. 3,3. 2 = 276 \infty 0,03 \text{ тыс. кал.}$$

$$w_5 + w_5' = 6,0 + 0,03 \text{ тыс. калор.}$$

Ранѣе же было опредѣлено при діаметрѣ $d=3,8$ см.

$$\text{количество тепла} = 6,04 \text{ тыс.}$$

Слѣдовательно разница всего въ $6,04 - 6,03 = 0,01$ тыс. кал., т. е. всего на 10 калорій менѣе. Безъ сомнѣнія такая малая величина не можетъ оказать никакого вліянія на измѣненіе величины сопротивленія.

Въ заключеніе считаю нужнымъ замѣтить, что указанный методъ расчета трубъ, хотя и не соотвѣтствуетъ *полному* рѣшенію вопроса о *миним'альной* стоимости *всей сѣти* трубъ, входящихъ въ данную систему, но даетъ, однако, результатъ болѣе или менѣе близкій къ истинному. Это отступленіе отъ полного рѣшенія вопроса, вызвано тѣмъ обстоятельствомъ, что опредѣленіе діаметровъ трубъ при условіи достиженія *минимум'а* стоимости *всей сѣти*, представляетъ весьма большія трудности, хотя и преодолимая въ нѣкоторыхъ частныхъ случаяхъ.

Таблица I.

$t'-t''$	ρ	$\log \rho$	$t'-t''$	ρ	$\log \rho$
10	0,15277	1,18404	28	1,19774	0,07836
1	,18486	,26683	9	,28481	,10884
2	,21999	,34240	30	,37493	,13828
3	,25819	,41193	1	,46815	,16677
4	,29944	,47630	2	,56437	,19434
5	,34373	,53622	3	,66368	,22107
6	,39109	,59228	4	,76604	,24700
7	,44151	,64494	5	,87146	,27218
8	,49498	,69459	6	,97993	,29665
9	,55151	,74155	7	2,09146	,32045
20	,61109	,78610	8	,20602	,34361
1	,67372	,82848	9	,32365	,36617
2	,73942	,86889	40	,44433	,38816
3	,80816	,90750	1	,56809	,40961
4	,87997	,94447	2	,69488	,43054
5	,95482	,97992	3	,82475	,45098
6	1,03274	0,01399	4	,95767	,47095
7	,11370	,04677	5	3,09364	,49047

Таблица II.

Въсѣ 1 кв. м. воды γ (въ кгр.) при температурѣ t .

t	γ	t	γ	t	γ
50	988,13	67	979,57	84	960,41
51	987,67	8	979,02	5	968,76
2	987,21	9	978,46	6	968,12
3	986,74	70	977,90	7	967,47
4	986,27	1	977,33	8	966,82
5	985,79	2	976,74	9	966,16
6	985,30	3	976,15	90	965,50
7	984,81	4	975,55	1	964,83
8	984,32	5	974,95	2	964,16
9	983,82	6	974,35	3	963,48
60	983,31	7	973,75	4	962,80
1	982,80	8	973,14	5	962,12
2	982,28	9	972,53	6	961,43
3	981,75	80	971,91	7	960,74
4	981,21	1	971,29	8	960,05
5	980,67	2	970,66	9	959,34
6	980,12	3	970,04	100	958,63

Таблица III.

Внутренний диаметр	Наружный диаметр	Внутренний диаметр	Наружный диаметр
d	D_0	d	D_0
въ сантиметрахъ			
1,0	1,7	7,6	8,3
1,3	2,0	8,9	9,5
1,9	2,6	10,0	10,8
2,5	3,3	11,3	12,1
3,2	4,1	12,5	13,3
3,8	4,7	15,0	15,9
4,4	5,3	17,8	19,0
5,1	6,0	20,3	21,6
5,7	6,7	22,9	41,1
6,4	7,0	25,4	26,7

Таблица IV.

Абсолютное давление p (въ кгр.) на 1 кв. м.

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
10333	30375119	10360	30523247	10387	30671687	10414	30820467
4	80609	1	28741	8	77189	5	25984
5	86091	2	34234	9	82690	6	31501
6	91566	3	39728	10390	88192	7	37018
7	97049	4	45221	1	93700	8	42534
8	30402521	5	50715	2	99209	9	48051
9	08001	6	56209	3	30704717	10420	53568
10340	13486	7	61702	4	10225	1	59089
1	18971	8	67196	5	15734	2	64610
2	24456	9	72689	6	21242	3	70132
3	29941	10370	78183	7	26750	4	75653
4	35426	1	83682	8	32258	5	81174
5	40911	2	89182	9	37767	6	86695
6	46395	3	94681	10400	43275	7	92216
7	51880	4	30600180	1	48788	8	97738
8	57365	5	05080	2	54300	9	30903259
9	62850	6	11179	3	59813	10430	08780
10350	68335	7	16678	4	65325	1	14306
1	73826	8	22177	5	70838	2	19833
2	79322	9	27677	6	76350	3	25359
3	84809	10380	33176	7	81863	4	30885
4	90300	1	38678	8	87375	5	36412
5	95791	2	44179	9	92888	6	41938
6	30501282	3	49681	10410	98400	7	47464
7	06773	4	55182	1	30803917	8	52990
8	12265	5	60684	2	09434	9	58517
9	17756	6	66186	3	14950	10440	64043

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
10441	30969575	10497	31279921	10553	31591690	10609	31943889
2	75106	8	85475	4	97270	10610	10493
3	80638	9	91029	5	31602851	1	16101
4	86169	10500	96583	6	08431	2	21709
5	91701	1	31302140	7	14011	3	27317
6	97232	2	07697	8	19591	4	32925
7	31002764	3	13254	9	25172	5	38534
8	08295	4	18811	10560	30752	6	44142
9	13827	5	24368	1	36338	7	49750
10450	19358	6	29924	2	41924	8	55358
1	24893	7	35481	3	47510	9	60966
2	30429	8	41038	4	53096	10620	66574
3	35964	9	46595	5	58683	1	72188
4	41500	10510	52152	6	64269	2	77801
5	47035	1	57715	7	69855	3	83415
6	52570	2	63278	8	75441	4	89029
7	58106	3	68841	9	81027	5	94643
8	63641	4	74404	10570	86613	6	32000256
9	69177	5	79968	1	92203	7	05870
10460	74712	6	85531	2	97793	8	11484
1	80251	7	91094	3	31703382	9	17097
2	85790	8	96637	4	08972	10630	22711
3	91329	9	31402220	5	14562	1	28327
4	96868	10520	07783	6	20152	2	33944
5	31102407	1	13351	7	25742	3	39560
6	07945	2	18919	8	31331	4	45176
7	13484	3	24487	9	36921	5	50793
8	19023	4	30055	10580	42511	6	56409
9	24562	5	35624	1	48106	7	62025
10470	30101	6	41192	2	53701	8	67641
1	35646	7	46760	3	59296	9	73258
2	41191	8	52328	4	64891	10640	78874
3	46736	9	57896	5	70486	1	84497
4	52281	10530	63464	6	76080	2	90120
5	57826	1	69036	7	81675	3	95743
6	63371	2	74607	8	87270	4	32101366
7	68916	3	80179	9	92865	5	06989
8	74461	4	85751	10590	98460	6	12612
9	80006	5	91323	1	31804060	7	18235
10480	85551	6	96894	2	09659	8	23858
1	91100	7	31502466	3	15259	9	29481
2	96649	8	08038	4	20858	10650	35104
3	31202199	9	13609	5	26458	1	40730
4	07748	10540	19181	6	32058	2	46356
5	13297	1	24758	7	37657	3	51982
6	18846	2	30335	8	43257	4	57608
7	24395	3	35911	9	48856	5	63234
8	29045	4	41488	10600	54456	6	68859
9	35494	5	47065	1	60060	7	74485
10490	41043	6	52642	2	65663	8	80111
1	46597	7	58219	3	71267	9	85737
2	52151	8	63795	4	76871	10660	91363
3	57705	9	69372	5	82475	1	96994
4	63259	10550	74949	6	88078	2	32202625
5	68813	1	80529	7	93681	3	08256
6	74367	2	86110	8	99286	4	13887

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
10665	32219519	10721	32535583	10777	32853082	10833	33172011
6	25150	2	41241	8	58762	4	77719
7	30781	3	46899	9	64443	5	83428
8	36412	4	52557	10780	70124	6	89136
9	42043	5	58215	1	75809	7	94844
10670	47674	6	63872	2	81495	8	33200552
1	53311	7	69530	3	87180	9	06261
2	58948	8	75188	4	92865	10840	11969
3	64585	9	80846	5	98551	1	17682
4	70222	10730	86504	6	32904236	2	23395
5	75860	1	92168	7	09921	3	29108
6	81497	2	97832	8	15606	4	34821
7	87134	3	32603496	9	21292	5	40534
8	92771	4	09160	10790	26977	6	46247
9	98408	5	14823	1	32669	7	51960
10680	32304045	6	20487	2	38362	8	57673
1	09685	7	26151	3	44054	9	63386
2	15324	8	31815	4	49747	10850	69099
3	20964	9	37479	5	55439	1	74816
4	26603	10740	43143	6	61131	2	80533
5	32243	1	48811	7	66824	3	86250
6	37882	2	54478	8	72516	4	91967
7	43522	3	60146	9	78209	5	97684
8	49161	4	65813	10800	83901	6	33303401
9	54801	5	71481	1	89595	7	09118
10690	60440	6	77149	2	95289	8	14835
1	66086	7	82816	3	33000983	9	20552
2	71731	8	88484	4	06677	11860	26269
3	77377	9	94151	5	12371	1	31991
4	83022	10750	99819	6	18065	2	37714
5	88668	1	32705492	7	23759	3	43436
6	94314	2	11164	8	29453	4	49159
7	99959	3	16837	9	35147	5	54881
8	32405605	4	22510	10810	40841	6	60603
9	11250	5	28183	1	46541	7	66326
10700	16896	6	33855	2	52241	8	72048
1	22545	7	39528	3	57941	9	77771
2	28194	8	45201	4	63641	10870	83493
3	33844	9	50873	5	69341	1	89221
4	39493	10760	56546	6	75041	2	94948
5	45142	1	62223	7	80741	3	33400676
6	50791	2	67900	8	86441	4	06403
7	56440	3	73577	9	92141	5	12131
8	62090	4	79254	10820	97841	6	17859
9	67739	5	84931	1	33103546	7	23586
10710	73388	6	90608	2	09250	8	29314
1	79042	7	96285	3	14955	9	35041
2	84695	8	32801962	4	20659	10880	40769
3	90349	9	07639	5	26364	1	46501
4	96003	10770	13316	6	32068	2	52232
5	32501657	1	18997	7	37773	3	57964
6	07310	2	24678	8	43477	4	63695
7	12964	3	30358	9	49182	5	69427
8	18618	4	36039	10830	54886	6	75159
9	24271	5	41720	1	60594	7	80890
10720	29925	6	47401	2	66303	8	86622

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
10889	33492353	10945	33814128	11001	34137336	11057	34461957
10890	98085	6	19887	2	43121	8	67765
1	33503821	7	25646	3	48906	9	73573
2	09557	8	31405	4	54691	11060	79381
3	15293	9	37164	5	60477	1	85195
4	21029	10950	42923	6	66262	2	91008
5	26766	1	48688	7	72047	3	96822
6	32502	2	54453	8	77832	4	34502635
7	38238	3	60219	9	83617	5	08449
8	43974	4	65984	11010	80402	6	14262
9	49710	5	71749	1	95193	7	20076
10900	55446	6	77514	2	34200985	8	25889
1	61187	7	83279	3	06776	9	31703
2	66927	8	89045	4	12567	11070	37516
3	72668	9	94810	5	18359	1	43335
4	78409	10960	33900575	6	24150	2	49154
5	84150	1	06341	7	29941	3	54973
6	89890	2	12107	8	35732	4	60792
7	95631	3	17873	9	41524	5	66611
8	33601372	4	23639	11020	47315	6	72430
9	07112	5	29405	1	53110	7	78249
10910	12853	6	35170	2	58904	8	84068
1	18597	7	40936	3	64699	9	89887
2	24341	8	46702	4	70493	11080	95706
3	30086	9	52468	5	76288	1	34601527
4	35830	10970	58234	6	82082	2	07347
5	41574	1	64007	7	87877	3	13168
6	47318	2	69779	8	93671	4	18989
7	53062	3	75552	9	99466	5	24810
8	58807	4	81325	11030	34305260	6	30630
9	64551	5	87098	1	11060	7	36451
10920	70295	6	92870	2	16860	8	42272
1	76046	7	98643	3	22661	9	48092
2	81797	8	34004416	4	28461	11090	53913
3	87548	9	10188	5	34261	1	59742
4	93299	10980	15961	6	40061	2	65570
5	99051	1	21738	7	45861	3	71399
6	33704802	2	27515	8	51662	4	77228
7	10553	3	33292	9	57462	5	83057
8	16304	4	39069	11040	63262	6	88885
9	22055	5	44847	1	69066	7	94714
10930	27806	6	50624	2	74870	8	34700543
1	33559	7	56401	3	80674	9	06371
2	39311	8	62178	4	86478	11100	12200
3	45064	9	67955	5	92282	1	18031
4	50817	10990	73732	6	98086	2	23862
5	56570	1	79514	7	34403890	3	29694
6	62322	2	85296	8	09694	4	35525
7	68075	3	91078	9	15493	5	41356
8	73828	4	96860	11050	21302	6	47187
9	79580	5	34102642	1	27110	7	53018
10940	85333	6	08423	2	32918	8	58850
1	91092	7	14205	3	38726	9	64681
2	96851	8	19987	4	44534	11110	70512
3	33802610	9	25769	5	50342	1	76347
4	08369	11000	31551	6	56149	2	82182

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
11113	34788018	11169	35115491	11225	35444390	11281	35774698
4	93853	11170	21330	6	50275	2	80608
5	99688	1	27213	7	56159	3	86520
6	34805523	2	33075	8	62044	4	92432
7	11358	3	38938	9	67928	5	98344
8	17194	4	44800	11230	73813	6	35804255
9	23029	5	50663	1	79703	7	10167
11120	28864	6	56526	2	85593	8	16079
1	34706	7	62388	3	91483	9	21990
2	40547	8	68251	4	97373	11290	27902
3	46389	9	74113	5	35503263	1	33819
4	52230	11180	79976	6	09153	2	39736
5	58072	1	85843	7	15043	3	45654
6	63914	2	91711	8	20933	4	51571
7	69755	3	97578	9	26823	5	57488
8	75597	4	35203446	11240	32713	6	63405
9	81438	5	09313	1	38608	7	69322
11130	87280	6	15180	2	44503	8	75240
1	93124	7	21048	3	50398	9	81157
2	98968	8	26915	4	56293	11300	87074
3	34904812	9	32783	5	62189	1	92997
4	10656	11190	38650	6	68084	2	98920
5	16500	1	44522	7	73979	3	35904844
6	22344	2	50395	8	79874	4	10766
7	28188	3	56267	9	85769	5	16690
8	34032	4	62140	11250	91664	6	22613
9	39876	5	68012	1	97564	7	28536
11140	45720	6	73884	2	35603464	8	34460
1	51570	7	79757	3	09364	9	40383
2	57420	8	85629	4	15264	11310	46306
3	63269	9	91502	5	21164	1	52232
4	69119	11200	97374	6	27064	2	58159
5	74969	1	35303250	7	32964	3	64085
6	80819	2	09127	8	38864	4	70012
7	86669	3	15003	9	44764	5	75938
8	92518	4	20880	11260	50665	6	81864
9	98368	5	26756	1	56567	7	87791
11150	35004218	6	32632	2	62469	8	93717
1	10072	7	38509	3	68372	9	99644
2	15926	8	44385	4	74274	11320	36005570
3	21780	9	50262	5	80177	1	11501
4	27634	11210	56138	6	86079	2	17433
5	33488	1	62021	7	91982	3	23364
6	39342	2	67904	8	97884	4	29295
7	45196	3	73787	9	35703787	5	35227
8	51050	4	79670	11270	09689	6	41158
9	56904	5	85553	1	15599	7	47089
11160	62758	6	91435	2	21508	8	53020
1	68617	7	97318	3	27418	9	58952
2	74476	8	35403201	4	33327	11330	64883
3	80336	9	09084	5	39237	1	70820
4	86195	11220	14967	6	45147	2	76756
5	92054	1	20852	7	51056	3	82693
6	97913	2	26736	8	56966	4	88629
7	35103772	3	32621	9	62875	5	94566
8	09632	4	38505	11280	68785	6	36100502

p	$p^{1,861}$	p	$p^{1,861}$	p	$p^{1,861}$	p	$p^{1,861}$
11337	36106439	11393	36439589	11449	36774167	11505	37110150
8	12375	4	45553	11450	80153	6	16162
9	18312	5	51517	1	86142	7	22175
11340	24248	6	57481	2	92131	8	28188
1	30188	7	63445	3	98120	9	34201
2	36128	8	69408	4	36804109	11510	40214
3	42069	9	75372	5	10098	1	46232
4	48009	11400	81336	6	16086	2	52250
5	53949	1	87302	7	22075	3	58268
6	59889	2	93269	8	28064	4	64286
7	65829	3	99235	9	34053	5	70304
8	71770	4	36505202	11460	40042	6	76321
9	77710	5	11168	1	46036	7	82339
11350	83650	6	17134	2	52030	8	88357
1	89594	7	23101	3	58024	9	94375
2	95538	8	29067	4	64018	11520	37200393
3	36201483	9	35034	5	70013	1	06413
4	07427	11410	41000	6	76007	2	12433
5	13371	1	46971	7	82001	3	18454
6	19315	2	52943	8	87995	4	24475
7	25259	3	58914	9	93989	5	30498
8	31204	4	64886	11470	99983	6	36514
9	37148	5	70857	1	36905982	7	42534
11360	43092	6	76828	2	11981	8	48555
1	49042	7	82800	3	17981	9	54575
2	54991	8	88771	4	23980	11530	60595
3	60941	9	94743	5	29979	1	66621
4	66890	11420	36600714	6	35978	2	72647
5	72840	1	06690	7	41977	3	78673
6	78790	2	12666	8	47977	4	84699
7	84739	3	18642	9	53976	5	90725
8	90689	4	24618	11480	59975	6	96751
9	96638	5	30595	1	65978	7	37302777
11370	36302588	6	36571	2	71981	8	08803
1	08541	7	42547	3	77983	9	14829
2	14494	8	48523	4	83986	11540	20855
3	20447	9	54499	5	89989	1	26886
4	26400	11430	60475	6	95992	2	32917
5	32353	1	66456	7	37001995	3	38948
6	38306	2	72438	8	07997	4	44979
7	44259	3	78419	9	14000	5	51010
8	50212	4	84400	11490	20009	6	57040
9	56165	5	90382	1	26017	7	63071
11380	62118	6	96363	2	32024	8	69102
1	68076	7	36702344	3	38032	9	75133
2	74034	8	08325	4	44039	11550	81164
3	79992	9	14307	5	50047	1	87199
4	85950	11440	20288	6	56055	2	93233
5	91908	1	26275	7	62062	3	99268
6	97866	2	32261	8	68070	4	37405302
7	36403824	3	38248	9	74077	5	11337
8	09782	4	44234	11500	80085	6	17371
9	15740	5	50221	1	86098	7	23406
11390	21698	6	56207	2	92111	8	29440
1	27662	7	62194	3	98124	9	35475
2	33626	8	68180	4	37104137	11560	41509

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
11561	37447530	11617	37786374	11673	38126611	11729	38468258
2	53591	8	92435	4	32699	11730	74370
3	59632	9	98497	5	38787	1	80486
4	65673	11620	37804559	6	44874	2	86602
5	71714	1	10626	7	50962	3	92718
6	77755	2	16692	8	57050	4	98834
7	83796	3	22759	9	63138	5	38504950
8	89837	4	28825	11680	69226	6	11066
9	95878	5	34892	1	75320	7	17182
11570	37501919	6	40959	2	81415	8	23298
1	07961	7	47025	3	87509	9	29414
2	14003	8	53092	4	93604	11740	35530
3	20045	9	59158	5	99698	1	41652
4	26087	11630	65225	6	38205792	2	47773
5	32129	1	71297	7	11887	3	53895
6	38171	2	77369	8	17981	4	60016
7	44213	3	83442	9	24076	5	66138
8	50255	4	89514	11690	30170	6	72259
9	56297	5	95586	1	36269	7	78381
11580	62339	6	37901658	2	42368	8	84502
1	68388	7	07730	3	48467	9	90624
2	74437	8	13803	4	54566	11750	96745
3	80487	9	19875	5	60665	1	38602869
4	86536	11640	25947	6	66764	2	08993
5	92585	1	32021	7	72863	3	15116
6	98634	2	38096	8	78962	4	21240
7	37604683	3	44170	9	85061	5	27364
8	10733	4	50245	11700	91160	6	33488
9	16782	5	56319	1	97262	7	39612
11590	22831	6	62393	2	38303365	8	45735
1	28885	7	68468	3	09467	9	51859
2	34938	8	74542	4	15569	11760	57983
3	40992	9	80617	5	21672	1	64114
4	47045	11650	86691	6	27774	2	70245
5	53099	1	92773	7	33876	3	76376
6	59152	2	98854	8	39978	4	82507
7	65206	3	38004936	9	46081	5	88639
8	71259	4	11018	11710	52183	6	94770
9	77313	5	17100	1	58290	7	38700901
11600	83366	6	23181	2	64397	8	07032
1	89424	7	29263	3	70504	9	13163
2	95481	8	35345	4	76611	11770	19294
3	37701539	9	41426	5	82718	1	25428
4	07596	11660	47508	6	88824	2	31561
5	13654	1	53592	7	94931	3	37695
6	19711	2	59676	8	38401038	4	43828
7	25769	3	65768	9	07145	5	49962
8	31826	4	71844	11720	13252	6	56095
9	37884	5	77928	1	19364	7	62229
11610	43941	6	84011	2	25476	8	68362
1	50003	7	90095	3	31587	9	74496
2	56065	8	96179	4	37699	11780	80629
3	62126	9	38102263	5	43811	1	86767
4	68188	11670	08347	6	49923	2	92905
5	74250	1	14435	7	56035	3	99044
6	80312	2	20523	8	62146	4	38805182

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
11785	38811320	11841	39155786	11897	39501680	11953	39848965
6	17458	2	61953	8	07869	4	55180
7	23596	3	68120	9	14057	5	61396
8	29735	4	74287	11900	20246	6	67611
9	35873	5	80454	1	26439	7	73827
11790	42011	6	86620	2	32631	8	80042
1	48154	7	92787	3	38824	9	86258
2	54297	8	98954	4	45016	11960	92473
3	60440	9	39205121	5	51209	1	98693
4	66583	11850	11288	6	57402	2	39904913
5	72727	1	17457	7	63594	3	11134
6	78870	2	23626	8	69787	4	17354
7	85013	3	29796	9	75979	5	23574
8	91156	4	35965	11910	82172	6	29794
9	97299	5	42134	1	88369	7	36014
11800	38903442	6	48303	2	94566	8	42235
1	09590	7	54472	3	39600762	9	48455
2	15738	8	60642	4	06959	11970	54675
3	21886	9	66811	5	13156	1	60898
4	28034	11860	72980	6	19353	2	67121
5	34182	1	79154	7	25550	3	73344
6	40329	2	85328	8	31746	4	79567
7	46477	3	91502	9	37943	5	85790
8	52625	4	97676	11920	44140	6	92013
9	58773	5	39303851	1	50341	7	98236
11810	64921	6	10025	2	56541	8	40004459
1	71074	7	16199	3	62742	9	10682
2	77226	8	22373	4	68942	11980	16905
3	83379	9	28547	5	75143	1	23134
4	89532	11870	34721	6	81344	2	29363
5	95685	1	40900	7	87544	3	35591
6	39001837	2	47079	8	93745	4	41820
7	07990	3	53258	9	99945	5	48049
8	14143	4	59437	11930	39706146	6	54278
9	20295	5	65616	1	12352	7	60507
11820	26448	6	71795	2	18557	8	66735
1	32604	7	77974	3	24763	9	72964
2	38760	8	84153	4	30969	11990	79193
3	44916	9	90332	5	37175	1	85425
4	51072	11880	96511	6	43380	2	91657
5	57228	1	39402696	7	49586	3	97890
6	63384	2	08881	8	55792	4	40104122
7	69540	3	15066	9	61997	5	10354
8	75696	4	21251	11940	68203	6	16586
9	81852	5	27436	1	74415	7	22818
11830	88008	6	33620	2	80626	8	29051
1	94169	7	39805	3	86838	9	35283
2	39100330	8	45990	4	93049	12000	41515
3	06491	9	52175	5	99261	1	47753
4	12652	11890	58360	6	39805472	2	53991
5	18814	1	64549	7	11684	3	60229
6	24975	2	70737	8	17895	4	66467
7	31136	3	76926	9	24107	5	72705
8	37297	4	83114	11950	30318	6	78942
9	43458	5	89303	1	36534	7	85180
11840	49619	6	95492	2	42749	8	91418

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
12009	40197656	12065	40547775	12121	40899277	12177	41252209
12010	40203894	6	54040	2	40905570	8	58523
1	10137	7	60306	3	11862	9	64836
2	16380	8	66572	4	18155	12180	71149
3	22623	9	72837	5	24447	1	77467
4	28866	12070	79103	6	30739	2	83786
5	35109	1	85370	7	37032	3	90104
6	41351	2	91638	8	43324	4	96423
7	47594	3	97905	9	49617	5	41302741
8	53837	4	40604172	12130	55909	6	09059
9	60080	5	10440	1	62205	7	15378
12020	66323	6	16707	2	68500	8	21696
1	72568	7	22974	3	74796	9	28015
2	78814	8	29241	4	81091	12190	34333
3	85059	9	35509	5	87387	1	40655
4	91304	12080	41776	6	93682	2	46976
5	97550	1	48050	7	99978	3	52298
6	40303795	2	54324	8	41006273	4	59619
7	10040	3	60598	9	12569	5	65941
8	16285	4	66872	12140	18864	6	72263
9	22531	5	73146	1	25165	7	78584
12030	28776	6	79420	2	31465	8	84906
1	35028	7	85694	3	37766	9	91227
2	41280	8	91968	4	44066	12200	97549
3	47532	9	98242	5	50367	1	41403878
4	53784	12090	40704516	6	56668	2	10206
5	60036	1	10794	7	62968	3	16535
6	66288	2	17073	8	69269	4	22863
7	72540	3	23351	9	75569	5	29192
8	78792	4	29630	12150	81870	6	35521
9	85044	5	35908	1	88175	7	41849
12040	91296	6	42186	2	94480	8	48178
1	97550	7	48465	3	41100784	9	54506
2	40403805	8	54743	4	07089	12210	60835
3	10059	9	61022	5	13394	1	67166
4	16314	12100	67300	6	19699	2	73497
5	22568	1	73581	7	26004	3	79828
6	28822	2	79863	8	32308	4	86159
7	35077	3	86144	9	38613	5	92491
8	41331	4	92425	12160	44918	6	98822
9	47586	5	98707	1	51228	7	41505153
12050	53840	6	40804988	2	57538	8	11484
1	60101	7	11269	3	63848	9	17815
2	66361	8	17550	4	70158	12220	24146
3	72622	9	23832	5	76468	1	30483
4	78882	12110	30113	6	82777	2	36821
5	85143	1	36400	7	89087	3	43158
6	91404	2	42687	8	95397	4	49495
7	97664	3	48975	9	41201707	5	55833
8	40503925	4	55262	12170	08017	6	62170
9	10185	5	61549	1	14330	7	68507
12060	16446	6	67836	2	20643	8	74844
1	22712	7	74123	3	26957	9	81182
2	28977	8	80411	4	33270	12230	87519
3	35243	9	86698	5	39583	1	93859
4	41509	12120	92985	6	45896	2	41600198

p	$p^{1,861}$	p	$p^{1,861}$	p	$p^{1,861}$	p	$p^{1,861}$
12233	41606538	12289	41962263	12345	42319403	12401	42677932
4	12878	12290	68625	6	25793	2	84348
5	19218	1	74992	7	32183	3	90765
6	25557	2	81358	8	38572	4	97181
7	31897	3	87725	9	44962	5	42703598
8	38237	4	94092	12350	51352	6	10014
9	44576	5	4200459	1	57746	7	16431
12240	50916	6	06825	2	64140	8	22847
1	57262	7	13192	3	70534	9	29264
2	63608	8	19559	4	76928	12410	35680
3	69953	9	25925	5	83323	1	42101
4	76299	12300	32292	6	89717	2	48522
5	82645	1	38666	7	96111	3	54943
6	88991	2	45039	8	42402505	4	61364
7	95337	3	51413	9	08899	5	67785
8	41701682	4	57787	12360	15293	6	74205
9	08028	5	64161	1	21691	7	80626
12250	14374	6	70534	2	28090	8	87047
1	20724	7	76908	3	34488	9	93468
2	27074	8	83282	4	40887	12420	99889
3	33424	9	89655	5	47285	1	42806314
4	39774	12310	96029	6	53683	2	12740
5	46124	1	42102404	7	60082	3	19165
6	52473	2	08779	8	66480	4	25590
7	58823	3	15155	9	72879	5	32016
8	65173	4	21530	12370	79277	6	38441
9	71523	5	27905	1	85680	7	44866
12260	77873	6	34280	2	92082	8	51291
1	84227	7	40655	3	98485	9	57717
2	90581	8	47031	4	42504888	12430	64142
3	96934	9	53406	5	11291	1	70573
4	41803288	12320	59781	6	17693	2	77003
5	09642	1	66162	7	24096	3	83434
6	15996	2	72544	8	30499	4	89864
7	22350	3	78925	9	36901	5	96295
8	28703	4	85306	12380	43304	6	42902726
9	35057	5	91688	1	49712	7	09156
12270	41411	6	98069	2	56120	8	15587
1	47770	7	42204450	3	62529	9	22017
2	54129	8	10831	4	68937	12440	28448
3	60488	9	17213	5	75345	1	34883
4	66847	12330	23594	6	81753	2	41318
5	73207	1	29980	7	88161	3	47754
6	79566	2	36366	8	94570	4	54189
7	85925	3	42752	9	42600978	5	60624
8	92284	4	49138	12390	07386	6	67059
9	98643	5	55524	1	13799	7	73494
12280	41905002	6	61910	2	20212	8	79930
1	11364	7	68296	3	26625	9	86365
2	17727	8	74682	4	33038	12450	92800
3	24089	9	81068	5	39451	1	99237
4	30451	12340	87454	6	45863	2	43005675
5	36814	1	93844	7	52276	3	12112
6	43176	2	42300234	8	58689	4	18549
7	49538	3	06623	9	65102	5	24987
8	55900	4	13013	12400	71515	6	31424

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
12457	43037861	12513	43399206	12569	43761934	12625	44126093
8	44298	4	43405671	12570	68424	6	32607
9	50736	5	12137	1	74916	7	39122
12460	57173	6	18602	2	81409	8	45637
1	63619	7	25067	3	87901	9	52152
2	70064	8	31532	4	94393	12630	58667
3	76510	9	37997	5	43800886	1	65186
4	82955	12520	44462	6	07378	2	71705
5	89401	1	50933	7	13870	3	78224
6	95847	2	57405	8	20362	4	84743
7	43102292	3	63876	9	26855	5	91262
8	08738	4	70347	12580	33347	6	97781
9	15183	5	76819	1	39845	7	44204300
12470	21629	6	83290	2	46342	8	10819
1	28076	7	89761	3	52840	9	17338
2	34523	8	96232	4	59338	12640	23857
3	40971	9	43502704	5	65836	1	30379
4	47418	12530	09175	6	72333	2	36902
5	53865	1	15649	7	78831	3	43424
6	60312	2	22123	8	85329	4	49946
7	66759	3	28596	9	91826	5	56469
8	73207	4	35070	12590	98324	6	62991
9	79654	5	41544	1	43904824	7	69513
12480	86101	6	48018	2	11324	8	76035
1	92552	7	54492	3	17824	9	82558
2	99004	8	60965	4	24324	12650	89080
3	43205455	9	67439	5	30825	1	95609
4	11907	12540	73913	6	37325	2	44302138
5	18358	1	80392	7	43825	3	08667
6	24809	2	86872	8	50325	4	15196
7	31261	3	93351	9	56825	5	21725
8	37712	4	99830	12600	63325	6	28253
9	44164	5	43606310	1	69833	7	34782
12490	50615	6	12789	2	76341	8	41311
1	57073	7	19268	3	82848	9	47840
2	63531	8	25747	4	89356	12660	54369
3	69989	9	32227	5	95864	1	60901
4	76447	12550	38706	6	44002372	2	67434
5	82905	1	45118	7	08880	3	73966
6	89362	2	51670	8	15387	4	80498
7	95820	3	58152	9	21895	5	87031
8	43302278	4	64634	12610	28403	6	93563
9	08736	5	71117	1	34915	7	44400095
12500	15194	6	77599	2	41426	8	06627
1	21656	7	84081	3	47938	9	13160
2	28117	8	90563	4	54449	12670	19692
3	34579	9	97045	5	60961	1	26231
4	41041	12560	43703527	6	67472	2	32769
5	47503	1	10017	7	73984	3	39308
6	53964	2	16506	8	80495	4	45847
7	60426	3	22996	9	87007	5	52386
8	66888	4	29486	12620	83518	6	58924
9	73349	5	35976	1	44100033	7	65463
12510	79811	6	42465	2	06548	8	72002
1	86276	7	48955	3	13063	9	78540
2	92741	8	55445	4	19578	12680	85079

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
12681	44491619	12737	44858544	12793	45226871	12849	45596595
2	98160	8	65107	4	33463	12850	45603208
3	44504700	9	71670	6	40055	1	09826
4	11240	12740	78233	6	46647	2	16445
5	17781	1	84803	7	53239	3	23063
6	24321	2	91372	8	59831	4	29682
7	30861	3	97942	9	66423	5	36300
8	37401	4	44904511	12800	73015	6	42918
9	43942	5	11081	1	79610	7	49537
12690	50482	6	17651	2	86204	8	56155
1	57029	7	24220	3	92799	9	62774
2	63575	8	30790	4	99393	12860	69392
3	70122	9	37359	5	45305988	1	76012
4	76668	12750	43929	6	12582	2	82632
5	83215	1	50502	7	19177	3	89252
6	89762	2	57075	8	25771	4	95872
7	96308	3	63647	9	32366	5	45702492
8	44602855	4	70220	12810	38960	6	09112
9	09401	5	76793	1	45559	7	15732
12700	15948	6	83366	2	52158	8	22352
1	22500	7	89939	3	58757	9	28972
2	29051	8	96511	4	65356	12870	35592
3	35603	9	45003084	5	71956	1	42220
4	42154	12760	09657	6	78555	2	48849
5	48707	1	16234	7	85154	3	55477
6	55258	2	22811	8	91753	4	62106
7	61809	3	29388	9	98352	5	68734
8	68361	4	35965	12820	45404951	6	75362
9	74912	5	42542	1	11557	7	81991
12710	81464	6	49119	2	18162	8	88619
1	88018	7	55696	3	24768	9	95248
2	94572	8	62273	4	31373	12880	45801876
3	44701127	9	68850	5	37979	1	08505
4	07681	12770	75427	6	44585	2	15135
5	14235	1	82009	7	51190	3	21764
6	20789	2	88592	8	57796	4	28393
7	27343	3	95174	9	64401	5	35023
8	33898	4	45101756	12830	71007	6	41652
9	40452	5	08339	1	77614	7	48281
12720	47006	6	14921	2	84221	8	54910
1	53566	7	21503	3	90829	9	61540
2	60125	8	28085	4	97436	12890	68169
3	66685	9	34668	5	45504043	1	74804
4	73244	12780	41250	6	10650	2	81439
5	79804	1	47835	7	17257	3	88075
6	86364	2	54419	8	23865	4	94710
7	92923	3	61004	9	30472	5	45901345
8	99483	4	67588	12840	37079	6	07980
9	44806042	5	74173	1	43692	7	14615
12730	12602	6	80757	2	50305	8	21251
1	19165	7	87342	3	56918	9	27886
2	25728	8	93926	4	63531	12900	34521
3	32291	9	45200511	5	70144	1	41161
4	38854	12790	07095	6	76756	2	47801
5	45418	1	13687	7	83369	3	54440
6	51981	2	20279	8	89982	4	61080

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
12905	45967720	12961	46340233	13017	46714141	13073	47089439
6	74360	2	46899	8	20830	4	96153
7	81000	3	53566	0	27518	5	47102868
8	87639	4	60233	13020	34207	6	09583
9	94279	5	66900	1	40900	7	16297
12910	46000919	6	73566	2	47593	8	23012
1	07563	7	80233	3	54286	9	29726
2	14207	8	86900	4	60979	13080	36441
3	20851	9	93566	5	67672	1	43160
4	27495	12970	46400233	6	74364	2	49879
5	34139	1	06904	7	81057	3	56598
6	40782	2	13574	8	87750	4	63317
7	47426	3	20245	9	94443	5	70037
8	54070	4	26916	13030	46801136	6	76756
9	60714	5	33587	1	07834	7	83475
12920	67358	6	40257	2	14531	8	90194
1	74006	7	46928	3	21229	9	96913
2	80655	8	53598	4	27927	13090	47203632
3	87303	9	60269	5	34625	1	10357
4	93951	12980	66940	6	41322	2	17082
5	46100600	1	73615	7	48020	3	23807
6	07248	2	80291	8	54718	4	30532
7	13896	3	86966	9	61415	5	37257
8	20544	4	93641	13040	68113	6	43981
9	27193	5	46500317	1	74815	7	50706
12930	33841	6	06992	2	81516	8	57431
1	40495	7	13667	3	88218	9	64156
2	47148	8	20342	4	94919	13100	70881
3	53802	9	27018	5	46901621	1	77609
4	60455	12990	33693	6	08322	2	84336
5	67109	1	40373	7	15024	3	91064
6	73762	2	47053	8	21725	4	97791
7	80416	3	53733	9	28427	5	47304519
8	87069	4	60413	13050	35128	6	11247
9	93723	5	67094	1	41835	7	17974
12940	46200376	6	73774	2	48541	8	24702
1	07034	7	80454	3	55248	9	31429
2	13692	8	87134	4	61955	13110	38157
3	20351	9	93814	5	68662	1	44890
4	27009	13000	46600494	6	75386	2	51622
5	33667	1	07177	7	82075	3	58355
6	40325	2	13859	8	88782	4	65088
7	46983	3	20542	9	95488	5	71821
8	53642	4	27225	13060	47002195	6	78553
9	60300	5	33908	1	08905	7	85286
12950	66958	6	40590	2	15615	9	92019
1	73619	7	47273	3	22325	9	98751
2	80280	8	53956	4	29035	13120	47405484
3	86940	9	60638	5	35745	1	12222
4	93601	13010	67321	6	42455	2	18959
5	46300262	1	74010	7	49165	3	25697
6	06923	2	80698	8	55875	4	32434
7	13584	3	87387	9	62585	5	39172
8	20244	4	94075	13070	69295	6	45909
9	26905	5	46700764	1	76010	7	52647
12960	33566	6	07453	2	82724	8	59384

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
13129	47466122	13185	47844215	13241	48223683	13297	48604543
13130	72859	6	50979	2	30474	8	11359
1	79602	7	57743	3	37266	9	18165
2	86345	8	64506	4	44057	13300	24976
3	93088	9	71270	5	50848	1	31795
4	99831	13190	78034	6	57639	2	38614
5	47506574	1	84802	7	64430	3	45432
6	13317	2	91569	8	71222	4	52251
7	20060	3	98337	9	78013	5	59070
8	26803	4	47905104	13250	84804	6	65889
9	33546	5	11872	1	91598	7	72708
13140	40289	6	18639	2	98392	8	79526
1	47034	7	25407	3	48305186	9	86345
2	53779	8	32174	4	11980	13310	93164
3	60523	9	38942	5	18774	1	99984
4	67268	13200	45709	6	25567	2	48706804
5	74013	1	52482	7	32361	3	13624
6	80758	2	59256	8	39155	4	20444
7	87503	3	66029	9	45949	5	27264
8	94247	4	72802	13260	52743	6	34083
9	47600992	5	79576	1	59542	7	40903
13150	07737	6	86349	2	66340	8	47723
1	14489	7	93122	3	73132	9	54543
2	21240	8	99895	4	79937	13320	61363
3	27992	9	48006669	5	86736	1	68189
4	34743	13210	13442	6	93535	2	75014
5	41495	1	20220	7	48400333	3	81840
6	48247	2	26998	8	07132	4	88665
7	54998	3	33777	9	13930	5	95491
8	61750	4	40555	13270	20729	6	48802317
9	68501	5	47333	1	27534	7	09142
13160	75253	6	54111	2	34340	8	15968
1	82008	7	60889	3	41145	9	22793
2	88763	8	67668	4	47950	13330	29619
3	95517	9	74446	5	54756	1	36449
4	47702272	13220	81224	6	61561	2	43280
5	09027	1	88004	7	68366	3	50110
6	15782	2	94783	8	75171	4	56941
7	23573	3	48101563	9	81977	5	63771
8	29291	4	08342	13280	88782	6	70601
9	36046	5	15122	1	95590	7	77432
13170	42801	6	21901	2	48502399	8	84262
1	49561	7	28681	3	09207	9	91093
2	56320	8	35460	4	16015	13340	97923
3	63080	9	42240	5	22824	1	48904759
4	69839	13230	49019	6	29632	2	11596
5	76599	1	55806	7	36440	3	18432
6	83358	2	62594	8	43248	4	25268
7	90118	3	69381	9	50057	5	32105
8	96877	4	76168	13290	56865	6	38941
9	47803637	5	82956	1	63676	7	45777
13180	10396	6	89743	2	70487	8	52613
1	17160	7	96530	3	77298	9	59450
2	23924	8	48203317	4	84109	13350	66286
3	30687	9	10105	5	90921	1	73125
4	37451	13240	16892	6	97732	2	79964

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
13353	48986803	13409	49370432	13465	49755458	13521	50141864
4	93642	13410	77294	6	62346	2	48778
5	49000481	1	84159	7	69234	3	55693
6	07320	2	91023	8	76121	4	62607
7	14159	3	97888	0	83009	5	69521
8	20998	4	49404752	13470	89897	6	76435
9	27837	5	11617	1	96789	7	83349
13360	34676	6	18481	2	49803680	8	90264
1	41519	7	25346	3	10572	9	97178
2	48362	8	32210	4	17463	13530	50204092
3	55205	9	39075	5	24355	1	11011
4	62048	13420	45939	6	31247	2	17931
5	68891	1	52810	7	38138	3	24850
6	75733	2	59680	8	45030	4	31770
7	82576	3	66551	9	51921	5	38689
8	89419	4	73421	13480	58813	6	45608
9	96262	5	80292	1	65709	7	52528
13370	49103105	6	87162	2	72604	8	59447
1	09953	7	94033	3	79500	9	66367
2	16800	8	49500903	4	86395	13540	73286
3	23648	9	07774	5	93291	1	80208
4	30495	13430	14644	6	49900186	2	87130
5	37343	1	21519	7	07082	3	94052
6	44191	2	28395	8	13977	4	50300974
7	51038	3	35270	9	20873	5	07896
8	57886	4	42145	13490	27768	6	14818
9	64733	5	49021	1	34672	7	21740
13380	71581	6	55896	2	41575	8	28662
1	78435	7	62771	3	48479	9	35584
2	85288	8	69646	4	55382	13550	42506
3	92142	9	76522	5	62286	1	49434
4	98995	13440	83397	6	69189	2	56363
5	49205849	1	90276	7	76093	3	63291
6	12703	2	97155	8	82996	4	70219
7	19556	3	49604035	9	89900	5	77148
8	26410	4	10914	13500	96803	6	84076
9	33263	5	17793	1	50003706	7	91004
13390	40117	6	24672	2	10610	8	97932
1	46973	7	31551	3	17513	9	50404861
2	53829	8	38431	4	24417	13560	11789
3	60685	9	45310	5	31320	1	18720
4	67541	13450	52189	6	38223	2	25651
5	74397	1	59072	7	45127	3	32581
6	81252	2	65955	8	52030	4	39512
7	88108	3	72838	9	58934	5	46443
8	94964	4	79721	13510	65837	6	53374
9	49301820	5	86604	1	72748	7	60305
13400	08676	6	83487	2	79660	8	67235
1	15538	7	49700370	3	86571	9	74166
2	22400	8	07253	4	93482	13570	81097
3	29261	9	14136	5	50100394	1	88034
4	36123	13460	21019	6	07305	2	94971
5	42985	1	27907	7	14216	3	50501908
6	49847	2	34795	8	21127	4	08845
7	56709	3	41682	9	28039	5	15783
8	63570	4	48570	13520	34950	6	22720

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
13577	50529657	13633	50918846	13689	51309386	13745	51701348
8	36594	4	25808	13690	16369	6	08360
9	43531	5	32771	1	23360	7	15372
13580	50468	6	39733	2	30352	8	22384
1	57410	7	46695	3	37343	9	29397
2	64352	8	53657	4	44334	13750	36409
3	71294	9	60619	5	51326	1	43424
4	78236	13640	67581	6	58317	2	50438
5	85178	1	74546	7	65308	3	57453
6	92120	2	81518	8	72299	4	64467
7	99062	3	88486	9	79291	5	71482
8	50606004	4	95455	13700	86282	6	78497
9	12946	5	51002423	1	93276	7	85511
13590	19888	6	09391	2	51400270	8	92525
1	26832	7	16360	3	07265	9	99540
2	33776	8	23328	4	14259	13760	51806554
3	40720	9	30297	5	21253	1	13574
4	47664	13650	37265	6	28247	2	20593
5	54608	1	44235	7	35241	3	27613
6	61551	2	51205	8	42236	4	34632
7	68495	3	58175	9	49230	5	41652
8	75439	4	65145	13710	56224	6	48672
9	82383	5	72115	1	63221	7	55691
13600	89327	6	79085	2	70218	8	62711
1	96276	7	86055	3	77215	9	69730
2	50703224	8	93025	4	84212	13770	76750
3	10173	9	99995	5	91209	1	83775
4	17122	13660	51106965	6	98205	2	90800
5	24071	1	13941	7	51505202	3	97825
6	31019	2	20918	8	12199	4	51904850
7	37968	3	27894	9	19196	5	11876
8	44917	4	34870	13720	26193	6	18901
9	51865	5	41847	1	33195	7	25926
13610	58814	6	48823	2	40197	8	32951
1	65769	7	55792	3	47199	9	39976
2	72724	8	62775	4	54201	13780	47001
3	79678	9	69752	5	61203	1	54031
4	86633	13670	76728	6	68205	2	61062
5	93588	1	83709	7	75207	3	68092
6	50800543	2	90689	8	82209	4	75122
7	07498	3	97670	9	89211	5	82153
8	14452	4	51204651	13730	96213	6	89183
9	21407	5	11632	1	51603220	7	96213
13620	28362	6	18612	2	10228	8	52003243
1	35322	7	25593	3	17235	9	10274
2	42282	8	32574	4	24242	13790	17304
3	49241	9	39554	5	31250	1	24337
4	56201	13680	46535	6	38257	2	31370
5	63161	1	53518	7	45264	3	38404
6	70121	2	60502	8	52271	4	45437
7	77081	3	67485	9	59279	5	52470
8	84040	4	74469	13740	66286	6	59503
9	91000	5	81452	1	73208	7	66536
13630	97960	6	88435	2	80311	8	73570
1	50904922	7	95419	3	87323	9	80603
2	11884	8	51302402	4	94335	13800	87636

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
13801	52094674	13857	52489379	13913	52885467	13969	53282939
2	52101713	8	96437	4	92553	13970	90048
3	08751	9	52503496	5	99639	1	97161
4	15789	13860	10555	6	52906725	2	53304273
5	22828	1	17621	7	13811	3	11386
6	29866	2	24687	8	20897	4	18499
7	36904	3	31753	9	27983	5	25612
8	43942	4	38819	13920	35069	6	32724
9	50981	5	45886	1	42160	7	39837
13810	58019	6	52952	2	49252	8	46950
1	65059	7	60018	3	56343	9	54062
2	72100	8	67084	4	63434	13980	61175
3	79140	9	74150	5	70526	1	68292
4	86181	13870	81216	6	77617	2	75408
5	93221	1	88284	7	84708	3	82525
6	52200261	2	95352	8	91799	4	89641
7	07302	3	52602420	9	98891	5	96758
8	14342	4	09488	13930	53005982	6	53403874
9	21383	5	16556	1	13077	7	10991
13820	28423	6	23623	2	20172	8	18107
1	35471	7	30691	3	27268	9	25224
2	42519	8	37759	4	34363	13990	32340
3	49566	9	44827	5	41458	1	39461
4	56614	13880	51895	6	48553	2	46582
5	63662	1	58967	7	55648	3	53702
6	70710	2	66038	8	62744	4	60823
7	77758	3	73110	9	69839	5	67944
8	84805	4	80181	13940	76934	6	75065
9	91853	5	87253	1	84033	7	82186
13830	98901	6	94324	2	91133	8	89306
1	52305952	7	52701396	3	98232	9	96427
2	13003	8	08467	4	53105331	14000	53503548
3	20053	9	15539	5	12431	1	10674
4	27104	13890	22610	6	19530	2	17798
5	34155	1	29689	7	26629	3	24925
6	41206	2	36767	8	33728	4	32051
7	48257	3	43846	9	40828	5	39177
8	55307	4	50924	13950	47927	6	46302
9	62358	5	58003	1	55031	7	53428
13840	69409	6	65082	2	62134	8	60554
1	76467	7	72160	3	69238	9	67679
2	83521	8	79239	4	76341	14010	74805
3	90576	9	86317	5	83445	1	81937
4	97632	13900	93396	6	90548	2	89068
5	52404688	1	52800477	7	97652	3	96200
6	11744	2	07559	8	53204775	4	53603331
7	18800	3	14640	9	11859	5	10463
8	25855	4	21721	13960	18962	6	17594
9	32911	5	28803	1	26071	7	24726
13850	39967	6	35884	2	33179	8	31857
1	47026	7	42965	3	40288	9	38989
2	54085	8	50046	4	47396	14020	46120
3	61143	9	57128	5	54505	1	53255
4	68202	13910	64209	6	61614	2	60390
5	75261	1	71295	7	68722	3	67525
6	82320	2	78381	8	75831	4	74660

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
14025	53681795	14081	54082027	14137	54483626	14193	54886600
6	88929	2	89186	8	90808	4	93809
7	96064	3	96346	9	97991	5	54901018
8	53703199	4	54103505	14140	54505173	6	08227
9	10334	5	10665	1	12359	7	15436
14030	17469	6	17825	2	19544	8	22644
1	24607	7	24984	3	26730	9	29853
2	31745	8	32144	4	33915	14200	37062
3	38883	9	39303	5	41101	1	44276
4	46021	14090	46463	6	48287	2	51491
5	53159	1	53628	7	55472	3	58705
6	60297	2	60793	8	62658	4	65919
7	67435	3	67958	9	69843	5	73134
8	74573	4	75123	14150	77029	6	80348
9	81711	5	82288	1	84224	7	87562
14040	88849	6	89453	2	91418	8	94776
1	95993	7	96618	3	98613	9	55001991
2	53803137	8	54203783	4	54605807	14210	09205
3	10280	9	10948	5	13002	1	16423
4	17424	14100	18133	6	20196	2	23641
5	24568	1	25283	7	27391	3	30860
6	31712	2	32454	8	34585	4	38078
7	38856	3	39624	9	41780	5	45296
8	45999	4	46794	14160	48974	6	52514
9	53143	5	53965	1	56170	7	59732
14050	60287	6	61135	2	63366	8	66951
1	67435	7	68305	3	70563	9	74159
2	74582	8	75475	4	77759	14220	81387
3	81730	9	82646	5	84955	1	88610
4	88877	14110	89816	6	92151	2	95832
5	96025	1	96990	7	99347	3	55103055
6	53903172	2	54304165	8	54706544	4	10277
7	10320	3	11339	9	13740	5	17500
8	17467	4	18514	14170	20936	6	24722
9	24615	5	25688	1	28134	7	31945
14060	31762	6	32862	2	35332	8	39167
1	38915	7	40037	3	42530	9	46390
2	46067	8	47211	4	49728	14230	53612
3	53220	9	54386	5	56926	1	60839
4	60372	14120	61560	6	64124	2	68065
5	67525	1	68739	7	71322	3	75292
6	74678	2	75918	8	78520	4	82519
7	81830	3	83097	9	85718	5	89746
8	88983	4	90276	14180	92916	6	96972
9	96135	5	97455	1	54800122	7	55204199
14070	54003288	6	54404634	2	07328	8	11426
1	10446	7	11813	3	14533	9	18652
2	17604	8	18992	4	21739	14240	25879
3	24762	9	26171	5	28945	1	33111
4	31920	14130	33350	6	36151	2	40343
5	39078	1	40532	7	43375	3	47575
6	46235	2	47715	8	50562	4	54807
7	53393	3	54897	9	57768	5	62039
8	60551	4	62079	14190	64974	6	69271
9	67709	5	69262	1	72183	7	76503
14080	74867	6	76444	2	79392	8	83735

p	$p^{1,861}$	p	$p^{1,861}$	p	$p^{1,861}$	p	$p^{1,861}$
14249	55290967	14305	55696687	14361	56103792	14417	56512290
14250	98199	6	55703945	2	11078	8	19596
1	55305433	7	11203	3	18363	9	26903
2	12667	8	18460	4	25648	14420	34210
3	19901	9	25718	5	32934	1	41519
4	27135	14310	32976	6	40219	2	49827
5	34369	1	40238	7	47504	3	56136
6	41602	2	47500	8	54789	4	63445
7	48836	3	54762	9	62075	5	70754
8	56070	4	62024	14370	69360	6	78062
9	63304	5	69286	1	76647	7	85371
14260	70538	6	76548	2	83934	8	92680
1	77780	7	83810	3	91222	9	99988
2	85021	8	91072	4	98509	14430	56607297
3	92263	9	98334	5	56205796	1	14612
4	99504	14320	55805596	6	13083	2	21928
5	55406746	1	12863	7	20370	3	29243
6	13987	2	20129	8	27658	4	36558
7	21229	3	27396	9	34945	5	43874
8	28470	4	34662	14380	42232	6	51189
9	35712	5	41929	1	49525	7	58504
14270	42953	6	49196	2	56818	8	65819
1	50197	7	56462	3	64110	9	73135
2	57440	8	63729	4	71403	14440	80450
3	64684	9	70995	5	78696	1	87767
4	71927	14330	78262	6	85989	2	95084
5	79171	1	85533	7	93282	3	56702401
6	86414	2	92805	8	56300574	4	09718
7	93658	3	55900076	9	07867	5	17036
8	55500901	4	07348	14390	15160	6	24353
9	08145	5	14619	1	22457	7	31670
14280	15388	6	21890	2	29754	8	38987
1	22637	7	29162	3	37051	9	46304
2	29885	8	36433	4	44348	14450	53621
3	37134	9	43705	5	51645	1	60946
4	44383	14340	50976	6	58942	2	68271
5	51632	1	58250	7	66239	3	75596
6	58880	2	65525	8	73536	4	82921
7	66129	3	72799	9	80833	5	90246
8	73378	4	80074	14400	88130	6	97570
9	80626	5	87348	1	95431	7	56804895
14290	87875	6	94622	2	56402732	8	12220
1	95127	7	56001897	3	10034	9	19545
2	55602380	8	09171	4	17335	14460	26870
3	09632	9	16446	5	24636	1	34196
4	16884	14350	23720	6	31937	2	41522
5	24137	1	30999	7	39238	3	48848
6	31389	2	38277	8	46540	4	56174
7	38641	3	45556	9	53841	5	63500
8	45893	4	52835	14410	61142	6	70826
9	53146	5	60114	1	68449	7	78152
14300	80398	6	67392	2	75756	8	85478
1	67656	7	74671	3	83062	9	92804
2	74914	8	81950	4	90369	14470	56900130
3	82171	9	89228	6	97676	1	07464
4	89429	14360	96507	6	56504983	2	14798

p	$p^{1,861}$	p	$p^{1,861}$	p	$p^{1,861}$	p	$p^{1,861}$
14473	56922132	14529	57333355	14585	57745964	14641	58159934
4	29466	14530	40708	6	53344	2	67339
5	36800	1	48067	7	60724	3	74744
6	44134	2	55425	8	68104	4	82149
7	51468	3	62784	9	75484	5	89554
8	58802	4	70143	14590	82864	6	96959
9	66136	5	77502	1	90250	7	58204364
14480	73470	6	84860	2	97635	8	11769
1	80806	7	92219	3	57805021	9	19174
2	88142	8	99578	4	12407	14650	26579
3	95478	9	57406936	5	19793	1	33991
4	57002814	14540	14295	6	27178	2	41403
5	10150	1	21658	7	34564	3	48815
6	17485	2	29021	8	41950	4	56227
7	24821	3	36384	9	49335	5	63639
8	32175	4	43747	14600	56721	6	71051
9	39493	5	51110	1	64109	7	78463
14490	46829	6	58473	2	71496	8	85875
1	54169	7	65836	3	78884	9	93287
2	61509	8	73199	4	86271	14660	58300699
3	68849	9	80562	5	93659	1	08113
4	76189	14550	87925	6	57901046	2	15527
5	83530	1	95292	7	08434	3	22941
6	90870	2	57502660	8	15821	4	30355
7	98210	3	10027	9	23203	5	37769
8	57105550	4	17395	14610	30596	6	45183
9	12890	5	24762	1	37991	7	52597
14500	20230	6	32129	2	45385	8	60011
1	27575	7	39497	3	52780	9	67425
2	34919	8	46864	4	60174	14670	74839
3	42264	9	54232	5	67569	1	82260
4	49608	14560	61599	6	74963	2	89681
5	56953	1	68971	7	82358	3	97101
6	64298	2	76343	8	89752	4	58404522
7	71642	3	83715	9	97147	5	11943
8	78987	4	91087	14620	58004541	6	19364
9	86331	5	98459	1	11937	7	26785
14510	93676	6	57605831	2	19332	8	34205
1	57201026	7	13203	3	26728	9	41626
2	08376	8	20575	4	34123	14680	49047
3	15726	9	27947	5	41519	1	56470
4	23076	14570	35319	6	48915	2	63893
5	30427	1	42693	7	56310	3	71315
6	37777	2	50068	8	63706	4	78738
7	45127	3	57442	9	71101	5	86161
8	52477	4	64817	14630	78497	6	93584
9	59827	5	72191	1	85900	7	58501007
14520	67177	6	79565	2	93303	8	08429
1	74530	7	86940	3	58100707	9	15852
2	81883	8	94314	4	08110	14690	23275
3	89236	9	57701689	5	15513	1	30702
4	96589	14580	09063	6	22916	2	38129
5	57303943	1	16443	7	30319	3	45557
6	11296	2	23823	8	37723	4	52984
7	18649	3	31203	9	45126	5	60411
8	26002	4	38583	14640	52529	6	67838

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
14697	58575265	14753	58991981	14809	59110071	14865	59829510
8	82693	4	99437	14810	17549	6	37014
9	90120	5	59006892	1	25028	7	44517
14700	97547	6	14347	2	32506	8	52021
1	58604981	7	21803	3	39985	9	59524
2	12415	8	29258	4	47463	14870	67028
3	19849	9	36714	5	54942	1	74534
4	27283	14760	44169	6	62421	2	82039
5	34718	1	51627	7	69899	3	89545
6	42152	2	59085	8	77378	4	97050
7	49586	3	66543	9	84856	5	59904556
8	57020	4	74001	14820	92335	6	12061
9	64454	5	81460	1	99822	7	19567
14710	71888	6	88918	2	59507309	8	27072
1	79324	7	96376	3	14796	9	34578
2	86760	8	59103834	4	22283	14880	42083
3	94196	9	11292	5	29770	1	49594
4	58701632	14770	18750	6	37257	2	57106
5	09069	1	26212	7	44744	3	64617
6	16505	2	33673	8	52231	4	72129
7	23941	3	41135	9	59718	5	79640
8	31377	4	48597	14830	67205	6	87151
9	38813	5	56059	1	74693	7	94663
14720	46249	6	63520	2	82180	8	60002174
1	53689	7	70982	3	89668	9	09686
2	61130	8	78444	4	97155	14890	17197
3	68570	9	85905	5	59604643	1	24713
4	76011	14780	93367	6	12131	2	32229
5	83451	1	59200836	7	19618	3	39745
6	90891	2	08305	8	27106	4	47261
7	98332	3	15774	9	34593	5	54777
8	58805772	4	23243	14840	42081	6	62292
9	13213	5	30713	1	49576	7	69808
14730	20653	6	38182	2	57070	8	77324
1	28100	7	45651	3	64565	9	84840
2	35548	8	53120	4	72059	14900	92356
3	42995	9	60589	5	79554	1	99874
4	50443	14790	68058	6	87049	2	60107392
5	57890	1	75529	7	94543	3	14909
6	65337	2	83000	8	59702038	4	22427
7	72785	3	90471	9	09532	5	29945
8	80232	4	97942	14850	17027	6	37463
9	87680	5	59305413	1	24524	7	44981
14740	95127	6	12884	2	32020	8	52498
1	58902576	7	20355	3	39517	9	60016
2	10025	8	27826	4	47013	14910	67534
3	17473	9	35297	5	54510	1	75059
4	24922	14800	42768	6	62006	2	82584
5	32371	1	50246	7	69503	3	90109
6	39820	2	57724	8	76999	4	97634
7	47269	3	65202	9	84496	5	60205159
8	54717	4	72680	14860	91992	6	12684
9	62166	5	80159	1	99496	7	20209
14750	69615	6	87637	2	59806999	8	27734
1	77070	7	95115	3	14503	9	35259
2	84526	8	59402593	4	22006	14920	42784

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
14921	60250314	14977	60672505	15033	61096046	15089	61520947
2	57843	8	80052	4	61103621	15090	28545
3	65373	9	87602	6	11196	1	36147
4	72902	14980	95152	6	18770	2	43750
5	80432	1	60702706	7	26345	3	51352
6	87961	2	10260	8	33920	4	58955
7	95491	3	17814	9	41495	5	66557
8	60303020	4	25368	15040	49070	6	74159
9	10550	5	32922	1	56652	7	81762
14930	18079	6	40476	2	64234	8	89364
1	25612	7	48030	3	71817	9	96967
2	33144	8	55584	4	79399	15100	61604569
3	40677	9	63138	5	86981	1	12178
4	48209	14990	70692	6	94563	2	19787
5	55742	1	78253	7	61202145	3	27397
6	63275	2	85814	8	09728	4	35006
7	70807	3	93375	9	17310	5	42615
8	78340	4	60800936	15050	24892	6	50224
9	85872	5	08498	1	32478	7	57833
14940	93405	6	16509	2	40063	8	65443
1	60400942	7	23620	3	47649	9	73052
2	08479	8	31181	4	55234	15110	80661
3	16017	9	38742	5	62820	1	88271
4	23554	15000	46303	6	70405	2	95882
5	31091	1	53865	7	77991	3	61703492
6	38628	2	61426	8	85576	4	11103
7	46165	3	68988	9	93162	5	18713
8	53703	4	76550	15060	61300747	6	26323
9	61240	5	84112	1	08337	7	33934
14950	68777	6	91673	2	15927	8	41544
1	76319	7	99235	3	23517	9	49155
2	83861	8	60906797	4	31107	15120	56765
3	91402	9	14358	5	38697	1	64380
4	98944	15010	21920	6	46287	2	71995
5	60506486	1	29487	7	53877	3	79610
6	14028	2	37054	8	61467	4	87225
7	21570	3	44621	9	69057	5	94841
8	29111	4	52188	15070	70647	6	61802456
9	36653	5	59755	1	84239	7	10071
14960	44195	6	67322	2	91831	8	17686
1	51741	7	74889	3	99423	9	25301
2	59287	8	82456	4	61407015	15130	32915
3	66832	9	90023	5	14607	1	40537
4	74378	15020	97590	6	22199	2	48158
5	81924	1	61005163	7	29791	3	55779
6	89470	2	12736	8	37383	4	63400
7	97016	3	20309	9	44975	5	71021
8	60604561	4	27882	15080	52567	6	78641
9	12107	5	35456	1	60165	7	86262
14970	19653	6	43029	2	67763	8	93883
1	27203	7	50602	3	75360	9	61901504
2	34753	8	58175	4	82958	15140	09125
3	42303	9	65748	5	90556	1	16748
4	49853	15030	73321	6	98154	2	24371
5	57403	1	80896	7	61505752	3	31994
6	64952	2	88471	8	13349	4	39617

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,884}$
15145	61947240	15201	62374878	15257	62803880	15313	63234255
6	54863	2	82528	8	11552	4	41954
7	62486	3	90178	9	19225	5	49653
8	70109	4	97828	15260	26897	6	57352
9	77732	5	62405479	1	34573	7	65051
15150	85355	6	13129	2	42248	8	72750
1	92984	7	20779	3	49924	9	80449
2	62000613	8	28429	4	57599	15320	88148
3	08242	9	36079	5	65275	1	95852
4	15871	15210	43729	6	72950	2	63303555
5	23500	1	51385	7	80626	3	11259
6	31128	2	59041	8	88301	4	18962
7	38757	3	66697	9	95977	5	26666
8	46386	4	74353	15270	62903652	6	34369
9	54015	5	82010	1	11335	7	42073
15160	61644	6	89666	2	19018	8	49776
1	69278	7	97322	3	26701	9	57480
2	76911	8	62504978	4	34384	15330	65183
3	84545	9	12634	5	42067	1	72889
4	92178	15220	20290	6	49749	2	80595
5	99812	1	27948	7	57432	3	88301
6	62107446	2	35606	8	65115	4	96007
7	15079	3	43265	9	72798	5	63403713
8	22713	4	50923	15280	80481	6	11418
9	30346	5	58581	1	88166	7	19124
15170	37980	6	66239	2	95851	8	26830
1	45618	7	73897	3	63003536	9	34536
2	53256	8	81556	4	11221	15340	42242
3	60895	9	89214	5	18906	1	49952
4	68533	15230	96872	6	26590	2	57661
5	76171	1	62604536	7	34275	3	65371
6	83809	2	12200	8	41960	4	73081
7	91447	3	19864	9	49645	5	80791
8	99086	4	27528	15290	57330	6	88500
9	62206724	5	35193	1	65018	7	96210
15180	14362	6	42857	2	72707	8	63503920
1	22004	7	50521	3	80395	9	11629
2	29645	8	58185	4	88083	15350	19339
3	37287	9	65849	5	95772	1	27055
4	44928	15240	73513	6	63103460	2	34771
5	52570	1	81179	7	11148	3	42487
6	60211	2	88845	8	18836	4	50203
7	67853	3	96515	9	26525	5	57920
8	75494	4	62704177	15300	34213	6	65636
9	83136	5	11843	1	41908	7	73352
15190	90777	6	19508	2	49602	8	81068
1	98422	7	27174	3	57297	9	88784
2	62306067	8	34840	4	04991	15360	96500
3	13712	9	42506	5	72686	1	63604221
4	21357	15250	50172	6	80380	2	11943
5	29003	1	57845	7	88075	3	19664
6	36648	2	65517	8	95769	4	27385
7	44293	3	73190	9	63203464	5	35107
8	51938	4	80862	15310	11158	6	42828
9	59583	5	88535	1	18857	7	50549
15200	67228	6	96207	2	26556	8	58270

p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$	p	$p^{1,864}$
15369	63665992	15402	63921029	15435	64176555	15468	64432552
15370	73713	2	28766	6	84307	9	40314
1	81435	4	36502	7	92056	15470	48076
2	89157	5	44238	8	99807	1	55845
3	96879	6	51974	9	64207558	2	63614
4	63704601	7	59710	15440	15309	3	71384
5	12323	8	67447	1	23064	4	79153
6	20045	9	75183	2	30819	5	86922
7	27767	15410	82919	3	38573	6	94691
8	35489	1	90663	4	46328	7	64502460
9	43211	2	98406	5	54083	8	10230
15380	50933	3	64006150	6	61838	9	17999
1	58663	4	13894	7	69593	15480	25768
2	66392	5	21638	8	77347	1	33538
3	74122	6	29381	9	85102	2	41307
4	81851	7	37125	15450	92857	3	49077
5	89581	8	44869	1	64300617	4	56846
6	97310	9	52612	2	08377	5	64616
7	63805040	15420	60356	3	16137	6	72386
8	12769	1	68100	4	23897	7	80155
9	20499	2	75845	5	31657	8	87925
15390	28228	3	83589	6	39417	9	95694
1	35961	4	91334	7	47177	15490	64603464
2	43694	5	99078	8	54937	1	11241
3	51426	6	64106822	9	62697	2	19019
4	59160	7	14567	15460	70456	3	16796
5	66893	8	22311	1	78219	4	34573
6	74625	9	30056	2	85981	5	42351
7	82358	15430	37800	3	93743	6	50128
8	90091	1	45551	4	64401505	7	57905
9	97824	2	53302	5	09267	8	65682
15400	63905557	3	61053	6	17028	9	73460
1	13293	4	68804	7	24790	15500	81237

I. Часть геологическая.

Обнаженія, входящія въ составъ профиля Грегорице — Влохи, расположены вдоль береговъ долины небольшого ручья, текущаго съ нѣкоторыми отклоненіями съ юга на сѣверъ и недалеко отъ дер. Влохи впадающаго въ рѣчку Покрживянку. Названная долина представляетъ собою узкое живописное ущелье съ высокими (отъ 10 до 35 м.), мѣстами почти отвѣсными берегами, сложенными изъ девонскихъ породъ, частью обнаженныхъ, частью скрытыхъ подъ новѣйшими осадками. Мѣстами крутые склоны береговъ густо заросли лѣсомъ. Правый берегъ, представляющій почти одно сплошное обнаженіе (съ небольшими перерывами), болѣе высокъ и обрывистъ, въ особенности въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ ручей непосредственно оmyваетъ подошвы голыхъ известковыхъ утесовъ; лѣвый — не подмываемый ручьемъ — берегъ отличается болѣе мягкими склонами и почти на всемъ протяженіи покрытъ лѣссомъ, подъ которымъ скрываются коренныя породы. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, впрочемъ, онѣ или сами выходятъ на дневную поверхность, или обнажены искусственными выемками, и въ такомъ случаѣ обнаруживаютъ полное соотвѣтствіе съ породами праваго берега — фактъ, до сихъ поръ не отмѣченный въ литературѣ. Общее разстояніе отъ подвор. Грегорице до дер. Влохи, на которомъ встрѣчаются девонскія породы, по прямому направленію — около 2800 метровъ ¹⁾). На этомъ пространствѣ дно долины понижается съ юга на сѣверъ приблизительно на 10 м. ²⁾). Высота берега

¹⁾ Измѣрено по картѣ.

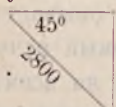
²⁾ Измѣрено барометромъ.

постепенно убываетъ въ томъ же направленіи, такъ что около Грегоржевице напр. правый берегъ возвышается надъ дномъ долины на 35 м., а около д. Влохи—всего на 10 м. Простираніе девонскихъ породъ колеблется въ предѣлахъ отъ SO 107° до SO 125°¹⁾, и въ среднемъ можетъ быть принято равнымъ—SO 115°. Такъ какъ прямая линія Влохи — Грегоржевице имѣетъ направленіе — SO 160°, то въ общемъ долина прорѣзываетъ пласты не точно въ крестъ простиранія, а подъ острымъ угломъ—въ 45°. Разумѣется этотъ уголъ измѣняется въ зависимости отъ уклоненій въ направленіи простиранія породъ и въ направленіи долины. Онъ колеблется въ предѣлахъ отъ 25° до 110° и на большемъ разстояніи (сѣверный конецъ) = 25° (Простир.—SO 125°, направл. долины SO 150°). Наденіе—вездѣ на NNO подъ измѣняющимся угломъ—35—65°, въ среднемъ—50°. На основаніи приведенныхъ цифръ общую толщю девонскихъ породъ профиля можно опредѣлить приблизительно въ 1500 м.²⁾. Стратиграфическая толща тѣхъ же породъ должна быть, конечно, значительно меньше, такъ какъ пласты одного и того-же возраста, какъ будетъ указано ниже, иногда обнажаются въ профилѣ по 2 раза.

¹⁾ Измѣрено компасомъ, при чемъ уголъ склоненія въ расчетъ не принимать.

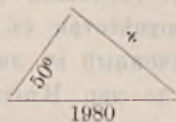
²⁾ Направленіе долины съ простираніемъ породъ образуетъ уг. 45°. Длина разрѣза по долинѣ—2800 м. Для опредѣленія длины горизонтальной линіи, проходящей черезъ толщю вкрестъ простиранія, нужно опредѣлить катетъ прямоугольнаго треугольника,

съ гипотенузой въ 2800 м. и равнымъ катетамъ.



$$x, \quad x = \sqrt{\frac{2800^2}{2}} = 1980 \text{ м. (отбрасывая дробь).}$$

Для вычисленія толщи осадковъ нужно опредѣлить катетъ, противолежащій углу въ 50° (среднее наденіе), при гипотенузѣ 1980 м.



$$x = 1980 \sin 50^\circ = 1516, 7671.$$

Описаніе обнаженій.

Выходъ 1. Какъ-разъ противъ усадьбы Грегоржевице ручей образуетъ излучину, круто измѣняя свое направленіе съ сѣверо-западнаго на сѣверо-восточное. Вслѣдствіе этого правый высокій берегъ въ этомъ мѣстѣ выступаетъ въ видѣ остраго мыса, направленнаго вершиной къ W. Въ наиболѣе возвышенномъ пунктѣ высота этого мыса — 35 метровъ. На склонахъ почти повсюду обнажается твердый кварцитовидный песчаникъ, мѣстами представляющій хорошіе разрѣзы. Песчаникъ — обыкновенно свѣтлосѣраго цвѣта, иногда буроватый. Очень часто бурая и свѣтлая окраска расположены чередующимися полосами, параллельными плоскостямъ напластованія. Во многихъ мѣстахъ можно подмѣтить ясно выраженную діагональную слоистость. Встрѣчаются прослойки конгломерата. Никакихъ признаковъ окаменѣлостей — не найдено. Простираніе — SO 107°, паденіе къ N — уг. 50°. Цейшнеръ ¹⁾ сравниваетъ этотъ песчаникъ съ нижне-силурійскимъ (по Цейшнеру — девонскимъ) песчаникомъ г. Бокувки. Гюрихъ ²⁾ съ большимъ правомъ считаетъ его нижнедевонскимъ, такъ какъ разсматриваемый выходъ расположенъ на линіи простиранія несомнѣнно нижне-девонскихъ песчаниковъ гг. Мѣйска и Виснѣвка ³⁾. Стратиграфическое положеніе песчаника въ профилѣ Грегоржевице — Влохи, какъ видно будетъ изъ дальнѣйшаго, заставляетъ склониться къ тому-же выводу.

¹⁾ I. c. S. 264.

²⁾ I. c. S. 53.

³⁾ Ib. S. 46.

Выходъ 2.¹⁾ На NW склонѣ того-же самаго мыса—всего въ нѣсколькихъ шагахъ къ сѣверу отъ выходовъ песчаника—при помощи небольшихъ искусственныхъ обнаженій мнѣ удалось обнаружить подъ осыпью коренные породы. Это — довольно мягкіе зеленовато-сѣрые мергелистые сланцы, постепенно переходящіе къ N въ болѣе плотные темно-сѣрые или почти черные тонкослоистые мергелистые известняки. Я собралъ здѣсь слѣдующіе виды: ²⁾

1. *Fafosites Goldfussi* d'Orb.
2. " sp.
3. *Pachypora* sp.
4. *Fistulipora proporoides* (?) Nich.
5. *Cyathophyllum heterophyllum* M. Edw.
var. *torquata* Schlüter.
6. " *ceratites* Goldf.
7. " *bathycalyx* Frech. var. *scalense*.
8. *Cystiphyllum vesiculosum* Goldf.
9. *Calceola* (?) *sandalina* Lam.
10. *Tentaculites Schlotheimi* Koken.
11. *Crinoidea* genera.
12. *Chonetes sarcinulata* Schloth.
13. " *plebeja* Schnur.
14. *Strophodonta subtetragona* Roem.
15. " *interstitialis* Phillips.
16. *Orthis opercularis* Vern.
17. " *circularis* Sow.
18. " *subcordiformis* Kayser.
19. " *tetragona* (?) F. R.
20. *Spirifer subcuspidatus* var. *alata* Kayser.
21. *Martinia inflata* Schnur.
22. *Athyris concentrica* L. v. B.
23. *Bifida lepida* Goldf.
24. *Atrypa reticularis* L.
25. " *aspera* Schloth.
26. *Rhynchonella d'Orbignyana* Arch. Vern.
27. " *livonica* Buch.

¹⁾ Ср. Соболевъ. I. с.

²⁾ Списокъ нѣсколько пополненъ по сравнению съ приведеннымъ въ цитированной работѣ.

28. *Spirorbis omphalodes* (?) M. Edw. et Haim.
29. *Pleurotomoria* (?) sp.
30. *Phacops* sp.

На основаніи общаго характера фауны, а также совмѣстнаго нахожденія *Fafosites Goldfussi* и *Rhynchonella d'Orbignyana* я приравниваю разсматриваемый горизонтъ къ культурюгатовому.

Выходъ 3. Въ всячемъ боку только что разсмотрѣнныхъ мергелистыхъ известняковъ—пѣсколькими шагами сѣвернѣе—на томъ-же NW склонѣ мыса обнажаются въ искусственной выемкѣ описанные уже Цейшперомъ и Гюрихомъ известняки. Это—такъ назв. „Домбровский горизонтъ” ¹⁾ Гюриха. Известнякъ темно-сѣраго, иногда красноватаго цвѣта, весьма твердый, но хрупкій, съ занозистымъ изломомъ. Мѣстами переполненъ окаменѣlostями. Здѣсь собраны слѣдующіе виды: ²⁾

1. *Tentaculites Schlotheimi* Koken.
2. *Chonetes sarcinulata* Schloth.
- *3. „ *minuta* Goldf.
- *4. *Leptaena* sp. (*lepis* (?) Bronn).
5. *Streptorhynchus umbraculum* Schloth.
6. *Spirifer Puschi* n. nom. (*Sp. Dombrowiensis* Gürich).
- *7. *Atrypa reticularis* L.
8. *Piscium* genus.

Гюрихъ приводитъ отсюда еще:

- Pachypora praeccrassa* Gürich.
Aulopora repens M. E. et H.
Rhabdomeson devonicum Gürich.
Dechenella Dombrowiensis Gürich.

Для опредѣленія возраста этого горизонта, по нашему мнѣнію, имѣютъ значеніе слѣдующіе моменты: 1) Известняки залегаютъ непосредственно въ всячемъ боку пластовъ предыдущаго выхода; 2) послѣдніе, какъ замѣчено, обнаруживаютъ постепенный петрографическій переходъ къ известнякамъ настоящаго выхода; 3) фауна извест-

¹⁾ Название заимствовано отъ дер. Домбровы, гдѣ впервые Пушемъ описанъ соответствующій горизонтъ. Характерною окаменѣlostью этихъ слоевъ можно считать одинъ видъ *Spirifer'a*, названный Гюрихомъ *Sp. Dombrowiensis*. Я его называю *Sp. Puschi*.

²⁾ Невстрѣчающіеся въ списокъ Гюриха виды отмѣчены *.

няковъ посятъ смѣшанный нижне-и среднедевонскій характеръ и имѣетъ общіе виды съ фауною предыдущаго выхода (*Tentaculites Schlotheimi*, *Chonetes sarcinulata*). На основаніи этихъ соображеній разсматриваемые слои слѣдуетъ причислить къ тому-же культурятовому горизонту, какъ и породы предыдущаго выхода, при чемъ известняки въ этомъ горизонтѣ представляютъ, очевидно, висячую часть.

Выходъ 4. *Доломитъ безъ окаменѣлостей.* Въ томъ мѣстѣ, гдѣ ручей снова поворачиваетъ на NW, въ его долину съ правой стороны впадаетъ боковой оврагъ. Берегъ долины по правой сторонѣ этого оврага возвышается на 30 м. и сложенъ изъ твердаго мелкокристаллическаго темно-сѣраго доломита. Обнаженія его тянутся къ N вплоть до слѣдующаго боковаго оврага, въ лѣвомъ берегу котораго въ искусственной выемкѣ пласты обнаруживаютъ простираніе—SO 125°, при сѣверномъ паденіи подъ угломъ 35°. Доломитъ обнаруживаетъ сростковатое сложеніе, такъ что поверхности напластованія являются бугорчатыми. Важно отмѣтить, что на продолженіи линіи простиранія только что разсмотрѣнной толщи — въ лѣвомъ берегу долины обнажаются пласты точно такого-же доломита, имѣющіе простираніе—SO 110°, пад. на N, уг. 45°.

За отсутствіемъ окаменѣлостей относительно возраста этой свиты довольно трудно сказать что-либо опредѣленное. Въ виду тѣсной стратиграфической связи доломита съ стрингоцефаловымъ известнякомъ слѣдующаго выхода (5), всего вѣроятнѣе приписать ему (согласно съ Гюрихомъ) стрингоцефаловый возрастъ.

Выходъ 5. *Стрингоцефаловый известнякъ.* Правый берегъ только что упомянутаго второго боковаго оврага сложенъ изъ пластовъ известняка, мѣстами сплошь выполненнаго ядрами *Stringocephalus Burtini*. Ручей здѣсь подходитъ къ самому берегу долины и непосредственно омываетъ подножіе обнаженной скалы. Высота берега 26 м.

Выходъ 6. *Амфиоровый доломитъ* непосредственно налегаетъ съ сѣвера на стрингоцефаловый известнякъ. Мѣстами пласты его выполнены вѣточками *Amphipora ramosa*. Доломиты распространены отсюда къ сѣверу до слѣдующаго (3-го) боковаго оврага, на лѣвомъ берегу котораго они имѣютъ сростковатое сложеніе и сильно напоминаютъ подобные же доломиты выхода 4. Простираніе въ этомъ мѣстѣ—SO 120° паденіе къ N—уг. 55°. Высота берега—20 м. Тѣ-же самыя породы выступаютъ въ видѣ утеса и по правой сторонѣ оврага.

Выходъ 7. *Кальцеоловый сланецъ.* Нѣсколькими саженями сѣвернѣе послѣдняго выхода доломита—въ томъ мѣстѣ, гдѣ дорога ведетъ въ гору—на берегъ долины, приблизительно противъ мельницы

д. Скалы обнажаются рыхлые мергелисто-глинистые сланцы. Этимъ выходомъ начинается „толща глинистыхъ сланцевъ съ двумя прослойками известняка“, которую отмѣтилъ еще Цейшнеръ и которая съ тѣхъ поръ служитъ главнымъ мѣстомъ сбора среднедевонскихъ окаменѣлостей около д. Скалы. Къ сожалѣнiю до сихъ поръ вся эта толща разсматривалась, какъ одно цѣлое, и не было сдѣлано попытки опредѣлить отдѣльно окаменѣлости отдѣльныхъ ея горизонтовъ. Поэтому всѣмъ относящимся сюда породамъ—какъ сланцамъ, такъ и известнякамъ—Гюрихомъ приписывается одинъ возрастъ—верхнекальцеоловый. Въ виду того, что петрографически вся эта свита легко можетъ быть раздѣлена на нѣсколько отдѣльныхъ горизонтовъ,—я собралъ и опредѣлить фауну каждаго горизонта отдѣльно. (Вых. 7, 8 и 9).

Въ описываемомъ мѣстѣ сланецъ является прямо-таки переполненнымъ окаменѣлостями, прекрасно при томъ сохранными. Масса вымытыхъ изъ сланца окаменѣлостей разсыпана непосредственно на дорогѣ, а также на ближайшихъ поляхъ, куда онѣ снесены вмѣстѣ съ грязью дождевыми ручьями. Здѣсь собраны слѣдующіе виды:

1. *Fafosites Goldfussi* d'Orb.
2. *Striatopora*, aff. *devonicae* Schlüt. (Gülich).
3. „ *angulosa* Gülich.
4. *Alveolites scalensis* Gülich.
5. „ *angusticellata* n. sp.
6. *Aulopora serpens* Roem.
7. *Heterotrypa polonica* Gülich.
8. *Cyathophyllum heterophyllum* M. E. et H.
9. „ *vermiculare* Goldf.
10. „ *caespitosum* Goldf.
11. „ „ var. *striata* Gülich.
12. *Blotrophyllum scalense* Gülich.
13. *Metriophyllum gracile* Schlüter.
14. *Diphyphyllum intermedium* Gülich.
15. *Cystiphyllum vesiculosum* Coldf.
16. *Calceola sandalina* Schloth.
17. *Crinoidea* genera.
18. *Fenestella* sp.
19. *Productella subaculcata* Murch.
20. *Chonetes crenulata* Roem.
21. „ *gibbosa* Gülich.
22. *Leptaena depressa* Sow.

23. *Strophodonta anaglypha* Kayser.
24. " *interstitialis* Phill.
25. *Streptorhynchus umbraculum* Schloth.
26. *Kaysarella lepida* Schnur.
27. " *lepidiformis* Gürich.
28. *Orthis eifliensis* Vern.
29. " *subtetragona* Gürich.
30. " *canalicula* Schnur.
31. " *opercularis* Vern.
32. " *striatula* Schloth.
33. *Spirifer elegans* Steininger.
34. *Reticularia aviceps* Kayser.
35. *Nucleospira lens* Kayser.
36. *Athyris concentrica* L. v. B.
37. *Atrypa reticularis* L.
38. " *aspera* Schloth.
39. " *desquamata* Sow.
40. *Pentamerus galeatus* Sow.
41. *Rhynchonella primipilaris* L. v. B.

Всѣ виды (за исключеніемъ 3: *Orthis canalicula* и *Rhynchonella primipilaris*, появляющихся въ криноидныхъ слояхъ) извѣстны изъ верхнекальцеоловыхъ слоевъ Эйфеля. Среди нихъ есть и такіе (*Orthis opercularis* и *Spirifer elegans*), которые на Эйфелѣ выше этого горизонта не встрѣчаются. Такимъ образомъ здѣсь мы имѣемъ дѣло съ типичною верхнекальцеоловою фауной.

Выходъ 7а. Въ направленіи къ N петрографическій характеръ сланцевъ нѣсколько измѣняется. Въ нѣсколькихъ шагахъ отъ предыдущаго выхода обнажается тонколистоватый глинистый сланецъ зеленоватаго цвѣта. Въмѣстѣ съ тѣмъ и общій характеръ фауны нѣсколько иной, что легко подмѣтить на мѣстѣ. Именно, здѣсь нѣтъ того поразительнаго обилія плеченогихъ, которое въ предыдущемъ выходѣ бросается въ глаза. Нѣкоторые, особенно часто встрѣчающіеся тамъ виды, напр. *Productella subaculeata*, оба вида *Chonetes*, *Streptorhynchus umbraculum*, *Spirifer elegans* и нѣкотор. другіе — здѣсь совершенно отсутствуютъ. Это побудило меня опредѣлить фауну этого горизонта отдѣльно отъ предыдущей. Мною опредѣлены:

1. *Fafosites Goldfussi* d'Orb.
2. *Striatopora* aff. *devonicae* Schlüter (Gürich).
3. " *angulosa* Gürich.
4. *Coenites expansa* Frech var. *polonica* Gürich

5. *Cocnites* sp.
6. *Alveolites scalensis* Gürich.
7. " *suborbicularis* L.
8. *Cyathophyllum heterophyllum* M. E. et H.
9. " *ceratites* Goldf.
10. " *caespitosum* Goldf.
 var. *striata* Gürich.
11. *Endophyllum* sp.
12. *Cystiphyllum vesiculosum* Goldf.
 var. *parvum*.
13. " *secundum* (?) Goldf.
14. *Calceola sandalina* Lam.
15. *Microcylus Eifliensis* Kayser.
16. *Crinoidea* genera.
17. *Orthis eifliensis* Vern.
18. " *striatula* Schloth
19. *Reticularia curvata* Schloth.
20. *Martinia inflata* Schnur.
21. *Athyris concentrica* L. v. B.
22. *Atrypa reticularis* L.
23. " *aspera* Schloth.
24. *Camarophoria brachyptyca* Schnur.
25. *Rhynchonella subcordiformis* (?) Schnur.
26. " *polonica* n. sp.
27. " *pentagona* Kayser.
28. *Nucula krotonis* (?) Fr. Ad. Roem.
29. *Turbo* (?) *scalensis* n. sp.
30. *Phacops latifrons* Bronn.

Сравненіе приведеннаго списка съ предыдущимъ обнаруживаетъ весьма близкое родство между обѣими фаунами. Отличіе, состоящее главнымъ образомъ въ меньшемъ (и количественно и въ видовомъ отношеніи) числѣ плеченогихъ во 2-ой фаунѣ, можетъ быть отнесено на счетъ измѣненія фаціальныхъ условій. Въмѣстѣ съ тѣмъ нахожденіе во 2-ой фаунѣ видовъ, характерныхъ для криноидныхъ слоевъ Эйфеля: *Rhynchonella subcordiformis*, *R. pentagona*, *Phacops latifrons*, при полномъ отсутствіи *Spirifer elegans* (не переходящаго на Эйфель выше кальцеоловаго яруса), заставляетъ приписать ей возрастъ болѣе юный по сравненію съ фауною предыдущаго выхода. Такимъ образомъ глинистые зеленоватые сланцы будутъ также верхне-кальцеоловыми, и составляютъ вѣсичій бокъ мергелистаго сланца предыдущаго выхода.

Выходъ 8. *Криноидный известнякъ.* Съ сѣвера сланцы двухъ предыдущихъ выходовъ прикрываются прослойкою мергелистаго известняка, пласты котораго слагаютъ лѣвый берегъ бокового оврага (4-го по счету съ юга), впадающаго здѣсь въ главную долину. Уголь, образуемый долиною и оврагомъ, приходится почти какъ-разъ противъ мельницы д. Скалы. Высота берега 25 м. Известнякъ—темно-сѣрый, довольно твердый. Нѣкоторые куски сплошь состоятъ изъ членниковъ стебля криноидей. На поверхности свободно лежатъ окаменѣлости, освобожденные изъ вывѣтрѣлой породы. Я собралъ здѣсь слѣдующіе виды:

1. *Pachypora reticulata* Blainv.
2. *Striatopora* aff. *devonicae* Schlüter (Gürich).
3. *Alveolites suborbicularis* Lam.
4. *Cyathophyllum bathycalyx* Frech.
5. " sp.
6. *Blothrophyllum scalense* Gürich.
7. *Metriophyllum gracile* Schlüter.
8. *Diphyphyllum intermedium* Gürich.
9. *Zaphrentis polonica* n. sp.
10. *Cystiphyllum vesiculosum* Goldf. n. var.
11. *Productella subaculeata* Murch.
12. *Chonetes dilatata* (?) Roem.
13. *Leptaena depressa* Sow.
14. " *scalensis* n. sp.
15. *Strophadonta interstitialis* Phill.
16. *Streptorhynchus umbraculum* Schloth.
17. *Kayserella lepidiformis* Gürich.
18. *Skenidium fallax* Gürich.
19. " *arcola* Quenst.
20. *Orthis subtetragona* Gürich.
21. " *eifliensis* Vern.
22. " " var *crassa* Gürich.
23. " *opercularis* Vern.
24. " *striatula* Schloth.
25. *Reticularia lineata* Martin.
26. " *aviceps* Kayser.
27. " *curvata* Schloth.
28. " *macrorhyncha* Schuur.
29. *Martinia inflata* Schuur.
30. *Cyrtina heteroclita* Defr.

- †31. *Nucleospira lens* Schnur.
- 32. *Athyris concentrica* L. v. B.
- 33. " " var. *ventrosa* Schnur.
- 34. " " var. *squamosa* Kayser.
- 35. " " var. *pentagonalis* Kayser.
- 36. *Merista plebeja* Sow.
- 37. *Bifida lepida* Goldf.
- 38. *Kayseria lens* Phill.
- 39. *Atrypa recicularis* L.
- 40. " " var. *elongata* Gürich.
- 41. " " " *elipsoidea* n. var.
- 42. " *desquamata* Sow.
- 43. " *alinensis* Vern.
- 44. " *aspera* Schloth.
- 45. " *depressa* n. sp.
- 46. *Pentamerus globus* Bronn.
- 47. " " var. *a* Gürich.
- *48. " *brilonensis* Kayser.
- 49. " *galeatus* Dahn.
- *50. *Camarophoria formosa* Schnur.
- 51. *Rhynchonella Wahlenbergi* Goldf.
- †52. " *coronata* Kayser.
- 53. " *parallepipeda* Bronn.
- *54. " *crenulata* Sow.
- †55. *Diclasma Whidbornei* Davids.
- 56. *Succina proavia* Goldf.
- 57. *Rhaphistoma Bronni* Goldf.
- 58. *Dechenella polonica* Gürich.

Почти всѣ виды приведеннаго списка (за исключеніемъ мѣстныхъ) встрѣчаются въ криноидныхъ слояхъ Эйфеля, при чемъ среди нихъ есть такіе, которые извѣстны исключительно изъ этого горизонта (отмѣч. †) или ниже его не спускаются (отмѣч. *). Въ виду этого разсматриваемый известнякъ смѣло можно сравнивать съ криноидными слоями Эйфеля.

Выходъ 9. *Верхне-кальцоловый сланецъ.* Въ глубинѣ только что упомянутого оврага, а равно и въ правомъ его берегу обнажаются глинистые сланцы, по *habitus*у напоминающіе породы вых. 7, въ особенности 7а. Сланцы зеленоватого цвѣта — тонколистоваты и легко распадаются при вывѣтриваньи на весьма мелкіе кусочки. Въ одномъ мѣстѣ замѣтна прослойка желваковъ сферосидерита,

а равно также прослойка красноватого известняка около 1 м. мощностью. Указываемаго здѣсь Гюрихомъ ¹⁾ верхнедевонскаго сланца съ *Cardiola retrostriata*, не смотря на тщательные поиски, я не нашелъ. Напротивъ, въ тѣхъ мѣстахъ (правый берегъ оврага, а также мысъ, образуемый въ глубинѣ оврага двумя выпадающими въ него овражками 2-го порядка), гдѣ онъ по Гюриху долженъ находиться, я вездѣ находилъ въ сланцахъ совершенно одинаковыя среднедевонскія окаменѣлости. Кромѣ того для выдѣленія изъ этой свиты какого либо горизонта нѣтъ никакихъ ни петрографическихъ, ни стратиграфическихъ данныхъ, такъ какъ вся свита петрографически однородна и согласно падаетъ на N подъ угл. 50°. Здѣсь собраны:

1. *Fafosites Goldfussi* d'Orb.
2. *Fistulipora ramosa* Gürich.
3. *Cyathophyllum caespitosum* Goldf. var. *striata* Gürich.
4. " *bathycalyx* Frech.
5. *Gystiphyllum vesiculosum* Goldf.
6. *Crinoidea* genera.
7. *Leptaena depressa* Sow.
8. *Streptorhynchus umbraculum* Schloth
9. *Kayserella* sp.
10. *Orthis striatula* d'Orb.
11. *Reticularia aviceps* Kayser.
12. *Athyris concentrica* L. v. „B
13. *Kayseria lens* Phill.
14. *Atrypa reticularis* L.
15. " *desquamata* Sow.
16. " *aspera* Schloth.
17. *Pentamerus globus* Bronn.
18. *Rhynchonella pentagona* (Goldf.) Kayser.
19. " *polonica* n. sp.
20. *Nucula* sp.

Не трудно видѣть, что приведенная фауна вполне соответствуетъ фаунѣ выхода 7а, чего при упомянутомъ петрографическомъ сходствѣ породъ обоихъ выходовъ вполне достаточно для параллелизаціи этихъ горизонтовъ.

Выходъ 10. *Коралловый мергель.* Какъ уже замѣчено, сланцы предыдущаго выхода переходятъ и на правый берегъ бокового

¹⁾ l. c. S. 53—54.

оврага, впадающаго въ главную долину противъ мельницы д. Скалы. Въ нѣсколькихъ шагахъ къ N отъ устья оврага—въ береговой осыпи можно наблюдать непосредственное налеганіе на эти сланцы сильно вывѣтрѣлаго желтовато-бураго мергеля, выполненнаго полиппияками крупныхъ одиночныхъ коралловъ. Въ подстилающихъ сланцахъ заключена прослойка известняка, подобная только что описанной въ сланцахъ въ оврагѣ. Въ коралловомъ мергелѣ собраны слѣдующіе виды:

1. *Pachypora reticulata* Blainv.
2. *Striatopora angulosa* Gürich.
3. " aff. *devonicae* Schlüter (Gürich).
4. *Alveolites scalensis* Gürich.
5. *Cyathophyllum vermiculare* Goldf.
6. " " var. *polonicum* Gürich.
7. " *ceratites* Goldf.
8. " *Linstromi* Frech.
9. " *caespitosum* Goldf.
 var. *striata* Gürich
10. *Atrypa reticularis* L.
11. *Pentamerus globus* Bronn.

На основаніи приведеннаго списка фауны и стратиграфическихъ данныхъ (см. выше) я отношу, согласно Гюриху, коралловый мергель къ кальцеоловому ярусу, въ которомъ онъ долженъ считаться самымъ юнымъ членомъ изъ всѣхъ извѣстныхъ до сихъ поръ въ профилѣ горизонтовъ.

Выходъ 11. *Криноидный известнякъ.* Подвигаясь къ сѣверу вдоль берега долины, легко замѣтить, что коралловый мергель непосредственно прикрывается съ N пластами темно-сѣраго мергелистаго известняка, особенно хорошо обнаженными на лѣвомъ берегу слѣдующаго (5-го) боковаго оврага. По виду известнякъ вполнѣ сходенъ съ таковымъ-же выхода 8. Также какъ и тамъ, нѣкоторые куски сплошь выполнены члениками стебля криноидей. Паденіе (на лѣвомъ берегу оврага) къ N подъ угл. 30°. Собраны слѣдующіе, свободно лежавшія на поверхности окаменѣлости:

1. *Striatopora angulosa* Gürich
2. *Alveolites scalensis* Gürich.
3. *Heterotrypa polonica* Gürich.
4. *Cyathophyllum caespitosum* Goldf.
5. *Leptacna depressa* Sow.

6. *Strophodonta interstitialis* Phill.
7. *Spirifer Davidsoni* Schnur.
8. *Martinia inflata* Schnur.
9. *Atrypa* sp.

Принимая во вниманіе стратиграфическія условія, петрографическое и литологическое сходство известняка съ породою выхода 8, а также нахожденіе *Spirifer Davidsoni*, встрѣчающагося на Эйфелѣ исключительно въ криноидныхъ слояхъ, мы считаемъ себя въ правѣ приписать разсматриваемому горизонту криноидный возрастъ. Выходъ до сихъ поръ ни кѣмъ не былъ описанъ.

Выходъ 12. *Сланцы, песчаники и доломитъ.* Къ X отъ 5-го бокового оврага вплоть до весьма значительнаго расширенія долины противъ д. Чаховъ, гдѣ обнаружены верхнедевонскіе известняки (см. ниже), настоящихъ обнаженій коренныхъ породъ не наблюдается. Берегъ долины усеянъ обломками то глинистыхъ, то твердыхъ „граувакковыхъ” сланцевъ, подобныхъ сланцамъ Свентомаржа ¹⁾, то наконецъ доломита, подобнаго доломиту выхода 4. По направленію линій простиранія породъ (къ WNW)—около сѣверныхъ домовъ д. Скалы—въ самомъ ручьѣ обнажаются песчанистые („граувакковые”) сланцы, съ большимъ количествомъ листиковъ слюды. Идя далѣе въ томъ же направленіи, мы встрѣчаемъ нѣсколько выходовъ тѣхъ-же породъ въ обрывахъ береговъ рѣки Покрживянки, гдѣ сланцы иногда обнаруживаютъ довольно сложную складчатость. Около дер. Влохи—въ той-же рѣчкѣ, сланцы и довольно мягкій красноватый песчаникъ подстилаютъ пласты верхнедевонскаго известняка (Вых. 13). Въ сланцахъ окаменѣлостей нѣтъ. Въ песчаникѣ я нашелъ только одинъ экземпляръ ядра какого-то *Spirifer*, мож. б. *S. Archiaci* Murch. Приведенныхъ данныхъ крайне недостаточно для опредѣленія возраста разбираемой свиты. Исключительно на основаніи стратиграфическихъ данныхъ, и пожалуй еще петрографическаго сходства обломковъ доломита съ доломитомъ выхода 4, можно условно приписать всей толщѣ стрингоцефаловый возрастъ.

Выходъ 13. *Верхнедевонскій коралловый известнякъ.* Противъ д. Чаховъ долина ручья сильно расширяется. Правый берегъ, достигающій здѣсь высоты всего 10 м., образуетъ видъ глубокой бухты, направленной къ деревнѣ, къ которой въ этомъ мѣстѣ изъ долины ведетъ дорога. Почти непосредственно у дороги, въ лѣвомъ (юж-

¹⁾ См. Zeuschner, N. Jahrbuch f. Min. 1866, S. 514; Gürich, l. c. S. 60.

помѣ) берегу бухты расположена искусственная выемка, обнажающая пласты свѣтло-сѣраго, иногда окрашеннаго окисью желѣза въ красный цвѣтъ, кристаллическаго известняка, весьма напоминающаго верхне-девонскій известнякъ г. Кадзельной около Кѣльцъ ¹⁾). Паденіе слоевъ къ N подъ угл. 65°. Къ востоку отсюда, приблизительно по направленію простиранія, точно такіе же известняки образуютъ пороги на рѣчкѣ Покрживянкѣ къ югу отъ д. Влохи, не далеко отъ мѣста сліянія съ этой рѣчкой уже извѣстнаго намъ ручья, текущаго отъ дер. Грегоржевице къ N. Какъ уже упомянуто, известнякъ подстилается здѣсь красноватымъ песчаникомъ, который въ свою очередь налегаетъ на сланцы. Простираніе SO 125° паденіе къ N, угл. 65°. Пласты прорѣзаны живою струей въ крестъ ихъ простиранія и при незначительной глубинѣ рѣки въ этомъ мѣстѣ образуютъ своими головами, поперекъ ея рядъ параллельныхъ заборовъ, черезъ которые съ шумомъ бурлитъ вода. На берегу среди массы обломковъ известняка мною собрано довольно значительное число окаменѣлостей, съ которыми вполне сходны и виды найденные противъ Чажова. Определены:

1. *Actinostroma stellulatum* Nich.
1. *Stromatopora concentrica* Goldf.
3. *Aulopora serpens* Goldf.
4. *Alveolites suborbicularis* Lam.
5. *Chaetetes tenuis* Frech. var. *polonica*.
6. *Cyathophyllum heterophylloides* Frech.
7. " *tinocystis* Frech.
8. " *diantoides* n. sp.
9. " *caespitosum* Goldf.
10. *Phillipsastrea Hennani* Lonsdal.
11. *Endophyllum priscum* Münster.
n. var. *polonicum*.
12. " *scalense* n. sp.
13. " *halliaeforme* n. sp.
14. *Hallia prolifera* A. Roem.
15. " *breviseptata* n. sp.
16. *Streptorhynchus (?) orthisinacformis* n. sp.
17. *Orthis striatula* Schloth.
18. *Reticularia undifera* Roem.
19. *Athyris concentrica* L. v. B.

¹⁾ См. Gürich, l. c. S. 79.

20. *Atrypa reticularis* L.
21. „ *desquamata* Sow.
22. *Pentamerus acutelobatus* Sandberger.

Характеръ фауны не оставляетъ никакого сомнѣнія въ принадлежности известняковъ къ верхнему девону. Именно—она представляетъ собою полную аналогію фаунѣ коралловой фациі нижняго горизонта верхняго девона (Unteres Oberdevon) Германіи (Grund), въ которомъ мы находимъ всѣхъ *Rugosa* приведеннаго списка. Многие изъ послѣднихъ (*Cyathoph. heterophylloides*, *C. tinocystis*, *Phillipsastrea Hemani*, *Endophillum priscum*, *Hallia Prolifera*) характерны исключительно для этого горизонта ¹⁾. Что касается брахиоподъ, то среди нихъ мы встрѣчаемъ такую характерную для стрингоцефаловыхъ словесъ форму, какъ *Reticularia undifera*. Думается однако, что это обстоятельство въ виду вполне опредѣленнаго характера фауны коралловъ не можетъ имѣть особеннаго значенія при опредѣленіи возраста, тѣмъ болѣе, что экземпляръ *Ret. undifera* можетъ происходить изъ подстилающаго известнякъ песчаника (на что отчасти намекаетъ и характеръ сохраненія этой окаменѣлости), который, какъ выше замѣчено, мы условно отнесли къ стрингоцефаловому ярусу.

Описанный выходъ служитъ фактическимъ опроверженіемъ господствовавшаго до сихъ поръ въ литературѣ мнѣнія, будто къ N отъ Св. Кржижскаго края нижній пододѣлъ верхняго девона выраженъ исключительно фацией сланцевъ съ *Cardiola retrostriata*, слѣдовательно—отлично отъ того, какъ онъ выраженъ къ югу отъ этой линіи (Кадзельскій известнякъ около Кѣльнъ).

Съ сѣвера къ известняку, обнажающемуся на дорогѣ въ д. Чажовъ, прислонена толща конгломерата, состоящаго изъ кусковъ девонскаго известняка, сцементированныхъ красноватымъ песчаникомъ, а еще сѣвернѣе—противъ дер. Нова-Весь—въ правомъ берегу Покрживянки производится ломки триасоваго пестраго песчаника.

На основаніи всѣхъ вышензложенныхъ данныхъ стратиграфическія отношенія девонскихъ отложеній профиля Грегоржевице — Влохн могутъ быть представлены въ слѣдующей таблицѣ:

¹⁾ См. Frech, Korallenfauna Oberdevons. Z. d D. g. G. 1885. S. 21.

Подраздѣленіе девонскихъ отложеній профиля Грегоржевице—Влохи.

Нижн. подотд. верх. девона	6.	Коралловый известнякъ дд.: Влохи и Чажовъ (вых. 13).	
		Южный конецъ профиля:	Сѣверный конецъ профиля:
Стрингоцефалов. ярусъ	{	5b. Амфипоров. доломитъ (вых. 6). 5a. Стрингоцефал. известн. (вых. 5). 5. Долом. безъ окаменѣл. (вых. 4).	{ 5c. { Песчаники Сланцы Доломитъ } (в. 12).
Криноидные слои	4.	Криноидный известнякъ (вых. 8 и 11).	
Верхн. кальцеолов. ярусъ	{	3b. Коралловый мергель (вых. 10). 3a. Глинистый сланецъ (вых. 7 и 9). 3. Мергелистый сланецъ (вых. 7).	
Культириогатовые слои	{	2a. Известнякъ съ <i>Chonetes sarcinulata</i> и <i>Spirifer Puschii</i> . 2. Мергел. сланецъ съ <i>Rhynchonella d'Orbignyana</i> и <i>Favosites Goldfussi</i> .	
Нижн. девонъ	1.	Песчаникъ Грегоржевице.	

Тектоника.

Въ виду довольно запутанныхъ условій напластованія тектоники изучаемаго профиля до сихъ поръ представляется неясною. Дѣйствительно, съ перваго взгляда можетъ показаться, что слои различнаго возраста почти безъ всякаго порядка налегаютъ одинъ на другой, сохраняя однако одно и то же простираніе и паденіе. Получается впечатленіе хорошо перемѣшанной колоды картъ. Въ особенности много путаницы вносятъ указываемый Гюрихомъ выходъ *Retrostriat'*оваго сланца, окруженный со всѣхъ сторонъ породами кальцеоловаго возраста. Это обстоятельство, вѣроятно въ связи съ орографическимъ характеромъ долины, подало Гюриху поводъ для созданія своеобразной гипотезы, будто бы уясняющей тектонику профиля. По Гюриху ¹⁾ долина соотвѣтствуетъ поперечному сбросу, при чемъ, однако, послѣдній не представляется рѣзкой линіей, а скорѣе цѣлой зоной разрыва. Благодаря этому, когда подъ влияніемъ эрозіонныхъ процессовъ позднѣе обозначилась, какъ таковая, главная сбросовая линія, то по восточной ея сторонѣ глыбы болѣе юныхъ породъ могли уцѣлѣть на краю обрыва болѣе древнихъ.

Выше мною приведены факты, на основаніи которыхъ нельзя допустить здѣсь существованія поперечнаго сброса. Породы лѣваго берега долины—тамъ, гдѣ онѣ обнажаются, оказываются вполне ана-

¹⁾ 1. c. S. 54.

логичными породами правого, и выходы соответственных пород на правом и левом берегах оказываются лежащими на одной прямой, совпадающей с линией простирания. Таковы напр. выходы доломита на правом и левом берегах (вых. 4), или выходы сланцев и верхнедевонского известняка на северном концѣ профиля (вых. 12, 13). Долина, следовательно,—не тектоническаго, а эрозіоннаго происхожденія, съ чѣмъ не только не стоитъ въ противорѣчіи, напротивъ—находится въ полномъ соотвѣтствіи и ея орографическій характеръ. Именно,—это типичный примѣръ долины, прорѣзанной въ крестъ простирания въ твердыхъ породахъ. Процессъ образованія такой долины въ его первыхъ стадіяхъ прекрасно можно наблюдать въ вышеописанномъ выходѣ верхнедевонскаго известняка около дер. Влохи, гдѣ Покрживянка именно такимъ образомъ прорѣзываетъ себѣ русло въ крестъ простирания твердаго известняка ¹⁾. Долины одного типа съ описываемой совсѣмъ не представляютъ рѣдкости въ Кѣлецко-Сандомірскомъ краѣ и именно встрѣчаются почти всюду въ мѣстахъ, гдѣ какая либо рѣчка прорѣзываетъ твердые пласты (или цѣлые хребты) въ крестъ ихъ простирания. Достаточно указать такіе-же долины въ окрестностяхъ Свентомаржа, Лагова, Мойчи... Такимъ образомъ гипотезу сбросоваго характера долины, очевидно, слѣдуетъ оставить въ сторонѣ. Впрочемъ это ясно уже и изъ того, что гипотеза эта создапа для объясненія факта, достовѣрность котораго по меньшей мѣрѣ сомнительна. Въ самомъ дѣлѣ, если мы (какъ это сдѣлано выше) выбросимъ изъ состава профиля верхнедевонскій *Retrostria*’овый сланецъ, какъ несуществующій, то хотя тектоника профиля все еще останется довольно сложной, но не настолько, чтобы задачу ея уясненія слѣдовало считать неразрѣшимой. Изобразивши послѣдовательность слоевъ профиля согласно съ дѣйствительностью, мы будемъ въ состояніи подмѣнить въ ихъ напластованіи нѣкоторую стратиграфическую правильность:

¹⁾ Прекрасный—можно сказать классическій примѣръ эрозіонной долины въ твердой породѣ представляетъ знаменитая Ойцовекая долина, въ видѣ глубокой щели прорѣзывающая юрскіе известняки. Такого же по существу типа и наша долина, съ тою разницей, что въ послѣдней эрозіонные процессы болѣе или менѣе закончились, тогда какъ въ Ойцовекой они продолжаются и по настоящее время.

4.	Верхн. девонъ	6.	Известнякъ дер. Влохи.
	Стрингоцеф. ярусъ 5с.	{	Песчаникъ.
			Сланцы.
			Доломитъ.
	Криноидные слои	4.	Криноидный известнякъ.
	Кальцеолов. ярусъ	3б.	Коралловый мергель.
		3а.	Глинистый сланецъ
3.	Криноидные слои	4.	Криноидный известнякъ.
	Кальцеолов. ярусъ	3а.	Глинистый сланецъ.
		3.	Мергелистый сланецъ.
2.	Стрингоцеф. ярусъ	5б.	Амфиоровый доломитъ.
		5а.	Стрингоцефаловый известнякъ.
		5.	Доломитъ.
1.	Культриюг. слои	2а.	Известнякъ съ <i>Ch. sarcinulata</i> .
	Нижній девонъ	2.	Мергел. слан. съ <i>Rh. d' Orbignyana</i> и <i>Fav. Goldfussi</i> .
		1.	Песчаники д. Грегоржевице.

Именно—всю толщу оказывается возможнымъ разбить на 4 отдѣльныхъ свиты, въ каждой изъ которыхъ смѣна слоевъ съ S на N происходитъ въ правильномъ стратиграфическомъ порядкѣ. Мелкія несоотвѣтствія между свитами одного возраста (напр. ср. кальцеоловые слои свиты 3 и 4; стрингоцеф. слои свиты 2 и 4) могутъ быть легко объяснены или нѣкоторою разницею фаций, или недостаточной изученностью профиля, что весьма возможно, такъ какъ берегъ долины не представляетъ одного сплошного обнаженія, или наконецъ частичными тектоническими нарушениями. Во всякомъ случаѣ эти частности не въ состояніи затемнить общую картину тектоники профиля. Именно, только въ трехъ пунктахъ профиля мы замѣчаемъ болѣе или менѣе крупныя уклоненія отъ нормальнаго напластованія. Пункты эти слѣдующіе: промежутокъ между свитами 1 и 2, гдѣ за породами культриюгатового возраста слѣдуютъ стрингоцефаловые доломиты и известняки, и границы между свитами 2 и 3, и 3 и 4, гдѣ слои болѣе древніе кажутся налегающими на болѣе юные. (Въ первомъ случаѣ—кальцеоловые на стрингоцефаловые, въ 2—кальцеоловые же на криноидные).

Что касается перваго пункта, то по поводу его трудно сказать что либо опредѣленное, такъ какъ выходы культриюгатовыхъ слоевъ отдѣлены отъ выхода стрингоцефаловаго доломита довольно значительнымъ промежуткомъ, на которомъ коренные породы скрыты подъ пакосами. Весьма возможно поэтому, что никакого тектоническаго нарушения здѣсь нѣтъ, а просто породы промежуточнаго возраста намъ неизвѣстны.

Во второмъ пунктѣ, гдѣ амфиоровый доломитъ верхне-стригоцефаловаго возраста прикрывается съ N кальцеоловымъ мергелистымъ сланцемъ, въ виду непосредственной близости выходовъ этихъ двухъ горизонтовъ, присутствія какихъ либо промежуточныхъ породъ допустить нельзя. Поэтому остается признать здѣсь наличность сброса по простиранію или лучше сказать веброса, при которомъ сѣверное крыло падвинуто на южное.

Тоже самое мы должны сказать и о 3-мъ изъ указанныхъ пунктовъ, въ которомъ тѣ-же кальцеоловые слои надвинуты на криноидный известнякъ. Къ N отъ этого пункта никакихъ особенныхъ нарушений напластованія при нашихъ теперешнихъ знаніяхъ констатировать нельзя.

Такимъ образомъ, чтобы разобраться въ тектоникѣ изучаемаго профиля, вполне достаточно по нашему мнѣнію допустить два сброса (веброса) по простиранію, при чемъ падвинуты одна на другую свиты пластовъ образуютъ такъ называемую „чешуйчатую структуру“ (Schuppenstructur).

II. Часть палеонтологическая.

Coelenterata.

HYDROIDEA.

Stromatoporacea Hydractinoidea.

Actinostromidae.

Genus *Actinostroma* Nich.

Actinostroma Stellulatum Nich.

(Табл. I, рис. 2, 2а. Табл. II рис. 1, 1а, 1б, 1с).

1885. *Stromatopora concentrica* Maurer, Fauna Kalk. v. Waldgirmes. S. 108, T. II, f. 12—13.

1888. *Actinostroma stellulatum* Nicholson. British stromatopor. p. 140, pl. XIV, f. 1—8; pl. XV.

Въ верхнедевонскомъ коралловомъ известнякѣ около д. Влохи (вых. 13), найдены два жельвакообразные скелета этого вида. Боковыя поверхности покрыты морщинистыми складками, на верхней поверхности мѣстами обнажены концы мелкихъ конусообразныхъ простѣйковъ. Въ такомъ случаѣ эта поверхность представляется усаженною весьма мелкими круглыми точками, что вполнѣ соосвѣтствуетъ картипѣ, получаемой на поперечномъ разрѣзѣ, на которомъ кромѣ того ясно видны и такъ назв. „астроризы“. Последніе, впрочемъ, можно наблюдать и не прибѣгая къ разрѣзу на той же верхней по-

Въ томъ же выходѣ верхнедевонскаго известняка около д. Вло-
хи (вых. 13) собрано значительное число болѣе или менѣе цѣльныхъ
экземпляровъ и обломковъ скелета этой формы. Вывѣтрѣлая бокова-
поверхность обнаруживаетъ обыкновенно ясную слоистость. На верх-
ней поверхности наблюдаются мелкія, круглыя углубленія, соотвѣт-
ствующія концамъ трубокъ „*Caunopora*”. Мѣстами, при хорошемъ
сохраненіи можно различить и мелкій узоръ, образованный отвер-
стіями междупластинчатыхъ каналовъ. Картина получается гораздо
яснѣе на поперечномъ разрѣзѣ. Здѣсь мы видимъ прежде всего мел-
кія, болѣе или менѣе округлыя, иногда, впрочемъ, неправильной фор-
мы отверстія, представляющія поперечное сѣченіе междупластинча-
тыхъ ходовъ. Діаметръ отверстій—отъ 0.1—0.3 мм. Крупныя круглыя
отверстія трубокъ „*Caunopora*” расположены на разрѣзѣ довольно
правильными рядами и отстоятъ одно отъ другого на разстояніи

0.7—2 мм. Диаметр трубокъ 0.3—0.4 мм. На продольномъ разрѣзѣ обнаруживаются вертикальные каналы, раздѣленные правильными вертикальными простѣнками, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ пробуравленными горизонтальными отверстиями, посредствомъ которыхъ упомянутые вертикальные каналы соединяются другъ съ другомъ. Число простѣнковъ—15—18 на 5 мм. Каналы иногда раздѣлены болѣе или менѣе обильными днищами на нѣсколько этажей. Днища наблюдаются и на продольныхъ разрѣзахъ трубокъ „*Caunopora*”.

ANTOSOA.

Tabulata.

Auloporidae.

Genus *Aulopora* Goldf.

Aulopora serpens Goldf.

1829. *Aulopora serpens* Goldfuss, Petrefacta I, S. 82, T. XXIX, f. 1.
 1885. „ „ Frech, Korallenfauna Oberdevons. S. 115
 (см. синонимичку Ib.).

Трубчатые вѣточки этого вида весьма часто покрываютъ окаменѣлости изъ верхнедевонскаго известняка д. Влохи (вых. 13) и калецеловыхъ слоевъ профиля (вых. 7).

A. serpens встрѣчается въ средне-и верхнедевонскихъ отложеніяхъ З. Европы и Россіи.

Favositidae.

Genus *Favosites* Lam.

Favosites Goldfussi d'Orb.

1850. *Favosites Goldfussi* d'Orbigny, Prodr. de paléont. Vol. I, p. 107.
 1887: „ „ Frech, Zeitschr. d. Deutsch. geolog. Gesellschaft. B. XXXIX. S. 483.
 1896. *Favosites Goldfussi* Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 134.
 1901. „ „ Sobolew, Фауна древнѣйшихъ среднедевонскихъ отложеній Царства Польскаго. Стр. 6. Табл. рис. 1.

Въ цитированной работѣ описанъ экземпляръ этого вида изъ культуригатовыхъ слоевъ профиля (вых. 2). Въ кальцеоловыхъ сланцахъ (вых. 7, 7а, 9) эта форма встрѣчается довольно часто.

Распространенная среднедевонская окаменѣлость.

Favosites sp.

Нѣкоторыя окаменѣлости изъ культуригатовыхъ слоевъ Грегоржевице (вых. 2) покрыты тонкой корой полипника этого коралла. Приготовить шлифы—не представляется возможности, а потому болѣе детальное опредѣленіе затруднительно. Отверстія ячеекъ—полигональныя, очень мелкія. На 5 мм. помѣщается около 13 отверстій.

Genus Pachypora Lindstrom.

Pachypora reticulata Bleinv.

1829. *Calamopora spongites* var. *ramosa* Goldf. Petrefacta Germ. T. XXVIII, f. 2.
1830. *Favosites reticulata* Bleinv. Dictionn. sc. nat. Tom. LX, p. 369.
1885. " " Frech, Korallenfauna Oberdevons, Z. d. D. g. G. B. XXXVII, S. 104, T. XI, f. 4.
1896. *Pachypora reticulata* Gürich. Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg, S. 135. T. V, f. 4.

Этотъ подробно описанный Гюрихомъ видъ въ количествѣ нѣсколькихъ экземпляровъ встрѣченъ мною въ крипидномъ известнякѣ (вых. 8) и верхнекальцеоловомъ коралловомъ мергелѣ (вых. 10).

На Эйфелѣ видъ извѣстенъ въ верхнекальцеоловыхъ и крипидныхъ слояхъ.

Pachypora sp.

Небольшой обломокъ, ближе неопредѣлимый, найденъ въ культуригатовыхъ слояхъ (вых. 2) Грегоржевице.

Genus *Striatopora* Hall.

Striatopora aff. *devonicae* (Schlüter) Gürich.

1896. *Striatopora* aff. *devonicae* (Schlüter) Gürich. Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg, S. 139, T. V, f. 2.

Видъ подробно описанъ Гюрихомъ изъ „кальцеоловаго мергеля” и сланца противъ мельницы д. Скалы. Мною найденъ въ верхнекальцеоловомъ мергелистомъ (вых. 7) и глинистомъ (вых. 7а) сланцахъ, въ коралловомъ мергелѣ (вых. 10) и криноидномъ известнякѣ (вых. 8).

Striatopora angulosa Gürich.

1896. *Striatopora angulosa* Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg, S. 140, T. V, f. 7.

Какъ и предыдущій видъ, подробно описана Гюрихомъ изъ тѣхъ же слоевъ. Мною найдена въ кальцеоловыхъ слояхъ (вых. 7 и 7а), въ коралловомъ мергелѣ (вых. 10) и криноидномъ известнякѣ (вых. 11).

Genus *Coenites* Eichw.

Coenites expansa Frech. var. *polonica* Gürich.

1896. *Coenites expansa* Frech. var. *polonica* Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg, S. 145, T. V, f. 8.

Видъ также не пуждается въ описаніи, такъ какъ подробно описанъ Гюрихомъ (изъ кальцеоловаго мергеля). Найденъ въ кальцеоловомъ сланцѣ (вых. 7а).

Genus *Alveolites* Lam.

Alveolites suborbicularis Lam.

(Табл. III, рис. 5).

1816. *Alveolites suborbicularis* Lam. Hist. des animaux sans vert. Tom. II, p. 186.

1829. *Calamopora spongites* Goldf. Petrefacta I, S. 80 T. XXVIII, f. 1.
 1869. *Alveolites suborbicularis* Zeuschner, Z. d. D. g. G. B. XXI, S. 272.
 1879. " " Nicholson, Tabulata Corals. p. 126, Pl. 6 f. 2.
 1885. " " Frech, Korallenfauna Oberdevons. S. 108, T. VII, f. 2.
 1896. " " Gürich, Palaeoz. Poln. Mittelgebirg. S. 148.

Этотъ весьма распространенный средне-и верхнедевонскій видъ въ профиль Грегоржевице—Влохи встрѣчается въ калцеоловыхъ (вых. 7а) и криноидныхъ слояхъ (вых. 8), а также въ верхнедевонскомъ известнякѣ д. Влохи (Вых. 13). Попадаются прекрасно сохранные цѣльные экземпляры, иногда покрытые вѣточками *Aulopora serpens*.

***Alveolites scalensis* Gürich.**

(Табл. III. рис. 4).

1896. *Alveolites scalensis* Gürich, Palaeoz. Poln. Mittelgebirg, S. 149 T. III, f. 2.

Видъ впервые описанъ Гюрихомъ изъ калцеоловаго и коралловаго мергеля д. Скалы. Мною собрано нѣсколько экземпляровъ изъ верхнекальцеоловаго мергелистаго (вых. 7) и глинистаго (вых. 7а) сланцевъ, коралловаго мергеля (вых. 10) и криноиднаго известняка (вых. 11).

Полипникъ образуетъ плоскія болѣе или менѣе округлой формы штокн. Нижняя поверхность покрыта концентрически-морщинистой эпитекой. На верхней поверхности видны неправильной формы, узкія и длинныя отверстія ячеекъ, достигающія 2 мм. длины. Въ направленіи перпендикулярномъ длинѣ ячеекъ ихъ помѣщается на 5 мм 5 — 6.

***Alveolites angusticellata* n. sp.**

(Табл. III, рис. 1, 1а, 2, 3, 3а).

Два экземпляра этого новаго вида найдены въ калцеоловомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 7) противъ мельницы д. Скалы.

Полипнякъ у меньшей (молодой)—круглый, пластинчатый; у большей—полушаровидный. Нижняя поверхность покрыта хорошо развитой морщинистой эпитекой. Отверстія ячеекъ—весьма узкія, щелевидныя. По ширинѣ ихъ помѣщается отъ 15 до 17 на 5 мм. Расположеніе ячеекъ правильно-концентрическое, при чемъ отверстія ихъ на периферіи полипняка группируются въ совершенно правильные горизонтальные ряды. Въ вертикальномъ направленіи отверстія ячеекъ также расположены правильно одно надъ другимъ. Благодаря такому расположенію на боковой поверхности полипняка отверстія ячеекъ образуютъ правильную сѣтку.

Отъ *A. scalensis* Gürich наша форма легко отличается меньшими размѣрами и правильностью въ строеніи и расположеніи ячеекъ.

Chaetetidae.

Genus Chaetetes Fischer.

Chaetetes tenuis Frech, var. *polonica*.

(Табл. III, рис. 6, 6a).

1896. ? *Chaetetes* sp. Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 151.

Нѣсколько неправильной формы полипняковъ (обломковъ) найдено въ верхнедевонскомъ известнякѣ около д. Влохи. Ячейки полигональной формы отдѣлены одна отъ другой простыми тонкими стѣнками, безъ поръ. На 1 мм. помѣщается 4—5 отверстіи. Днища—прямая расположены приблизительно на равныхъ разстояніяхъ одно отъ другого. На 2 мм. помѣщается 5—7 днищъ. Видъ имѣетъ сходство съ *Ch. tenuis* var. *minor* Frech, (Korallenfauna Oberdevons, S. 956), но отличается отъ нея болѣе правильною формою ячеекъ. Можетъ быть описываемый Гюрихомъ изъ доломита съ лѣваго берега р. Ситошки видъ тождественъ съ нашимъ, чего однако, за отсутствіемъ у Гюриха рисунка, категорически утверждать нельзя.

Monticuliporidae.

Genus Heterotrypa Nich.

Heterotrypa polonica Gürich.

1896. *Heterotrypa polonica* Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg, S. 152, T. III, f. 6.

Видовые признаки и систематическое положеніе указаны Гюрихомъ, описавшимъ этотъ видъ изъ кальцеолов. слоевъ, обнажающихся противъ мельницы д. Скалы. Мною кромѣ кальцеоловыхъ (вых. 7)—найдена также въ криноидныхъ слояхъ (вых. 11).

Fistuliporidae.

Genus *Fistulipora* M'Coy.

***Fistulipora proporoides* ? Nich.**

1879. *Fistulipora proporoides* Nicholson, Tabulate Corals, p. 310, f. 41; Pl. XV, f. 2.

Найдена въ культриюгатовыхъ слояхъ около Грегоржевице (вых. 2). Неправильной формы вѣтвистый полипникъ покрытъ мелкими круглыми отверстіями ячеекъ двухъ родовъ. На 5 мм. помѣщается около 10 большихъ отверстій (Autopores). Съ рисунками Никольсона экземпляръ обнаруживаетъ большое сходство.

F. proporoides встрѣчается въ гамильтонскомъ ярусѣ С. Америки.

***Fistulipora ramosa* Gürich.**

1896. *Fistulipora ramosa* Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 153, T. XI, f. 7.

Видъ описанъ Гюрихомъ изъ кальцеоловаго сланца противъ мельницы д. Скалы. Мною найдена въ томъ же мѣстѣ (вых. 9).

Tetracoralla.

Cyathophyllidae.

Genus *Cyathophyllum* Goldf.

***Gynna Cyathophyllum heliantoides* (Frech) Goldf.**

***Cyathophyllum tinocystis* Frech.**

1885. *Cyathophyllum tinocystis* Frech, Korallenfauna Oberdevons, S. 28, T. I, f. 1.

1896. ? *Heliophyllum tinocystoides* Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 161.

Въ верхнедевонскомъ коралловомъ известнякѣ около дер. Влохи (вых. 13) пайдентъ одинъ обломокъ коралла 5 см. въ діаметрѣ, обнаруживающій характерное для названнаго вида строеніе эндотекальной ткани. На поперечномъ разрѣзѣ перегородки видны только въ центральной части. Къ периферіи благодаря сильному развитію стереоплазмы онѣ настолько утолщены, что едва различимы.

Весьма возможно, что описанный Гюрихомъ изъ верхнедевонскаго известняка Кѣльць видъ тождественъ съ настоящимъ.

C. tinocystis встрѣчается въ нижнемъ подотдѣлѣ верхняго девона (Unteres Oberdevon) Германіи.

Группа *Cyathophyllum heterophyllum* (Frech) M. E. et H.

Cyathophyllum heterophyllum M. E. et H.

1851. *Cyathophyllum heterophyllum* M. Edwards et Haime, Polypiers paléozoïques, p. 367, Pl. X, f. 1.
 1885. " " Frech, Cyathophylliden und Zaphrentiden Mitteldevon. S. 59, T. VI (XVIII), f. 5—10. (Синонимика тамъ-же).
 1896. " " Gürich, Palaeoz. Poln. Mittelgebirg. S. 155.

Прибавлять къ описанію этого хорошо изученнаго вида—нечего. Нѣсколько экземпляровъ собрано въ тѣхъ же мѣстахъ, гдѣ они найдены и Гюрихомъ, т. е. въ кальцеоловыхъ слояхъ противъ мельницы д. Скалы (вых. 7 и 7а). Въ З. Европѣ *C. heterophyllum* появляется на границѣ кальцеоловаго яруса съ крипидными слоями и достигаетъ середины стрингоцефаловаго яруса.

Cyathophyllum heterophyllum M. E. et H.

mut. *torquata* ? Schlüter.

1884. *Cyathophyllum torquatum* Schlüter, Correspondenzblatt d. naturhistor. Verreins d. Preussischen Rheinlande und Westfalens. S. 83.

рѣзѣ хорошо видны дугообразно изогнутыя кверху, поднимающіяся отъ центра къ периферіи темныя полосы, состоящія изъ рядовъ точекъ. Каждая такая полоса окружена стереоплазмой и отдѣлена отъ сосѣдней рѣзкой пограничной линіей. Frech полагаетъ, что эти полосы соотвѣтствуютъ центральной оси перегородки („Primarstreifen“) на поперечномъ разрѣзѣ.

C. heterophylloides встрѣчается въ нижнемъ подотдѣлѣ верхняго девона Германіи (Grund).

Гюрихъ описываетъ этотъ видъ изъ верхнедевонскаго известняка г. Кадзельни.

Cyathophyllum vermiculare Goldf.

1829. *Cyathophyllum vermiculare* Goldf, Petref. Germ. I. T. XVII, f. 5.

1885. " " Frech, Cyathoph. u. Zaphrentid.
Mitteldevon. S. 62, T. II (XIV), f.
1—3; 5 (Синонимика Ib.).

Экземпляръ типичнаго *C. vermiculare* съ прекрасно сохраненною [половиною чашечки найденъ въ кальцеоловомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 7). Различіе въ длинѣ перегородокъ 1-го и 2-го порядка ясно выражено въ самой чашечкѣ. Перегородки покрыты по длинѣ рядомъ мелкихъ бугорковъ, т. наз. „*Septalleisten*“. Нѣкоторые экземпляры, собранные въ коралловомъ мергелѣ (вых. 10) вмѣстѣ съ *C. vermiculare* var. *polonica* Gürich, также по всей вѣроятности принадлежать этому виду.

C. vermiculare встрѣчается въ Германіи въ стрингоцефаловомъ ярусѣ.

Cyathophyllum vermiculare Goldf. var. polonica Gürich.

(Табл. IV, рис. 2, 2а, 2б).

1896. *Cyathophyllum vermiculare* Goldf, var *polonica* Gürich, Palaeoz.
in Poln. Mittelgebirg. S. 159.

Видъ встрѣчается въ необыкновенномъ изобиліи въ коралловомъ мергелѣ, въ которомъ иногда весьма крупныя одиночныя полипники его образуютъ цѣлыя гнѣзда. Нѣкоторые экземпляры достигаютъ 35 см. въ длину при 6 даже 7 см. въ поперечникѣ. Поверхность покрыта рѣзкими продольными ребрами, тонкими поперечными штрихами и грубыми кольцами наростанія. Перегородки 1-го поряд-

ка почти достигаютъ центра, 2-го—вдвое меньше (на мелкихъ экземплярахъ—втрое). Число перегородокъ при ширинѣ 35 мм.—80. „*Septalleisten*” хорошо замѣтны, какъ на поперечныхъ, такъ и на продольныхъ разрѣзахъ. Подробное описаніе и сравненіе съ типичной формой см. у Гюриха.

Грунна *Cyathophyllum ceratites* (Frech) Goldf.

(Genus *Ceratophyllum* Gürich).

Cyathophyllum ceratites Goldf.

1829. *Cyathophyllum ceratites* Goldf. Petr. Germ. I, S. 57, T. XVII, f. 2.
 1885. „ „ Frech, *Cyathoph. u. Zaphrentid. Mitteldevon.* S. 64, T. V (XVII), f. 4—10, 12, 14—16. (Синонимика Ib.).
 1896. *Ceratophyllum typus* Gürich, *Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg.* S. 163.

Небольшой рогообразно изогнутый экземпляръ—16 мм. длины, 10 мм. толщины—найдень въ коралловомъ мергелѣ (вых. 10). Число перегородокъ—48; перегородки 2-го порядка значительно короче перегородокъ 1-го. Кромѣ этого пункта *C. ceratites* найдень въ культуригатовыхъ слояхъ Грегоржевице (вых. 2) и въ кальцеоловомъ сланцѣ (вых. 7а).

Въ Германіи встрѣчается начиная съ культуригатовыхъ слоевъ вплоть до середины стрипгоцефаловаго яруса.

Cyathophyllum diantoides n. sp.

(Табл. IV, рис. 3).

Одночный кораллъ удлиненно-конической, рогообразно, иногда неправильно изогнутой формы. Длина—отъ 30 до 50 мм., діаметръ—15 до 20 мм.

Theka—топкая; поверхность покрыта весьма тонкими концентрическими штрихами, а также и болѣе грубыми знаками паростанія. „*Septalleisten*” выражены въ чашечкѣ весьма отчетливо, каковымъ признакомъ наша форма сильно напоминаетъ *C. diantus* Goldf. (Frech, *Cyathoph. u. Zaphrentid. Mitteldevon.* S. 68 (182), T. I (XIII), f. 2). Поперечный разрѣзъ обнаруживаетъ большое сходство съ *C. Lindstroemi* Frech (Ib. S. 69 (183), T. I (XIII), f. 8—10, 12, 17). Число пе-

перегородокъ при 20 мм. діаметра—62. Перегородки 1-го порядка никогда не достигаютъ центра, иногда—на значительное разстояніе. Перегородки 2-го порядка—приблизительно вдвое короче. Расположеніе перегородокъ по большей части—явственно двусторонне-симметричное. Около одного конца оси симметріи (на выпуклой сторонѣ) перегородки обычно длиннѣе, чѣмъ на противоположной сторонѣ. На продольномъ разрѣзѣ днища занимаютъ около $\frac{1}{2}$ ширины разрѣза. Опѣ—горизонтальны, или слабо выпуклы кверху. Эндотекальная пузыристая ткань развита сильно. Ея петли—мелки и расположены въ 7 рядовъ.

Видъ стоитъ близко съ одной стороны къ *C. Lindstromi* Frech, отъ котораго впрочемъ легко отличается присутствіемъ „*Septalleisten*“, съ другой—къ *C. diantus* Goldf. Отличіе отъ этого послѣдняго вида состоитъ прежде всего во внѣшней формѣ, затѣмъ въ меньшей длинѣ перегородокъ, въ болѣе сильномъ развитіи пузырчатой эндотекы, петли которой у нашего вида значительно мелче, чѣмъ у *C. diantus*. Отчетливо выраженное двусторонне-симметричное расположеніе септъ также служить отличіемъ нашей формы отъ *C. diantus*.

Видъ находится въ верхнедевонскомъ коралловомъ известнякѣ около д. Влохи (вых. 13).

Cyathophyllum Lindstromi Frech.

1885. *Cyathophyllum Lindstromi* Frech, Korallenfauna Oberdevons, S. 38; Cyathophyl. u. Zaphrentid. Mitteldevon. S. 69 (183) T. I (XIII) f. 8—12; 14—17.

1896. *Cerathophyllum* „ Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 165.

4 небольшие экземпляра найдены въ коралловомъ мергелѣ (вых. 10). Большой имѣетъ 60 мм. длины при 17 мм. діаметра поперечнаго сѣченія; меньшій—при той же толщинѣ имѣетъ всего 15 мм. длины. На поперечномъ разрѣзѣ этотъ экземпляръ очень напоминаетъ *Cerathophyllum Lindstromi* var. *minor* Gürich (T. III, f. 5a); остальные вполне соотвѣтствуютъ рисункамъ Frech'a. Число перегородокъ 1-го порядка при 12 мм. ширины—30. Перегородки 2-го порядка весьма короткія.

C. Lindstromi въ З. Европѣ распространенъ отъ криноидныхъ слоевъ до верхняго девона. Гюрихомъ указывается съ г. Кадзельной (верхн. девонъ).

Cyathophyllum bathycalyx Frech.

(Табл. IV, рис. 4, 4a, 4b).

1885. *Cyathophyllum bathycalyx* Frech, Cyathoph. u. Zaphrentid. Mitteldevon. S. 67 (181). T. V (XVII), f. 17—24; T. VII (XIX), f. 8—11.
1896. *Ceratophyllum* „ Gürich, Palaeoz. in. Poln. Mittelgebirg. S. 167.

Небольшіе (около 15 мм. въ поперечникѣ) экземпляры, собранные въ кальцеоловомъ сланцѣ (вых. 9) и криноидномъ известнякѣ (вых. 8), обнаруживаютъ всѣ признаки этого вида. Гюрихомъ описанъ изъ тѣхъ же слоевъ.

Въ Германіи извѣстенъ отъ верхнекальцеоловыхъ слоевъ до середины стрингоцефаловаго яруса.

Cyathophyllum bathycalyx Frech, var. *scalense*.

Экземпляръ, найденный въ культріюгатомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 2) около Грегоржевице, нѣсколько отличается отъ типичной формы, описанной Frech'омъ изъ криноидныхъ и стрингоцефаловыхъ слоевъ Эйфеля. При сравнительно меньшей величинѣ полипника покрытъ на поверхности кромѣ хорошо выраженныхъ продольныхъ реберъ, еще грубыми поперечными зпаками наростанія, чего не наблюдается у типичной формы. Въ остальномъ нашъ видъ близко подходитъ къ описанію Frech'a. Радіальныя перегородки—двухъ родовъ, при чемъ перегородки 2-го порядка значительно короче перегородокъ перваго. Послѣднія подходятъ близко къ центру (хотя его и не достигаютъ), тогда какъ первыя едва достигаютъ 1.5 мм. длины. Число перегородокъ перваго порядка (при 15 мм. поперечника)—32 и столько же 2-го. Билятеральное расположеніе перегородокъ на одномъ и томъ же экземплярѣ выражено въ различной степени въ верхней и нижней части полипника. Едва замѣтное въ верхней части (разрѣзъ черезъ чашечку), на разрѣзѣ черезъ нижній конецъ коралла оно выступаетъ очень рѣзко.

Къ сожалѣнію недостатокъ матеріала не позволилъ приготовить продольнаго разрѣза, такъ что неизвѣстно, представляетъ ли онъ какое либо отличіе отъ таковаго-же типичнаго *C. bathycalyx*.

тканью. Недостатокъ матеріала, а также довольно плохое сохраненіе не допускаютъ болѣе точнаго опредѣленія.

Найденъ въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8).

Грынна *Cyathophyllum macrocystis* Frech.

Genus *Blothrophyllum* Nicholson.

***Blothrophyllum scalense* Gürich.**

(Табл. IV, рис. 5, 5a, 5b).

1896. *Blothrophyllum scalense* Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg-S. 173, T. IV, f. 1, 7—8.

Видъ весьма обстоятельно описанъ Гюрихомъ. Собранныя въ громадномъ количествѣ въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8) экземпляры совершенно сходны съ описанными Гюрихомъ. Въ кальцеоловомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 7) найденъ всего одинъ экземпляръ. Въ глинистомъ сланцѣ (вых. 9) найденъ экземпляръ по вѣшнему виду сходный съ описываемымъ, но вслѣдствіе дурного сохраненія не допускающій болѣе точнаго опредѣленія. Въ виду этого я опредѣлилъ его, какъ

***Blothrophyllum* sp.**

Genus *Phillipsastrea* d'Orb. (Frech).

***Phillipsastrea Hennani* Lonsdale.**

(Табл. V, рис. 1, 2, 2a, 3, 3a).

1885. *Phillipsastrea Hennani* Frech, Korallenfauna Oberdevons, S. 59. T. V. (Синонимика Ib.).

Нѣсколько обломковъ и хорошо сохранныхъ цѣльныхъ полипниковъ, принадлежащихъ этому виду, собрано въ верхнедевонскомъ известнякѣ около дд.: Влохи и Чажова (вых. 13). Наибольшій изъ цѣльныхъ экземпляровъ—неправильно полу-сферической формы—имѣетъ въ длину 14 см., въ ширину—11. Верхняя поверхность покрыта отверстіями ячеекъ, не обнаруживающихъ обыкновенно яснаго разграниченія. Только мѣстами, гдѣ поверхность потерта, границы между ячейками выступаютъ въ видѣ ряда точкообразныхъ углубленій (рудименты *Thick'ns*). Въ такомъ случаѣ ячейка имѣетъ непра-

вильное пятиугольное очертаніе. Въ центрѣ ячейки при хорошемъ сохраненіи наблюдается чашевидное углубленіе, окруженное въ видѣ кольца высокимъ валикомъ, иногда довольно значительно поднимающимся надъ общей поверхностью полипника (этотъ валикъ соответствуетъ утолщенной зонѣ на поперечномъ разрѣзѣ). При вывѣтриваніи валикъ стирается все болѣе и болѣе, такъ что въ нѣкоторыхъ ячейкахъ его не только не замѣтно,—а напротивъ, на его мѣстѣ обнаруживается кольцообразное углубленіе, тогда какъ центральная часть, соответствующая чашеобразному углубленію нормальной чашечки, въ такихъ случаяхъ выдается въ видѣ бугорка.

Разстояніе между центрами ячеекъ достигаетъ 1 см. Число перегородокъ 40. Перегородки 1-го порядка лишь немного не доходятъ до центра. По срединѣ длины онѣ слабо утолщены, образуя кольцевую утолщенную зону, ограничивающую внутреннее пространство. Перегородки 2-го порядка не переходятъ за предѣлы этой зоны. На периферіи концы перегородокъ сосѣднихъ ячеекъ примыкаютъ другъ къ другу.

На продольномъ разрѣзѣ центральному пространству соответствуютъ днѣща. Пространства между септами выполнены характерными эндотекольными образованіями.

Ph. Henmani характерна для нижняго подотдѣла верхняго девона З. Европы.

Genus *Hallia* M. E. et H.

Hallia prolifera A. Roemer.

(Табл. IV, рис. 6).

1855. *Cyathophyllum proliferum* A. Roemer. Harz. III, S. 29, T. VI, f. 10.

1885. *Hallia prolifera* Frech, Korallenfauna Oberdevons, S. 82, T. VI, f. 10.

Въ верхнедевонскомъ известнякѣ около д. Влохи (вых. 13) найденъ одинъ экземпляръ этого коралла, выросшій въ породу. Обнаруженный шлифовкою поперечный разрѣзъ вполне сходенъ съ соответствующими рисунками Frech'a. Разрѣзъ нѣсколько овальнаго очертанія: короткая ось=3 см., длинная—3.5 см. Число перегородокъ=56+56, при чемъ перегородки 2-го порядка лишь немногимъ короче перегородокъ 1-го. Составъ перегородокъ изъ „*Septalleisten*“ на разрѣзѣ выраженъ ясно.

Hallia prolifera известна из верхнедевонских (unteres Oberdevon) слоев Grund'a.

***Hallia brevisseptata* n. sp.**

(Табл. V, рис. 4, 4a).

Полипникъ простой, рогообразно или неправильно изогнутый отъ 1.5 до 2 см. въ поперечникѣ и отъ 3.5 до 5 см. длины. При хорошемъ сохраненіи поверхность покрыта весьма тонкими концентрическими поперечными штрихами и болѣе грубыми складками наростанія. Продольныя ребра замѣтны, но рѣзко выступаютъ лишь въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ поверхность нѣсколько потерта.

При 2 см. поперечника число перегородокъ=60. Перегородки—короткія, равняются приблизительно $\frac{1}{2}$ радіуса сѣченія, при чемъ перегородки 2-го порядка лишь немногимъ короче перегородокъ 1-го. На вогнутой сторонѣ перегородки всегда значительно (приблизительно вдвое) короче, чѣмъ на выпуклой, гдѣ помѣщается нѣсколько выдающаяся первичная перегородка. Благодаря такому расположенію перегородокъ двусторонняя симметрія весьма ясно выражена.

На продольномъ разрѣзѣ наблюдается центральная широкая (около $\frac{1}{2}$ ширины) часть, занятая неправильно изогнутыми днщами. Периферическія части выполнены пузырчатой тканью, петли которой сравнительно мелки, имѣютъ округлую, нѣсколько вытянутую въ длину форму. Непосредственно подъ Thek'ой въ нѣкоторыхъ мѣстахъ шлифа видѣн рядъ горизонтальныхъ *dissepimenta*. На томъ же (продольномъ) разрѣзѣ выступаетъ характерная структура перегородокъ, совершенно соответствующая таковой же у *H. prolifera* Roem. (См. Frech, Korallenfauna Oberdevons, T. VII, f. 5b). Отчетливо видны косо направленные параллельныя темныя линіи, раздѣляющія болѣе свѣтлыя участки стереоплазмы.

Вообще описываемая форма стоитъ весьма близко къ *Hallia prolifera* Roem. и отличается отъ нея главнымъ образомъ значительно меньшею длиною перегородокъ и болѣе широкими днщами.

Найдена въ верхнедевонскомъ известнякѣ около дер. Влохи (вых. 13).

Genus *Endophyllum* M. E. et H.

Endophyllum priscum Münster, var *polonicum*.

(Табл. VI, рис. 1, 1а).

Въ верхнедевонскомъ известнякѣ около д. Влохи найдено 2 экземпляра этой разновидности, главное отличие которой отъ типичнаго *Endophyllum priscum* (Frech, Korallenfauna Oberdevons, S. 76, T. VII, f. 2; T. X, f. 2) состоитъ въ болѣе крупныхъ размѣрахъ нашей формы и въ сравнительно большемъ числѣ перегородокъ. Польская разновидность достигаетъ 4.5—5 см. въ поперечникѣ. Число перегородокъ 1-го порядка при такой толщинѣ—70 и столько же 2-го. Последнія весьма коротки (зачаточны). Перегородки 1-го порядка, какъ и у типичнаго *E. priscum* иногда достигаютъ наружной стѣнки (какъ у *Cyathophyllum*). Theка весьма толстая. Продольный разрѣзъ вполне сходенъ съ таковымъ же у типичной формы (Frech, T. X, f. 2). Правильныя широкія горизонтальныя днища выполняютъ почти всю ширину разрѣза. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ пузырчатая ткань въ периферической части совершенно отсутствуетъ, такъ что днища достигаютъ до наружной стѣнки (какъ у *Amplexus*), что наблюдается и у типичной формы. Концы днищъ около вѣнскихъ стѣнокъ загнуты книзу.

Одинъ изъ экземпляровъ покрытъ вѣточками *Aulopora serpens*, другой обросъ полипнякомъ *Alveolites suborbicularis*.

Типичный *Endophyllum priscum* встрѣчается въ верхнемъ девонѣ З. Европы.

Endophyllum Halliaeforme n. sp.

(Табл. VI, рис. 2, 2а, 3, 3а, 4; табл. VII, рис. 1.

Полипнякъ—простой цилиндрическій или удлинненно-коническій, нерѣдко рогообразно изогнутый—отъ 20 до 37 мм. въ діаметрѣ. Длина достигаетъ 80 мм. и болѣе (имѣющіеся у меня обломки крупныхъ экземпляровъ имѣютъ 80 мм.). Theка толстая (до 2 мм.) и въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ она хорошо сохранилась, на поверхности коралла продольныхъ реберъ не замѣтно. Напротивъ, тонкіе концентрическіе штрихи, а иногда и грубые знаки наростанія выражены ясно. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ Theка потерта, радіальныя ребра (концы септъ) выступаютъ рѣзко. Иногда можно отличить ребра, соответствующія перегородкамъ 1-го и 2-го порядковъ. Последніе менѣе ясно выражены и расположены въ промежуткахъ между 1-ми. Ре-

бра 1-го порядка (также, какъ и 2-го) отстоятъ одно отъ другого на 1.5 см.

Чашечка глубокая, воронкообразная, весьма напоминающая чашечку *Endophyllum acanticum* Frech (Cyathoph. u. Zaphrentid. Mitteldevon. T. VI (XVIII), f. 2), но имѣющійся у меня единственный экземпляръ хорошо сохранившейся чашечки не обнаруживаетъ присутствія септальныхъ шиповъ (*Septaldornen*), наблюдавшихся Frech'омъ на перегородкахъ 2-го порядка у *End. acanticum* (Zeitschr. d. D. g. Ges. 1885, T. XLI, f. 5).

Число перегородокъ весьма значительно, такъ что съ перваго взгляда поперечный разрѣзъ напоминаетъ *Cyathophyllum aquisgranense* Frech (Z. d. D. g. G. 1885, T. X, f. 1). При 2 см. діаметра число перегородокъ—82, при 3.5 см.—110. Перегородки 1-го порядка иногда кажутся доходящими до края разрѣза (какъ у *Cyathophyllum*), но обыкновенно это бываетъ въ тѣхъ случаяхъ, когда стѣнка коралла стерта. Въ цѣльно-крайнихъ разрѣзахъ видно, что периферическіе концы септъ отдѣлены отъ наружной стѣнки слоемъ пузырчатой ткани. Перегородки 2-го порядка никогда не достигаютъ стѣнки: онѣ начинаются значительно дальше отъ периферіи, чѣмъ перегородки 1-го порядка, такъ что на поперечномъ разрѣзѣ выступаетъ периферическая зона—съ менѣе тѣсно расположенными септами (перегородки 2-го порядка отсутствуютъ) и внутренняя часть съ сильно сближенными перегородками. Кромѣ того перегородки 2-го порядка на разрѣзѣ не всегда представляютъ непрерывную линію, а часто состоятъ лишь изъ ряда отдѣльныхъ зеренъ, раздѣленныхъ промежутками. Перегородки 1-го порядка достигаютъ центра, 2-го — лишь до половины длины радіуса разрѣза. Расположеніе перегородокъ — явственно двухсторонне-симметричное. Главная перегородка лежитъ въ септальномъ углубленіи на вогнутой сторонѣ полипника (если послѣдній изогнутъ) и нѣсколько длиннѣе сосѣднихъ септъ, расположенныхъ относительно ея перисто, — признакъ, сближающій описываемый видъ съ родомъ *Hallia*.

Продольный разрѣзъ при разсматриваніи простымъ глазомъ представляетъ картину, аналогичную таковому же разрѣзу *Endophyllum torosum* Schlüter (Frech, Z. d. D. g. G. 1885, T. XLI, f. 6, 6a). Периферическія части выполнены пузырчатой эндотекальной тканью, занимающей около $\frac{1}{2}$ общей толщины разрѣза. Днища сближены и вышуклы кверху (у *E. torosum* вогнуты). Въ периферической части разрѣза видны параллельные ряды т. наз. „септальныхъ шиповъ“ (*Septaldornen*), направленные косо отъ центра вверхъ и къ периферіи (у *E. torosum* отъ периферіи вверхъ и къ центру). Въ централь-

ной части, гдѣ разрѣзъ пересѣкаетъ концы септъ, также видны отдѣльные болѣе темно окрашенные участки, расположенные рядами вдоль каждой септы. Последнее явленіе особенно хорошо наблюдать, если приготовить продольный разрѣзъ черезъ периферическіе концы септъ. Всѣ эти „участки“, какъ въ данномъ случаѣ, такъ и въ вышеупомянутыхъ косыхъ рядахъ септалныхъ шпировъ въ периферической части продольнаго разрѣза, обнаруживаютъ продольную штриховатость, параллельную длинѣ септъ и происходящую, вѣроятно, отъ двойниковаго срастанія кальцита, въ который превращенъ въ въ этихъ мѣстахъ полипникъ.

Вообще микроскопическое строеніе скелета не представляется сплошнымъ. Напротивъ, известковыя образованія представляются въ видѣ отдѣльныхъ мелкихъ зернышекъ известняка, опутанныхъ сѣтью какихъ то темныхъ тонкихъ волонокъ, переплетающихся въ мелкія петли. Вѣроятно это зависитъ отъ условій сохраненія.

Всего ближе описываемый видъ стоитъ къ *Endophyllum acanticum* Frech, но легко отличается отъ него уже по виѣшнему виду: менѣе изогнутой, иногда цилиндрической формой, отсутствіемъ грубыхъ складокъ наростанія, слабо выраженными на поверхности продольными ребрами. Кромѣ того нашъ видъ отличается большимъ числомъ перегородокъ, а также ихъ расположеніемъ и взаимнымъ отношеніемъ перегородокъ 1-го и 2-го порядка (см. выше).

Значительное число экземпляровъ собрано въ верхнедевонскомъ известнякѣ около д. Влохи (вых. 13).

Endophyllum scalense n. sp.

(Табл. VI, рис. 5, 5a, 5b).

Видъ, весьма близкій къ вышеописанному—*Endophyllum halliaeforme* n. sp. и еще ближе, чѣмъ послѣдній, стоитъ къ *Endophyllum acanticum* Frech.

Полипникъ цилиндрической или остро-конической изогнутой формы. Theка толстая. Продольныя ребра и поперечныя штрихи, а иногда и грубыя складки наростанія—явственны.

При сѣченіи въ 23 мм. число перегородокъ—80. Последнія не достигаютъ наружной стѣнки полипника, при чемъ какъ и у *Endophyllum halliaeforme*, начало перегородокъ 2-го порядка дальше отстоитъ отъ периферіи, чѣмъ перегородокъ 1-го порядка. Последнія достигаютъ центра, гдѣ концы ихъ сгруппированы по сторонамъ прямой линіи, относительно которой септы расположены симметрично.

Перегородки 2-го порядка — значительно короче и вообще развиты слабо. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ на поперечномъ разрѣзѣ онѣ не представляютъ непрерывной линіи, а состоятъ изъ разъединенныхъ отдѣльныхъ участков — кажутся какъ-бы разорванными.

На продольномъ разрѣзѣ, сильно сближенные вогнутыя книзу днища занимаютъ около $\frac{1}{3}$ ширины разрѣза. Периферическія части заняты эндотекальной пузырчатой тканью, петли которой имѣютъ овальную форму и вытянуты по направленію отъ центра вверхъ и къ периферіи. Размѣры петель уменьшаются отъ периферіи къ центру. Кромѣ того продольный разрѣзъ почти всегда перестѣкаетъ концы септъ. Присутствія „*Saptaldornen*” или „*Septalleisten*” обнаружить мнѣ не удалось.

Видъ отличается отъ *Endophyllum halliacforme* n. sp. меньшимъ числомъ перегородокъ и болѣе правильнымъ (въ смыслѣ радіальности) ихъ расположеніемъ. (Двухсторонняя симметрія, однако, какъ выше замѣчено, всегда выражена ясно). Больше сходства онъ представляетъ съ *Endophyllum acanticum* Frech, отъ котораго отличается тѣмъ, что перегородки 2-го порядка у нашего вида всегда не доходятъ до стѣнки на большее разстояніе, чѣмъ перегородки перваго порядка. Затѣмъ, у нашего вида днища расположены тѣснѣе, чѣмъ у *Endophyllum acanticum* и занимаютъ меньшую часть ширины разрѣза, именно — $\frac{1}{3}$, тогда какъ у *E. acanticum* $\frac{3}{5}$ — $\frac{2}{3}$.

Найденъ въ верхнедевонскомъ известникѣ около дер. Влохи (вых. 13).

Endophyllum sp.

Небольшой полипникъ около 1 см. въ поперечникѣ найденъ въ кальцеоловомъ сланцѣ (вых. 7а). По вѣшнему виду кораллъ весьма напоминаетъ *Endophyllum acanticum* Frech (Cyathoph. u. Zaphrent. Mitteldevon. T. VI, f. 2a): полипникъ коническій, угловато изогнутый, покрытъ рѣзкими складками наростанія. Вѣшніе края этихъ складокъ иногда — острые. Кромѣ складокъ наблюдаются тонкіе концентрическіе штрихи и продольныя ребра.

Theka — толстая. Перегородки не достигаютъ стѣнокъ, число ихъ = 30 + 30. Недостатокъ матеріала не позволяетъ поставить болѣе точный діагнозъ.

Genus *Diphyphyllum* Frech.

Diphyphyllum intermedium Gürich.

(Табл. V, рис. 6).

1896. *Diphyphyllum intermedium* Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 188, T. II, f. 4.

Нѣсколько экземпляровъ этого описаннаго Гюрихомъ изъ „кальцеоловаго мергеля” вида собрано мною въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8) и кальцеоловомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 7). Въ общемъ признаки нашихъ экземпляровъ соотвѣтствуютъ описанію Гюриха.

Полипникъ—небольшой удлинненно-коническій, очень часто изогнутый, отъ 5 до 12 мм. въ поперечникѣ (по Гюриху 5—8), достигаетъ иногда 17 мм. длины (по Гюриху не болѣе 10). Поверхность покрыта тонкими concentрическими штрихами, а нѣкоторые экземпляры (не всѣ) кромѣ того грубыми и рѣзкими морщинистыми складками наростанія (по Гюриху—выражены слабо). Продольныя ребра присутствуютъ у всѣхъ. Число перегородокъ отъ 14 (при 5 мм. поперечника) до 22 (при 12 мм.). Въ остальномъ никакихъ уклоненій отъ описанія и рисунковъ Гюриха не наблюдается.

Genus *Metriophyllum* M. E. et H.

Metriophyllum gracile Schlüter.

(Табл. V, рис. 5; табл. VII, рис. 2, 3).

- | | | |
|-------|------------------------------|--|
| 1884. | <i>Metriophyllum gracile</i> | Schlüter, Correspondenzblatt des naturhistorischen Vereins der preussischen Rheinlande u. Westfalens, S. 72. |
| 1885. | „ | Frech, Cyathophyl. u. Zaphrentid. Mitteldevon. S. 94 (208), T. VII, (XIX), f. 16; T. VIII (XX), f. 3. |
| 1896. | „ | Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 190, T. IV, f. 3. |

Собрано до 10 экземпляровъ въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8) и кальцеоловомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 7).

Подробное описаніе съ замѣчаніями относительно систематическаго положенія см. у Гюриха.

Найденные экземпляры отличаются прекраснымъ сохраненіемъ. Полипникъ коническій, часто слегка изогнутый, отъ 11 до 16 мм. длины и отъ 5 до 8.5 мм. въ поперечникѣ. Снаружи ясно видны вертикальныя бороздки и тонкія concentрическія поперечныя линіи, а иногда и довольно замѣтныя складки наростанія. Чашечка глубокая (до 6.5 мм.) съ тонкими (въ верхней части 1 мм. толщины) круто опускающимися стѣнками. Дно чашечки—плоское, съ углубленіемъ по срединѣ. На нѣкоторыхъ экземплярахъ, впрочемъ, этого углубленія нѣтъ, а напротивъ переплетающіеся концы сектъ образуютъ небольшой столбикъ (*Pseudocalumella*). Ширина дна—около 5 мм. Различіе по величинѣ между перегородками 1-го и 2-го порядковъ ясно выражено на внутренней сторонѣ стѣнокъ чашечки. На наружной сторонѣ отчетливо выражено перистое расположеніе септъ. Число перегородокъ 1-го порядка на изслѣдованныхъ экземплярахъ 16—18. Продольный разрѣзъ вполне соответствуетъ рисунку Гюриха.

На Рейнѣ *Metriophyllum gracile* встрѣчается въ верхнихъ горизонтахъ кальцеоловаго яруса и въ криноидныхъ слояхъ.

Genus *Zaphrentis* Rafinesque.

Zaphrentis polonica n. sp.

(Табл. VI, рис. 6, 7, 7a).

Полипникъ—простой, рогообразно изогнутый, небольшихъ размѣровъ. Изъ имѣющихся у меня 3-хъ экземпляровъ большій имѣетъ 10 мм. длины и 11 мм. въ поперечникѣ; меньшій 7 мм. въ длину и столько же въ ширину. Поверхность покрыта явственными перисто расположенными продольными бороздками и грубыми поперечными знаками наростанія. Эпитека даетъ отъ себя корневидные отростки. Расположеніе перегородокъ рѣзко выраженное двусторонне симметричное (перистое). Главная перегородка лежитъ въ септальномъ углубленіи на выпуклой сторонѣ полипника. Она значительно короче остальныхъ, доходящихъ до центра. Перегородки той половины чашечки, въ которой лежитъ главная септа, длиннѣе перегородокъ противоположной половины. Въ промежуткахъ между перегородками 1-го порядка помѣщаются весьма короткія перегородки 2-го порядка. Двѣ изъ нихъ расположены по бокамъ главной септы. Число перегородокъ на меньшемъ экземплярѣ—18 (1 главн. + 1 противоположн. + (3+3)—въ главныхъ квадрантахъ + (4+4)—въ проти-

воположныхъ), на большемъ—23 (1 главн. + 1 противопол. + 2 боков. + (4+4)—въ главныхъ + (5 + 5 + 1) въ противоположн. квадра-тахъ).

Отъ *Zaphrentis Guillieri* Barois нашъ видъ отличается меньши-ми размѣрами, меньшимъ числомъ перегородокъ и присутствіемъ кор-невидныхъ отростковъ эпитеки.

Найденъ въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8).

Genus *Cystiphyllum* Lonsdale.

Cystiphyllum vesiculosum Goldf.

1829. *Cyathophyllum vesiculosum* Goldf, Petrefacta Germ. I, S. 54.
T. XVII, f. 14; T. XVIII, f. 1.
1885 *Cystiphyllum* „ Frech, Cyathoph. u. Zaphrentid. Mit-
teldevon, S. 108 (222).

Найденъ въ кальцеоловыхъ мергелистомъ (вых. 7) и глинистомъ (вых. 9) сланцахъ и въ культуригатовыхъ слояхъ (вых. 2). Экзем-пляры изъ послѣдняго мѣстопахожденія отличаются своею величиною, изъ первыхъ двухъ—сравнительно малы.

Въ рейнскихъ девонскихъ отложеніяхъ *Cystiphyllum vesticulo-
sum* встрѣчается начиная отъ культуригатовыхъ слоевъ вплоть до
верхнихъ горизонтовъ стригонефаловаго яруса. Особенно крупные
экземпляры находятся въ культуригатовыхъ слояхъ

Cystiphyllum vesiculosum Goldf. var. *parvum*.

Найденные мною 2 экземпляра:—одинъ въ кальцеоловомъ глини-стомъ сланцѣ (вых. 7а), другой—въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8)—отличаются отъ типичнаго *Cystiphyllum vesiculosum* главнымъ обра-зомъ меньшими размѣрами. Наша форма имѣетъ всего 9 мм. въ по-перечникѣ и около 15 мм. длины. Подлинникъ изогнутъ, конической формы, съ грубыми поперечными знаками паростакія. Вся висце-ральная полость выполнена пузыристой эндотеккой. Слѣдовъ радіаль-ныхъ перегородокъ не замѣтно ни на поперечномъ разрѣзѣ, ни на днѣ чашечки.

Cystiphyllum lamellosum ? Goldf.

1829. *Cyatophyllum lamellosum* Goldf. Petrefacta Germ I. S. 55, T. XVIII, f. 3.
 1885. *Cystiphyllum* „ Frech, Cyathoph. u. Zaphrentid. Mitteldevon S. 107 (221).

Два небольшие экземпляра, найденные въ кальцеоловомъ глинистомъ сланцѣ (вых. 7а), по вѣшнему виду вполне соответствуютъ рисунку Goldfuss'a. Поверхность покрыта грубыми concentрическими кольцами нарастанія. Полниникъ сплюснутъ, такъ что вышеупомянутыя кольца расположены косо по отношенію къ его длинѣ. Септъ въ чашечкѣ не замѣтно. Довольно плохое сохраненіе не допускаетъ детальнаго изслѣдованія.

Въ З. Европѣ *Cystiphyllum lamellosum* встрѣчается только въ верхнекальцеоловыхъ и криноидныхъ слояхъ.

Genus Calceola Lam.

Calceola sandalina Lam.

(Табл. VII, рис. 5).

Прекрасно сохраненные крышечки этого коралла мною найдены въ кальцеоловомъ мергелистомъ и глинистомъ сланцахъ (вых. 7 и 7а). Въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8) — не смотря на тщательные поиски, не найдены. Считаю пужнымъ это отмѣтить въ виду нѣкоторой неопредѣленности въ указаніи Гюриха (l. c. S. 193) относительно мѣстопохожденія этой руководящей окаменѣлости. Обломки, строеніемъ наружной стѣнки напоминающіе *Calceola* найдены также въ культрiюгатовыхъ слояхъ (вых. 2).

Genus Microcyclus Meek u. Worthen.

Microcyclus Eifliensis Kayser.

(Табл. VII, рис. 4).

1871. *Baryphyllum praecox* (Roem.) Kayser, Zeitschr. d. Deutsch. g. Geselsch. B. XXIII, S. 341, 372.
 1872. *Microcyclus Eifliensis* Kayser, Z. d. D. g. G. B. XXIV, S. 692, T. XXVII, f. 8.

?

Genus *Spirorbis* Daudin.

Spirorbis omphalodes M. Edwards.

(Roemer, Lethaea, Atlas 1876, T. XXXI, f. 8).

На роковинѣ *Strophodonta interstitialis* изъ культурюгатового мергелистаго сланца (вых. 2) найдено нѣсколько улиткообразно-свернутыхъ трубочекъ, принадлежащихъ этому виду.

Molluscoidea.

B R Y O Z O A.

Fenestellidae.

Genus *Fenestella* Lonsdale.

Fenestella sp.

Въ верхнекальцеоловомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 7) попадаются иногда небольшіе обломки правильно сѣтчатыхъ пластинокъ—скелетовъ, принадлежащихъ этому роду. Видовое опредѣленіе, въ виду недостаточно хорошаго сохраненія, затруднительно.

BRACHIOPODA.

Articulata.

Productidae.

Genus *Productella* Hall.

Productella subaculeata Murch.

(Табл. VII, рис. 6; табл. VIII, рис. 1, 2, 3, 4).

- | | | |
|-------|-------------------------------|--|
| 1840. | <i>Productus subaculeatus</i> | Murch. Bull. Soc. Geol. Vol. XI, p. 255.
Pl. II, f. 9. |
| 1853. | „ | Schnur, Brach. Eifel. S. 228, T. XLIII,
f. 4. |
| 1856. | „ | Sanberger, Rhein. Schicht. Nassau, S.
371, T. XXXIV, f. 16. |
| 1865. | „ | Davidson, Monogr. Br. Devon. Brach.,
p. 99, pl. XX, f. 1—2. |

1869. *Strophalosia productoides* Zeuschner, Zeitschr. d. D. geol. G. S. 268.
 1871. *Productus subaculeatus* Kayser, Brach. Eifel. Z. d. D. geol. G. S. 639.
 1887. „ „ Tschernyschew, Фауна средн. и верхн. девона западнаго склона Урала стр. 112.
 1895. „ „ Holzapfel, Obere Mitteldevon in Rhein. Gebirge. S. 298.
 1896. *Productella subaculeata*, var. *angustior* Gürich. Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 217.

Громадное число прекрасно сохранившихся экземпляровъ этого вида собрано въ кальцеоловомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 7). Въ крипидномъ известнякѣ (вых. 8) также встрѣчается, но весьма рѣдко.

Кромѣ цѣльныхъ экземпляровъ найдено нѣсколько штукъ отдѣльныхъ малыхъ створокъ съ прекрасно уцѣлѣвшимъ внутреннимъ строеніемъ. На такихъ экземплярахъ можно наблюдать раздвоенный замочный отростокъ, продолжающійся въ длинное срединное ребро, немного не доходящее до лобнаго края. Наибольшую высоту это ребро имѣетъ приблизительно по срединѣ длины раковины, гдѣ оно имѣетъ видъ высокой пластинчатой перегородки. По обѣ стороны послѣдней расположены почковидныя впечатлѣнія (въ видѣ возвышеній), ограничennыя снаружи изогнутыми ручными пластинками. По обѣ стороны срединнаго ребра, — между нимъ и задними концами почковидныхъ возвышеній расположены два довольно большихъ круглыхъ бугорка, соотвѣтствующіе мѣсту прикрѣпленія мускуловъ-замыкателей. По обѣ стороны замочнаго отростка также лежатъ по маленькому бугорку (мѣсто прикрѣпленія отмыкателей).

Productella subaculeata встрѣчается на Эйфель въ кальцеоловомъ ярусѣ, особенно въ верхнихъ горизонтахъ, и въ стрингоцефаловыхъ слояхъ. Распространена въ среднемъ и верхнемъ девонѣ Бельгіи, Нассау, Англіи и пр. На Уралѣ извѣстна въ среднемъ и верхнемъ девонѣ.

Genus *Chonetes* Fischer.

Chonetes sarcinulata Schloth.

1820. *Terebratulites sarcinulatus* Schloth. Petrefact. p. 256. T. XXIX, f. 3.

1853. *Chonetes sarcinulata* Schnur, Brach. Eifel. S. 225. T. XLII, f. 5.
 1856. „ „ Sandberger, Rhein. Schicht. Nassau. S. 365, T. XXXIV, f. 14.
 1865. „ *Hardrensis* Davidson, Monogr. Br. Devon. Brach. p. 94, pl. XIX, f. 6—9.
 1869. „ *sarcinulata* et (?) *Ch. Hardrensis* Zeuschner, Z. d. D. g. G. S. 265.
 1896. „ „ Gürich, Palaeoz. in Pol. Mittelgebirg. S. 222.

Куски известняка вых. 3 иногда сплошь покрыты отпечатками раковиннокъ этого вида. Небольшое число экземпляровъ найдено также въ культурюгатовомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 2).

Chonetes sarcinulata, какъ извѣстно, распространенная нижне-девонская окаменѣлость. Въ среднемъ девонѣ въ 3. Европѣ извѣстна только въ нижнихъ горизонтахъ.

***Chonetes plebeja* ? Schnur.**

1853. *Chonctes plebeja* Schnur, Brach. Eifel. S. 226, T. XLII, f. 6.
 1896. „ „ Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 222.

Вмѣстѣ съ предыдущимъ видомъ найдена въ культурюгатовомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 2). Гюрихомъ указывается изъ нижне-девонскаго песчаника (Висневка) и кальцеоловаго мергеля около д. Скалы. Въ послѣднемъ мѣстонахожденіи окаменѣлости эти были найдены Цейшперомъ и опредѣлены, какъ *Chonetes minuta*. 2 экземпляра, хранящіеся въ Бреславскомъ музеѣ, по мнѣнію Гюриха должны быть отнесены къ *Chonctes plebeja*. По моему мнѣнію *Ch. plebeja* видъ довольно сомнительный и едва-ли имѣющій право на самостоятельное существованіе. *Kayser* (Z. d. D. g. G. 1871, S. 636) соединяетъ его съ *Ch. sarcinulata* Schloth. О сходствѣ молодыхъ экземпляровъ *Ch. crenulata* Roem. съ *Ch. plebeja* см. ниже. (стр. 54)

***Chonetes dilatata* Roem. var. ?**

1844. *Orthis dilatata* Roemer, Rhein. Uebergangsgebirge. S. 74, T. I, f. 5.
 1853. *Chonetes* „ Schnur, Brach. Eifel. S. 227, T. XLIII, f. 1.
 1856. „ „ Sandberger, Rhein. Schicht. Nassau, S. 368. T. XXXIV, f. 15.

1871. *Chonetes dilatata* Kayser, Brach. Eifel. Zeitschr. d. D. g. Ges. S. 637.

Маленькая, сильно вытянутая въ поперечномъ направленіи раковинка съ прямымъ замочнымъ краемъ, съ вытянутыми крылообразно замочными углами, покрыта весьма тонкими радіальными дихотомизирующими ребрышками. Брюшная створка сильно выпукла съ приподнятой серединой. *Area* ея узкая съ отверстіемъ, прикрытымъ псевдодельтидіумомъ. *Arca* спинной створки — линейная, также съ псевдодельтидіумомъ. Вообще форма вполне соответствуетъ указаннымъ рисункамъ, въ особенности рис. Sandberger'a. Единственнымъ отличіемъ служитъ величина, которая у польской формы значительно меньше, чѣмъ у типичной.

Длина . . . 6 мм.

Ширина . . . 9 „

Толщина . . . 3 „

Найдена (всего 1 экземпляръ) въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8).

***Chonetes crenulata* F. Roem. var. ?**

(Табл. VII, рис. 7, 7а, 8, 9, 10).

1844. *Orthis crenulata* F. Roemer, Rhein. Uebergangsgebirge. S. 74, T. V, f. 5.

1853. *Chonetes* „ Schnur, Brach. Eifel. S. 226, T. XLIII, f. 2.

1871. „ „ Kayser, Brach. Eifel. Zeitschr. d. D. geol. Ges. S. 634.

Въ кальцеоловомъ мергелистомъ сланиѣ (вых. 7) собрано громадное количество экземпляровъ этого вида.

Раковина овальная, болѣе вытянутая въ ширину, чѣмъ въ длину. Прямой замочный край—нѣсколько короче наибольшей ширины раковины. Замочные углы слегка крыловидно удлинены (какъ на рис. Roemer'a) и отогнуты въ сторону большей створки. Макушка послѣдней почти не выдается надъ замочнымъ краемъ. Большая створка—въ различной степени выпукла. У молодыхъ экземпляровъ она выпукла значительно меньше и при томъ болѣе или менее равномерно, какъ у *Ch. plebeja* Schnur (Brach. Eif. T. XLII, f. 6); за то у болѣе крупныхъ — сильно вздута и изогнута совершенно также, какъ у *Ch. crenulata* на рис. Шнур (T. XLIII, f. 2).

Макушка большой створки едва выдается надъ замочнымъ краемъ. Малая створка—сильно изогнута. *Arcae* обѣихъ створокъ—узкія. По наружному краю *arcae* брюшной створки сохранились въ видѣ бугорковъ основанія иголь. По срединѣ *area* прободена трехугольнымъ отверстіемъ, которое у нѣкоторыхъ экземпляровъ остается открытымъ, у другихъ является нѣсколько заросшимъ съ боковъ. Поверхность обѣихъ створокъ покрыта довольно рѣзкими прямыми продольными ребрышками, число которыхъ (по краю раковины) доходить отъ 30 до 50 и болѣе. Ребрышки увеличиваются въ числѣ къ лобному краю посредствомъ дихотомирования и появленія новыхъ реберъ между двумя существующими. Знаки паростанія явственны, въ особенности у лобнаго края. Кромѣ того поверхность раковины покрыта весьма тонкими нѣжными складками, пересѣкающими ребра поперекъ ихъ длины. Размѣры довольно различны:

Дл.	8.	10.	10.	13.
Шир.	10.	13.	15.	16.
Толщ.	2.	3.	3.	3.5.

Внутри большой створки—2 весьма слабо развитыхъ замочныхъ зуба и короткая срединная перегородка. Внутри малой створки—сильный замочный отростокъ, отъ котораго къ лобному краю тянется такъ-же срединная перегородка, достигающая меньше, чѣмъ $\frac{1}{3}$ длины раковины. Тамъ, гдѣ она кончается, по обѣимъ ея сторонамъ появляются ручныя поддержки, которыя въ видѣ двухъ высокихъ тонкихъ пластинокъ тянутся приблизительно параллельно одна другой почти до лобнаго края. Замочный край обѣихъ створокъ съ внутренней стороны поперечно зазубренъ, такъ что зубчики одной створки входятъ въ соответствующіе назы другой.

Нѣкоторые изъ мелкихъ (молодыхъ) экземпляровъ, какъ уже отчасти замѣчено выше, и по очертанію и по характеру ребристости весьма напоминаютъ *Chonetes plebeja* Schnur. Такъ что весьма возможно, что описанныя подъ этимъ именемъ (см. выше) Гюрихомъ формы изъ „кальцеоловаго мергеля” принадлежать именно къ описываемому виду. Это тѣмъ болѣе вѣроятно, что въ распоряженіи Гюриха имѣлось всего 2 экземпляра, найденные Цейшперомъ и опредѣленные послѣднимъ, какъ *Ch. minuta*. Странно только, что по заявленію Цейшпера (Z. d. D. g. G. 1869. S. 269) его *Ch. minuta* встрѣчается въ мѣстонахожденіи сравнительно рѣдко; а Гюрихомъ его *Ch. plebeja* въ „кальцеоловомъ мергелѣ” совсѣмъ не найдена: какъ уже замѣчено, *Ch. crenulata* въ кальцеоловомъ мергелистомъ сланцѣ встрѣчается массами.

Но если пѣкоторые изъ мелкихъ экземпляровъ напоминаютъ, какъ сказано, *Ch. plebeja*, то крупные—взрослые экземпляры не оставляютъ сомнѣнiя въ принадлежности описываемой формы къ *Ch. crenulata*. Единственнымъ отличiемъ ея отъ типичной *Ch. crenulata* служить нѣсколько болѣе грубая ребристость. Но послѣднее обстоятельство едва-ли можетъ имѣть какое либо значенiе и въ крайнемъ случаѣ можетъ лишь дать поводъ къ установленiю разновидности.

Ch. crenulata встрѣчается въ стрингоцефаловомъ ярусѣ 3. Европейскаго девона.

Chonetes gibbosa Gürich.

(Табл. VII, рис. 11, 11a, 12).

1896. *Chonetes gibbosa* Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg, S. 223. T. X, f. 8.

Видъ весьма близкiй къ предыдущему.

Раковина полукруглаго очертанiя съ слегка крыловидно удлинненными углами замочнаго края. Углы нѣсколько отогнуты въ сторону большей створки. Послѣдняя сильно выпукла и вдоль ея проходить продольная вдавленность. Малая створка соответственно вогнута. *Area* брюшной створки—узкая, прямо стоящая, малой—еще уже. *Areae* сходятся подъ тупымъ угломъ. Треугольное отверстiе на *area* брюшной створки закрыто дельтидiумомъ, на *area* малой створки—основанiемъ замочнаго отростка. По виѣшнему краю *areae* брюшной створки сохранились основанiя обломанныхъ трубчатыхъ иглъ. Ребристость—нѣсколько тоньше, чѣмъ у предыдущей формы и напоминаютъ таковую-же типичной *Ch crenulata*. Число ребрышекъ—60—100. Размѣры:

Длина	16.	10 мм.
Ширина	27.	16 „
Толщина	5.	2.5 мм.

Вообще описываемая форма имѣетъ большое сходство съ *Ch. crenulata* и отличается отъ нея главнымъ образомъ меньшей выпуклостью брюшной створки и присутствiемъ на ней продольной вдавленности. Гюрихомъ опредѣлена по одному экземпляру, находящемуся въ коллекцiи Цейшнера вмѣстѣ съ предыдущимъ видомъ.

Собрано около 10 экземпляровъ въ кальцеоловомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 7).

Strophomenidae.

Genus *Leptaena* Dalm.

Leptaena depressa Sow.

1825. *Producta depressa* Sow. Min. Conch. Vol. V, p. 86, t. 459, f. 3.
 1853. *Leptaena* „ Schnur, Brach. Eifel. S. 224, T. XLII, f. 3.
 1856. *Strophomena depressa* Sandberger. Rhein. Schicht. Nassau, S. 363, T. XXXIV, f. 9.
 1865. „ „ Davidson, Devon. Brach. p. 76, pl. XV, f. 15—17.
 1869. „ *romboidalis*, var. *analoga* (Phillips) Zeuschner Z. d. D. g. G. S. 268.
 1871. „ „ Kayser, Brach. Eifel. Z. d. D. g. G. S. 619.
 1895. „ „ var. *nodulosa* Holzapfel, Obere Mitteldevon im Rhein. Gebirge., S. 296.
 1896. *Leptaena depressa* Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 226.

Довольно значительное число иногда весьма хорошо сохранившихся экземпляров собрано въ различныхъ пунктахъ профиля: въ кальцеоловомъ мергелистомъ (вых. 7) и глинистомъ (вых. 9) сланцахъ и въ крипидномъ известнякѣ (вых. 8 и 11). Особенно цѣльнымъ сохраненіемъ отличаются экземпляры изъ мергелистаго сланца.

Leptaena scalensis n. sp.

(Табл. VII, рис. 13, 13a)

Въ крипидномъ известнякѣ (вых. 8) собрано нѣсколько штукъ мелкихъ раковинокъ этого вида.

Раковина полукруглаго очертанія съ прямымъ замочнымъ краемъ, почти равняющимся наибольшей шириной раковины. Брюшная створка слегка выпукла. Вдоль ея отъ макушки къ лобному краю идетъ рѣзкое килевидное возвышеніе. Малая створка слабо и равномерно вогнута. Соответственно килу большой створки на ней идетъ продольная глубокая и узкая бороздка. *Area* большой створки — высокая прямостоящая (по направленію длины раковины), трехугольная. Отверстіе прикрыто дельтидіумомъ. *Area* малой створки — линейная. Поверхность покрыта тонкими морщинистыми знаками паростанія.

Описываемая форма стоитъ близко къ *Leptaena Naranjoana* Vern. (Schnur, Brach. Eifel, T. XLII, f. 1), но легко отличается отъ нея прямо стоящею *area* брюшной створки и присутствіемъ кля на брюшной и бороздки на спинной створкахъ.

Leptaena sp. (lepis ? Bronn).

Въ кульتریгатовомъ известнякѣ (вых. 3) найденъ отпечатокъ большой створки полукруглаго очертанія съ широкими складками паростанія, напоминающій упомянутый видъ Bronn'a. Недостаточно хорошее сохраненіе не допускаетъ болѣе точнаго опредѣленія.

Genus Strophodonta Hall.

Strophodonta anaglypha Kayser.

(Табл. VII, рис. 15, 15a).

1871. *Strophomena anaglypha* Kayser, Brach. Eifel., Z. d. D. g. G. S. 628, T. XIV, f. 3.
 1896. *Strophodonta* „ Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 228.

Нѣсколько экземпляровъ изящной раковины этого вида, собранныхъ въ кальцеоловомъ мергелистомъ сландѣ (вых. 7), вполне соотвѣтствуютъ рисункамъ и описанію Кайзера. Шлейфообразно загнутая книзу часть лобнаго края при хорошемъ сохраненіи оказывается нѣсколько длиннѣй, чѣмъ на рисункѣ Кайзера.

На Эйфелѣ *Stroph. anaglypha* встрѣчается въ верхнекальцеоловыхъ и крипидныхъ слояхъ. Въ Польшѣ Гюрихомъ найдена кромѣ „кальцеоловаго мергеля” еще въ верхнедевонскомъ известнякѣ г. Карчуби.

Strophodonta subtetragona F. Roem.

1843. *Orthis lepis* Vern., Geol. Transact. 2 s., Vol. VI, p. 372, t. XXXVI, f. 4.
 1844. „ *subtetragona* F. Roemer, Rhein. Uebergangsgebirge, S. 75.
 1854. *Leptaena lepis* Schnur, Brach. Eifel. S. 223, T. XXXIX, f. 5.

1871. *Strophomena subtetragona* Kayser, Brach. Eifel, Z. d. D. g. G. S. 630.
 1901. *Strophodonta* „ Sobolew, Фауна древнѣйшихъ среднедевонскихъ отложеній Царства Польскаго, стр. 3.

Въ культріюгатовомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 2) собрано два экземпляра вполне сходныхъ съ рисунками Schnur'a.

Встрѣчается въ кальцеоловыхъ слояхъ Эйфеля и Бельгіи.

Strophodonta interstitialis Phillips.

1841. *Orthis interstitialis* Phillips, Pal. foss. of Cornwall., p. 61, pl. XXV, f. 103.
 1853. *Leptaena* „ Schnur, Brach. Eifel., S. 222, T. XLI, f. 2.
 1865. „ „ Davidson, Mon. Br. Devon. Brach. p. 85, pl. XVIII, f. 15—18.
 1869. „ „ Zeuschner, Z. d. D. g. G. S. 168; 272.
 1871. *Strophomena interstitialis* Kayser, Brach, Eifel, Z. d. D. g. G. S. 621.
 1887. „ „ Tschernyschew, Фауна средн. и верхн. девона западн. Урала, стр. 107, табл. XIV, рис. 19.
 1896. *Strophodonta* „ Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 228.
 1901. „ „ Sobolew, Фауна древнѣйш. средне-девонск. отлож. Ц. Польскаго стр. 3.

Встрѣчается въ весьма различныхъ горизонтахъ профиля: въ культріюгатовыхъ слояхъ (вых. 2), въ кальцеоловомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 7) и въ криноидномъ известнякѣ (вых. 11). Особенно хорошимъ сохраненіемъ отличаются экземпляры изъ мергелистаго сланца. Въѣстѣ съ цѣльными экземплярами здѣсь найдены обломки отдѣльной выпуклой створки съ ясно выраженнымъ внутреннимъ строеніемъ. Здѣсь мы видимъ довольно слабо развитой, раздвоенный замочный отростокъ, продолжающійся въ тонкій валикъ, доходящій приблизительно (меньше) до половины длины раковины. Въ передней части онъ нѣсколько утолщается. Валикъ разграничиваетъ мускульные впечатлѣнія, которые съ боковъ ограничены высокими пластинками, тянущимися отъ замочнаго края и оканчивающимся нѣсколько раньше, чѣмъ валикъ (ручные поддержки). Замоч-

ный отростокъ соединяется съ выше названными пластинками посредствомъ слабо развитыхъ замочныхъ пластинокъ, отграничивающихъ (кпереди) по обѣ стороны замочнаго отростка зубныя ямки. Такимъ образомъ, выпуклая створка *Stroph. interstitialis* по крайней мѣрѣ у нашей формы должна быть названа малой.

Stroph. interstitialis распространенная девонская форма—встрѣчается въ З. Европѣ отъ нижняго до верхняго девона, на Уралѣ—въ среднемъ девонѣ. Въ Польшѣ кромѣ средняго девона указывается Гюрихомъ такъ-же изъ верхнедевонскихъ известняковъ въ окрестностяхъ Кѣльце.

Genus *Streptorhynchus* King.

Streptorhynchus umbraculum Schloth.

(Табл. VII, рис. 16, 16а, 17, 17а, 18, 18а, 19, 19а, 20, 21).

- | | | |
|-------|-----------------------------------|--|
| 1820. | <i>Terebratula umbraculum</i> | Schloth. Petref. p. 256. |
| 1853. | <i>Orthis</i> „ | Schnur, Brach. Eif. S. 216, T. XXXVI, f. 2; T. XLIV, f. 4. |
| 1853. | „ <i>hipparionyx</i> | Schnur, Brach. Eif. S. 217, T. XL, f. 1. |
| 1853. | „ <i>undifera</i> | Schnur, Ib. S. 217, T. XLV, f. 1. |
| 1865. | <i>Streptorhynchus umbraculum</i> | Davidson. Br. Devon. Brach. p. 76, pl. XVI, f. 6; pl. XVIII, f. 1—5. |
| 1869. | „ „ | Zeuschner, Z. d. D. g. G. S. 268; 272. |
| 1871. | „ „ | Kayser, Brach. Eif. Z. d. D. g. G. S. 615. |
| 1871. | „ „ | var <i>biconvexa</i> Kayser, Ib. S. 615, T. XIV, f. 1. |
| 1896. | „ „ | Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 229. |

Въ калыцеоловомъ мергелистомъ (вых. 7) и глинистомъ (вых. 9) сланцахъ и въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8) собрано значительное число экземпляровъ этого вида. Въ особенности прекраснымъ сохраненіемъ отличаются многочисленные экземпляры изъ мергелистаго сланца. Внѣшность раковины довольно разнообразна. Можно различать слѣдующія разновидности:

1. Рис. 16, 16а. Довольно крупныя грубо-ребристыя формы, сильно воздутыя, съ выпуклой шишюю створкой, посреди которой

проходить глубокая продольная вдавленность, и съ вогнутой брюшной *Area* брюшной створки—низкая (Ср. *Davidson*, pl. XVI, f. 6).

2. Рис. 17, 17а. Средней величины раковины съ мало выпуклой спинной и плоской брюшной створками. *Area* средняя (Ср. *Schnur*, T. XLIV, f. 4).

3. Рис. 18, 18а. Var. *biconvexa* Kayser—стоитъ близко къ разн. 2 и связана съ нею постепенными переходами. Обѣ створки—вздуты, брюшная—килеобразно, спинная — равномѣрно. *Area* высокая.

4. Рис. 19, 19а. Совершенно плоскія формы съ едва выпуклой спинной створкой и мало вогнутой или совершенно плоской брюшной.

Всѣ разновидности связаны взаимными переходами.

Кромѣ цѣльныхъ экземпляровъ въ мергелистомъ сланцѣ мнѣ удалось собрать по нѣсколько штукъ отдѣльныхъ створокъ—большой и малой. Сохраненіе не оставляетъ желать ничего лучшаго, благодаря чему внутреннее строеніе раковины можно наблюдать совершенно отчетливо. Внутри малой створки (рис. 21)—сравнительно не сильно развитой двулопастной замочный отростокъ, соединенный съ двумя нѣсколько расходящимися замочными пластинками, ограничивающими спереди двѣ зубныя ямки, въ которыя входятъ зубы большой створки. Отъ замочнаго отростка къ лобному краю идетъ довольно толстый срединный валикъ, не всегда одинаковой длины, но во всякомъ случаѣ не доходящій до половины длины створки. По бокамъ валика расположены мускульныя впечатлѣнія.

Въ брюшной створкѣ (рис. 20) зубы поддерживаются короткими зубными пластинками, отъ концовъ которыхъ къ лобному краю идутъ расходящіяся валикообразныя продолженія, ограничивающія съ боковъ впечатлѣнія отмыкателей. Въ срединѣ между послѣдними проходитъ низкая срединная перегородка, скорѣе — валикъ. Къ замочному краю этотъ валикъ раздѣляется на двѣ вѣтви, огнибающія въ видѣ кольца небольшую овальную ямку (впечатлѣнія замыкателей).

Streptorhynch. umbraculum — распространенная девонская окаменѣлость.

***Streptorhynchus (?) orthisinaeformis* n. sp.**

(Табл. VII, рис. 22, 22а).

Всего 1 экземпляръ найденъ въ верхнедевонскомъ известнякѣ около д. Влохи.

Раковина округленно-четырехугольнаго очертанія, плоско-выпуклая, по вѣншему виду весьма напоминает раковину *Orthisina*. Большая створка сильно выпукла съ высокою *area*, по срединѣ которой находится дельтидiумъ съ щелью у основанія (какъ у *Streptorhynchus*). *Arca* наклонена назадъ. Къ лобному краю створка колѣнообразно изгибается (какъ у *Leptaena*). Малая створка плоская съ слабо выраженнымъ продольнымъ синусообразнымъ вдавленіемъ и узкою *area*. Поверхность покрыта тонкими, но рѣзкими ребрами и хорошо выраженными—особенно у лобнаго края—знаками паростанiя.

Дл. 10. Шир. 11. Толщ. 5 мм.

Внутреннее строеніе—неизвѣстно, вѣншiй же видъ, какъ видно изъ описанія, представляетъ нѣкоторыя трудности для опредѣленія рода. Формы съ выпуклою большою и плоскою малою створками обыкновенно относятся къ роду *Orthisina*. Но помимо того, что *Orthisina* до сихъ поръ въ девонскихъ отложенiяхъ неизвѣстна,—строеніе *areae* и дельтидiума, а такъ-же характеръ ребристости такъ сходны съ соотвѣтствующими подробностями въ строенiи *Streptorhynchus umbraculum* Schloth., что я рѣшаюсь отнести описываемый видъ къ роду *Streptorhynchus*, тѣмъ болѣе, что и для *Streptorhynchus umbraculum* (см.) выпуклость малою створки и вогнутость большой не составляетъ характернаго признака. Напротивъ, встрѣчаются какъ совершенно плоскія формы, такъ и формы съ обѣими выпуклыми створками. Отъ послѣднихъ переходъ къ нашей формѣ—совершенно незначительный.

Orthidae.

Genus *Kayserella* Hall et Clarke.

Kayserella lepida Schnur.

(Табл. VIII, рис. 5, 5a, 6, 7, 7a, 8, 8a.)

1853. *Orthis testudinaria* Schnur, Brach. Eif. S. 212, T. XXXVII, f. 3.
 1853. „ *plicatella* Schnur, Ib. T. XXXVIII, f. 4.
 1853. „ *lepida* Schnur, Ib. T. XLV, f. 9.
 1871. *Streptorhynchus* (?) *lepidus* Kayser, Brach. Eif. Z. d. D. g. G. S. 617, T. XIV, f. 2.
 1896. *Kayserella lepida* Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 234, T. X, f. 4.

Нѣсколько штукъ цѣльныхъ экземпляровъ и отдѣльныхъ створокъ—брюшной и спинной — собранныхъ въ кальцеоловомъ мергелистомъ сланиѣ (вых. 7), вполне сходны съ рисунками Kayser'a, Schnur'a и Gürich'a. Раковина полукруглаго очертанія, сильно вздутая, съ прямымъ замочнымъ краемъ, равняющимся приблизительно $\frac{2}{3}$ наибольшей ширины раковины, иногда, впрочемъ значительно больше. Большая створка сильно выпукла—съ проходящимъ вдоль ея отъ макушки къ лобному краю килеобразнымъ возвышеніемъ. Острая макушка слегка загибается надъ высокой трехугольной *area*, отверстіе которой прикрыто псевдодельтидіумомъ. Малая створка слабо выпукла съ глубокою синусообразною продольною вдавленностью по срединѣ. *Area* ея узкая макушка — небольшая острая. Поверхность покрыта острыми кровлеобразными ребрами. Размѣры:

Длина	Ширина	Толщина
13.5	15.5	7 мм.
11.	12.	6 „

Внутри малой створки — слабо развитой замочный отростокъ, по сторонамъ котораго расположены довольно сильныя, слегка расходящіяся ручныя поддержки. Высокая срединная перегородка нѣсколько не доходить до лобнаго края и своимъ заднимъ концемъ (съ косымъ срѣзомъ) раздѣляетъ мускульныя впечатлѣнія, расположенныя по обѣ стороны ея и имѣющія видъ глубокихъ продолговатыхъ ямокъ, ограниченныхъ съ боковъ валикообразными возвышеніями. Внутри большой створки довольно сильныя зубы, поддерживаемые небольшими зубными пластинками. Срединной перегородки—нѣтъ.

Kayssrella lepida встрѣчается въ криноидныхъ слояхъ Эйфеля

***Kayserella lepidiformis* Gürich.**

1896. *Kayserella lepidiformis* Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 232, T. X, f. 5, 10.

Значительное число экземпляровъ этого хорошо описаннаго Гюрихомъ вида найдено въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8) и кальцеоловомъ мергелистомъ сланиѣ (вых. 7). Видъ стоитъ близко къ *Kayserella lepida* Schnur и отличается отъ последней кромѣ мелкихъ размѣровъ раковины также болѣе короткимъ замочнымъ краемъ и меньшимъ развитіемъ *area* обѣихъ створокъ.

Kayserella sp.

Въ калъцеоловомъ глинистомъ сланцѣ (вых. 9) найденъ одинъ нецѣльный экземпляръ малой створки съ высокою срединною перегородкой, слабо развитымъ замочнымъ отросткомъ, довольно сильными ручными поддержками и весьма глубокими впадинами по обѣ стороны срединной перегородки (мускульныя впечатлѣнія). Больше точное опредѣленіе въ виду недостаточно хорошаго сохраненія, затруднительно.

Genus Skenidium Hall.

Skenidium areola Quenstedt.

1811. *Orthis areola* Quenstedt. Brach. p. 589, T. LVII, f. 27.
1871. *Mytrophora areola* Kayser, Brach. Eif. Z. d. D. g. G. S. 612, T. XIII, f. 5.

Нѣсколько экземпляровъ собрано въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8).

Небольшая поперечно-удлиненная, почти пятиугольная раковина. Большая створка сильно выпукла съ срединнымъ килемъ; малая—лишь слегка кровлеобразно выпукла—главнымъ образомъ около замочнаго края, откуда вдоль ея проходитъ синусообразная вдавленность, расширяющаяся къ лобному краю. Последній сильно приподнятъ въ сторону большой створки и слегка раздвоенъ. Замочный край—прямой, нѣсколько меньше наибольшей ширины раковины. Макушка большой створки лишь слегка пригнута. Треугольная *area* этой створки—съ широкимъ треугольнымъ отверстіемъ. Узкая *area* малой створки поставлена почти прямо. Поверхность раковины покрыта рѣзкими кровлеобразными ребрами, число которыхъ къ лобному краю увеличивается путемъ дихотомированья, а также путемъ появленія между существующими новыхъ реберъ, которые обыкновенно уступаютъ по величинѣ первымъ.

Весьма возможно, что описанный Гюрихомъ *Skenidium polonicum* n. sp. (S. 237, T. X, f. 3 и. 14) тождественъ съ описываемымъ видомъ.

Skenidium areola встрѣчается на Эйфелѣ въ криноидныхъ слояхъ.

Skenidium fallax Gürich.

1896. *Skenidium fallax* Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 236, T. X, f. 9.

Масса экземпляровъ собрана въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8). Отъ *Skenidium arcota* легко отличается пригнутостью макушки брюшной створки, значительно болѣе короткимъ замочнымъ краемъ, меньшей приподнятостью и отсутствіемъ раздвоенія лобнаго края. Подробное описаніе см. у Gürich'a.

Genus Orthis Dalm.

Orthis circularis Sow.

Округлая плоская раковина, нѣсколько большая въ ширину, чѣмъ въ длину. Брюшная створка слегка выпукла, малая—плоская. Замочный край—короткій. Поверхность обѣихъ створокъ покрыта весьма тонкими, штрихообразными ребрами, изъ которыхъ периферическія изгибаются по направленію къ краю створки. Внутри малой створки—крѣпкій, толстый замочный отростокъ, раздѣленный на концы на 3 части. Дл. 20, шир. 22 мм.

Найдена въ культріюгатомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 2). На Эйфель встрѣчается въ нижнемъ девонѣ.

Orthis opercularis Vern.

1844. *Orthis testudinaria*, var. *ventroplana* F. Roemer, Rhein. Uebergangsgebirge. S. 76, T. V, f. 6.
 1845. „ *opercularis* Murch. Vern. Kays. Geol. Russ. Vol. II. p. 187, T. XIII, f. 2.
 1853. „ „ Schnur, Brach. Eifel. S. 214, T. XXXVII, f. 7.
 1869. „ „ Zeuschner, Z. d. D. g. G. S. 268.
 1871. „ „ Kayser, Brach. Eif. Z. d. D. g. G. S. 601, T. XIII, f. 2.

Найдена въ культріюгатомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 2), въ кальцеоловомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 7) и въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8). Въ послѣднихъ двухъ мѣстонахожденіяхъ всего по одному экземпляру.

Плоская раковина, овальнаго очертанія, вытянутая въ поперечномъ направленіи, съ слабо выпуклой брюшной и плоской спинной створками, покрытыми тонкими ребрышками. Среднія изъ нихъ идутъ прямо, боковыя-же слегка дугообразно изгибаются къ периферіи. На большой створкѣ — килеобразное возвышеніе, на меньшей—слабая продольная вдавленность. Прямо стоящая *area* брюшной створки—незначительна, спинной—еще меньше. Замочный край нѣсколько меньше наибольшей ширины раковины.

Встрѣчается на Эйфелѣ въ культурягатовыхъ слояхъ (рѣдко), гораздо чаще въ кальцеоловомъ ярусѣ, особенно въ нижнихъ горизонтахъ. Кромѣ того—въ кальцеоловыхъ слояхъ Бельгін, въ средн. девонѣ Нассау, въ Испаніи и въ Россіи.

***Orthis tetragona* F. Roem.**

1844. *Orthis testudinaria* var. *tetragona* F. Roemer, Rhein. Uebergangsgebirge, S. 76, T. V, f. 6.
 1845. „ *tetragona* Murch. Vern. Kayserl., Geol. Russ. Vol. II, p. 179—180.
 1853. „ „ Schnur, Brach. Eif. S. 214, T. XXXVII. f. 8.
 1856. „ *opercularis* Sandberger, Rhein. Schicht. Nassau, S. 353, T. XXXIV, f. 2.
 1871. „ *tetragona* Kayser, Brach. Elf. Z. d. D. g. G. S. 604.

Экземпляръ брюшной створки, найденной въ культурягатовомъ мергелистомъ сланцѣ около Грегоржевице (вых. 2), ближе всего напоминаетъ рисунокъ Sangberger'a, разнящійся отъ рис. Schnur'a болѣе округлымъ очертаніемъ, болѣе рѣзкими, тонкими и рѣдкими ребрышками и отсутствіемъ замѣтныхъ складокъ на ростаніи.

Orthis tetragona встрѣчается на Эйфелѣ въ центрѣ кальцеоловаго яруса, кромѣ того въ томъ-же горизонтѣ Бельгін, въ средн. девонѣ Нассау и въ Галиціи.

***Orthis subtetragona* Gürich.**

1896. *Orthis subtetragona* Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 239, T. X, f. 7.

Въ крипидномъ известнякѣ (вых. 8) и кальцеоловомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 7) находится въ изобиліи. Подробное описа-

ніе см. у Гюриха. Наружный видъ раковины и внутреннее строеніе настолько близко подходят къ таковымъ-же у *Orthis Eifliensis* Vern., что вѣдѣленіе этой формы въ особый видъ можно еще считать спорнымъ. Какъ на главѣйшее отличіе отъ названнаго вида Гюрихъ указываетъ на виѣшнюю форму, которая у *Orth. Eifliensis* болѣе закруглена, тогда какъ и у *Orth. subtetragona* раковина имѣетъ трапецидальную форму. Это отличіе, впрочемъ, едва-ли можно считать существеннымъ, такъ какъ при большомъ количествѣ имѣющагося у меня матеріала я имѣлъ случай убѣдиться, что форма раковины, какъ у *Orth. Eifliensis*, такъ и у *Orth. subtetragona* довольно измѣнчива, такъ что провести рѣзкую границу между этими видами—довольно трудно. Внутреннее строеніе обѣихъ формъ—одинаково (см. *Orth. Eifliensis*).

Orthis Eifliensis Vern.

- 1844. *Orthis testudinaria* F. Roemer, Rhein. Uebergangsgebirg. S. 76.
- 1845. " *lunata* Murch., Vern., Kayserl. Geol. Russ. Vol. II, p. 189, T. XIII, f. 6.
- 1850. " *Eifliensis* Vern., Bull. Soc. Geol. 2 s. Vol. VII, p. 101.
- 1853. " " Schnur, Brach. Eifel. S. 213, T. XXXVII, f. 6; S. 242, T. XLV, f. 8.
- 1869. " " Zeuschner, Z. d. D. g. G. S. 268.
- 1871. " " Kayser, Brach. Eifel. Z. d. D. g. G. S. 606; T. XIII. f. 3.
- 1895. " " Holzapfel, Ober. Mitteldevon in Rhein. Gebirg. S. 295.
- 1896. " " Gürich, Palaeoz. Poln. Mittelgebirg. S. 241.

Большое число цѣльныхъ экземпляровъ и отдѣльныхъ створокъ собрано въ кальцеоловомъ мергелистомъ (вых. 7) и глинистомъ (вых. 7а) сланцахъ и въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8).

Въ малой створкѣ—два большія ручныя поддержки; между ними—крѣпкій замочный отростокъ, отъ котораго кпереди тянется толстый срединный валикъ, доходящій до лобнаго края. Въ брюшной створкѣ—два большихъ замочныхъ зуба. Мускульные отпечатки раздѣлены небольшою срединною перегородкой.

Orthis Eifliensis на Эйфелѣ появляется впервые въ нижней части кальцеоловаго яруса, особенно часто встрѣчается въ криноидномъ горизонтѣ.

Orthis Eifliensis Vern. var. **crassa** Gürich.

(Табл. VIII, рис. 14, 15).

1896. *Orthis Eifliensis* var. *crassa* Gürich, Palaeoz in Poln. Mittelgebirg. S. 241.

Въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8) встрѣчаются экземпляры съ общимъ очертаніемъ раковины, какъ у *Orthis Eifliensis*, но отличающіеся отъ нея значительно большею выпуклостью створокъ и болѣе тонкой ребристостью. На брюшной створкѣ — ясный синусъ, приподнимающій слегка лобный край въ сторону малой створки; на послѣдней иногда тоже наблюдается продольная синусообразная вдавленность. Внутреннее строеніе большей створки нѣсколько отличается отъ такого-же у *Orthis Eifliensis*. Два сильныхъ зуба снабжены крѣпкими зубными пластинками, снабженными рѣзкими валикообразными продолженіями, сначала слегка расходящимися, затѣмъ (ниже половины длины раковины) закручивающимися къ срединѣ и огибающими т. обр. мускульныя впечатленія. Послѣднія раздѣлены едва замѣтнымъ срединнымъ валикомъ.

Orthis canalicula Schnur.

(Табл. VIII, рис. 10, 10a, 11, 11a).

1853. *Orthis canalicula* Schnur, Brach. Eifel. S. 213, T. XXXVII, f. 5; S. 242, T. XLV, f. 6.

1871. „ „ Kayser, Brach. Eif. Z. d. D. g. G S. 607, T. XIII, f. 4.

1896. „ „ (?) Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 242.

Одинъ цѣльный экземпляръ, 1 экземпляръ большой — и нѣсколько — малой створки найдены въ кальцеоловомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 7).

Полукруглаго очертанія раковина съ прямымъ замочнымъ краемъ, почти соответствующимъ наибольшей ея ширинѣ, покрыта рѣзкими, кровлеобразными ребрами. Обѣ створки выпуклы, брюшная нѣсколько больше, чѣмъ спинная. Вдоль брюшной створки, начинаясь отъ макушки идетъ къ лобному краю узкое килеобразное возвышеніе, ограниченное съ обѣихъ сторонъ рѣзкими бороздками. На малой створкѣ ему соответствуетъ глубокой узкій синусъ. Довольно высокая *area* брюшной створки пробуравлена въ срединѣ большимъ

треугольнымъ отверстіемъ. Макушка—слегка загнута. *Area* малой створки—узкая, прямо стоящая. Внутри большой створки—два сильныхъ замочныхъ зуба. Внутри малой—слабо развитой замочный отростокъ и двѣ весьма сильныя ручныя поддержки. Мускульныя впечатленія раздѣлены продольнымъ ребромъ.

Orthis canalicula встрѣчается въ криноидныхъ слояхъ Эйфеля; руководящая окаменѣлость для этихъ слоевъ.

***Orthis subcordiformis* Kayser.**

1871. *Orthis subcordiformis* Kayser, Brach, Eif. Z. d. D. g. G. S. 600, T. XIII, f. 1.
 1901. „ „ Sobolew, Фауна древнѣйшихъ среднедевонскихъ отложеній Царства Польскаго, стр. 3.

Въ культуригатовомъ мергелистомъ сланцѣ около Грегоржевице (вых. 2) найденъ отпечатокъ большой створки, вполне соответствующій рисунку и описанію Kayser'a. Отличается лишь нѣсколько меньшей величиной.

На Эйфелѣ *Orthis subcordiformis* служить руководящей окаменѣlostью культуригатовыхъ слоевъ.

***Orthis striatula* Schloth.**

(Табл. VIII, рис. 12, 13, 13а, 13б).

1813. *Anomites Terebratulites striatulus* Schloth. Min. Taschenb. VIII, T. I, f. 6.
 1837. *Spirifer striatulus* Pusch, Polens Palaeontologie, S. 28.
 1845. *Orthis resupinata* var. *striatula* Vern. Paléont. Russ. p. 183, pl. XII, f. 6.
 1846. „ *striatula* Kayserling, Petschora-Land, S. 223.
 1853. „ „ Schnur, Brach. Eif. S. 215, T. XXXVIII, f. 1.
 1860. „ „ Eichwald, Letaea Rossica, S. 814.
 1865. „ „ Davidson, Mon. Br. dev. Brach. p. 87, pl. XVII, f. 4—7 (Синонимика Ib.).
 1866. „ „ Boemer, Geogn. Beobacht. Poln. Mittelgebirge. Z. d. D. g. G. S. 670.
 1869. „ „ Zeuschner, Z. d. D. g. G. S. 267.

- | | | | |
|-------|---|---|--|
| 1871. | " | " | Kayser, Brach. Eif. Z. d. D. g. D. S. 598. |
| 1887. | " | " | Tschernyschew, Фауна средн. и верхн. дев. западн. Урала, стр. 103. |
| 1895. | " | " | Holzapfel, Ober. Mitteldev. in Rhein. Gebirg. S. 293. |
| 1896. | " | " | Gürich, Palaeoz. Poln. Mittelgebirg. S. 242. |

Этот распространенный девонскій видъ встрѣчается часто въ различныхъ горизонтахъ профиля: въ кальцеоловомъ мергелистомъ (вых. 7) и глинистомъ (вых. 7а, 9) сланцахъ, въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8) и въ верхнедевонскомъ известнякѣ около дер. Влохи (вых. 13). Особенно крупные экземпляры собраны въ мергелистомъ сланцѣ; напротивъ, экземпляры изъ криноиднаго известняка отличаются небольшими ризмами.

Внутри брюшной створки — два сильныхъ зуба, поддерживаемые крѣпкими зубными пластинками. Последнія снабжены особыми валикообразными продолженіями, окружающими вытянутые овальныя глубокія ямки (мѣста прикрѣпленія мускуловъ), расположенныя по обѣ стороны срединной перегородки. Эта последняя — въ передней части — тамъ гдѣ къ ней примыкаютъ концы упомянутыхъ валикообразныхъ продолженій зубныхъ пластинокъ, сильно зубообразно выдается, къ замочному краю, на оборотъ, весьма сильно и быстро понижается. Внутри спинной створки — слабый замочный отростокъ, продолжающійся въ столь-же слабое срединное ребро, раздѣляющее мускульныя впечатленія. По бокамъ замочнаго отростка торчатъ нѣсколько расходящіяся широкія и толстыя ручныя поддержки.

Spiriferidae.

Genus *Spirifer* Sow.

Spirifer subcuspidatus var. *alata* Kayser.

- | | | |
|-------|---|--|
| 1871. | <i>Spirifer subcuspidatus</i> var. <i>alata</i> | Kayser, Brach. Eif. Z. d. D. g. G. S. 573. |
| 1901. | " | " var. <i>alata</i> Sobolew, Фауна древн. средне-девонск. отлож. Ц. Польскаго, стр. 3. |

Эта разновидность *Spirifer subcuspidatus*, характеризующаяся сильно вытянутыми крыльями, въ числѣ нѣсколькихъ экземпляровъ

найдена въ культріюгатовомъ мергелистомъ сланиѣ около Грегоржевице (вых. 2). Раковина достигаетъ 40 мм. ширины при 18 мм. длины и покрыта рѣзкими ребрами. Сѣдло и синусъ—узкіе. *Area* большой створки высокая, прямостоящая, съ узкой дельтидіальной щелью.

Встрѣчается въ культріюгатовыхъ слояхъ Эйфеля и Бельгін.

Spirifer Puschi n. nom.

(Табл. VIII, рис. 16; Табл. IX, рис. 1, 2).

- | | | | |
|-------|---------------------|--------------------------------|---|
| 1837. | (<i>Spirifer</i>) | <i>Delthiris speciosa</i> | } Pusch, Polens Palaeontologie, S. 27, T. IV, f. 10. |
| " | " | <i>ostiolata</i> | |
| " | " | <i>rotundata</i> | |
| " | " | <i>laevicosta</i> | |
| " | " | <i>alata</i> | |
| 1866. | <i>Spirifer</i> | <i>laevicosta (ostiolatus)</i> | Roemer, Z. d. D. g. G. S. 677. |
| 1883. | " | <i>medialis</i> | Michalski, Изв. Геолог. Ком. стр. 133. |
| 1896. | " | <i>Dombrowiensis</i> | Gürich, Palaeoz. Poln. Mittelgebirg, S. 245, T. VIII, f. 2—4. |

Въ культріюгатовомъ известнякѣ около Грегоржевице (вых. 3) этотъ интересный видъ встрѣчается въ большомъ количествѣ экземпляровъ. Впервые онъ былъ описанъ подъ разными названіями Пушемъ изъ шахты „Владиміръ” около д. Домбровы, что и дало Гюриху поводъ назвать установленный новый видъ—*Dombrowiensis*. Я нахожу болѣе справедливымъ назвать этотъ видъ по имени извѣстнаго изслѣдователя Ц. Польскаго — Пуша, тѣмъ болѣе, что въ коллекціи послѣдняго, хранящейся въ Варшавскомъ университетѣ, описываемый видъ представленъ настолько хорошо, какъ едва ли въ какой либо другой коллекціи по геологіи Ц. Польскаго.

Какъ показываетъ уже само разнообразіе названій этого вида, какъ у самого Пуша, такъ и у послѣдующихъ авторовъ, вишіе признаки вида довольно измѣнчивы. Очертаніе раковины—то полукруглое, то закругленно-пятиугольное, то наконецъ—сильно вытянутое въ поперечномъ направленіи. Брюшная створка всегда сильно вздута съ высокой *area*, которая то стоитъ почти совершенно прямо то слегка изогнута, такъ что макушка является слегка наклоненною. Сѣдло и синусъ обыкновенно довольно широкіе—закругленные, но встрѣчаются экземпляры съ рѣзкимъ синусомъ и сѣдломъ, отграниченными отъ поверхностей створокъ рѣзкими кантами (resp. борозд-

ками). Вообще форма представляет большое сходство то со *Sp subcuspidatus* Schnur ¹⁾, то со *Spirifer hystericus* Schloth ²⁾. Некоторые мелкие экземпляры изъ коллекціи Пюша не отличимы отъ *Spirifer subcuspidatus* var. *alata* Kayser ³⁾.

Spirifer elegans Steininger.

(Табл. VIII, рис. 17, 17a, 18, 19).

1853. *Spirifer elegans* Steininger, Geogn. Besch. Eif. S. 72, T. VIII, f. 2.
 „ „ *diluvianus* Ib. S. 73 T. VII, f. 1.
 „ „ *laevicosta* Schnur, Brach. Eif. T. XXVIII f. 3, e—h (non a—d).
 ? 1869. „ *speciosus* var. *micropterus* (Goldf.) Zeuschner, Z. d. D. g. G. S. 267.
 1871. „ *elegans* Kayser, Brach. Eif. Z. d. D. g. G. S. 569, T. XI, f. 2.
 1884. „ „ Tschernyschew, Матеріалы къ изуч. девонск. отлож. Россіи, стр. 31, табл. II, ф. 9.
 1887. „ „ Tschernyschew, Фауна средн. и верхн. девона Запади. Урала, стр. 65, табл. IX, ф. 3—4; 7.
 1896. „ „ Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirge. S. 247.

Экземпляры, собранные въ громадномъ количествѣ въ кальцеоловомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 7), вполне сходны съ эйфельскими, и отличаются такою-же измѣнчивостію внѣшней формы (см. Schnur, Kayser), то сильно крылатой, то менѣе вытянутой въ поперечномъ направленіи. Въ брюшной створкѣ—сильные зубы съ короткими зубными пластинками; въ малой — сохранились крюкообразно загнутыя кверху замочныя пластинки. По срединѣ—вдоль внутренней стѣнки сѣдла идетъ весьма низкая срединная перегородка.

Spirifer elegans встрѣчается на Эйфелѣ въ кальцеоловомъ ярусѣ, особенно часто въ верхней части, а также въ криноидныхъ слояхъ. Извѣстенъ въ тѣхъ-же слояхъ Бельгіи. На Уралѣ и въ печерскомъ краѣ—въ горизонтѣ со *Spirifer Anossofi*.

¹⁾ Schnur, Brach. T. XXXIII, f. 3; T. XXXIV, f. 1. 1853.

²⁾ См. Beushausen, Beitrage Z. Kenntniss d. Oberharzer Spiriferensandstein, T. VI, f. 18. 1884.

³⁾ Kayser, Fauna d. Hauptquarzits. T. 1. f. 7—10. 1889.

Spirifer Davidsoni Schnur.

(Табл. VIII, рис. 20).

1853. *Spirifer Davidsoni* Schnur, Brach. Eifel. S. 206, T. XXXV, f. 7; T. XLIV, f. 3.
1871. „ „ Kayser, Br. Eif. Z. d. D. g. G. S. 582.

Въ криноидномъ известнякѣ (вых. 11) найденъ одинъ экземпляръ этой небольшой крупноребристой формы. Сипусъ и сѣдло выражены слабо. На сѣдлѣ помѣщается 3 простыхъ продольныхъ ребра, на бокахъ—по 4.

Встрѣчается въ криноидныхъ слояхъ Эйфеля.

Genus Reticularia M. Coy.

Reticularia aviceps Kayser.

1871. *Spirifer aviceps* Kayser, Brach. Eif. Z. d. D. g. G. S. 578, T. XI, f. 4.
1896. *Reticularia* „ Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirge. S. 257, T. IX, f. 7.

Въ кальцеоловомъ мергелистомъ (вых. 7) и глинистомъ (вых. 9), сланцахъ и въ криноидномъ известнякѣ собраны экземпляры, вполне соответствующіе рисункамъ и описанію Kayser'a.

На Эйфель известна изъ верхнихъ горизонтовъ кальцеоловаго яруса и изъ криноидныхъ слоевъ.

Reticularia lineata Martin.

1809. *Conchylolithes anomites lineatus* Mart. Petref. T. XXXVI, f. 3.
1857. *Spirifera lineata* Davidson, Mon. Br. Carb. Brach. p. 62, pl. XI, f. 10; pl. XIII, f. 1—13.
1869. *Spirifer lineatus* Zeuschner, Z. d. D. g. G. S. 267.
1871. „ „ Kayser, Brach. Eif. Z. d. D. g. G. S. 582, T. XII, f. 2.
1896. *Reticularia dorsoplana* Gürich, Palaeoz. in Poln. Mittelgebirg. S. 260, T. IX, f. 3.

Найдена въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8). Польская форма обнаруживаетъ сходство съ рисунками Kayser'a, но не Davidson'a. Синусъ и сѣдло, хотя и слабо выражены, однако всегда присутствуютъ. Нѣкоторые рисунки *Reticularia curvata* у Schnur'a (Brach. Eif. T. XXXVI, f. 3 g, h, i) очень напоминаютъ описываемую форму.

Извѣстна въ девонскихъ и каменноугольныхъ отложеніяхъ Зап. Европы. На Уралѣ въ среднемъ и верхнемъ девонѣ.

***Reticularia curvata* Schloth.**

(Табл. VIII, рис. 21).

- 1820—22. *Terebratula curvata* Schloth. Petref. p. 280, Nachträge, S. 68, T. XIX, f. 2.
 1853. *Spirifer curvatus* Schnur, Brach. Eif. S. 208, T. XXXVI, f. 3.
 1865. " " Davidson, Mon. Br. dev. Brach. p. 39, pl. IX, f. 22; 26—27.
 1871. " " Kayser, Brach. Eif. Z. d. D. g. G. S. 577.
 1882. *Reticularia curvata* Davidson, Supl. Br. dev. Brach. p. 81.
 1884. " " Tschernyschew, Матер. къ изучен. девонск. отлож. Россіи, стр. 17, табл. III, фиг. 1.
 1887. " " Tschernyschew, Фауна средн. и верхн. девон. Западн. Урала, стр. 76.
 1896. " " Gürich, Palaeoz. im Poln. Mittelgebirg. S. 261.

Вздутая раковина поперечно-овальнаго очертанія съ отчетливо выраженными синусомъ и сѣдломъ. Преобладаютъ формы съ средне-развитымъ синусомъ (ср. Kayser, l. c. S. 577, 2). Найдена въ кальцеоловомъ глинистомъ сланцѣ (вых. 7a) и въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8).

На Рейнѣ *R. curvata* встрѣчается въ нижнемъ и среднемъ девонѣ, на Уралѣ—въ нижнемъ, среднемъ и верхнемъ.

***Reticularia macrorhyncha* Schnur.**

(Табл. VIII, рис. 22).

1853. *Spirifer macrorhynchus* Schnur, Brach. Eif. S. 209, T. XXXVI, f. 4 a и b (non e).
 1869. " " Zeuschner, Z. d. D. g. G. S. 272.

1871. *Spiriferina (?) macrorhyncha* Kayser, Brach. Eif. Z. d. D. g. G. S. 590, T. XII, f. 5.

Собрано нѣсколько экземпляровъ въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8).

Польская форма обнаруживаетъ полное сходство съ рисунками Schnur'a; отъ *Reticularia curvata* отличается болѣе сильной вздуто-стью створокъ, меньшей вытянутостью въ поперечномъ направленіи и болѣе рѣзкимъ отграниченіемъ сплуса и сѣдла.

Въ Рейнскихъ отложеніяхъ извѣстна изъ верхней части кальцеоловаго яруса и криноидныхъ слоевъ.

Reticularia concentrica Schnur.

1853. *Spirifer concentricus* Schnur, Brach. Eif. S. 210, T. XXXVII, f. 1.
1865. *Spirifera lineata* ? Davidson, Mon. Br. Dev. Brach. p. 43, pl. IV, f. 13—16.
1871. *Spirifer concentricus* Kayser, Brach. Eif. Z. d. D. g. G. S. 580.

Найдена въ кальцеоловомъ глинистомъ сланиѣ (вых. 9).

Раковина—почти круглаго очертанія—имѣть одинаковыя измѣренія въ длину и ширину. Обѣ створки одинаково выпуклы, нѣсколько меньше, чѣмъ у типичной формы (отчасти это объясняется тѣмъ, что экземпляръ нѣсколько сплюсненъ). Сплусъ и сѣдло слабо выражены. Концентрическія полосы—явственны.

Reticularia concentrica принадлежитъ къ числу распространенныхъ окаменѣлостей нижнихъ горизонтовъ средняго девона З. Европы. (Въ культуригатовыхъ сланцахъ и особенно въ нижней части кальцеоловаго яруса).

Reticularia (?) undifera F. Roem.

1844. *Spirifer undiferus* F. Roem. Rhein. Uebergangsgebirg. S. 73, T. IV, f. 6.
" *curvatus*, var. *undulata* Roem. Ib. S. 70, T. IV, f. 5.
1853. " *undiferus* Schnur, Brach. Eif., S. 204, T. XXXIV, f. 3.
1856. " " Sandberger, Rhein. Schicht. Nassau, S. 314, T. XXXI, f. 8.

1865. *Spirifera undifera* Davidson, Mon. Br. Dev. Brach. p. 36, pl. VII, f. 1—14.
 1871. *Spirifer undiferus* Kayser, Brach. Eif. Z. d. D. g. G. S. 575.
 1887. *Reticularia (?) undifera* Tschernyschew, Фауна средн. и верхн. девона Западн. Урала, стр. 75.
 1894. *Spirifera undifera* Whidborne, Devon. Fauna, p. 105, pl. XIII, f. 6—7.
 1895. *Spirifer undifer* Holzapfel, Obere Mitteldevon im Rhein. Gebirge. S. 248.

Какъ уже справедливо замѣчено Чернышевымъ, на основаніи характерной скульптуры раковины, видъ по всей вѣроятности долженъ быть отнесенъ къ роду *Reticularia*. На нашемъ экземплярѣ, найденномъ въ верхнедевонскомъ известнякѣ около д. Влохи (вых. 13), скульптура въ видѣ концентрическихъ колецъ сохранилась лишь въ менѣе потертыхъ мѣстахъ раковины. Напротивъ того, плоскія, широкія и гладкія ребра выражены ясно. Въ промежуткахъ между двумя сосѣдними ребрами обыкновенно проходятъ болѣе тонкія ребра—(2-го порядка). Синусъ и сѣдло—слабые.

Reticularia undifera руководящая окаменѣлость стрингоцефаловаго яруса Эйфеля, Бельгін, Нассау. Встрѣчается въ среднемъ девонѣ Англіи, на Уралѣ—въ верхнемъ девонѣ.

Genus *Martinia* M. Coy.

Martinia inflata Schnur.

1828. *Spirifer Urii* Flemming, Britisch. Anim. p. 376.
 1853. „ *inflatus* Schnur, Brach. Eif. S. 211, T. XXXVII, f. 2.
 1865. „ *Urii* Davidson, Mon. Br. Dev. Brach. p. 41, pl. IV, f. 25—28.
 1871. „ „ Kayser, Brach. Eif. Z. d. D. g. G. S. 584.
 1882. *Reticularia Urii* Davidson, Suppl. Br. Brach. Vol, V. part. 1, p. 81.
 1884. „ „ Tschernyschew, Матер. къ изучен. девонск. отлож. Россіи. Стр. 18, табл. III, фиг. 2.
 1885. „ „ Tschernyschew, Фауна нижн. девона Западн. Урала, стр. 40.

1886. *Spirifer (reticularia) Urii* Wenjukoff, Фауна девонск. сист. Европ. Россіи, стр. 91, табл. IV, фиг. 14.
1886. „ *inflatus* Wenjukoff, Ib., стр. 83, табл. IV, фиг. 15.
1887. *Reticularia Urii* Tschernyschew, Фауна средн. и верхн. девон. Западн. Урала, стр. 75
1895. *Spirifer inflatus* Holzapfel, Obere Mitteldevon im Rhein. Gebirge. S. 253, T. IX, f. 20; T. XVII, f. 6.
1896. *Martinia inflata* Gürich, Palaeoz. im Pol. Mittelgebirg., S. 262—266, T. IX, f. 13—14; f. 5; 6; 8.

Внѣшняя форма раковины—довольно измѣнчива (Ср. Gürich l. c.), вслѣдствіе чего не представляется возможности провести грань между формами, соответствующими *Spirifer inflatus* Schnur и *Spirifer Urii* Flemm., какъ это дѣлаютъ нѣкоторые авторы. (См. Венюковъ l. c.). Большинство имѣющихся въ моемъ распоряженіи экземпляровъ—изъ культріюгатового мергелистаго сланца (вых. 2), кальцеоловаго глинистаго сланца (вых. 7а) и криноиднаго известняка (вых. 8, 11) ближе всего подходятъ къ рисункамъ Schnur'a и Венюкова — *Sp. inflatus*.

Въ криноидномъ известнякѣ кромѣ того найдено два экземпляра, отличающіеся отъ типичной формы большими размѣрами (Дл. 15, шир. 22, толщ. 10 мм.), большою вытянутостью въ поперечномъ направленіи, меньшею относительною выпуклостью, меньшею загнутостью макушки и сравнительно болѣе узкою дельтидіальною щелью.

Распространенная окаменѣлость — встрѣчается отъ девонскихъ до пермскихъ отложеній.

Genus *Cyrtina* Davidson.

Cyrtina heteroclita Deffr.

(Табл. VIII, рис. 23).

1827. *Calccola heteroclita* Deffr. Diet. Sc. Nat. Vol. LXXX, f. 3.
1853. *Spirifer heteroclitus* Schnur, Brach. Eif. S. 206, T. XXXV, f. 6.
1856. „ „ Sandberger, Rhein. Schicht. Nassau. S. 325, T. XXXII, f. 8.
1865. *Cyrtina heteroclita* Davidson, Mon. Br. dev. Brach. p. 48, pl. IX, f. 1—14.

1871. *Cyrtina heteroclita* var. *laevis* Kayser; Brach. Eif. Z. d. D. g. G. S. 594, T. XII, f. 3.
 1886. " " Wenjukoff, Фауна девонск. сист. Россіи, стр. 92, табл. IV, фиг. 12—13.
 1887. " " Tschernyschew, Фауна средн. и верхн. девона Западн. Урала, стр. 78, табл. X, фиг. 15.
 1893. " " Whidborne, Devon. Fauna, p. 111, pl. XII, f. 11—12.
 1895. " " Holzapfel, Obere Mitteldevon im Rhein. Gebirge, S. 258.

Нѣсколько экземпляровъ, ничѣмъ не отличающихся отъ типичной формы, собрано въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8).

Распространенная среднедевонская окаменѣлость Эйфеля. На Уралѣ извѣстна изъ верхняго девона.

Genus *Nucleospira* Hall.

Nucleospira lens Schnur.

(Табл. VIII, рис. 24).

1853. *Spirifer lens* Schnur, Brach. Eif. S. 211, T. XXXVI, f. 6.
 1871. *Nucleospira lens* Kayser, Brach. Eif. Z. d. D. g. G. S. 552, T. X. f. 4.
 1872. " " Kayser, Z. d. D. g. G. S. 682, T. XXVI, f. 8.
 1895. (?) " " Holzapfel, Obere Mitteldevon im Rhein. Gebirge, S. 260.

Небольшая почти круглая раковина съ одинаково выпуклыми большою и малою створками. Вдоль обѣихъ створокъ идетъ узкая вдавленность. Макушка большой створки—небольшая, слегка загнутая; подъ нею трехугольная узкая и невысокая *area*, равняющаяся приблизительно $\frac{1}{3}$ длины замочнаго края. Послѣдній—прямой и нѣсколько меньше наибольшей ширины раковины. *Area* малой створки—линейная. Поверхность раковины — гладкая съ плоскими и широкими полосами наростанія. Внутри малой створки—продольная перегородка отъ макушки до лобнаго края. Къ замочному краю она оканчивается сильнымъ замочнымъ отросткомъ, по бокамъ котораго расположены зубныя ямки.

Найдена въ кальцеоловомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 7) и въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8) (а также въ соответственныхъ слояхъ около Свентомаржа. См. рис.).

На Эйфель *Nucleospira lens* извѣстна въ верхнихъ горизонтахъ кальцеоловаго яруса и въ криноидныхъ слояхъ.

Genus *Bifida* Davidson.

Bifida lepida Goldf.

(Табл. VIII, рис. 26, 26a, 26b, 26c).

1842. *Terebratula lepida* Arch. Vern., Geolog. Transact. 2 s. v. VI, p. 368, T. XXXV, f. 2.
 1853. " " Schnur, Brach. Eif. S. 180, T. XXIV, f. 1.
 1856. *Retzia (Anoplotheca ?) lepida* Sandberger, Rhein. Schicht. Nassau. S. 331, T. XXXII, f. 14.
 1865. *Atrypa lepida* Davidson, Mon. Br. Dev. Brach., p. 52, pl. X, f. 2.
 1871. *Retzia* " Kayser, Brach. Eif. Z. d. D. g. G. S. 559.
 1881. *Bifida* " Davidson, Supl. Br. Dev. Brach. p. 37, pl. XI, f. 13.
 1896. " " Gürich, Palaeoz. im Poln. Mittelgebirg. S. 269.
 1901. " " Sobolew, Фауна древнѣйшихъ среднедевонскихъ отложений Царства Польскаго. Стр. 3.

Характерныя мелкія раковинки этого вида собраны мною въ двухъ мѣстахъ профили: въ культриюгатомъ мергелистомъ сланцѣ (вых. 2) и въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8). Кроме того въ моемъ распоряженіи имѣется масса экземпляровъ, собранныхъ около Свентомаржа. Въ послѣднемъ мѣстонахожденіи вмѣстѣ съ цѣльными экземплярами собраны также отдѣльныя створки—большія и малыя. Внутри малой створки — довольно сильно развитой замочный отростокъ, сросшійся съ замочными пластинками. Между послѣдними и стѣнкой раковины по обѣ стороны замочнаго отростка помѣщается по зубной ямкѣ, въ видѣ двухъ вытянутыхъ параллельно длинѣ раковины щелей. Внутренніе края этихъ щелей (т. е. свободные края замочныхъ пластинокъ) приподняты и ухообразно изогнуты. Отъ замочнаго отростка идетъ довольно высокая срединная перегородка, доходящая приблизительно до $\frac{2}{3}$ длины раковины. Въ большой створкѣ по бокамъ дельтидальной щели расположены два зуба, имѣющіе видъ длинной петли, открытой къ за-

мочному краю. Въ эту петлю (щель) входятъ вышеупомянутые ухобразные края замочныхъ пластинокъ, тогда какъ сами зубы периферической частью петли входятъ въ зубныя ямки малой створки. Зубныя пластинки, поддерживающія зубы большой створки, — неправильной формы. Вдоль створки, по срединѣ ея, идетъ срединный валикъ, такой-же приблизительно длины, какъ срединная перегородка малой створки. Приблизительно по срединѣ длины этотъ валикъ нѣсколько утолщенъ и въ этомъ мѣстѣ на немъ замѣчается продольное шелевидное углубленіе—мѣсто прикрѣпленія мускуловъ.

Bifida lepida, встрѣчаясь на Эйфель уже въ культуригатовыхъ и кальцеоловыхъ слояхъ, особенно распространена въ криноидномъ горизонтѣ. Извѣстна также въ среднемъ девонѣ Нассау, Вестфалии, Гарца, Англіи и Сѣв. Франціи.

Genus *Kayseria* Davidson.

Kayseria lens Phillips.

(Табл. VIII, рис. 25).

- 1841. *Orthis lens* Phill. Palaeoz. Fossils of Cornwall., p. 65, pl. XXVI, f. 110, a, b.
- 1853. *Terebratula dividua* Schnur, Brach. Eif. S. 179, T. XXIV, f. 2.
- 1865. *Atrypa lens* Davidson, Mon. Br. Dev. Brach., p. 51, pl. X, f. 1.
(Синонимика Ib.).
- 1871. *Retzia* „ Kayser, Brach. Eif. Z. d. D. g. G. S. 561.
- 1882. *Kayseria lens* Davidson, Supl. Br. Devon. Brach., p. 21 pl. II, f. 11—12.
- 1884. „ „ Tschernyschew, Матеріалы къ изучен. девонск. отлож. Россіи, стр. 10, табл. I, фиг. 20.

Небольшая удлиненно-овальная раковина съ продольными бороздами по срединѣ обѣихъ створокъ, съ прямостоящею макушкою брюшной створки, вполне сходна съ рисунками Schnur'a и Davidson'a.

Найдена въ кальцеоловомъ глинистомъ сланцѣ (вых. 9) и въ криноидномъ известнякѣ (вых. 8). (Около д. Свентомаржа найдена въ криноидныхъ слояхъ. См. рис.).

Kayseria lens встрѣчается на Эйфель въ кальцеоловомъ ярусѣ, особенно въ верхней его части и въ криноидныхъ слояхъ, а также и выше — въ стрингоцефаловомъ ярусѣ; въ среднемъ девонѣ Англіи; на Уралѣ (не типичная) въ верхнедевонск. известнякѣ о. Колтубана.

Очеркъ кинетической теоріи газовъ.

А. П. ПОСПѢЛОВА.

(Докладъ, читанный на засѣданіи Комиссіи популяризаціи Естествознанія и Математики, состоящей при Варшавскомъ Обществѣ Естествоиспытателей. 9-го Ноября 1902 года).

Введеніе.

Прежде чѣмъ ближе опредѣлить предметъ настоящаго сообщенія, позволю себѣ выяснить вопросъ, какое мѣсто въ нашемъ мышленіи занимаютъ научныя теоріи вообще и кинетическая теорія строенія вещества въ частности. Буду слѣдовать въ этомъ Маху¹⁾.

Механизмъ мысли, по представленію Маха, заключается въ отраженіи фактовъ дѣйствительности. Но это отраженіе имѣетъ ту особенность, что оно не пассивно: картины фактовъ вступаютъ во взаимодействіе внутри нашего духа, и при этомъ всего важнѣе то, что картины эти сдѣляются одна съ другой въ такіе-же ряды, какъ и факты между собой; и чѣмъ сходятся оба ряда, тѣмъ мышленіе вѣрнѣе, т. е. ближе сходится съ дѣйствительностью. Конечная цѣль всякаго мышленія—предсказаніе опыта. Какимъ-же образомъ достигается эта цѣль? Надъ картинами фактовъ мы совершаемъ своего рода умственный экспериментъ, производи то, что называемъ разсужденіемъ, при чемъ подобный экспериментъ годится для

¹⁾ Д-ръ Эрн. Махъ, проф. теорій и исторій индуктивныхъ наукъ Вѣнскаго Университета. См. его „Научно-популярные очерки“ вып. I, этюды по теоріи познанія, пер. Мейера, подъ ред. Энгельмейера.

предсказанія опыта лишь по столько, по сколько его результатъ соотвѣтствуетъ результату сходнаго ему процесса въ природѣ. Первые требованія отъ создаваемыхъ нами картинъ фактовъ состоятъ лишь въ томъ, чтобы наблюдаемые свойства предметовъ были и въ образѣ этихъ предметовъ. Но при логическомъ развитіи образа между его свойствами могутъ оказаться и такія, которыя не были созданы непосредственнымъ отраженіемъ наблюдаемыхъ фактовъ. Является вопросъ, не откроются-ли свойства эти и въ оригиналѣ созданной картины. Поэтому логическое развитіе образа ведетъ къ опытнымъ изслѣдованіямъ, которыя приводили и приводятъ къ цѣпнымъ результатамъ, открывая новыя неизвѣстныя соотношенія между явленіями природы. Такимъ образомъ весь успѣхъ мышленія основанъ на параллелизаціи рядовъ мыслей съ рядами фактовъ. Какъ создается такая параллелизація, кратко выразилъ это Герцъ (во введеніи къ своей механикѣ): „мы создаемъ себѣ внутренніе образы или символы вѣшнихъ предметовъ (фактовъ), и создаемъ ихъ именно такъ, чтобы ихъ мыслительно необходимыя слѣдствія были въ свою очередь образами природно-необходимыхъ слѣдствій тѣхъ-же предметовъ (фактовъ)”.

Если подобная параллелизація между рядомъ мыслей и рядомъ фактовъ достигнута, мы говоримъ, что нами найдено „объясненіе” этимъ фактамъ, что нами создана „теорія” данныхъ явленій. Въ сущности-же все дѣло сводится къ тому, чтобы мысли „съ легкостью”, т. е. съ возможной экономіей въ работѣ, слѣдили за фактами ¹⁾.

Какъ бы вѣрною и несомнѣнною теорія данная ни казалась, какъ бы хорошо она ни объясняла (точнѣе: „отражала”) факты дѣйствительности, никогда ни слѣдуетъ думать, что факты *дѣйствительно* совершаются по данной теоріи, а слѣдуетъ думать, что факты *какъ будто* совершаются по ней. Никогда не нужно забывать, что можетъ быть другая теорія одинаково хорошо объясняющая тѣ же факты, и что можетъ быть третья теорія, еще лучше ихъ объясняющая.

Кинетическая теорія строенія вещества есть такой именно „образъ“, созданный человѣческимъ мышленіемъ. Теорія эта представляетъ такъ сказать механическую модель внутреннего строенія тѣла и называется *кинетической* въ силу своего основного пункта,

¹⁾ Главное отличіе научнаго мышленія отъ обычнаго, житейскаго Махъ полагаетъ въ большей экономіи мысли, т. е. въ большей производительности умственнаго труда.

приписывающего частицамъ тѣлу непрерывно продолжающееся *движеніе* ($\chi\iota\nu\epsilon\iota\varsigma$ — движеніе). Предметомъ настоящаго очерка будетъ въ частности кинетическая теорія газовъ, т. е. механическая модель газообразнаго тѣла.

Осно́вания теоріи.

Въ сороковыхъ годахъ прошлого столѣтія опытами Румфорта и Дэви, а потомъ работами Майера и Джауля, было научно установлено положеніе, что теплота есть энергія движенія. Однако и въ тѣлахъ, находящихся въ состояніи видимаго покоя, нужно принимать существованіе нѣкотораго запаса теплоты; слѣдуетъ заключить по-тому, что тепловую энергію тѣла обуславливаютъ незамѣтныя для глаза движенія его частицъ. Но циклъ движеній—очень разнообразенъ: частицы могутъ колебаться взадъ и впередъ, могутъ двигаться прямолинейно, могутъ вращаться около нѣкоторыхъ центровъ и т. д. Нѣтъ-ли въ свойствахъ газовъ такихъ, которыя позволили-бы сдѣлать предположеніе о томъ, какого характера движенія совершаются частицами. Общезвѣстный фактъ, что газы стремятся занять возможно большій объемъ,—стремятся расширяться, далъ основаніе гипотезѣ Ньютона о существованіи отталкивательныхъ силъ между частицами. Однако тѣ-же газы, обращенные въ жидкое состояніе, уже обнаруживаютъ сдѣленіе между частицами (обычно свойственное частицамъ жидкости); такъ что гипотеза Ньютона проводить рѣзкую грань между газообразнымъ и жидкимъ состояніемъ тѣлъ и не соотвѣтствуетъ идее непрерывности перехода тѣлъ изъ одного состоянія въ другое. Опытныя данныя по этому вопросу принадлежатъ Джаулю и Томсону. Этими опытами установлено, что газы, паходящіеся въ условіяхъ, при которыхъ они хорошо подчиняются законамъ Бойля-Мариотта и Гей-Люссака, почти не обнаруживаютъ „внутренней работы”, т. е. частицы ихъ безъ всякой траты работы могутъ быть сблизены между собой, равно какъ и удалены одна отъ другой. Газы эти будемъ называть *идеальными* въ отличіе отъ *реальныхъ* газовъ, болѣе или менѣе уклоняющихся отъ вышеуказанныхъ законовъ. Но такое отсутствіе внутренней работы идеальныхъ газовъ указываетъ на отсутствіе между частицами силъ какъ отталкивательныхъ, такъ и притягательныхъ, что и будетъ принимать въ первомъ приближеніи при разсмотрѣніи законовъ идеальныхъ газовъ.

Опыты Джауля (Joule) состояли въ слѣдующемъ. Два сосуда, изъ коихъ первый содержалъ газъ подѣ давленіемъ 22 атм., а изъ другого воздухъ былъ выкачанъ, сообщались между собой трубкой съ краномъ и помѣщались въ общемъ калориметрѣ; открываніе крана не измѣняло температуры калориметра. Когда-же эти сосуды помѣщались въ разныхъ калориметрахъ, то одинъ изъ нихъ обнаружилъ пониженіе температуры, другой—повышеніе. Оказалось при этомъ, что пониженіе температуры одного калориметра и повышеніе температуры другого вполне объясняются лишь *внѣшней* работой, не требуя для себя признанія внутренней работы расширенія. Въ болѣе позднихъ опытахъ Джауля и В. Томсона газъ проходитъ черезъ узкое отверстіе, заложенное ватой, изъ пространства съ большимъ давленіемъ p_1 въ пространство съ меньшимъ давленіемъ p_2 ; для всѣхъ газовъ, кромѣ водорода, замѣчалось—пониженіе температуры $\Theta = \beta (p_1 - p_2)$; для воздуха напр., при $p_1 - p_2 = 1$, пониженіе было 0,262° С. Вообще такимъ образомъ опыты эти обнаруживаютъ существованіе силы сѣвленія между частицами газа, при малыхъ давленіяхъ весьма незначительныхъ, при большихъ-же становящихся замѣтными. Для водорода въ тѣхъ-же опытахъ Джауля и Томсона было замѣчено повышеніе температуры газа послѣ прохожденія его черезъ порпѣтую перегородку (вату). Явленіе, замѣченное Томсономъ и Джаулемъ, привело въ послѣднее время къ практическому рѣшенію задачи сжиженія газовъ ¹⁾; построены спеціальныя аппараты для полученія жидкаго воздуха и др. газовъ, какъ напр. аппаратъ Linde, Hampson'a. Въ аппаратахъ этихъ газъ, сжатый до высокаго давленія (напр. до 200 атм.) и предварительно охлажденный (незначительно), расширяется въ пространство съ малымъ давленіемъ (напр. атмосфернымъ), и по предыдущему охлаждается: охлажденный снова сжимается и снова расширяясь охлаждается и т. д. до обращенія газа въ жидкое состояніе. Казалось-бы, на основаніи вышеупомянутыхъ опытовъ, для обращенія водорода въ жидкость нельзя было-бы пользоваться аппаратами, построенными на принципѣ охлажденія вѣдствие расширенія отъ большаго давленія къ меньшему. Однако опыты показали, что и водородъ можетъ быть обращенъ въ жидкость тѣми-же аппаратами, только оказалось необходимыми довольно сильно охладить сжатый водородъ прежде расширенія. Olszewski [нашелъ (1902 г.), что т. п. *inversionstemperatur* явленія Томсона приблизительно—80,5° С. Выше этой температуры водородъ при расширеніи отъ большаго давленія къ меньшему, по опытамъ Ольшевскаго, нагрѣвался; ниже этой температуры водородъ охлаждался вѣдствие внутренней работы расширенія т. е. ничѣмъ не отличался отъ прочихъ газовъ.

Начнемъ изученіе свойствъ газовъ съ газовъ идеальныхъ. Такой газъ представляетъ т. о. собраніе частицъ между коими не дѣйствуютъ никакія силы, кромѣ силы тяжести. Предполагая въ газѣ существованіе теплоты, мы должны ожидать въ немъ нѣкотораго движенія частицъ. Теперь мы имѣемъ ожидать, что движеніе это будетъ—прямолинейное, равномерное, ибо такимъ только движеніемъ могутъ обладать тѣла, на которыя не дѣйствуютъ никакія

¹⁾ Сравни. брошюру автора: „Жидкій воздухъ“, Варшава 1900 г.

силы (отъ силы тяжести на время отвлекаемся), когда вызвавшая это движеніе мгновенная сила (напр. встряхиваніе, толчокъ и т. п.) перестали дѣйствовать. Мы дальше увидимъ, что выводы теоріи приводятъ къ принятію столь значительныхъ скоростей частицъ, что вліяніе силы тяжести на прямолинейный характеръ пути частицъ должно сказываться весьма малыми искривленіями пути.

Свободное движеніе—прямолинейное по нѣкоторому направленію—для какой нибудь частицы возможно однако-же лишь до того момента, пока она не столкнется съ другой частицей, послѣ чего характеръ движеній обѣихъ частицъ (направленіе и скорости обѣихъ частицъ) очевидно долженъ измѣниться. Въ чемъ состоитъ механизмъ столкновенія—можно думать различно,—для существа кинетической теоріи это играетъ не существенную роль ¹⁾. Самое простое представленіе—это, что частицы сближаясь между собою до извѣстнаго *минимума* разстоянія между ихъ центрами, „сталкиваясь“, такъ сказать, между собою, отскакиваютъ одна отъ другой подобно упругимъ шарамъ; равно какъ по тѣмъ-же законамъ отражаются и отъ стѣнокъ сосуда (законъ равенства угловъ паденія и отраженія, скоростей падающихъ и отраженныхъ частицъ). Дальше мы увидимъ, что размѣры частицъ весьма малы въ сравненіи съ т. н. „свободнымъ“ путемъ частицъ (т. е. проходимымъ ими безъ столкновенія съ другими частицами), поэтому столкновенія эти должны быть *сравнительно* рѣдки, т. е. большую часть своего пути частица проходить свободно, и малая доля времени, нужнаго для пути, приходится на столкновеніе съ другими частицами. Съ другой стороны число столкновеній частицы въ одну напр. секунду настолько все-же громадно, что за этотъ короткій промежутокъ времени частица столько разъ столкнется съ другими, столько разъ измѣнитъ направленія и величины скорости, что весь путь представится зигзагообразной траекторіей съ весьма незначительнымъ поступательнымъ перемѣщеніемъ данной частицы по данному направленію.

Другая важная въ кинетической теоріи газовъ гипотеза касается роли температуры при объясненіи рода движенія газовыхъ частицъ. По основной мысли механической теоріи теплоты—теплота есть родъ движенія, увеличеніе теплоты въ данномъ тѣлѣ долж-

¹⁾ Такъ, одинъ изъ творцовъ К. Т. газовъ—Максвелль сначала развилъ эту теорію, выходя изъ законовъ соударенія упругихъ шаровъ, въ послѣдствіи же принявъ гипотезу о дѣйствіи на близкомъ разстояніи между частицами отталкивательной силы обратно пропорціональной 5-ой степени разстоянія; выводы изъ перваго и втораго предположенія оказались тождественными.

по состоятъ такимъ образомъ въ повышеніи молекулярныхъ скоростей. Въ кинетической теоріи газовъ принимаютъ, что механическую мѣру теплоты (температуру) представляетъ т. н. *живая сила* молекулярнаго движенія (или кинетическая энергія прямолинейнаго движенія) частицъ, т. е. $\Sigma \frac{m v^2}{2}$ — сумма полупроизведеній массы каждой частицы на квадратъ ея скорости.

Можно а priori сообразить, чѣмъ объясняется выборъ этой гипотезы. Замѣчено, что съ повышеніемъ температуры замкнутаго объема газа повышается его упругость; это—внѣшняя сторона явленія, внутреннюю-же сторону процесса составляетъ повышеніе молекулярныхъ скоростей; но повышеніе это увеличиваетъ число ударовъ частицъ о стѣнку сосуда и съ другой стороны увеличиваетъ силу каждаго такого удара, почему сумма испытанныхъ за единицу времени стѣнкой сосуда импульсовъ—т. е. давленіе на эту стѣнку (упругость газа)—растетъ съ повышеніемъ температуры съ двухъ сторонъ, и представляется т. о. нѣкоторой функцией квадратичной относительно скорости; такъ какъ температура и упругость газа находятся въ линейной зависимости (прямой пропорціональности), то и приходимъ къ вышеупомянутой гипотезѣ о пропорціональности (абсолютной) температуры газа живой силѣ его молекулярнаго движенія.

Въ этомъ заключаются основныя положенія представленія о внутреннемъ строеніи газа, извѣстнаго подъ именемъ кинетической теоріи газовъ. Еще Даниилъ Бернулли (1738 г. въ Петербургѣ) понималъ такъ строеніе газа ¹⁾; весьма просто онъ вывелъ законъ Бойля, представляя себѣ газъ состоящимъ изъ большого числа движущихся частицъ, при чемъ давленіе газа на стѣнки сосуда понималъ какъ сумму толчковъ отдѣльныхъ частицъ. Мысли Бернулли не обратили на себя вниманія ученыхъ того времени, такъ что, когда въ 1856 г. появилась небольшая работа Крешига ²⁾, то тѣ-же мысли были приняты, какъ нѣчто новое, и на этотъ разъ имъ посчастливилось возбудить больше вниманіе. Уже въ слѣдующемъ 1857 году Клаузіусъ ³⁾ построилъ стройную теорію, вывелъ всѣ извѣстные законы газовъ изъ положеній кинетической теоріи, далъ теорію испаренія; при этомъ для движущихся частицъ онъ допускалъ различныя направленія, но одинаковую скорость.

Еще дальше пошелъ Максвеллъ ⁴⁾ (съ 1860 г.); для вывода за-

¹⁾ Hydrodynamica. 1738. Sectio decima p. 200.

²⁾ Krönig. Grundzüge einer Theorie der Gase. Pogg. Ann. Bd. 99, S. 315.

³⁾ Ueber die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen. Klausius. Pogg. Ann. 100. S. 353; Abhandlungen über die Mechanische Wärmetheorie 2. Abth. Braunschweig 1867. S. 229.

⁴⁾ James Clerk Maxwell. Philos. mag. 1860. 4 ser. vol. 19.

коновъ газовъ онъ уже не прибѣгаетъ и къ тому допущенію, что частицы газа имѣютъ одинаковую скорость; доказываетъ напротивъ того, что частицы газа *должны* имѣть различныя скорости, но что есть между ними наиболѣе вѣроятныя скорости, какими обладаетъ большинство частицъ; Максвеллъ вывелъ т. п. законъ распредѣленія скоростей для частицъ газа. Въ его теорію вошло уже объясненіе внутренняго тренія газовъ, диффузія и теплопроводность. Дальнѣйшими успѣхами кинетическая теорія обязана Больцману ¹⁾, Оскару Мейеру ²⁾, Стефану, Ванъ-деръ-Ваальсу и др. ³⁾.

Такимъ образомъ шло съ одной стороны пополненіе принятаго „образа“ строенія газообразныхъ тѣлъ новыми образами наблюдаемыхъ фактовъ и логическимъ развитіемъ деталей „образа“; съ другой стороны и раньше принятые образы замѣнялись другими, болѣе легко (болѣе экономно въ отношеніи работы мысли) выражавшими факты.

Распредѣлительный законъ Максвелля-Больцмана.

Разовьемъ едва начерченный нами образъ строенія газа. Представимъ, что въ нѣкоторомъ замкнутомъ пространствѣ, напр. ящикѣ съ упругими стѣнками, заключено безчисленное множество совершенно одинакихъ упругихъ шариковъ; размѣры всѣхъ шариковъ въ совокупности пусть будутъ незначительны по сравненію съ общимъ объемомъ ящика. Встряхнемъ нашъ ящикъ. Шарикъ разлетится во всѣ стороны, будутъ ударяться въ стѣнки ящика, отскакивать отъ нихъ, встрѣчаться другъ съ другомъ, сталкиваться, отскакивать, измѣняя безчисленное число разъ величины и направленія своихъ скоростей. Хотя причина, вызвавшая движенія шариковъ, переста-

¹⁾ L. Boltzmann. Wien. Sitzungsber. 1868. Bd. 58; 1872. Bd. 66 и др.

²⁾ De gasorum theoria. Vratislaviae 1866; Die kinetische Theorie der Gase 1899.

³⁾ На русскомъ языкѣ существуетъ по кинетической теоріи газовъ полное изложеніе теоріи въ сочиненіи пр. Станкевича: „Кинетическая теорія газовъ въ математическомъ изложеніи“ 1885 года, доступное для лицъ, хорошо знающихъ съ высшей математики. Въ высшей степени художественно, ясно и популярно изложены основанія К. Т. газовъ въ книгѣ А. Г. Стольцова: „Популярныя рѣчи“, въ статьѣ: „Краткій очеркъ развитія нашихъ свѣдѣній о газахъ“.

ла дѣйствовать, но движеніе, разъ вызванное не прекратится: при упругости шариковъ и стѣнокъ (отвлекаясь и отъ силы тяжести, какъ и раньше) движеніе будетъ продолжаться безъ потери въ цѣломъ. Движеніе хаотическое, полное случайныхъ измѣненій скоростей частицъ и ихъ направленій! Казалось бы страннымъ даже искать закономіость тамъ, гдѣ царить лишь случай, и однако-же въ примѣненіи именно къ случайнымъ событіямъ оказывается возможнымъ установить точные общіе законы, когда число такихъ случайныхъ событій очень велико. Всякому, я думаю, извѣстны примѣненія общаго „закона большихъ чиселъ”¹⁾ въ статистикѣ. Напр. мы не знаемъ, кто изъ насъ или нашихъ знакомыхъ, согражданъ умретъ, положимъ, въ настоящемъ году, но сколько людей въ Россіи въ этомъ году умретъ, это мы можемъ сказать впередъ и довольно точно, ибо среднее число умирающихъ въ теченіи одного года въ Россіи, выведенное за много лѣтъ, будетъ почти точно повторяться изъ года въ годъ. Точно также, наблюдая метеорологическіе элементы за одинъ день, за одинъ мѣсяцъ, мы не найдемъ въ нихъ никакой правильности, и однако-же эта неправильная на видъ смѣна явленій слѣдуетъ ясно выраженному закону, выведенному изъ долгаго промежутка времени. Въ такихъ вообще случаяхъ закономірность выступаетъ всякій разъ лишь тогда, когда на лицо очень большое число элементарныхъ процессовъ. Но то-же мы имѣемъ и въ нашемъ образѣ. Число летящихъ шариковъ очень велико, сталкиваются они весьма часто. Поэтому и здѣсь мы вправе ожидать извѣстной закономірности въ этомъ хаосѣ столкновеній. Правда, если-бы мы вздумали слѣдить за судьбой одного какого нибудь шарика, то ни въ направленіяхъ его движеній, ни въ его скоростяхъ, мы не замѣтили-бы никакой правильности. Но когда возьмемъ большое число тѣхъ-же шариковъ, то, продѣлавъ нѣсколько опытовъ, найдемъ извѣстную закономіость въ судьбѣ этой группы *большого* числа шариковъ; напр., если въ какой нибудь опредѣленной части нашего ящи-

¹⁾ Такъ называется одна изъ важнѣйшихъ теоремъ теоріи вѣроятностей, принадлежащая Пуассону (Poisson 1781 — 1840). За невозможностью безъ подробныхъ разъясненій формулировать точно эту теорему приведемъ ее въ приближенномъ видѣ. Пусть m —ожидаемое число появленій даннаго событія при S испытаніяхъ; $p_1, p_2, \dots p_s$ пусть будутъ вѣроятности того-же событія (отношенія чиселъ благоприятныхъ данному событію случаевъ къ числу всехъ возможныхъ случаевъ), и среднее арифметическое ихъ пусть p . Тогда теорема Пуассона даетъ слѣдующее: *отношеніе $\frac{m}{S}$ при неограниченномъ возрастаніи S стремится (съ нравственной достовѣрностью) къ среднему арифметическому*

ка въ извѣстный моментъ мы насчитали 10,000 шариковъ, то и въ другой моментъ въ той-же части нашего объема насчитаемъ приблизительно столько-же шариковъ, хотя конечно въ составъ этой группы войдутъ многіе другіе шарики, такъ что вообще составъ группы будетъ другой. Такую-же правильность слѣдуетъ ожидать и въ томъ случаѣ, если за общій признакъ группировки брать не общее мѣстоположеніе частицъ (какъ въ первомъ примѣрѣ), а напр. общую величину и направленіе скорости. Если, напр., намъ удалось-бы въ извѣстный моментъ замѣтить 10000 шариковъ, летящихъ параллельно нижней стѣнкѣ ящика со скоростью 400 м/сек., и если-бы мы подобную ревизію могли сдѣлать въ какой-либо другой моментъ, то и тогда оказалось-бы приблизительно столько-же (напр. 9990—10010) шариковъ съ той-же скоростью 400 м/сек. того-же направленія. Предыдущая картина изображаетъ намъ внутреннее строеніе нѣкоторой массы газа, причемъ уиругіе шарики—частицы неизмѣримо малыхъ размѣровъ, летающія съ громадными скоростями и сталкивающіяся безчисленное число разъ въ секунду. Нарисованная здѣсь картина представляетъ собой т. н. стаціонарное состояніе газа, которое, напр., принимаетъ газъ, обставленный неизмѣнными внѣшними условіями. При такомъ состояніи „подвижного“ равновѣсія газа не смотря на полную хаотичность въ движеніяхъ отдѣльных частицъ, остается постояннымъ число частицъ, для которыхъ величины переменныхъ, характеризующихъ ихъ движеніе (напр. проэкціи скорости), заключаются въ извѣстныхъ предѣлахъ, такъ что въ данномъ мѣстѣ по данному направленію съ опредѣленной скоростью движется всегда одно и то-же число частицъ, хотя раз-

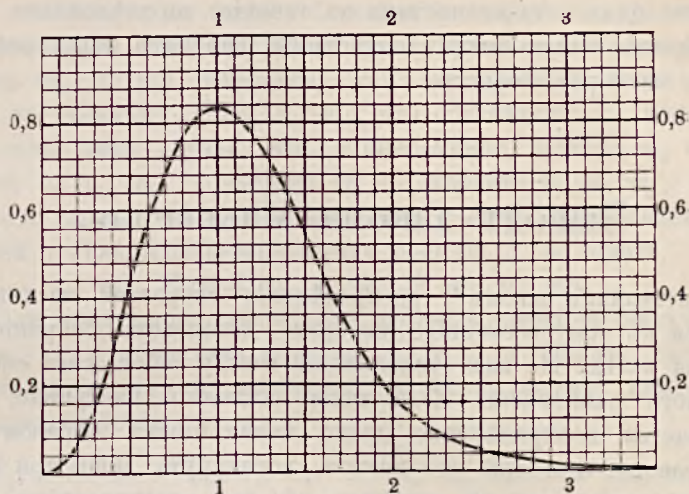
p вѣроятностей $p_1, p_2, \dots p_z$. (Теорія вѣроятностей П. Некрасова, 1896 г. стр. 51) Какъ иллюстрацію къ этому закону приведемъ опыты Вольфа (Rudolf Wolff) надъ выпадами двухъ обыкновенныхъ игорныхъ костей. Каждый случай записывался. Оказалось, что въ числѣ первыхъ 100 выпадовъ случай вскрытія на обѣихъ костяхъ въ суммѣ семи очковъ повторился 21 разъ, при числѣ выпадовъ 1000—тотъ-же случай повторился 175 разъ, 1682 раза при 10000 и 16677 при 100000 выпадовъ. Отношеніе числа повтореній намѣченнаго выпада къ общему числу опытовъ ($\frac{m}{S}$ въ теоремѣ Пуассона) даетъ числа: 0,21; 0,175; 0,1682; 0,16677... что представляетъ собой рядъ величинъ, приближающихся съ возрастаніемъ числа экспериментовъ къ нѣкоторому предѣлу. Теорія вѣроятностей даетъ этотъ предѣлъ а priori. Такъ какъ число всѣхъ возможныхъ случаевъ здѣсь 36, а число случаевъ благоприятныхъ появленію въ суммѣ семи очковъ—6, то вѣроятность даннаго выпада будетъ $p = \frac{6}{36} = 0,166...$ Къ этой величинѣ стремится рядъ, приведенный нами раньше, какъ къ предѣлу.

личныя частицы обладают вообще различными скоростями. Спрашивается, нельзя-ли найти, сколько именно частицъ изъ данной группы (напр. 10000) обладаетъ опредѣленной скоростью. Отвѣтъ на это и даетъ *Законъ Максвелля*. Законъ этотъ позволяетъ суждать о томъ, какъ распределены скорости по отдѣльнымъ частицамъ, и опредѣляетъ именно, какъ велико число частицъ (изъ взятаго большого числа частицъ), обладающихъ скоростью въ данныхъ тѣсныхъ предѣлахъ; или что то-же, какъ велика вѣроятность того, что какая угодно взятая частица изъ бесконечно большого числа частицъ обладаетъ опредѣленнымъ въ тѣсныхъ предѣлахъ значеніемъ скорости. Максвеллевъ законъ, теоретическое обоснованіе котораго представляется теоріей вѣроятностей, по своей формѣ совпадаетъ съ другимъ закономъ, который также основывается на теоріи вѣроятностей. Именно: *возможныя значенія, которыя могутъ принимать слагающія скоростей частицъ, распределяются по имѣющимся на лицо частицамъ, по тому-же правилу, по какому распределяются согласно „методу наименьшихъ квадратовъ“ возможныя ошибки наблюдений по сдѣланнымъ отдѣльнымъ наблюдениямъ.*

По тому-же закону распределяются отклоненія пробоннъ отъ центра въ мишени, когда въ нее стрѣляетъ искусный, но не непогрѣшимый стрѣлокъ: сравнительно рѣдко онъ будетъ попадать въ центръ, но рѣдко будетъ попадать и очень далеко отъ центра. Ниже будетъ данъ и выводъ закона Максвелля, а теперь укажемъ лишь наиболѣе простую форму этого закона и разяснимъ смыслъ этой формы. Законъ этотъ м. б. изображенъ такъ:

$$Y = \frac{4}{\sqrt{\pi}} e^{-x^2} x^2 \quad (1).$$

Здѣсь Y — есть вѣроятность того, что пѣкоторая частица обладаетъ скоростью x ; e — основаніе натуральныхъ логарифмовъ. Можно дать и графическое изображеніе этого закона. Для этого по оси ординатъ будемъ откладывать вѣроятности, по оси абсциссъ — скорости; наиболѣе вѣроятную скорость примемъ за единицу.



Разсматривая эту графику, легко замѣтить, что вѣроятности и скоростей очень малыхъ, и очень большихъ — очень малы: напр. скорость въ 0,2 или 2,5 имѣютъ вѣроятностями $\frac{6}{100}$ и $\frac{5}{100}$, т. е. изъ ста случаевъ 5 или 6 случаевъ благоприятны ихъ появленію. Такимъ образомъ, всего чаще будутъ встрѣчаться скорости, близкія къ нѣкоторой наиболѣе вѣроятной скорости, принятой равной 1. Наиболѣе вѣроятная скорость, какой обладаютъ частицы кислорода при 0° и 760 мм. давленія, при ускореніи земнаго протяженія $G = 9,8069 \text{ m/sec}^2$, будетъ 377 m/sec. (Какъ опредѣляется молекулярная скорость газа—увидимъ ниже). Законъ Максвелла позволяетъ вычислить, сколько частицъ изъ взятыхъ, напр., 10,000 частицъ обладаетъ какой скоростью. Именно:

130—140	частицъ имѣютъ скорости меньшія	100 m/sec.
810	” ” ” между	100—200 m/sec.
1660—1670	” ” ” ”	200—300 ”
2140—2150	” ” ” ”	300—400 ”
2020—2030	” ” ” ”	400—500 ”
1510—1520	” ” ” ”	500—600 ”
910—920	” ” ” ”	600—700 ”
760—770	” ” ” ” выше	700 m/sec.

Кромѣ указаннаго примѣненія закона Максвелла къ опредѣленію числа частицъ, обладающихъ заданной скоростью, въ одинъ и тотъ-

же моментъ, — законъ этотъ примѣнимъ къ опредѣленію того, какъ часто одна и та-же частица въ теченіе опредѣленнаго времени, вслѣдствіе испытанныхъ столкновеній, получитъ нѣкоторое опредѣленное значеніе скорости.

Выводъ закона Максвелля.

Максвеллевъ законъ ¹⁾ распредѣленія скоростей частицъ газа относится къ тому состоянію, котораго достигаетъ собраніе молекулъ газа вслѣдствіе ихъ столкновеній между собой, какъ состояніе подвижнаго равновѣсія. Если такое состояніе наступило, то оно удерживается неопредѣленно долго неизмѣннымъ образомъ. Но, строго говоря, состояніе это можетъ возникнуть лишь при неограниченно-большомъ числѣ молекулъ, ибо при столкновеніяхъ только безконечно-большого числа частицъ *въ каждый отдѣльный моментъ* могутъ явиться *всѣ возможныя* значенія скорости. При конечномъ числѣ частицъ максвеллева состоянія газа въ каждый отдѣльный моментъ можетъ и не быть, но распредѣленіе скоростей, соответствующее закону Максвелля, можетъ встрѣчаться, если принять во вниманіе одновременно многія переменныя состоянія, наступающія одно за другимъ.

Для опредѣленія вида функціи, изображающей вѣроятность появленія опредѣленной скорости, представимъ себѣ нѣкоторое большое число (напр. 10000) Z слѣдующихъ одно за другимъ переменныхъ состояній, нѣ котораго собранія N частицъ. При взятомъ большомъ числѣ случаевъ выпадутъ конечно и такіе, когда нѣкоторая частица m_1 получитъ скорость, слагающія коей по тремъ взаимно перпендикулярнымъ осямъ будутъ u_1, v_1, w_1 . Число такихъ случаевъ будетъ очевидно пропорціонально числу всѣхъ состояній и вообще зависѣтъ отъ значеній слагающихъ, такъ что число это м. б. выражено функціей вида:

$$Z F(u_1, v_1, w_1)$$

Обозначимъ $F(u_1, v_1, w_1) = F_1$, это будетъ очевидно вѣроятность того случая, что наша частица m_1 будетъ двигаться со ско-

¹⁾ Выводъ этотъ заимствованъ изъ „Kinetische Theorie der Gase“ O. Meyer'a.

ростью (u_1, v_1, w_1)¹⁾. Пусть всѣ частицы нашего собранія совершенно однородны; въ такомъ случаѣ вѣроятность наступленія такого случая, при которомъ нѣкоторая другая частица m_2 получить скорость (u_2, v_2, w_2), выразится той же функцией F отъ другихъ только аргументовъ: $F(u_2, v_2, w_2)$, что обозначимъ F_2 . Вѣроятность наступленія того случая, что одновременно частица m_1 получить скорость u_1, v_1, w_1 , и частица m_2 — скорость u_2, v_2, w_2 , какъ вѣроятность сложнаго событія, выразится черезъ произведеніе вѣроятностей отдѣльныхъ независимыхъ событій, т. е. черезъ

$$F_1 F_2 = F(u_1, v_1, w_1) F(u_2, v_2, w_2).$$

Если представить далѣе, что третья частица m_3 получить скорость u_3, v_3, w_3 , частица $m_4 \dots u_4, v_4, w_4 \dots$ и вообще частица m_k скорость u_k, v_k, w_k , то, разсуждая по предыдущему, найдемъ, что такое произведеніе:

$$F_1 F_2 \dots F_k = F(u_1, v_1, w_1) F(u_2, v_2, w_2) \dots F(u_k, v_k, w_k) \dots$$

выражаетъ собою вѣроятность того случая, что при различныхъ перемѣнныхъ состояніяхъ собранія частицъ наступитъ однажды такое распределеніе, при коемъ частицы $m_1, m_2 \dots m_k \dots$ получатъ соотвѣтственные скорости $u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2 \dots u_k, v_k, w_k$, и т. д. Въ нѣкоторый другой моментъ частички имѣютъ другія скорости, и пусть именно m_1 получить скорость u'_1, v'_1, w'_1 , частица m_2 — u'_2, v'_2, w'_2 и т. д. Вѣроятность этого измѣненнаго состоянія выразится произведеніемъ вида:

$$F'_1 F'_2 F'_3 \dots F'_k \dots = F(u'_1, v'_1, w'_1) F(u'_2, v'_2, w'_2) \dots$$

Оба состоянія относятся къ состоянію равновѣсія, почему наступленіе того или другого—равновѣроятно, такъ что

$$F_1 F_2 F_3 \dots F_k \dots = F'_1 F'_2 \dots F'_k \dots \quad (A)$$

Такимъ образомъ для наступившаго состоянія равновѣсія необходимо, чтобы функция F удовлетворяла условію (A), или что-то-же произведеніе:

$$F(u_1, v_1, w_1) F(u_2, v_2, w_2) \dots F(u_k, v_k, w_k)$$

для всѣхъ произвольныхъ значеній системы перемѣнныхъ величинъ u, v, w удерживаетъ всегда одно и тоже значеніе.

¹⁾ Для краткости здѣсь, какъ и дальше, обозначеніе: „скорость (u_1, v_1, w_1)” замѣняетъ собой выраженіе: „скорость, слагающія которой по тремъ осямъ суть u_1, v_1, w_1 ”.

Правильность заключенія, что разсматриваемыя состоянія распределенія скоростей являются равновѣроятными, окажется еще яснѣй, если принять во вниманіе, что перемѣна состоянія (въ его элементахъ) происходитъ не по игрѣ случая, а по неизмѣннымъ законамъ механики. Каждое въ данной моментъ существующее состояніе было необходимымъ слѣдствіемъ ранѣе бывшаго и наоборотъ съ необходимостью вызываетъ нѣкоторое другое съ вполне определеннымъ распределеніемъ скоростей.

Пусть въ нѣкоторой массѣ газа, предоставленной самой себѣ, наступило конечное состояніе, которое наблюдателю кажется неизмѣннымъ состояніемъ подвижнаго равновѣсія; въ такомъ случаѣ функція, изображающая вѣроятность нѣкотораго определеннаго значенія скорости измѣняется сообразно природѣ механическихъ законовъ, управляющихъ смѣной элементарныхъ процессовъ, происходящихъ между отдѣльными частицами; при этомъ, въ случаѣ наступленія состоянія подвижнаго равновѣсія, форма этой функціи остается та-же самая, измѣняются лишь аргументы (значенія слагающихъ скоростей) при каждомъ столкновеніи, и это измѣненіе подлежитъ общимъ законамъ механики. Каждая система совокупныхъ значеній аргументовъ — слагающихъ скоростей — является также часто, какъ и та, изъ которой она возникла, какъ и та, которая слѣдуетъ потомъ: вѣроятность для всѣхъ этихъ системъ одна и та-же. Для вывода нашего закона оказывается достаточнымъ принять во вниманіе лишь два самые общіе закона:

1) Законъ сохраненія энергіи и 2) законъ равномернаго движенія общаго центра тяжести (въ общемъ случаѣ газъ можетъ имѣть поступательное движеніе всей массой).

Для простоты будемъ предполагать частички газа состоящими изъ одного атома, такъ что при пользованіи закономъ сохраненія энергіи будемъ говорить только о кинетической энергіи частицъ, пренебрегая ихъ потенциальной энергіей, для чего въ вычисленіе будемъ вводить тѣ скорости, какими обладаютъ частицы *между* столкновеніями, а не во время столкновенія, когда сталкивающіяся частицы дѣйствуютъ одна на другую съ нѣкоторыми силами. Законъ сохраненія энергіи, какъ извѣстно, требуетъ, чтобы сумма кинетической и потенциальной энергіи системы оставалась постоянной во все время и при всѣхъ обстоятельствахъ. По сказанному выше, законъ этотъ выразится въ томъ, что сумма живыхъ силъ частицъ остается постоянной (при столкновеніяхъ не терится живая сила).

Задача наша состоитъ такимъ образомъ въ изысканіи функціи

$$F(u, v, w)$$

обладающей тѣмъ свойствомъ, что произведеіе

$$F(u_1, v_1, w_1) F(u_2, v_2, w_2) \dots F(u_N, v_N, w_N)$$

для всѣхъ значеній слагающихъ скоростей u, v, w принимаетъ постоянное значеніе, обозначимъ его C . Значенія слагающихъ не независимыя переменныя, а подлежатъ нѣкоторымъ условіямъ. Пусть E средняя кинетическая энергія одной изъ N частицъ, m — масса частицы; a, b, c — слагающія скорости, съ кою движется центръ тяжести всей системы (для случая газа, находящагося во внѣшнемъ покоѣ $a = b = c = 0$). Условія, связывающія аргументы, будутъ:

$$N E = \frac{1}{2} m [u_1^2 + v_1^2 + w_1^2 + u_2^2 + v_2^2 + w_2^2 + \dots + u_N^2 + v_N^2 + w_N^2] \quad (1)$$

$$\begin{aligned} N a &= u_1 + u_2 + \dots + u_N \\ N b &= v_1 + v_2 + \dots + v_N \\ N c &= w_1 + w_2 + \dots + w_N \end{aligned} \quad (2)$$

соотвѣтствующія: (1) — закону сохраненія энергіи и (2) — закону равномернаго движенія центра тяжести системы.

Основное функціональное уравненіе будетъ имѣть видъ:

$$C = F(u_1, v_1, w_1) F(u_2, v_2, w_2) \dots F(u_N, v_N, w_N) \quad (3)$$

его мы должны рѣшить, принимая во вниманіе 4 выше стоящія условныя уравненія.

Сдѣлаемъ это по методу варіаціоннаго исчисленія. Обозначимъ нѣкоторую другую систему значеній, удовлетворяющихъ нашимъ уравненіямъ, символами $u_n + \delta u_n, v_n + \delta v_n, w_n + \delta w_n$ гдѣ $1 \leq n \leq N$. Уравненія наши послѣ подстановки въ нихъ этихъ варіированныхъ аргументовъ, дадутъ намъ:

$$N E = \frac{1}{2} m [(u_1 + \delta u_1)^2 + (v_1 + \delta v_1)^2 + (w_1 + \delta w_1)^2 + \dots + (w_N + \delta w_N)^2] \quad (1')$$

$$\begin{aligned} N a &= u_1 + \delta u_1 + u_2 + \delta u_2 + \dots + u_N + \delta u_N \\ N b &= v_1 + \delta v_1 + v_2 + \delta v_2 + \dots + v_N + \delta v_N \\ N c &= w_1 + \delta w_1 + w_2 + \delta w_2 + \dots + w_N + \delta w_N \end{aligned} \quad (2')$$

$$C = F(u_1 + \delta u_1, v_1 + \delta v_1, w_1 + \delta w_1) \dots F(u_N + \delta u_N, v_N + \delta v_N, w_N + \delta w_N) \quad (3')$$

Физическій смыслъ этой варіированной системы уравненій тотъ, что мы беремъ состояніе распредѣленія скоростей измѣненное по сравненію съ прежнимъ, напримѣръ въ весьма близкій моментъ времени по отношенію къ первому состоянію. Можемъ выбрать это новое состояніе такъ, чтобы новыя аргументы безконечно мало отличались отъ прежнихъ, такъ чтобы варіаціи $\delta u, \delta v, \delta w$ были величинами безконечно малыми.

Вычитаемъ теперь изъ уравненій: (1'), (2') и (3') уравненія (1), (2), (3), разлагаемъ по степенямъ ∂u , ∂v , ∂w и ограничимся только первыми ихъ степенями (какъ величины безконечно малыхъ); (3') и (3) дадутъ уравненіе вида:

$$\partial F_1. F_2. F_3... F_N + F_1. \partial F_2. F_3 F_N.... + F_1 F_2 ... \partial F_N = 0 \quad (4)$$

$$\text{гдѣ } \partial F_n = \frac{dF(u_n, v_n, w_n)}{du_n} \partial u_n + \frac{dF(u_n, v_n, w_n)}{dv_n} \partial v_n + \frac{dF(u_n, v_n, w_n)}{dw_n} \partial w_n$$

Или дѣля (4) на (3) получимъ:

$$\frac{\partial F_1}{F_1} + \frac{\partial F_2}{F_2} + ... + \frac{\partial F_N}{F_N} = 0 \quad (5)$$

гдѣ, какъ и раньше $F_n = F(u_n, v_n, w_n)$ и отдѣльные члены б. имѣть видъ:

$$\frac{\partial F_n}{F_n} = \frac{1}{F_n} \left\{ \frac{dF_n}{du_n} \partial u_n + \frac{dF_n}{dv_n} \partial v_n + \frac{dF_n}{dw_n} \partial w_n \right\}$$

Уравненія (2') и (2) дадутъ:

$$m [u_1 \partial u_1 + v_1 \partial v_1 + w_1 \partial w_1 + u_2 \partial u_2 + ... + w_N \partial w_N] = 0 \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \partial u_1 + \partial u_2 + ... + \partial u_N &= 0 \\ \partial v_1 + \partial v_2 + ... + \partial v_N &= 0 \\ \partial w_1 + \partial w_2 + ... + \partial w_N &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Этимъ 4 условіямъ должны удовлетворять варіаціи $\partial u_1, \partial u_2 ... \partial u_N, \partial v_1, \partial v_2 ... \partial v_N, \partial w_1 ... \partial w_N$, почему изъ этихъ $3N$ варіацій 4 варіаціи могутъ быть опредѣлены черезъ остальные $3N - 4$; эти послѣднія ограничены лишь тѣмъ условіемъ, что онѣ — величины безконечно-малыя. Если теперь изъ ур. (5) помощью уравненій (6) и (7) исключить 4 варіаціи изъ общаго числа $3N$ варіацій, то получимъ формулу, члены коей можно расположить такъ, что $3N - 4$ членамъ ея, содержащимъ произвольныя варіаціи, можно было придавать произвольное значеніе; черезъ это формула распадается на $3N - 4$ самостоятельныя уравненія, уже на содержащія варіаціи, а только функцію F и ея аргументы. Исключеніе это проще всего сдѣлать помощью неопредѣленныхъ коэффициентовъ, на которые помножатъ условныя уравненія (6) и (7) и придавать къ главному уравненію (5). Выберемъ эти коэффициенты такимъ образомъ: $2k, -2k\alpha, -2k\beta, -2k\gamma$ и опредѣлимъ ихъ такъ, чтобы 4 варіаціи исчезли; вѣдѣствіе произвольности остальныхъ $3N - 4$ варіацій и остальные члены, содержащія эти варіаціи, могутъ быть сдѣланы равными нулю. Получимъ $3N$ уравненій формы:

$$\begin{aligned}\frac{1}{F_n} \frac{d F_n}{d u_n} + 2 k m (u_n - \alpha) &= 0 \\ \frac{1}{F_n} \frac{d F_n}{d v_n} + 2 k m (v_n - \beta) &= 0 \\ \frac{1}{F_n} \frac{d F_n}{d w_n} + 2 k m (w_n - \gamma) &= 0\end{aligned}\quad (8)$$

здѣсь n получаетъ значенія отъ 1 до N ; k , α , β , γ — независимыя постоянныя величины. Эту систему уравненій (8), можетъ написать и такъ:

$$\begin{aligned}\frac{d \lg F}{d u} + 2 k m (u - \alpha) &= 0 \\ \frac{d \lg F}{d v} + 2 k m (v - \beta) &= 0 \\ \frac{d \lg F}{d w} + 2 k m (w - \gamma) &= 0\end{aligned}\quad (8')$$

Эти уравненія имѣютъ силу для всѣхъ значеній аргументовъ — слагающихъ скоростей — какія можетъ получить молекула, почему можемъ распространить ихъ силу для всевозможныхъ переменныхъ въ предѣлахъ отъ $-\infty$ до $+\infty$; они имѣютъ значеніе дифференціальныхъ уравненій, опредѣляющихъ функцію F въ зависимости отъ аргументовъ u , v , w ; или вѣроятность того, что найдется частица, изъ разсматриваемаго собранія частицъ, имѣющая скорость u , v , w .

Интеграція уравненій (8') даетъ намъ:

$$F(u, v, w) = C e^{-k m [(u-\alpha)^2 + (v-\beta)^2 + (w-\gamma)^2]} \quad (9)$$

здѣсь e основаніе натуральныхъ логарифмовъ; C — постоянная.

Замѣнимъ $C = A du dv dw$, гдѣ A — новое постоянное; du , dv , dw также постоянныя, какъ дифференціалы независимыхъ переменныхъ; при этомъ нужно имѣть въ виду, что вѣроятность того, что нѣкоторая частица получитъ скорость u , или правильнѣй: скорость въ предѣлахъ отъ u до $u + du$, можетъ быть величиной безконечно — малой порядка du , то понятно, что вѣроятность сложнаго событія (что частица получитъ и скорость u , и скорость v и скорость w) будетъ порядка $du dv dw$; по вѣроятность эта изображена ур. (9); почему и C должно б. порядка $du dv dw$, т. е. A — должно быть величиной конечной. Ур. (9) получить теперь видъ:

$$F(u, v, w) = A e^{-km[(u-\alpha)^2 + (v-\beta)^2 + (w-\gamma)^2]} du dv dw \quad (10)$$

Это выражение обнаруживает важное свойство нашей функции F : она м. б. разложена на три простѣйшія функции, зависящія каждая уже отъ одного аргумента. Именно:

$$F(u, v, w) = U(u) V(v) W(w) du dv dw \quad (10')$$

Полагая

$$U(u) = B e^{-km(u-\alpha)^2}; \quad V(v) = B e^{-km(v-\beta)^2}; \quad W(w) = B e^{-km(w-\gamma)^2}$$

$$\text{и} \quad A = B^3 \quad (11)$$

Физическое значеніе этого свойства то, что появленіе у данной частицы скорости u (съ вѣроятностью $U(u) du$) независимо отъ появленія одновременно у той же частицы скоростей v и w .

Остается опредѣлить постоянныя въ (10) и (11). Такъ какъ вѣроятность того, что изъ всѣхъ мыслимыхъ возможностей наступитъ какая нибудь одна, есть достовѣрность, и принимается равной 1, то съ необходимостью заключаемъ, что сумма вѣроятностей всѣхъ возможныхъ значеній скоростей u , равно какъ и v и w , выраженные интегралами въ предѣлахъ отъ $-\infty$ до $+\infty$, равны единицѣ:

$$B \int_{-\infty}^{\infty} e^{-km(u-\alpha)^2} du = 1$$

Но $\int_{-\infty}^{\infty} e^{-km(u-\alpha)^2} du = \sqrt{\frac{\pi}{km}}$, почему $B \sqrt{\frac{\pi}{km}} = 1$, откуда

$$B = \sqrt{\frac{km}{\pi}}, \text{ а стало быть и } A = \left(\frac{km}{\pi}\right)^{3/2}$$

Возьмемъ теперь среднія значенія слагающихъ скоростей, или по ур. (2). — слагающія скорости общаго центра тяжести системы: a , b и c :

$$a = B \int_{-\infty}^{\infty} e^{-km(u-\alpha)^2} u du = B \int_{-\infty}^{\infty} e^{-km u^2} (u + \alpha) du$$

$$b = B \int_{-\infty}^{\infty} e^{-km(v-\beta)^2} v dv = B \int_{-\infty}^{\infty} e^{-km v^2} (v + \beta) dv$$

$$c = B \int_{-\infty}^{\infty} e^{-k m (w - \gamma)^2} w \, dw = B \int_{-\infty}^{\infty} e^{-k m w^2} (w + \gamma) \, dw$$

$$\text{или} \quad a = B \int_{-\infty}^{\infty} \alpha e^{-k m u^2} \, du = \alpha B \sqrt{\frac{\pi}{k m}} = \alpha$$

$$\text{также:} \quad b = \beta; \quad c = \gamma$$

Возьмемъ наконецъ среднее значеніе кинетической энергіи [по ур. (1)]:

$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{2} A m \int \int \int_{-\infty}^{\infty} e^{-k m [(u-a)^2 + (v-b)^2 + (w-c)^2]} (u^2 + v^2 + w^2) \, du \, dv \, dw = \\ &= \frac{1}{2} A m \int \int \int_{-\infty}^{\infty} e^{-k m (u^2 + v^2 + w^2)} [(u+a)^2 + (v+b)^2 + (w+c)^2] \, du \, dv \, dw = \\ &= \frac{3}{4k} + \frac{1}{2} m (a^2 + b^2 + c^2) \end{aligned}$$

$$\text{Отсюда} \quad \frac{3}{4k} = E - \frac{1}{2} m (a^2 + b^2 + c^2), \text{ и можно опредѣлить } k.$$

Теперь мы можемъ написать наконецъ Максвеллевъ законъ распре-
дѣленія скоростей. Для газа, имѣющаго общую поступательную ско-
рость a , b , c , и коего частицы находятся въ состояніи тепловаго дви-
женія съ средней энергіей $\frac{3}{4k}$, если достигнуто при этомъ состояніе

подвижнаго равновѣсія, изъ N частицъ найдутся n такихъ, которыя
обладаютъ скоростью, слагающія которой будутъ въ предѣлахъ u
и $u + du$, v и $v + dv$, w и $w + dw$, и число это равно:

$$n = N \left(\frac{k m}{\pi} \right)^{3/2} e^{-k m [(u-a)^2 + (v-b)^2 + (w-c)^2]} \, du \, dv \, dw \quad (12)$$

Для газа безъ общаго поступательнаго движенія ($a=b=c=0$)

$$n = N \left(\frac{k m}{\pi} \right)^{3/2} e^{-k m (u^2 + v^2 + w^2)} \, du \, dv \, dw \quad (13)$$

$$\text{при чемъ} \quad \frac{3}{4k} = E.$$

Наконецъ число такихъ частицъ изъ всѣхъ N частицъ, у которыхъ скорость имѣетъ значеніе въ предѣлахъ отъ u до $u + du$ (независимо отъ двухъ другихъ слагающихъ v и w), будетъ

$$n = N \sqrt{\frac{km}{\pi}} e^{-km u^2} du \quad (14)$$

Простымъ преобразованиемъ (прямолинейныхъ координатъ въ сферическія) можно привести выраженіе для закона Максвелля къ такому виду, чтобы имъ опредѣлялось число частицъ, обладающихъ нѣкоторой опредѣленной абсолютной величиной скорости, безъ обращенія вниманія на ея направленіе. Формула (13) напр. получить видъ:

$$n = \frac{4}{\sqrt{\pi}} N (km)^{3/2} \omega^2 d\omega e^{-km\omega^2} \quad (13)$$

или полагая $\sqrt{km}\omega = x$, получаемъ

$$y = \frac{n}{N} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} e^{-x^2} x^2 dx \quad (14)$$

т. е. вѣроятность появленія скорости отъ x до $x + dx$ въ томъ самомъ видѣ, что было у насъ раньше на стр. 10.

Выводъ, изложенный выше, принадлежитъ Оскару Мейеру, при чемъ къ основной мысли этого вывода, независимо отъ Мейера, пришелъ Пироговъ ¹⁾. Выводъ этотъ не ставитъ себѣ задачей изыскать законъ „устойчиваго“ распредѣленія скоростей, какъ это сдѣлалъ Максвелль, а лишь находить законъ вѣроятнѣйшаго распредѣленія, хотя Мейеръ и сводитъ понятіе вѣроятнѣйшаго распредѣленія къ понятію окончательнаго—устойчиваго распредѣленія. Больцманъ далъ доказательство ²⁾ того, что законъ Максвелля не только достаточенъ, но и необходимъ для устойчиваго распредѣленія молекулярныхъ скоростей. Самъ Максвелль пытался ³⁾ доказать, что его законъ единственно возможный для устойчиваго распредѣленія скоростей, но доказательство это нельзя признать убѣдительнымъ.

¹⁾ Журн. Русск. Физико-Хим. Общ. 1885 г., т. 17.

²⁾ Wien. Sitz. 1875, Bd. 72; 2te Abt., S. 427.

³⁾ Въ статьѣ „On the Dynamical Theory of Gases“.

Законы газоваго состоянія по кинетической теоріи.

Посмотримъ теперь, какъ представляются съ точки зрѣнія кинетической теоріи газовъ характеристическія особенности газообразнаго состоянія тѣлъ? Какъ понимаетъ эта теорія напр. давленіе газа, къ какимъ выводамъ приводитъ принятое кинетической теоріей понятіе о температурѣ; равно какъ, находятъ-ли себѣ мѣсто въ принятомъ „образѣ” строенія газа основные законы газоваго состоянія: законъ Бойля, Шарля-Гей-Люссака, Авогадро, Дальтона и др.

По кинетической теоріи давленіе газа на стѣнки сосуда складывается изъ толчковъ, производимыхъ отдѣльными частицами на эти стѣнки. Такимъ образомъ, для опредѣленія давленія газа на стѣнки сосуда нужно суммировать импульсы силъ ударовъ отдѣльных частичекъ о стѣнки. Но изъ механики извѣстно, что импульсъ силы выражается приращеніемъ количества движенія.

Количествомъ движенія какого-либо тѣла массы m , движущагося со скоростью u , называется произведеніе его массы на скорость движенія. Количество движенія системы тѣлъ выражается суммой количествъ движенія отдѣльных членовъ системы — $\sum m u$.

Поэтому опредѣливъ все количество движеніе, которое будетъ сообщено извѣстной части поверхности стѣнки сосуда ударяющимися въ нее за извѣстный промежутокъ времени частицами, — опредѣлимъ и давленіе газа на эту стѣнку. Нужно знать для этого скорости движеніе частицъ. Мы видѣли, что скорости эти не одинаковы, даже болѣе: въ каждый моментъ времени можно представить скорости отъ 0 до ∞ ; однако при стаціонарномъ состояніи газа всегда существуетъ нѣкоторое *наибѣроятнѣйшее* значеніе скорости, такъ что число частицъ со скоростью, сильно отличающейся отъ этой наибѣроятнѣйшей скорости, весьма мало; этимъ значеніемъ наибѣроятнѣйшей скорости можно было-бы замѣнить отдѣльныя скорости частицъ.

Въ дальнѣйшемъ изложеніи мы будемъ пользоваться т. н. *средней квадратичной скоростью*, понимая подъ послѣдней слѣдующее. Пусть всѣ частицы обладаютъ общей скоростью G такой, чтобы ихъ общая кинетическая энергія равнялась суммѣ кинетическихъ энергій отдѣльныхъ частицъ; такъ что, если m масса одной частицы, G — такая общая скорость, а $g_1, g_2 \dots g_n$ — скорости отдѣльныхъ частицъ, n — число частицъ, должно выполняться условіе:

$$\frac{1}{2} n m G^2 = \sum_1^n \frac{1}{2} m g^2 = \frac{1}{2} m \sum_1^n g^2 \quad \text{или} \quad G^2 = \frac{\sum_1^n g^2}{n}$$

т. е. эта скорость G такова, что ее квадратъ есть среднее арифметическое изъ квадратовъ отдѣльныхъ скоростей частицъ. Оказывается, что эта средняя квадратичная скорость находится въ простой численной связи съ наибѣроятнѣйшей скоростью U :

$$\text{именно} \quad G = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot U$$

Вычислимъ теперь давленіе газа на стѣнку сосуда.

Для простоты представимъ себѣ сосудъ въ видѣ прямоугольнаго параллелепипеда съ ребрами a, b, c его объемъ $V = abc$. Пусть въ единицѣ объема находится n частицъ, во всемъ объемѣ слѣдовательно $nabc$ частицъ.

Всѣ частицы пусть движутся съ одинаковой скоростью G (средней квадратичной), каковое предположеніе очевидно не измѣнитъ величины общей энергій газа. Допустимъ дальше вмѣстѣ съ Джаулемъ, что изъ числа всѣхъ частицъ, заключающихся во взятомъ объемѣ, $\frac{1}{3}$ движется по направленію одного ребра, $\frac{1}{3}$ по направленію другого и $\frac{1}{3}$ —по направленію третьяго, понимая подъ ребрами—три взаимно перпендикулярныя ребра, выходящія изъ общей вершины трехграннаго угла параллелепипеда.

Такое допущеніе можно оправдать слѣдующими соображеніями ¹⁾.

Представимъ себѣ, что каждая наша частица, обладающая скоростью G , направленіе которой составляетъ углы α, β, γ съ ребрами a, b и c ,—замѣлена тремя частицами той-же массы m , но обладающими скоростями $G \cos \alpha, G \cos \beta, G \cos \gamma$, параллельными ребрамъ a, b, c . Такая замѣна очевидно не измѣнитъ величины общей энергій системы, такъ какъ:

$$\frac{1}{2} m G^2 = \frac{1}{2} m (G \cos \alpha)^2 + \frac{1}{2} m (G \cos \beta)^2 + \frac{1}{2} m (G \cos \gamma)^2$$

Такъ какъ при вычисленіи давленія газа на площадь должны быть принимаемы въ расчетъ только нормальныя составляющія скоростей (давленіе въ газѣ—нормально), то подобная замѣна не будетъ вліять на результаты вычисленія давленія. Подобную замѣну движенія каждой частицы движеніемъ трехъ слагающихъ мысленно произведемъ со всѣми частицами.

Но теперь всѣ частицы разбиты на три группы, изъ коихъ каждая содержитъ по $nabc$ частицъ, движущихся параллельно одному изъ реберъ параллелепипеда. При стационарномъ состояніи газа всѣ направленія движенія распределены по частицамъ вполне равномерно, почему каждая изъ этихъ

¹⁾ Курсъ физики пр. В. Бернацкаго (литографированный): 1899—1900 г., ч. I, стр. 823.

Также: Vorlesungen über Experimentalphysik. Kundt. 1903; p. 428.

трехъ группъ будетъ обладать одной третью общей энергіи, такъ что можно допустить, что всѣ $nabc$ частицъ одной группы движутся со скоростью $\frac{G}{\sqrt{3}}$, а при вычисленіи энергіи это предположеніе равносильно тому, что въ данной группѣ содержится $\frac{nabc}{3}$ частицъ, движущихся со скоростью G .

Остановимся на частицахъ движущихся по направленію ребра c — по направленію перпендикулярному къ грани ab .

Эта грань ab и ей противоположная будутъ попеременно подвергаться ударамъ частицъ взятой группы. Между двумя послѣдовательными ударами объ одну и ту-же стѣнку частица пройдетъ путь $2c$ со скоростью G , на что потребуется промежутокъ времени $\tau = \frac{2c}{G}$. въ единицу времени такихъ промежутковъ будетъ $\frac{1}{\tau} = \frac{G}{2c}$, и столько-же разъ въ единицу времени ударится каждая частица о стѣнку; всѣ-же частицы, движущіяся по этому направленію, произведутъ за то-же время

$$\frac{1}{3} nabc \frac{G}{2c} = \frac{1}{6} nabG \text{ ударовъ въ площадь } ab$$

Каждая частица ударившаяся нормально въ стѣнку со скоростью G , отлетитъ отъ нея, получивъ скорость равную прежней по противоположнаго направленія $-G$; количество движенія такой частицы измѣнится на

$$mG - m(-G) = 2mG$$

Этому равняется импульсъ силы, которому подвергается стѣнка со стороны одной частицы. Такихъ ударовъ въ единицу времени мы насчитали $\frac{1}{6} nabG$; всѣми ими будетъ сообщено стѣнкѣ ab количество движенія: $\frac{1}{6} nabG \cdot 2mG = \frac{1}{3} mnG^2 ab$. Единицѣ площади стѣнки ($ab = 1$) будетъ сообщено количество движенія, измѣряющее по предыдущему — давленіе частицъ газа на единицу площади, — такое:

$$p = \frac{1}{3} mnG^2 \quad (1)$$

Это основная формула кинетической теоріи газовъ, выражающая давленіе газа въ зависимости отъ массы частицъ, числа ихъ въ единицѣ объема и ихъ скорости.

Замѣтимъ, что при выводѣ этой формулы предполагалось, что частицы не сталкиваются между собой; въ дѣйствительности частицы должны встрѣчать одна другую — сталкиваться между собой, но столкновенія эти не будутъ вліять на общее количество движенія. При прямыхъ ударахъ частицы обмѣниваются скоростями. такъ какъ массы ихъ одинаковы, и мы принимаемъ частицы выполнѣ упругими тѣлами; но и при косыхъ ударахъ количество движенія въ опредѣленномъ направленіи не мѣняется; такъ что полное количество движенія, доходящее до стѣнки, остается одинаковымъ и при сталкиваніяхъ частицъ, и безъ этихъ столкновеній. Проще конечно предполагать, что частицы пробѣгаютъ путь отъ одной стѣнки до другой, не сталкиваясь одна съ другой, съ постоянной скоростью.

Воспользуемся формулой (1) для вычисленія давленія газа въ пѣкоторомъ объемѣ V , содержащемъ въ себѣ N частицъ. Принимая, какъ и раньше, въ каждой единицѣ объема по n частицъ, мы получимъ $Vn = N$, откуда $n = \frac{N}{V}$, и формула (1) получитъ видъ:

$$p V = \frac{1}{3} m N G^2 \quad (2)$$

Но правая часть этой формулы при постоянной температурѣ, какъ увидимъ дальше, есть величина постоянная, такъ что формула эта очевидно изображаетъ законъ Бойля-Мариотта:

$$p V = \text{постоянному.}$$

Опредѣлимъ теперь изъ ф. (2) скорость движенія частицъ газа:

$$G = \sqrt{\frac{3 p V}{m N}}$$

Чтобы послѣдней формулой воспользоваться для дѣйствительнаго вычисленія молекулярныхъ скоростей, предположимъ, что намъ взята масса вѣсовой единицы газа. Вѣсь одного грамма газа

$$Q = m N g \quad \left(g — \text{ускореніе земнаго протяженія } g = 981 \frac{cm}{sec^2} \right)$$

и $m N = \frac{1}{g}$; получимъ $G = \sqrt{3 p V g}$, гдѣ подъ V понимается объемъ массы газа въ 1 gr; специализируетъ вычисленіе для температуры $0^\circ C$ и давленія 760 mm, и обозначимъ V_0 — объемъ 1 gr. воздуха при этихъ условіяхъ; тогда объемъ 1 gr. другого какого нибудь газа, взятаго при тѣхъ-же условіяхъ, будетъ $V = \frac{V_0}{d}$ гдѣ d — плотность газа относительно воздуха; формула наша дастъ теперь

$$G = \sqrt{\frac{3p V_0 g}{d}} \text{ или } G = \sqrt{\frac{G_0}{d}} \quad (3)$$

если G_0 назвать молекулярную скорость частиц воздуха при указанных выше условиях. Последнее дает т. о., что *молекулярная скорость различных газов различна и обратно пропорциональна корню квадратному из плотности газа.*

Вычисления по формулѣ (3) [принимая V_0 — объемъ 1 gr воздуха при 0° и 760 mm. давления равнымъ 773,3 куб. ст., $p = 1033$ gr. на кв. см., $g = 981,23$ cm/sec² для Варшавы и соответственныя плотности газовъ] даютъ слѣдующія величины молекулярныхъ скоростей газовъ:

Воздухъ . . .	484,9 m/sec.
Кислородъ . .	461,19 m/sec.
Азотъ	492 m/sec.
Водородъ . . .	1842 m/sec.
Сѣрный газъ .	321,6 m/sec.

Непосредственное измѣреніе этихъ скоростей едва-ли возможно. Но, если пропускать различные газы черезъ узкія отверстія въ пористой стѣнкѣ, то по общимъ механическимъ соображеніемъ независимымъ отъ какого-бы то ни было предположенія о строеніи газовъ, слѣдуетъ, что скорость истечения обратно пропорціональна корню квадратному изъ плотности газа. Опыты Грэма (1834 — 1846) подтвердили справедливость этого общаго закона. Имъ были найдены собственно времена истечения газовъ изъ стеклянной трубки и при другихъ условияхъ; оказалось, что времена эти близко совпадаютъ съ корнемъ квадратнымъ изъ плотности. Такъ:

	Времена истечения	Корень квадратный изъ плотности
Воздухъ	1	1
Кислородъ . . .	1,053	1,051
Азотъ	0,984	0,985
Водородъ	0,277	0,263

Во всякомъ случаѣ интересно то, что къ такимъ же результатамъ приводитъ и кинетическая теорія газовъ, какъ мы это только что видѣли (форм. 3), если только смотрѣть на скорость истечения, какъ на явленіе, обусловленное скоростью молекулъ. Вычисления наши показываютъ, съ какими большими скоростями движутся газовыя частицы. Это оправдываетъ сдѣланное нами предположеніе о томъ, что сила земного притяженія не оказываетъ большого вліянія на прямолінейный путь частицы (ускореніе земного притяженія $9,8$ m/sec²).

Съ другой стороны скорости эти не такъ велики, чтобы ускореніемъ земного притяженія въ отношеніи къ нимъ можно было пренебречь вполне: если бы послѣднее имѣло мѣсто—земной шаръ, какъ пишетъ О. Е. Meyer ¹⁾, оказался-бы лишеннымъ атмосферы. Вычисленіе показываетъ, что частицы, брошенныя вверхъ съ начальной скоростью 485 *m/sec.*, могутъ подняться не выше 12000 *m.*, т. е. не выходить изъ предѣловъ атмосферы; тѣмъ менѣе частицы могутъ покинуть верхніе слои атмосферы, гдѣ температура ниже и скорости (какъ это увидимъ ниже) частицъ—меньше. Лишь обладая скоростью не ниже 11000 *m/sec.* частицы могли-бы отдѣлиться отъ атмосферы и улѣтѣть въ междупланетное пространство, но такія скорости (разъ въ 20 больше нормальныхъ скоростей) не встрѣчаются или встрѣчаются въ рѣдкихъ случаяхъ. На лулѣ достаточно начальной скорости въ 2400 *m/sec.*, чтобы частицы, обладающія такой скоростью, могли улѣтѣть съ ея поверхности въ пространство, что можетъ вызвать предположеніе о томъ, что луна, если и обладаетъ атмосферой, то во всякомъ случаѣ разрѣженной. Конечно эти соображенія представляютъ собой лишь болѣе или менѣе остроумное примѣненіе механическихъ законовъ къ газовымъ молекуламъ; уже одинъ соудареніи частицъ не позволили-бы частицамъ даже при большихъ скоростяхъ оставить атмосферу, такъ что серьезнаго значенія этимъ соображеніемъ придавать нельзя.

При всѣхъ этихъ разсужденіяхъ мы не имѣли въ виду одного важнаго обстоятельства, указаніе котораго позволяетъ устранить одинъ изъ упрековъ, дѣлаемыхъ кинетической теоріи газовъ. Именно, при такихъ большихъ скоростяхъ частицъ газовъ естественнымъ представляется вопросъ: почему, напр., пахучіи газъ, находящійся въ углу не очень большой комнаты, при спокойномъ состояніи воздуха не распространяется мгновенно по всей комнатѣ, а требуетъ для этого довольно значительнаго времени. Объясненіе этому явленію, ставившемуся въ упрекъ кинетической теоріи газовъ,—далъ Клаузіусъ. Именно, хотя молекулы и двигаются съ огромной скоростью, но путь, который онѣ проходятъ безпрятственно, не ударяясь о другія молекулы, по всему вѣроятію очень коротокъ (что мы увидимъ ниже). Такимъ образомъ, дѣйствительное направленіе движенія молекулы не представляется одной прямой линіей, а является неправильной зигзагообразной, составленной изъ короткихъ прямыхъ. Двигаясь по такому пути частица, не смотря на большую скорость, въ каждый моментъ времени ей свойственную, въ общемъ мало удалится отъ первоначальнаго своего положенія.

Перейдемъ теперь къ выводу другихъ законовъ газоваго состоянія тѣлъ. Напишемъ нашу формулу (2)

$$p V = \frac{1}{3} N m \overline{G^2}$$

въ нѣсколько измѣненномъ видѣ, именно:

¹⁾ Die Kinetische Theorie der Gase; 1889, s. 26—27.

$$\frac{3}{2} p V = \frac{N m G^2}{2}$$

Въ правой части этого равенства стоитъ $m N$ — очевидно масса всѣхъ частицъ, заключающихся въ объемѣ V ; масса эта множится на половину квадрата скорости. Но такое произведение, какъ извѣстно, представляетъ собой т. н. *живую силу* или *кинетическую энергію* поступательнаго движенія; обозначимъ ее черезъ J , т. е. $J = \frac{N m G^2}{2}$

Теперь видоизмѣненная фор. (2) даетъ намъ:

$$p V = \frac{2}{3} J \quad (2')$$

Но мы уже видѣли, что кинетическая теорія газовъ принимаетъ, что живая сила прямолинейнаго движенія частицъ пропорціональна абсолютной температурѣ газа, т. е. $J = C R_1 T, \dots$ (3¹) гдѣ T — абсолютная температура, R_1 и C нѣкоторыя постоянныя величины; подставляя все это въ видоизмѣненную формулу (2), получимъ:

$$\frac{3}{2} p V = C R_1 T \text{ и вводя другое обозначеніе } R = \frac{2}{3} C R_1$$

будемъ имѣть:

$$p V = R T \quad (4)$$

формулу, извѣстную подъ названіемъ формулы Клайперона, обнимающую собой законы Бойля Мариотта и Гей-Люссака. Уравненіе (4) представляетъ собой *характеристическое* уравненіе для газовъ идеальныхъ.

Абсолютная температура считается отъ т. н. абсолютнаго нуля, лежащаго по шкалѣ Цельсія на 273° ниже температуры таянія льда (—273° С); такъ что температура t^0 на шкалѣ Цельсія соответствуетъ абсолютной температурѣ $T^0 = 273 + t$.

Сопоставляя ур. (2), (2¹) и (4) вмѣстѣ, получимъ

$$p V = \frac{1}{3} N m G^2 = R T = \frac{2}{3} J \quad (5)$$

Представимъ себѣ въ замкнутомъ пространствѣ смѣсь нѣсколькихъ газовъ, другъ на друга химически недействующихъ, и вычислимъ давленіе этой смѣси газовъ на стѣнки сосуда.

Напишемъ нашу формулу (5) для единицы объема, т. е. положимъ въ ней $V = 1$: живую-же силу частицъ, находящихся въ единицѣ объема назовемъ j ; б. имѣть:

$$p = \frac{2}{3} j \quad (5^1)$$

т. е. давленіе частицъ газа въ единицѣ объема измѣняется $\frac{2}{3}$ кинетической энергіи этихъ частицъ. Давленіе на стѣнки сосуда, какъ и раньше, будетъ обусловлено толчками—ударами о стѣнки со стороны частицъ газа, взаимныя соударенія которыхъ опять не будутъ измѣнять общей суммы количества движенія сообщаемого стѣнкамъ частицамъ; по этому формула (5¹) измѣнитъ свой видъ лишь такимъ образомъ:

$$P = \frac{2}{3} (j_1 + j_2 + \dots + j_n), \text{ гдѣ } j_1, j_2 \dots j_n$$

кинетическія энергіи отдѣльныхъ составныхъ частей газовой смѣси. Съ другой стороны $\frac{2}{3} j_1 = p_1, \frac{2}{3} j_2 = p_2 \dots$ каждое изъ такихъ слагаемыхъ представляетъ собою очевидно давленіе отдѣльныхъ, вступающихъ въ смѣсь частей; поэтому получаемъ:

$$P = p_1 + p_2 + \dots + p_n \quad (6)$$

т. е. что давленіе, производимое смѣсью газовъ, химически другъ на друга не дѣйствующихъ, равно суммѣ давленій, производимыхъ отдѣльными частями смѣси. Но это выражаетъ извѣстный законъ Дальтона: онъ явился у насъ необходимымъ слѣдствіемъ принятыхъ нами представленій кинетической теоріи.

Пусть далѣе, мы имѣемъ два равныхъ объема V различныхъ газовъ, находящихся при одинаковомъ давленіи p и общей температурѣ T . Пусть въ объемѣ V перваго газа заключается N_1 частицъ, а въ томъ-же объемѣ V втораго газа заключается N_2 частицъ: масса частицъ перваго пусть m_1 , масса частицъ втораго— m_2 . По выведенному имѣемъ:

$$pV = \frac{1}{3} N_1 m_1 G_1^2 \quad \text{и} \quad pV = \frac{1}{3} N_2 m_2 G_2^2$$

Если сдѣлать теперь допущеніе, что при одинаковой температурѣ у двухъ газовъ кинетическія энергіи двухъ сортовъ газовыхъ молекулъ равны—что находитъ себѣ подтвержденіе въ томъ, что при смѣшеніи газовъ одинаковой температуры общая температура смѣси остается та-же, что и была раньше у составныхъ частей (газы, предполагаемъ, химически другъ на друга не дѣйствуютъ)—, т. е. допустимъ, что

$$\frac{m_1 G_1^2}{2} = \frac{m_2 G_2^2}{2} \text{ получимъ (для } T \text{ и } p. \text{ общихъ)}$$

$$N_1 = N_2 \quad (7)$$

Формула (7) представляетъ собою очевидно законъ Авогадро:

въ равныхъ объемахъ газовъ при одинаковой температурѣ и одинаковомъ давленіи заключается одинаковое число частицъ.

Пусть имѣемъ далѣе нѣкоторый газъ въ объемѣ V_0 при давленіи p и температурѣ O^0 ; пусть объемъ этого газа при температурѣ t измѣнился въ V ; допустимъ далѣе, что извѣстенъ намъ термическій коэффициентъ расширенія этого газа α_1 , такъ что:

$$V = V_0 (1 + \alpha_1 t).$$

Если обозначимъ скорость частицъ газа при O^0 черезъ G_0 и при t^0 черезъ G_1 , то изъ основной формулы

$$pV = \frac{1}{3} Nm G^2 \text{ получимъ: } G_1^2 = G_0^2 (1 + \alpha_1 t).$$

Для другого газа скорости частицъ при O^0 и t^0 пусть будутъ G_0' и G_1' , термическій-же коэффициентъ объема допустимъ будетъ α_2 . Находимъ: $G_1' = G_0' (1 + \alpha_2 t)$. Оставляя въ силѣ введенное допущеніе о равенствѣ живыхъ силъ молекулъ разныхъ сортовъ при одинаковой температурѣ, т. е. принимая

$$\frac{1}{2} m_1 G_0^2 = \frac{1}{2} m_2 G_0'^2 \quad (\text{для } O^0)$$

$$\frac{1}{2} m_1 G_1^2 = \frac{1}{2} m_2 G_1'^2 \quad (\text{для } t^0)$$

$$\text{получимъ } \frac{G_0^2}{G_1^2} = \frac{G_0'^2}{G_1'^2} \text{ и } 1 + \alpha_1 t = 1 + \alpha_2 t, \text{ откуда}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 \quad (8)$$

что представляетъ собой извѣстный законъ Шарля или Гей-Люссака о равенствѣ термическихъ коэффициентовъ объема (тоже конечно и относительно термическихъ коэффициентовъ упругости) для различныхъ газовъ.

Такимъ образомъ мы видимъ, что выбранный нами „образъ“ строенія газа отвѣчаетъ въ дѣйствительности привычнымъ намъ представленіямъ о свойствахъ газовъ. Но этимъ не исчерпывается его значеніе: онъ позволяетъ заглянуть въ такія области, гдѣ опытъ безсиленъ; онъ приводитъ къ совершенно неожиданнымъ аналогіямъ между явленіями, на первый взглядъ совершенно различными, равно какъ и предсказываетъ такія законы газовъ, которые не были открыты до того времени на опытѣ и впоследствии нашли себѣ блестящее оправданіе.

Молекулярная энергія газа.

Въ самомъ началѣ развитія нашего образа строенія газа было указано, что движеніе газовыхъ частицъ можетъ быть не только поступательное, но и другого рода, напримѣръ: вращательное движеніе частицы около оси (подобно тому, какъ происходитъ вращеніе бильярднаго шара при не центральномъ ударѣ): могутъ быть наконецъ движенія атомовъ, составляющихъ частицу, т. е. *интрамолекулярныя* движенія, — движенія около нѣкоторыхъ среднихъ положеній. Т. о. полный запасъ энергіи газа складывается изъ 1) энергіи поступательнаго движенія, 2) энергіи вращательнаго движенія цѣлой частицы и 3) энергіи интрамолекулярныхъ движеній. Послѣднія двѣ величины соединимъ вмѣстѣ подъ обозначеніемъ *энергіи молекулярной* M ; энергію поступательнаго движенія по прежнему обозначимъ J . Полный запасъ энергіи газа обозначимъ H .

$$\text{Получимъ т. о.} \quad H = J + M \quad (1)$$

Опредѣлимъ ближе члены равенства (1). Пусть имѣемъ 1 куб. сант. газа, который при неизмѣнномъ объемѣ нагрѣлся отъ абсолютнаго нуля до температуры T . Пусть C_v — количество тепла, нужное для того, чтобы 1 gr. этого газа нагрѣлся *не расширяясь* на 1° (это т. е. *удѣльная теплота газа при постоянномъ объемѣ*); для нагрѣванія 1 gr. этого газа до температуры T потребуется количество тепла $C_v T$, а на нагрѣваніе 1 куб. сант. того-же газа $\frac{C_v T}{V}$, гдѣ V — объемъ занимаемый 1 gr. газа. Работу затраченную на это нагрѣваніе получимъ, помножая вычисленное выраженіе на механическій эквивалентъ теплоты E ; это и представитъ полный запасъ энергіи въ 1 куб. сант. газа при T° .

$$H = E \frac{C_v T}{V} \quad (2)$$

При нагрѣваніи 1 gr. того-же газа на 1° *при постоянномъ давленіи* пусть требуется количество тепла C_p (т. е. *удѣльная теплота газа при постоянномъ давленіи*). Понятно, какъ осуществить подобный случай нагрѣванія газа: газъ находится въ цилиндрѣ, напр., подъ подвижнымъ поршнемъ съ определенной нагрузкой; газъ, нагрѣваясь, приподнимаетъ поршень, сохраняя свою упругость, иначе — находясь подъ однимъ и тѣмъ-же — постояннымъ давленіемъ. Очевидно, что сообщеніе теплоты данной массѣ газа идетъ въ этомъ случаѣ не только на нагрѣваніе газа, но и на совершеніе вѣншей работы; очевидно и то, что это количество теплоты должно быть боль-

ше того, которое нужно было для нагревания 1 *gr.* газа при постоянном объеме, т. е. $C_p > C_v$.

Для нагревания 1 *gr.* газа при постоянном давлении до температуры T^0 потребуется количество теплоты $C_p T$, а для 1 куб. сант. $\frac{C_p T}{V}$, работа при этомъ будетъ $E \frac{C_p T}{V}$. Очевидно разность между этой работой и ранее вычисленной по ф. (2) будетъ представлять собой величину внешней работы, которую совершитъ газъ, занявшій объемъ 1 куб. сант., при давлении p на 1 кв. сант. и температурѣ T^0 , нагреваясь отъ O^0 (абсолютнаго). Это будетъ:

$$E \left(\frac{C_p T - C_v T}{V} \right).$$

Вычислимъ иначе эту работу. Пусть газъ, нагреваясь отъ t^0 до $(t + 1)^0$ подниметъ поршень, имѣющій площадь S на высоту h при постоянномъ давлении p ; работа будетъ: $p h S = p w$, гдѣ w — объемъ, на который газъ за это время расширится. Но если газъ при t^0 занимаетъ объемъ V , то при O^0 онъ занималъ-бы объемъ $\frac{V}{1 + \alpha t}$, а при $(t + 1)^0$ объемъ:

$$\frac{V}{1 + \alpha t} [1 + \alpha (t + 1)] = \frac{V (1 + \alpha t + \alpha)}{1 + \alpha t} = V + \frac{V \alpha}{1 + \alpha t}$$

Такимъ образомъ при нагревании на 1^0 подъ постояннымъ давленіемъ газъ получаетъ приращеніе объема: $w = \frac{V \alpha}{1 + \alpha t}$. Но $\frac{V \alpha}{1 + \alpha t} =$

$$= \frac{V}{\frac{1}{\alpha} + t} = \frac{V}{273 + t} = \frac{V}{T}. \text{ Работа-же расширения, происходя-}$$

щая при этомъ: $p w = \frac{p V}{T}$. Но по ф. Клайперона $\frac{p V}{T} = R$,

теперь-же $\frac{p V}{T} = R = p w$, т. е. работа расширения газа при нагревании одного грамма газа при постоянномъ давлении на 1^0 — равна численно постоянной ф. Клайперона: R . Работа-же нагревания 1 *gr.* газа до T^0 при тѣхъ-же условіяхъ будетъ $R T$.

Зная это мы можемъ для обозначенной раньше той-же работы написать слѣдующее выраженіе:

$$E \left(\frac{C_p T - C_v T}{V} \right) = R T \quad (3)$$

Но мы раньше видѣли, что кинетическая энергія поступательнаго движенія частицъ $J = \frac{3}{2} R T$, откуда $R T = \frac{2}{3} J$, что вмѣстѣ съ (3) даетъ:

$$J = \frac{3}{2} E T \frac{C_p - C_v}{V} \quad (4)$$

Для (4) на (2) получимъ отношеніе энергій поступательнаго движенія частицъ къ полному запасу энергій газа:

$$\frac{J}{H} = \frac{3}{2} \frac{C_p - C_v}{C_v} \quad (5)$$

что представляетъ собой замѣчательную формулу Клаузіуса, показывающую, что для даннаго газа отношеніе запаса энергій поступательнаго движенія частицъ къ полному запасу энергій при всѣхъ температурахъ (C_p и C_v отъ температуры не зависятъ) остается постояннымъ.

Введемъ обозначеніе $\frac{C_p}{C_v} = k$, замѣчая, при этомъ что k т. н. *отношеніе удѣльныхъ теплотъ газа* опредѣляется экспериментально, напр., изъ акустическихъ опытовъ, получимъ ф. (5) въ такомъ видѣ:

$$\frac{J}{H} = \frac{3}{2} (k - 1) \quad (6)$$

Для пяти типичныхъ газовъ: водорода, кислорода, азота, окиси азота и окиси углерода, имѣющихъ по два атома въ частицѣ, оказывается $k = 1,405$; такъ что для нихъ

$$\frac{J}{H} = \frac{3}{2} (1,405 - 1) = 0,6$$

т. е. таково отношеніе энергій поступательнаго движенія частицъ къ полной энергій въ этихъ двуатомныхъ газахъ. Для газовъ, частицы которыхъ имѣютъ болѣе сложный составъ, есть основаніе ожидать для этого отношенія $\frac{J}{H}$ значенія меньшаго, что въ общемъ и наблюдается въ дѣйствительности; напр. для хлороформа ($CHCl_3$) $k = 1,2$ и $\frac{J}{H} = 0,3$ для эфира $[(C_2 H_5)_2 O]$ $k = 1,03$ и $\frac{J}{H} = 0,045$. Однако, нужно отмѣтить и факты до сихъ поръ неясные въ этой-же области. Именно, кромѣ пяти указанныхъ типичныхъ двуатомныхъ газовъ, мы знаемъ еще цѣлый рядъ другихъ двуатомныхъ газовъ, напр.: хлоръ, бромъ, іодъ и ихъ соединенія.

Химическое строение ихъ должно быть одинаково, какъ и у ранне упомянутыхъ газовъ; физическое-же строение ихъ оказывается инымъ, какъ такъ отношеніе удѣльныхъ теплотъ колеблется для этихъ газовъ отъ 1,3 до 1,33, а вмѣстѣ съ этимъ и отношеніе энергій кинетической къ полной очевидно меньше, чѣмъ для водорода и др. газовъ.

Посмотримъ далѣе, что намъ дастъ теорія въ томъ случаѣ, если весь запасъ энергій газа заключается въ энергій прямолинейнаго движенія? Случай этотъ очевидно можетъ быть для газовъ одноатомныхъ, когда частица движется какъ одно цѣлое, и внутренняго движенія атомовъ—нѣтъ, равно какъ нѣтъ и вращательнаго движенія частицы, или же, если и есть таковое, то оно слѣдовательно не вліяетъ термически на поведеніе частицы. Будемъ очевидно имѣть для этого случая $J = H$ и

$$1 = \frac{3}{2} (k-1), \text{ откуда } k = 1,666$$

Такое значеніе для k было дѣйствительно найдено экспериментально; именно, въ парахъ ртути при высокой температурѣ, когда они подчиняются закону Бойля-Мариотта, скорость звука, по опытамъ Кундта и Варбурга, оказалась такова, что привела къ значенію для $k = 1,67$. Это показываетъ, что молекула ртутнаго пара *въ термическомъ отношеніи* можетъ быть разсматриваема какъ матеріальная точка, обладающая только поступательнымъ движеніемъ, — *безъ вращательнаго движенія*.

И изъ химическихъ основаній оказывается удобнымъ принимать пары ртути одноатомными, не становясь въ противорѣчіе съ закономъ Авогадро. Мы видимъ, что кинетическая теорія газовъ въ этомъ оказываетъ поддержку закону Авогадро.

Болѣе глубокій взглядъ на строеніе молекулы ртути заставляетъ еще разъ подчеркнуть, что только въ термическомъ отношеніи пары ртути построены такъ просто: въ другихъ же отношеніяхъ молекулы этого пара оказываются очень сложнаго строенія, что напр. доказываетъ очень сложный спектръ паровъ ртути въ раскаленномъ состояніи.

Таже формула Клаузіуса помогла рѣшить вопросъ о строеніи частицы у вновь открытыхъ газовъ аргона и гелія. Рамзай и Рэлей, открывшіе эти элементы, опредѣлили частичный ихъ вѣсъ, атомнаго-же вѣса этихъ элементовъ опредѣлить не удавалось, по ихъ инертности (аргонъ почти не вступаетъ въ химическія соединенія). Тогда найдено было опытомъ отношеніе удѣльныхъ теплотъ, оно оказалось равнымъ 1,65; это значеніе близко согласуется съ числомъ, характеризующимъ одноатомный газъ.

Диффузія матерiн, диффузія количества движенія, диффузія живої силы.

Перейдемъ теперь къ выясненію интересныхъ аналогій, которыя указала кинетическая теорія газовъ, въ трехъ повидному ничего общаго между собою неимѣющихъ процессахъ: диффузіи, явленіяхъ т. н. внутренняго тренія и теплопроводности газовъ.

Мы видѣли, что молекулы газа обладаютъ различными скоростями; будемъ принимать, что молекулы имѣютъ форму шаровъ; въ дѣйствительности этого можетъ и не быть, — въ такомъ случаѣ мы вмѣсто молекулы будемъ разсматривать т. н. „сферу частичнаго дѣйствія“, на границахъ которой отскакиваютъ другія частицы; радіусъ этой сферы обозначимъ ρ ; это будетъ наименьшее разстояніе между центрами двухъ частицъ въ моментъ „столкновенія“, или вѣрнѣй въ тотъ моментъ когда отталкивательныя силы заставляютъ отскакивать одну частицу отъ другой. Если-бы молекулы были шарообразны и сближались-бы въ моментъ удара до соприкосновенія, то это разстояніе ρ было-бы и діаметромъ частицы, а половина этой величины была-бы радіусомъ молекулы. Такимъ образомъ, ничто иное, какъ $\frac{\rho}{2}$, условно будемъ понимать подъ словами „радіусъ молекулы“. Ясно, что какъ различны скорости частицъ между собою, такъ весьма различны и длины пути, проходимыя частицей газа до столкновенія ея съ другою частицей. Но, какъ и раньше при выводѣ закона Максвелля для скоростей частицъ, такъ и здѣсь не трудно видѣть, что, при огромномъ числѣ столкновеній, при равновѣроятности того или другого значенія величины свободного пути, слѣдуетъ ожидать въ среднемъ небольшихъ отклоненій значеній свободныхъ путей отдѣльныхъ молекулъ отъ нѣкотораго „средняго свободного пути“ ихъ. Эта „средняя длина пути“ молекулъ должна очевидно зависѣть отъ плотности газа: чѣмъ больше частицъ въ единицѣ объема, тѣмъ больше будетъ встрѣчь ихъ—тѣмъ короче средняя длина свободного пути частицъ; съ другой стороны размѣры частицъ также должны вліять на среднюю длину пути ихъ: чѣмъ больше діаметръ молекулы, или точнѣе—радіусъ сферы дѣйствія молекулы,—тѣмъ чаще оныя будутъ столкновенія частицъ и меньше будетъ свободный путь ихъ. Приблизженное вычисленіе этого средняго свободного пути молекулъ можно дать въ такомъ видѣ ¹⁾.

¹⁾ Курсъ В. А. Берцацкаго. Стр. 830.

Пусть средняя квадратичная скорость частицъ газа будетъ G . Такой путь очевидно пройдетъ частица въ одну секунду. При этомъ, если радіусъ сферы дѣйствія ея ρ , то частица при своемъ движеніи, такъ сказать, вырѣжетъ изъ всего объема — цилиндръ (онъ можетъ быть ломанный, если за это время частица нѣсколько разъ успѣла измѣнить направленіе своего движенія), основаніе котораго $\pi \rho^2$, и высота G , а стало быть объемъ $\pi \rho^2 G$. Если въ единицѣ объема газа n частицъ, то во всемъ объемѣ, вырѣзанномъ частицей, будетъ ихъ: $n \pi \rho^2 G$. Но очевидно, сколько частицъ находится въ этомъ объемѣ, столько и встрѣчъ испытаетъ наша частица за весь этотъ промежутокъ времени, т. е. въ 1 секунду, и столько-же разъ частица измѣнитъ направленіе своего движенія. Поэтому среднюю длину пути частицы между двумя столкновеніями мы получимъ, раздѣливъ весь путь частицы въ одну секунду на число встрѣчъ за то же время. Будемъ имѣть т. о. для средней длины свободного пути частицы, обозначая ее черезъ L , — такое выраженіе:

$$L = \frac{G}{n \pi \rho^2 G} = \frac{1}{\pi n \rho^2} \quad (1)$$

Нами не принято здѣсь въ расчетъ движеніе встрѣчныхъ частицъ; отъ этого движенія число встрѣчъ нашей частицы должно быть больше вычисленнаго, и средняя длина пути будетъ меньше. Clausius далъ для средней длины свободного пути частицы такую формулу, принявъ во вниманіе и движеніе встрѣчныхъ молекулъ:

$$L = \frac{3}{4} \frac{1}{\pi n \rho^2} \quad (2)$$

И наконецъ по выводу Максвелля для той же величины получимъ:

$$L = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{1}{\pi n \rho^2} \quad (3)$$

$$\left(\frac{1}{\sqrt{2}} = 0,607 \text{ величина немного меньшая чѣмъ } \frac{3}{4} = 0,75 \right)$$

Перейдемъ теперь къ выясненію процесса т. н. свободной диффузіи газовъ. Представимъ себѣ два сосуда съ различными газами, расположенные одинъ надъ другимъ. Пока оба сосуда раздѣлены перегородкой, частицы того и другого газа ударяются объ эту перегородку и отскакиваютъ отъ нея обратно; но какъ только перегородка отнята, частицы одного газа при своемъ движеніи будутъ встрѣчать частицы другого газа. Можетъ при этомъ быть, что нѣкото-

рых частицы будутъ откакивать обратно, но будутъ и такіа, которыя будутъ проникать въ другой газъ. Молекулы обоихъ газовъ будутъ т. о. смѣшиваться, и смѣшеніе это прежде всего должно начинаться на границѣ обоихъ газовъ. Такъ мы можемъ напр., взять въ нижнемъ сосудѣ газъ болѣе тяжелый и въ верхнемъ болѣе легкій (углекислоту и кислородъ) и соединить ихъ трубкой; газы начнутъ смѣшиваться: болѣе легкій газъ опускаясь проникаетъ между частицами болѣе тяжелого газа, и наоборотъ частицы болѣе тяжелого поднимаются и проникаютъ между частицами болѣе легкого. Частицы того и другого *взаимно диффундируютъ*. Спустя нѣкоторое время въ обоихъ сосудахъ будетъ вполнѣ однородная смѣсь. Понятно, что диффузія газовъ происходитъ болѣе или менѣе медленно, такъ какъ частицы одного газа непрерывно сталкиваются съ частицами другого.

Раземотримъ напр., что будетъ происходить въ вертикальной узкой трубкѣ, соединяющей сосуды съ двумя различными газами, послѣ того, когда отнята перегородка въ этой трубкѣ—напр. на срединѣ ея. Спустя нѣкоторое время послѣ начала процесса, и однако же раньше того, пока образуется однородная смѣсь по всей трубкѣ, на различныхъ высотахъ x , считая ихъ отъ нижняго конца трубки, будемъ имѣть смѣси газовъ съ различнымъ числомъ частицъ того и другого въ каждой единицѣ объема, съ различными стало быть парціальными давленіями p_1 и p_2 , но всегда однако такими, что для одного и того-же горизонтальнаго слоя $p_1 + p_2 = p$ общему давленію смѣси; это должно имѣть мѣсто для всѣхъ значеній x .

Выдѣлимъ въ нашей трубкѣ горизонтальную площадь S ; объемъ газа, проходящаго черезъ эту площадь въ теченіе времени t по направленію x , будетъ пропорціоналенъ измѣненію парціального давленія этого газа на единицѣ длины т. е. $\frac{\Delta p_1}{\Delta x}$, гдѣ Δp_1 измѣненіе парціального давленія на протяженіи Δx ; этотъ объемъ V будетъ конечно пропорціоналенъ времени и площади S ; т. е.

$$V = D s. t \frac{\Delta p_1}{\Delta x} \quad (4)$$

Здѣсь D — коэффициентъ пропорціональности, его называютъ коэффициентомъ диффузіи, а также скоростью диффузіи. Онъ зависитъ отъ свойства диффундирующихъ газовъ, отъ ихъ давленія и температуры. Кинетическая теорія приводитъ такое выраженіе для этого коффиціента, въ зависимости отъ числа частицъ того и другого газа въ единицѣ объема n_1 и n_2 , среднихъ молекулярныхъ скоростей ω_1 и ω_2 , и длинъ свободныхъ путей L_1 и L_2 :

$$D = \frac{\pi}{8n} (n_1 L_2 \omega_2 + n_2 L_1 \omega_1) \quad (5)$$

гдѣ $n = n_1 + n_2$.

Такъ какъ скорости движенія частицъ при повышеніи температуры увеличиваются, то по (5) долженъ при этомъ увеличиваться и коэффициентъ диффузіи газовъ. И опыты Loschmidt'a показали, что коэффициентъ взаимной диффузіи газовъ приблизительно пропорціоналенъ квадрату ихъ абсолютной температуры. Та же формула указываетъ на зависимость коэффициента взаимной диффузіи газовъ отъ средней длины свободного пути. При разрѣженіи газа длины свободныхъ путей увеличиваются, столкновенія между частицами становятся рѣже, частицы одного газа скорѣ проникаютъ между частицами другого: скорость диффузіи увеличивается. И опыты Loschmidt'a указываютъ, что дѣйствительно коэффициентъ взаимной диффузіи обратно пропорціоналенъ общему давленію газовъ.

Приведемъ нѣкоторые численные значенія для коэффициентовъ взаимной диффузіи (въ *см.* и *Sec.*).

Для водорода съ кислородомъ	$D = 0,722$
„ „ съ углекислымъ газомъ	$D = 0,556$
„ кислорода „ „	$D = 0,161$
„ воздуха „ „	$D = 0,142$

Такимъ образомъ принятое кинетической теоріей представленіе о прямолинейномъ характерѣ движеній частицъ газа вполне объясняетъ явленіе взаимной диффузіи газовъ.

Представимъ себѣ теперь два слоя одного и того-же газа движущіеся съ различными скоростями параллельно плоскости ихъ геометрическаго раздѣла; между слоями газа обнаруживается при этомъ взаимодѣйствіе: на слой, движущійся быстрѣй дѣйствуетъ нѣкоторая сила, замедляющая его движеніе; та-же сила ускоряетъ движеніе слоя движущагося болѣе медленно. Явленіе это сводится т. о. къ выравниванію скоростей въ различныхъ слояхъ газа и своей прямой причиною имѣетъ т. н. внутреннее треніе газовъ. Для выясненія этого явленія на простѣйшемъ примѣрѣ ¹⁾ представимъ себѣ двѣ параллельныя стѣнки одна надъ другою, между которыми находится слой газа, имѣющаго извѣстнаго рода сѣпленіе съ этими стѣнками, такъ сказать прилипающаго къ этимъ стѣнкамъ. Пусть верхняя стѣнка передвинется параллельно самой себѣ въ нѣкоторомъ направленіи;

¹⁾ Примѣръ этотъ, заимствованный изъ ученія о жидкостяхъ, предполагаетъ въ газѣ силы сѣпленія между частицами и съ частицами твердаго тѣла.

очевидно для этого движенія потребуется нѣкоторая сила, такъ какъ слои газа будутъ передвигаться одинъ относительно другого и результатомъ этого передвиженія будетъ нѣкоторое сопротивленіе движенію верхней стѣнки, а вмѣстѣ съ ней—верхняго слоя газа. Сопротивленіе это и называется внутреннимъ треніемъ или вязкостью газа; оно проявляется у верхней стѣнки въ видѣ давленія параллельнаго ей и направленнаго въ сторону противоположную движенію.

Опытъ показалъ, что сопротивленіе это пропорціоально разности скоростей двухъ слоевъ газа, обратно пропорціоально разстоянію между ними; кромѣ того, оно пропорціоально движущейся площади и зависитъ отъ свойствъ газа. Обозначая разстояніе между двумя слоями газа черезъ Δx , скорость движенія нижняго черезъ V и верхняго $V + \Delta v$, площадь стѣнки, движеніе коей сообщило верхнему слою скорость, черезъ S и коэффициентъ пропорціональности черезъ η , б. имѣть для той вышней силы, которая должна дѣйствовать на верхній слой для преодоленія внутренняго тренія, — такое выраженіе:

$$F = \eta \frac{\Delta v}{\Delta x} S \quad (6)$$

Коэффициентъ η наз. коэффициентомъ внутренняго тренія; численно онъ равенъ силѣ, дѣйствующей на единицу поверхности слоя, когда на единицу длины, взятой перпендикулярно къ слоямъ скорость мѣняется на единицу. Опытное опредѣленіе коэффициента внутренняго тренія производятъ, опредѣляя объемъ газа протекающаго черезъ узкую трубку, пользуясь т. н. формулой Poiseuille.

$$V = \frac{\pi}{8} \frac{(P - P_0) r^4}{l \eta} \quad (7)$$

гдѣ V — объемъ вытекшаго газа, r — радіусъ сѣченія трубки, l — ея длина, $P - P_0$ разность давленій и η — коэффициентъ внутренняго тренія газа. Опредѣляютъ также коэффициентъ η изъ опытовъ надъ затуханіемъ колебаній горизонтально подвижной пластинки надъ другой такою-же пластинкой неподвижной.

Опыты даютъ для коэффициентовъ внутренняго тренія у различныхъ газовъ такія значенія (въ единицахъ $C. G. S$) для $0^\circ C$.

Воздухъ	0,000189
Кислородъ	0,000191
Углекислый газъ	0,000145
Азотъ	0,000167
Водородъ	0,000084

Происхожденіе внутренняго тренія въ газахъ съ точки зрѣнія кинетической теоріи объясняется такъ. Если газъ движется, то частицы его, кромѣ беспорядочнаго прямолинейнаго движенія по всѣмъ направленіямъ, обладаютъ движеніемъ преобладающимъ въ опредѣленномъ направленіи—въ томъ, въ какомъ движется вся масса газа. Пусть теперь различные слои газа движутся—видимо—съ различными скоростями. При движеніи видимомъ частицы, не забудемъ, обладаютъ невидимымъ молекулярнымъ движеніемъ; при этомъ, частицы, попадая изъ слоя движущагося быстрѣе въ слой, движущійся медленнѣе, приносятъ съ собой большее количество движенія, которое и сообщаютъ частицамъ слоя съ меньшимъ количествомъ движенія; этимъ общее количество движенія слоя, медленно движущагося, повышается. Наоборотъ въ слой, движущійся быстрѣе, проникаютъ частицы съ меньшимъ количествомъ движенія и понижаютъ общее количество движенія. Конечнымъ результатомъ является то, что скорости различныхъ слоевъ газа уравниваются вслѣдствіе проникновенія частицъ изъ одного слоя въ другой,—вслѣдствіе диффузіи частицъ одного и того-же газа съ разными количествами движеній. Въ т. п. свободной диффузіи различныхъ газовъ мы имѣли диффузію матеріи, въ явленіи внутренняго тренія газа—диффузію количества движенія.

Кинетическая теорія даетъ очень интересное выраженіе коэффициента внутренняго тренія газа, въ зависимости отъ средней скорости молекулярнаго движенія газа отъ, средней длины свободного пути частицы и плотности газа. Къ выводу этого выраженія и перейдемъ.

Представимъ себѣ слой газа, находящійся въ соприкосновеніи съ неподвижной горизонтальной плоскостью, и движущійся параллельно этой плоскости съ нѣкоторою скоростью, которая во всѣхъ мѣстахъ одного и того-же горизонтальнаго слоя одинакова; положимъ даѣе, что по направленіи x , перпендикулярному къ неподвижной плоскости скорость слоевъ газа получаетъ значенія, равныя разстоянію даннаго слоя отъ неподвижной плоскости, т. е. $v = x$. При такихъ условіяхъ внутренняго тренія между каждымъ двумя слоями, отнесенная къ единицѣ поверхности, равна коэффициенту внутренняго тренія.

$$\left[\frac{\Delta v}{\Delta x} = 1; \quad S = 1; \quad \eta = F \right].$$

Скорости, которыя получаютъ частицы при видимомъ движеніи, незначительны сравнительно съ громадными скоростями молекуляр-

наго движенія. Такъ; согласно нашему предположенію, на разстояніи одного метра отъ неподвижной плоскости, частицы получаютъ скорость равную 1 m/sec., между тѣмъ средняя молекулярная скорость частицъ напр. воздуха при 0° и 760 mm. равна какъ мы видѣли 485 m/sec. Поэтому видимое движеніе не нарушитъ обычнаго порядка молекулярнаго движенія и не будетъ вліять на длину свободнаго пути частицъ, на число столкновеній и т. п.; и число частицъ, выходящихъ изъ даннаго слоя въ другой, можно будетъ вычислять, какъ еслибы частицы эти обладали только молекулярнымъ движеніемъ. Какъ и прежде, замѣтимъ, что изъ числа всѣхъ n частицъ въ единицѣ объема по нѣкоторому опредѣленному направленію, напр. перпендикулярно неподвижной плоскости, будутъ двигаться (можно предположить) $\frac{1}{3} n$ частицъ въ ту и другую сторону (вверхъ и внизъ), а напр. сверху внизъ будетъ двигаться $\frac{1}{6} n$ частицъ. Представимъ себѣ теперь мысленно нѣкоторую плоскость перпендикулярную этому направленію движенія и выдѣлимъ въ ней единицу площади. Очевидно въ единицу времени изъ всѣхъ частицъ летящихъ въ указанномъ выше направленіи пройдутъ черезъ выдѣленный элементъ перпендикулярной плоскости только тѣ частицы, разстояніе которыхъ къ началу счета времени не больше разстоянія, проходимаго частицами въ единицу времени, т. е. G единицъ длины, если G —средняя (квадратичная) молекулярная скорость частицъ. Т. о. черезъ взятый элементъ, за единицу времени напр. снизу вверхъ пройдутъ всѣ частицы, заключающіяся въ прямоугольномъ объемѣ, основаніе котораго взятый элементъ площади (1 кв. единица), высота G ; объемъ этотъ численно равенъ G куб. единицамъ. Но изъ частицъ въ объемѣ одной кубической единицы, какъ уже мы видѣли, проходить черезъ тотъ-же элементъ $\frac{1}{6} n$, всего за единицу времени пройдетъ $\frac{1}{6} n G$ частицъ. Примѣнимъ это вычисленіе къ горизонтальной плоскости, находящейся пусть на высотѣ x надъ нижней неподвижной плоскостью; и пусть эта горизонтальная плоскость представляетъ собой границу двухъ движущихся слоевъ. Внутреннее треніе между этими слоями очевидно вычислимъ, когда найдемъ, какое количество движенія переходитъ изъ одного слоя въ другой и наоборотъ (видѣли раньше, что импульсъ силы измѣряется приращеніемъ количества движенія); отнесенное къ единицѣ площади это количество движенія и измѣритъ собой коэф-

фиціентъ внутренняго тренія. Движущіяся къ этой пограничной плоскости частицы одного слоя начали свой путь на различной глубинѣ, но въ среднемъ съ разстоянія равнаго средней длинѣ пути L , т. е. изъ слоя находящагося на высотѣ $x - L$ надъ неподвижной плоскостью; но частицы этого слоя обладают и скоростью равной $x - L$, поэтому каждой частичкой проходящей выдѣленный элементъ площади снизу вверхъ будетъ сообщено этому элементу количество движенія $m(x - L) = mx - mL$, всѣмъ-же частицами летящими снизу вверхъ за единицу времени будетъ сообщено количество движенія

$$\frac{1}{6} n m G (x - L)$$

Одновременно проходить (выражаясь условно) снизу вверхъ черезъ тотъ-же элементъ и за то-же время количество движенія:

$$\frac{1}{6} n m G (x + L)$$

Поэтому слои, находящіеся надъ пограничной плоскостью, теряютъ въ единицу времени на 1 кв. единицѣ площади, столько количества движенія:

$$\frac{1}{6} n m G (x + L) - \frac{1}{6} n m G (x - L) = \frac{1}{3} n m G L$$

и столько-же получаютъ нижніе слои. Но это и представляетъ собой при вышеуказанныхъ условіяхъ коэффициентъ внутренняго тренія газа по кинетической теоріи. Итакъ:

$$\eta = \frac{1}{3} n m G L \quad (8)$$

Послѣдняя формула ведетъ къ очень важнымъ слѣдствіямъ. Подставимъ въ нее вмѣсто L — длины свободного пути — выраженіе ея по Clausius'у (по ф. 2). Получимъ:

$$\eta = \frac{1}{3} n m G \frac{3}{4} \frac{1}{\pi n \rho^2} = \frac{m G}{4 \pi \rho^2} \quad (9)$$

По этому выраженію, *коэффициентъ внутренняго тренія* газа зависитъ отъ массы частицъ газа, радіуса сферы ихъ дѣйствія и молекулярной скорости, т. е. почти исключительно отъ свойствъ частицъ газа *и не зависитъ отъ плотности* газа (не входитъ въ его выраженіе $nm = d$ масса молекулъ въ единицѣ объема). Въ этомъ состоитъ замѣчательный законъ Максвелля. Законъ этотъ, открытый въ 1860 году, имѣетъ на первый взглядъ парадоксальный характеръ: внутреннее треніе по этому закону одинаково какъ въ сгущенномъ, такъ и въ разрѣ-

жепномъ газѣ. И однако-же опытные изслѣдованія, предпринятые О. Е. Мейеромъ въ 1865 г. и не зависимо отъ него Максвеллемъ въ 1866 г. вполне подтвердили этотъ законъ: коэффициентъ внутренняго тренія оставался постояннымъ внутри границъ отъ одной атмосферы до $\frac{1}{100}$ доли ея. Позднѣйшіе опыты Кундта и Варбурга подтвердили справедливость этого закона до очень малыхъ давленій—до $\frac{1}{100}$ мм. (наблюдалось уменьшеніе амплитудъ при качаніи одного кружка надъ другимъ—тоже и въ болѣе раннихъ опытахъ). При еще меньшихъ давленіяхъ законъ теряетъ силу и понятно почему: средняя длина пути при большихъ разреженіяхъ становится сравнимой съ разстояніемъ между неподвижной и подвижной пластинками, число встрѣчъ значительно уменьшается, и выводы, сдѣланные въ предположеніи очень короткой средней длины пути и очень большого числа частицъ, — уже перестаютъ быть справедливыми. Во всякомъ случаѣ опытное подтвержденіе теоретически найденнаго Максвеллемъ закона доставило теоріи не малый триумфъ.

Другое слѣдствіе изъ формулы (8) то, что коэффициентъ внутренняго тренія зависитъ отъ температуры: съ поднятіемъ ея растетъ скорость молекулярнаго движенія, а вмѣстѣ съ ней и коэффициентъ внутренняго тренія. И этотъ выводъ подтвержденъ опытами. Наконецъ формула эта связывая длину пути частицы съ экспериментально опредѣляемой величиной — коэффициентомъ внутренняго тренія—даетъ возможность вычислить и среднюю длину пути частичекъ различныхъ газовъ.

Перейдемъ теперь къ процессу теплопроводности газовъ.

Представимъ себѣ двѣ параллельныя плоскости (хотя бы стѣнки сосуда) со слоемъ газа, заключеннаго между ними. Температура одной (напр. нижней) плоскости пусть T^0 , температура другой $T^0 + \Delta T$; спустя нѣкоторое время окажется, что на разныхъ высотахъ слоя газа температура остается постоянной: въ нижнихъ слояхъ ниже, и повышается если переходить къ слоямъ выше лежащимъ; въ серединѣ оказывается температура $T^0 + \frac{\Delta T}{2}$. Такое распределеніе температуры въ слой газа называется стационарнымъ. Когда такое состояніе достигнуто, то черезъ какую либо воображенную горизонтальную плоскость въ данномъ слой проходитъ количество тепла, опредѣляемое такимъ выраженіемъ:

$$Q = k \frac{\Delta T}{\Delta x} S. \quad (10)$$

гдѣ Δx — разстояніе между верхней и нижней плоскостями $\frac{\Delta T}{\Delta x}$

будетъ т. н. паденіе температуры на единицу длины, S — проводящая плоскость, ϑ — время и k — т. н. *коэффициентъ теплопроводимости газа*. Онъ измѣряется, очевидно, количествомъ теплоты проводимымъ 1 кв. сант. въ 1 сек. при равномерномъ паденіи температуры въ 1° на протяженіи 1 сант. длины

$$\left[\frac{\Delta T}{\Delta x} = 1, S = 1, \vartheta = 1 \text{ и } k = |Q| \right]$$

Явленіе теплопроводности въ газѣ кинетическая теорія объясняетъ такъ. Частицы выше нагрѣтаго газа обладаютъ большей энергіей (живой силой), чѣмъ частицы газа находящаго при болѣе низкой температурѣ. Но если такіе неодинаково нагрѣтые слои газа соприкасаются, то между ними начнется взаимная диффузія; при этомъ частицы съ большей живой силы, сталкиваясь съ ними, будутъ отдавать имъ избытокъ своей живой силой и повышать тѣмъ общую живую силу частицъ слоя менѣ нагрѣтаго, повышать его температуру; наоборотъ, частицы изъ слоевъ менѣ нагрѣтыхъ, обладая меньшей живой силой и проицкая въ болѣе нагрѣтые слои отнимаютъ отъ частицъ съ большей живой силой избытокъ ея и понижаютъ тѣмъ температуру слоя болѣе нагрѣтаго. Температура въ газѣ стремится сдѣлаться вездѣ одинаковой. Т. о. кинетическая теорія сводитъ процессъ теплопроводности газа къ диффузіи живой силы. И какъ раньше скорость диффузіи матеріи опредѣлялась коэффициентомъ диффузіи, скорость диффузіи количества движенія—коэффициентомъ внутренняго тренія, такъ и скорость диффузіи живой силы будетъ опредѣлять собой коэффициентъ теплопроводности газа. Эта аналогія идетъ такъ далеко, что мы можемъ вычислять совершенно такъ же, какъ при диффузіи матеріи, число частичекъ (условно выражаясь) болѣе теплыхъ, проникающихъ между болѣе холодными, и наоборотъ: только для полученія коэффициента теплопроводности нужно число частицъ диффундирующихъ, черезъ единицу площади изъ одного слоя въ другой, находящейся на разстояніи единицы длины отъ перваго, помножить на разность количествъ теплоты, содержащихся въ единицѣ объема каждаго изъ двухъ слоевъ при разности температуръ ихъ въ 1° . Эта разность, принимая C — удѣльной теплотой газа при постоянномъ объемѣ, n —числомъ частицъ въ единицѣ объема, m — массой частицы, при разности температуръ въ 1° , выразится черезъ $n m C$. Для коэффициента диффузіи двухъ газовъ мы имѣли формулу:

$$D = \frac{\pi}{8n} (n_1 L_2 \omega_2 + n_2 L_1 \omega_1)$$

Теперь диффундируютъ частицы одного и того-же газа; пренебрегая незначительной разницей въ значеніяхъ скоростей ω_1 и ω_2 , а также и длинъ путей L_1 и L_2 , получающейся при неодинаковой температурѣ слоевъ газа, т. е. полагая $\omega_1 = \omega_2 = \omega$, $L_1 = L_2 = L$ и какъ раньше $n_1 + n_2 = n$, получаемъ: $D = \frac{\pi}{8} \omega L$. Коэффициентъ же теплопроводности будетъ:

$$k = \frac{\pi}{8} n m \omega L c \quad (11)$$

Легко убѣдиться [какъ въ (8) и (9)], что коэффициентъ теплопроводности газа по (11) является функціей, не зависящей отъ плотности газа. Это представляетъ собой законъ Максвелля, совершенно аналогичный его-же закону относительно внутренняго тренія въ газахъ. Опытная провѣрка этого закона Стефаномъ (Stefan) Кундтомъ и Варбургомъ (Kundt und Warburg) и др. вполне подтвердила справедливость этого закона. Въ опытѣ Стефана тонкій слой газа заключался между двойными стѣнками цилиндрическаго сосуда, внутреннее пространство котораго служило воздушнымъ термометромъ, и помещеннаго въ другой большій сосудъ съ тающимъ льдомъ. Пространство между двойными стѣнками внутренняго сосуда наполнялось испытываемымъ газомъ при разныхъ давленіяхъ; по воздушному термометру наблюдалось охлажденіе воздуха во внутреннемъ сосудѣ и вычислялась скорость охлажденія и коэффициентъ теплопроводности; какъ и слѣдовало ожидать, онъ оказался независимымъ отъ (упругости) давленія газа (между двойными стѣнками) до давленія въ 1 мм. ртутнаго столба. Кундтъ и Варбургъ провѣрили этотъ законъ, наблюдая охлажденіе термометра подъ колоколомъ воздушнаго насоса, измѣняя упругость находящагося тамъ воздуха (до частей миллиметра).

Приведемъ опытные данныя для коэффициента теплопроводности у нѣкоторыхъ газовъ (по Wüllner'у) при 0°.

Воздухъ . . .	0,0000561
Водородъ . . .	0,0003872
Азотъ	0,0000492
Кислородъ . .	0,0000491
Углекислота .	0,0000327

Для нагляднаго представленія закона Максвелля о независимости коэффициентовъ внутренняго тренія и теплопроводности газа отъ давленія — позволимъ себѣ привести простой примѣръ, объясняющій этотъ законъ.

Мы видѣли, что какъ при внутреннемъ треніи, такъ и при теплопроводности, — дѣло сводится къ переносу частичками газа въ одномъ случаѣ количества движенія, и въ другомъ живой силы, и что скорость этого переноса по Максвеллю не зависитъ отъ числа частичекъ участвующихъ въ переносѣ (плотность газа $d = mn$ гдѣ m масса частицы, n —число частицъ въ единицѣ объема). Представимъ себѣ, напримѣръ, что у двухъ противоположныхъ стѣнъ довольно большого зала помѣщено много предметовъ, и мы поручили переносить эти предметы отъ одной стѣны къ другой и обратно нѣкоторому числу посильщиковъ. Пока число участвующихъ въ работѣ посильщиковъ не велико, съ увеличеніемъ числа работающихъ будетъ увеличиваться и продуктивность работы, т. е. скорость переноса; но если увеличеніе числа рабочихъ вести дальше, то наступитъ моментъ, когда дальѣйшее увеличеніе числа рабочихъ уже не будетъ увеличивать скорость переноса: при большомъ числѣ рабочіе будутъ сталкиваться другъ съ другомъ, наткаться и мѣшать одинъ другому въ работѣ переноса: скорость переноса уже не будетъ увеличиваться съ увеличеніемъ числа посильщиковъ.

Длина свободного пути частицы, размѣры и число частицъ.

Мы уже видѣли въ предыдущей главѣ, что, несмотря на все разнообразіе въ судьбѣ отдѣльныхъ молекулъ при хаотическомъ движеніи ихъ, является возможнымъ говорить о среднемъ свободномъ пути молекулы. Свободные пути отдѣльныхъ молекулъ, т. е. пути, проходимые ими безъ столкновенія съ другими, въ среднемъ будутъ мало отличаться отъ этого средняго свободного пути. Была выведена формула, связывающая эту среднюю длину свободного пути частицы съ величинами доступными экспериментальному опредѣленію, именно съ коэффициентомъ внутренняго тренія [(8), стр. 41], средней молекулярною скоростью и плотностью газа:

$$\eta = \frac{1}{3} n m G L$$

Произведемъ вычисленіе по этой формулѣ для средней длины пути частицъ воздуха при 0° и 760 мм. давленія. Средняя квадратичная скорость частицъ воздуха при этихъ условіяхъ, мы видѣли, равна 485 m/sec.; nm число частицъ въ единицѣ объема, помножен-

ное на массу частицъ, представляетъ собой очевидно массу воздуха въ единицѣ объема, въ 1 куб. сантиметрѣ; что при взятыхъ условіяхъ даетъ 0,00129 *gr.*; коэффициентъ внутренняго тренія воздуха при 0° равенъ $\eta = 0,000189$. Поэтому

$$L_{0^{\circ}, 760 \text{ mm}} = \frac{3\eta}{nmG} = \frac{3 \cdot 0,000189}{0,00129 \cdot 48500} = 0,000009 \text{ cm}, \quad (1)$$

Т. е. при 0° и 760 mm. давленія частицы воздуха проходятъ безъ столкновенія въ среднемъ около одной десяти тысячной доли миллиметра. Зная же среднюю длину свободнаго пути молекулы и путь, проходимый ею въ одну секунду, (численно выражающій собой скорость движенія частицы), мы сейчасъ-же опредѣлимъ среднее число столкновеній, испытываемыхъ частицей въ одну секунду; это число, назовемъ его $\mathfrak{N}$, если G средняя скорость и L средняя длина пути частицы, будетъ

$$\mathfrak{N} = \frac{G}{L} \quad (2)$$

Для воздуха при тѣхъ-же условіяхъ это число столкновеній въ одну секунду будетъ:

$$\mathfrak{N} = \frac{48500}{0,000009} = 5352 \cdot 10^6 \text{ т. е. } 5352 \text{ миллиона}$$

Понятно что для частицъ другихъ газовъ получится другія значенія и средней длины пути, и среднего числа столкновеній въ одну секунду. Такъ напримѣръ:

	$L \text{ (cm.)}$	$\mathfrak{N}$ (милліоны)
Водородъ (H_2)	0,0000178	9520 "
Азотъ (N_2)	0,0000095	4780 "
Кислородъ (O_2)	0,0000102	4180 "
Углекислота (CO_2)	0,0000065	5530 "
Сѣроводородъ (H_2S)	0,0000071	5670 "
Хлористый этиль (C_2H_5Cl)	0,0000036	8370 "
(по Lothar'y Meyer'y)		

Въ предыдущей главѣ была выведена также формула, связывающая среднюю длину свободнаго пути частицы съ т. н. радіусомъ сферы дѣйствія частицы, какую величину условно подразумѣваютъ также подъ словами „діаметръ молекулы.“ Эта величина могла-бы очевидно дать представленіе о размѣрахъ частицъ. Была приведена т. н. ф. Максвелля [стр. 35, (3)]:

$$L = \frac{1}{4} \frac{1}{2} \frac{1}{\pi n \rho^2}$$

въ которой L — средняя длина пути, n — число частицъ въ единицѣ объема и ρ — радиусъ сферы дѣйствія, или условно ρ — диаметръ молекулы. Предыдущую формулу можно написать такъ:

$$1 = \sqrt{2 n L \pi \rho^2} \quad (3)$$

или умножить на ρ :

$$\rho = 6 \sqrt{2} n L \frac{\pi \rho^3}{6} = 6 \sqrt{2} L n v \quad (4)$$

гдѣ $v = \frac{\pi \rho^3}{6}$ объемъ молекулы, условно принимая ее шарообразной съ диаметромъ ρ .

Произведеніе $n v$ представляетъ собой ту часть единицы объема, которая приходится на всѣ частицы, заключенныя въ этомъ объемѣ. Очевидно, что даже при сближеніи всѣхъ частицъ до соприкосновенія, въ случаѣ шарообразной формы частицъ, (да и вообще при принятыхъ т. н. сферахъ дѣйствія частицъ) всегда между частицами останется нѣкоторое пространство, такъ что *объемъ, который займутъ всѣ частицы въ нашей единицѣ объема при соприкосновеніи между собой*,—будетъ вообще больше произведенія $n v$, но не настолько, чтобы нельзя было отождествить этихъ обѣихъ величинъ для приблизительнаго вычисленія. Такой случай можно представить себѣ при сгущеніи газа въ жидкость. Напр., если сгустить определенную массу хотя-бы кислорода въ жидкость, объемъ, который при этомъ займетъ та-же масса кислорода, будетъ вѣроятно немного отличаться отъ объема всѣхъ частицъ, сближенныхъ до соприкосновенія. Плотность кислорода въ газообразномъ состояніи 0,00143 (по отношенію къ водѣ), т. е. 1 куб. сант. кислорода при 0° и 760 *mm.* вѣситъ 0,00143 *gr.*; отсюда 1 *gr.* кислорода занимаетъ при тѣхъ-же условіяхъ $\frac{1}{0,00143}$ куб. сантиметровъ. Изъ опытовъ съ жидкимъ кислородомъ найдено, что его плотность 0,9 (также по отношенію къ водѣ), т. е. 1 куб. сант. его вѣситъ 0,9 *gr.*; отсюда 1 *gr.* жидкаго кислорода будетъ занимать $\frac{1}{0,9}$ *cm*³. Что справедливо относительно массы въ 1 *gr.*, то справедливо и относительно массы, заключенной въ 1 куб. сант. въ газообразномъ и жидкомъ состояніи; объемъ, который займетъ эта масса при сгущеніи въ жидкость, опредѣ-

$$\text{лится очевидно изъ пропорціи } x : 1 = \frac{1}{0,3} : \frac{1}{0,00143} = \\ = 0,00143 : 0,9; x = \frac{0,00143}{0,9} = 0,0016.$$

И такъ въ ф. (4) для кислорода $n v = 0,0016$; $L_{\text{кисл.}} = 0,0000102$

$$p = 6 \sqrt{2 \cdot 0,0000102 \cdot 0,0016} = 0,00000014 \text{ см} = 1,4 \cdot 10^{-6} \text{ мм.}$$

Т. о. „діаметръ“ молекулы кислорода равенъ приблизительно одной милліонной доли миллиметра.

Сейчасъ-же вычислимъ и число частицъ въ одномъ куб. сантиметрѣ. Подставляемъ въ ф. (3) данныя для кислорода. Получимъ:

$$1 = \sqrt{2} \cdot n \cdot 0,0000102 \cdot \pi \cdot 14^2 \cdot 10^{-16}$$

Отсюда:

$$n = \frac{10^{16}}{(14)^2 \sqrt{2} \cdot 0,0000102 \cdot \pi} = 1,2 \cdot 10^{18}.$$

Въ одномъ кубическомъ сантиметрѣ кислорода при 0° и 760 мм. находится т. о. болѣе трилліона молекулъ. Существуетъ другой способъ вычисленія и длины свободного пути частицы, и числа частицъ, весьма интересный и основанный на наблюденіяхъ отклоненій газовъ отъ закона Бойля-Мариотта. Въ самомъ началѣ очерка мы приняли два предположенія относительно частицекъ газа: что онѣ на столько малы по своимъ размѣрамъ, сравнительно съ разстояніемъ между ними, что при вычисленіяхъ собственнымъ ихъ объемомъ можно пренебрегать, принимая ихъ какъ матеріальныя точки; и что между частицами не дѣйствуютъ силы сѣвленія или отталкиванія. Газы, частички которыхъ строго слѣдуютъ этимъ условіямъ, мы назвали идеальными, и для нихъ вывели законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака и др. Въ дѣйствительности-же, какъ извѣстно, всѣ газы такъ или иначе отклоняются отъ законовъ идеальныхъ газовъ и прежде всего отъ закона Бойля. Было не мало попытокъ найти законъ, подобный закону Бойля, который былъ-бы справедливъ для всѣхъ газовъ. Одну изъ такихъ попытокъ и очень удачную по простотѣ формы, но глубинѣ мысли и наконецъ по примѣнимости, представляетъ знаменитая формула Wan-der-Waalsa:

$$\left(p + \frac{a}{v^2} \right) (v - b) = R T \quad (5)$$

здѣсь R , a и b постоянныя для данной температуры, T —абсолютная температура. Весьма простыя разсужденія, взятые изъ соображеній

кинетической теоріи, приведуть насъ къ этой формулѣ. Законъ Бойля $p v =$ постоянному приводитъ къ такому заключенію: для безконечно большого давленія ($p = \infty$) объемъ взятой массы газа долженъ равняться нулю ($v = 0$). Однако, принимая частицы газа нежимаемыми, мы не можемъ допустить, чтобы объемъ газа обратился въ нуль. Крайній предѣлъ уменьшенія объема газа очевидно тотъ, когда объемъ газа сдѣлается равнымъ объему самихъ частичекъ газа; но и этого предѣла мы очевидно не достигнемъ, такъ какъ даже при соприкосновеніи частичекъ вплотную при той или иной формѣ ихъ (считая что онѣ неспособны мѣнять свою форму) между ними всегда будутъ оставаться нѣкоторыя незаполненные пространства. Поэтому объемъ, свободный для движенія частицъ, способный уменьшаться, вообще тотъ объемъ, который разсматривался при разсужденіи о давленіи частичекъ газа и др. вопросахъ, будетъ очевидно меньше, чѣмъ тотъ, который занимаетъ данная масса газа при тѣхъ или иныхъ условіяхъ. Т. о. понятно, почему въ формулѣ Wan-der-Waals'a взято $v - b$ вмѣсто v , какъ было въ законѣ Бойля. Эта постоянная b такъ или иначе должна зависѣть отъ объема самихъ молекулъ газа: отъ радіуса сферы дѣйствія, отъ длины пути, какъ величины съ нимъ связанной. Далѣе мы опредѣлимъ эту связь ближе, а теперь выяснимъ значеніе другой постоянной въ формулѣ Wan-der-Waals'a. Пусть нѣкоторая масса газа заключена въ извѣстномъ ограниченномъ объемѣ и находится подъ внѣшнимъ давленіемъ p ; частицы дѣйствительныхъ газовъ, какъ мы видѣли еще въ началѣ очерка, не вполне свободны отъ силъ сдѣвленія (на что указываетъ существованіе хотя и малой „внутренней работы“ при расширеніи газа въ пустоту). Эти силы сдѣвленія обуславливаютъ нѣкоторое добавочное давленіе Δp , которое направлено внутрь газа, въ ту-же сторону, какъ и давленіе внѣшнее. Т. о. общее давленіе на нашъ газъ будетъ $p + p \Delta$. При этомъ, добавочное давленіе Δp будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше масса и число частицъ притягивающихъ и чѣмъ больше масса и число частицъ притягиваемыхъ т. е. Δp пропорціонально квадрату плотности газа и отсюда обратно пропорціонально квадрату объема, что и обозначено въ формулѣ Wan-der-Waals'a.

$$\Delta p = \frac{a}{v^2}.$$

Постоянныя a и b можно вычислить изъ опытныхъ данныхъ Regnault и Cailletet ; для различныхъ газовъ онѣ различны; a для водорода настолько мало, что имъ можно пренебрегать.

То обстоятельство, что частицы газа могутъ имѣть такіе или

иные размѣры (хотя и малые) должно очевидно отразиться на длинѣ свободного пути ихъ. Именно средняя длина пути частицъ, при представленіи частицъ тѣлами конечныхъ размѣровъ, должна быть короче, чѣмъ при частицахъ—матеріальныхъ точкахъ, такъ какъ частицы въ первомъ случаѣ могутъ очевидно пробѣгать отъ столкновенія до столкновенія не весь путь, равный разстоянію между центрами двухъ частицъ, а путь этотъ уменьшенный на нѣкоторую величину; уменьшеніе это при центральныхъ ударахъ очевидно достигаетъ наибольшей своей величины, равной „діаметру“ (радіусу сферы дѣйствія) частицы, при нецентральныхъ вообще меньше. Уменьшеніе это въ среднемъ оказывается равнымъ $\frac{\sqrt{2}}{3} \rho$, гдѣ ρ — ра-

діусъ сферы дѣйствія частицы. Поэтому для длины свободного пути мы должны взять формулу въ такомъ видѣ (по ф. 3, стр. 35).

$$L = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{1}{n \pi \rho^2} - \frac{\sqrt{2}}{3} \rho \quad (6)$$

Введемъ т. п. разстояніе между центрами двухъ частицъ λ ; очевидно λ^3 представитъ собой кубическій объемъ, содержащій въ среднемъ одну молекулу; если въ единицѣ объема n частицъ, то $n\lambda = 1$, откуда $n = \frac{1}{\lambda^3}$ и ф. (6) получить видъ:

$$L = \frac{\lambda^3}{\sqrt{2} \pi \rho^2} - \frac{\sqrt{2}}{3} \rho = \frac{\lambda^3 - \frac{2}{3} \pi \rho^3}{\sqrt{2} \pi \rho^2} \quad (7)$$

Мы видѣли здѣсь, что λ^3 , т. е. объемъ содержащій въ себѣ одну частицу уменьшенъ на $\frac{2}{3} \pi \rho^3 = 4 \cdot \frac{1}{6} \pi \rho^3$ — учетверенный объемъ шара-молекулы. Очевидно объемъ v , если въ немъ находится n частицъ, т. е. $v = n \lambda^3$, окажется уменьшеннымъ на $4 n \cdot \frac{1}{6} \pi \rho^3$. Но это то-же самое уменьшеніе объема, которое въ ф. Wan-der-Waals'a. обозначено величиной b . Тамъ было $v-b$, здѣсь: $v - 4 n \frac{1}{6} \pi \rho^3$, такъ что можно принять, что:

$$b = 4 n \frac{1}{6} \pi \rho^3 \quad (8)$$

Зная, что $\frac{1}{6} \pi \rho^3$ условно обозначаетъ объемъ молекулы-шара,

будем имѣть, что $n \frac{1}{6} \pi \rho^3$ представляет собой объемъ всѣхъ n частичекъ, содержащихся въ объемѣ v (въ данномъ случаѣ въ единицѣ объема). Такимъ образомъ, постоянная b въ ф. Wan-der-Waals'a равна четырехкратному объему занятому самими частичками газа, содержащимися въ единицѣ объема его. Эта формула связывая радиусъ сферы дѣйствія частицы съ величиной b , извѣстной изъ опытовъ, позволяетъ вычислить ρ . Вспомнимъ ф. (3) стр. 47:

$$1 = \sqrt{2} \cdot n \cdot L \cdot \pi \rho^2$$

Подставляем сюда изъ (8) $n = \frac{b}{\frac{2}{3} \pi \rho^3}$, получаемъ:

$$b L = \frac{\sqrt{2}}{3} \rho \quad (9)$$

$$\rho = \frac{3 b L}{\sqrt{2}} \quad (10)$$

Klausius вмѣсто численнаго множителя этой формулы $\frac{3}{\sqrt{2}} = 2,12$.

считаетъ нужнымъ взять множитель $\frac{24}{5 \sqrt{2}} = 3,4$.

Вычисленные по этой формулѣ значенія для ρ вообще меньше, чѣмъ по указанному выше способу. Такъ, пользуясь наблюденіями Regnault'a и Cailletet'a надъ отклоненіями газовъ отъ закона Бойля-Мариотта, Wan-der-Waals вычислилъ для постоянной b такія значенія:

	b
Воздухъ	0,0026
Углекислый газъ .	0,003
Водородъ	0,00069

И соотвѣтственно этому получаемъ для „діаметра молекулы“ ρ такія величины:

	ρ
Воздухъ	0,8. 10^{-6} mm.
Углекислый газъ	0,63. 10^{-6} mm.
Водородъ	0,4. 10^{-6} mm.

Такимъ образомъ этотъ способъ вычисленія „діаметра“ молекулы даетъ значенія меньшія, чѣмъ было у насъ раньше: тамъ получили для діаметра молекулы кислорода $1,4 \cdot 10^{-6} \text{ mm.}$ т. е. болѣе одной милліонной доли миллиметра, здѣсь-же для „діаметра“ напр. воздуха получаемъ менѣе одной милліонной ($0,8 \cdot 10^{-6} \text{ mm.}$) доли миллиметра. Но во всякомъ случаѣ порядокъ величинъ въ томъ и другомъ случаѣ одинаковый.

Соотвѣтственно этимъ числамъ для „діаметра“ частицы получаемъ по той-же формулѣ:

$$1 = \sqrt[3]{2 \pi n L \rho^2}$$

и число частицъ въ 1 куб. сантиметрѣ газа. Вычисленіе напр. для углекислоты при 0° и 760 mm. даетъ:

$$n = \frac{10^{14}}{\sqrt[3]{2 \pi \cdot 0,0000065 (0,63)^2}} = 8 \cdot 10^{18}$$

т. е. восемь триллионовъ молекулъ: столько частицъ содержитъ 1 куб. сант. и всякого другого газа при 0° и 760 mm. давленія по закону Авогадро.

Напрасно однако стали-бы мы, при вычисленіи числа частицъ въ единицѣ объема у различныхъ газовъ, ожидать привычнаго намъ совпаденія чиселъ. Напр. изъ вышеприведенныхъ данныхъ вычисляя число частицъ воздуха въ 1 cm.^3 , мы получили-бы $n = 4 \cdot 10^{18}$, т. е. четыре триллиона молекулъ, и однако же нужно сказать, что согласіе этого числа съ предыдущимъ удовлетворительное, при громадности самыхъ чиселъ: величины эти несомнѣнно *одного* порядка.

Чтобы представить себѣ всю громадность этого числа, какое указывается кинетической теоріей для числа частицъ газа въ 1 cm.^3 , представимъ себѣ городъ съ милліоннымъ населеніемъ; пусть на огромной площади земли вытянулся въ рядъ милліонъ такихъ городовъ, и такихъ рядовъ—милліонъ. Въ полученномъ т. о. комплексѣ городовъ будетъ триллионъ жителей. Такъ-же многочисленно населеніе одного кубическаго сантиметра газа по кинетической теоріи.

Чрезвычайная малость частичекъ дѣлаетъ непосредственную опытную провѣрку размѣровъ частицъ, указываемыхъ теоріей, едва-ли осуществимой (см. ниже). Но интересно, что во многихъ областяхъ физики найдено не мало фактовъ, которые приводятъ къ представленію малѣйшихъ частицъ вещества, по размѣрамъ близко подходящихъ къ частицамъ кинетической теоріи. Такъ W. Thomson,

разсуждая о свойствах тончайших жидких пленок, приходит къ заключенію, что было-бы абсурдомъ принимать въ жидкомъ слоѣ, высота котораго меньше 20 доли миллионной части миллиметра, существованіе болѣе чѣмъ одного ряда частицъ; т. е. ниспій предѣлъ для „діаметра“ частицы по Томсону не ниже $0,05 \cdot 10^{-6}$ *mm*. Houllevigue находитъ для діаметра малѣйшей водяной капли значеніе $0,13 \cdot 10^{-6}$ *mm*.

Изъ связи, найденной еще Clausius'омъ, между длиной свободнаго пути частицъ и діэлектрической постоянной въ данномъ газѣ, Dorn вычислилъ для „діаметра“ частицы газа около $0,2 \cdot 10^{-6}$ *mm*. Exner и Guye развили ту же теорію, замѣнивъ діэлектрическую постоянную квадратомъ показателя преломленія (согласно теоріи Максвелля) и нашли для діаметра частицы газовъ величины около $0,1 \cdot 10^{-6}$ — $0,2 \cdot 10^{-6}$ *mm*.

Сопоставляя эти экспериментальныя догадки съ выводами нашей теоріи, приходимъ къ заключенію, что „діаметръ“ частицъ есть величина для различныхъ газовъ различная, колеблющаяся въ предѣлахъ:

$$5 \cdot 10^{-6} \text{ mm.} > \rho > 0,05 \cdot 10^{-6} \text{ mm.}$$

т. е. исходя изъ различныхъ соображеній находимъ для „діаметра“ частицы газовъ довольно согласныя предѣлы: между пятью миллионными долями миллиметра и между пятьюсотыми миллионной доли миллиметра.

Интереснымъ можетъ показаться вопросъ, сдѣлается-ли доступнымъ опытное измѣреніе такихъ весьма малыхъ матеріальныхъ частичекъ? Теорія для оптическаго наблюденія еще недавно указывала границы, исключавшія возможность подобныхъ измѣреній. Принималось ¹⁾, что послѣдней границей малѣйшихъ размѣровъ, видимыхъ въ микроскопѣ отдѣльно, является размѣръ $2 \cdot 10^{-4}$ *mm*. Въ самое послѣднее время удалось значительно низвести эти границы оптическаго наблюденія. Нѣмецкіе ученые Siedentopf и Zsigmondy установили фактъ возможности констатировать въ полѣ зрѣнія микроскопа существованіе диффракціонныхъ изображеній частичекъ, о линейныхъ размѣрахъ которыхъ можно сказать, что они колеблется между $6 \cdot 10^{-6}$ *mm*. и $2,5 \cdot 10^{-4}$ *mm*. (Разсматривались частицы высокой отражательной способности, напр. частички золота въ т. н. рубиновомъ стеклѣ; освѣщеніе ихъ производилось *только* сбоку, и такъ, что ни одинъ лучъ освѣщающаго источника не попадалъ въ объективъ микроскопа; источникъ освѣщенія брался возможно сильный (солнечный свѣтъ

¹⁾ Helmholtz Pogg Ann. 1874. Iubelband, s. 557.

отъ гелиостата, изображеніе углей вольтовой дуги), и помощью цѣлаго ряда оптическихъ линзъ и діафрагмъ достигалось рѣзкое освѣщеніе минимальнаго участка изслѣдуемаго предмета, напр. получался пучокъ лучей $1,5 \cdot 10^{-4}$ *mm* — $3 \cdot 10^{-4}$ *mm*. глубины и $4 \cdot 10^{-4}$ — $6 \cdot 10^{-4}$ *mm*. ширины]. Если принять средній размѣръ газовыхъ молекулъ равнымъ $0,6 \cdot 10^{-6}$ *mm*., то увидимъ, что ипешій предѣлъ наблюденія указанныхъ изслѣдователей — $6 \cdot 10^{-6}$ *mm*. уже очень близокъ къ размѣрамъ, указываемымъ кинетической теоріей для частичекъ газа. Однако, какъ говоритъ Siedentopf: „едва-ли когда-либо будетъ достигнуто, чтобы сдѣлался видимыми глазу, какъ пространственно раздѣльными,—частички, размѣры конхъ соотвѣтствуютъ среднимъ размѣрамъ молекулъ — $0,6 \cdot 10^{-6}$ *mm*.“¹⁾).

Мы достигли купола того стройнаго зданія, которое воздвигнуто усиліями многихъ гениевъ человѣческой мысли подъ именемъ кинетической теоріи газовъ.

Мы видѣли, какъ изъ немногихъ допущеній, въ большинствѣ логически вытекающихъ изъ наблюденій, развилась эта изящная теорія; какъ мертвый для глаза покой замѣнился неустаннымъ движеніемъ неизмѣримо большого числа мельчайшихъ частичекъ, движеніемъ какъ будто хаотическимъ и однако-же послушнымъ творческому слову Максвелля. Образъ строенія газа по нашей теоріи не только обнялъ собой извѣстные законы газоваго состоянія тѣлъ, давъ имъ въ то же время свое болѣе глубокое толкованіе, но и привелъ къ новымъ законамъ, нашедшимъ потомъ себѣ экспериментальное подтвержденіе. Образъ этотъ указалъ соотношенія между явленіями изъ различныхъ на первый взглядъ областей и наконецъ позволилъ заглянуть въ такія области, гдѣ опыты безсилны, высказавъ остроумныя соображенія о большей или меньшей сложности частицы, о строеніи и размѣрахъ, о числѣ частицъ въ единицѣ объема и т. п. То обстоятельство, что въ основѣ нашего образа строенія газа, лежатъ гипотезы, не лишаетъ его важнаго научнаго значенія. Позволительно вводить гипотезу, разъ она позволяетъ объяснить цѣлый кругъ явленій и приводитъ къ слѣдствіямъ, не противорѣчающимъ установленнымъ законамъ; полезно вводить гипотезу, когда она позволяетъ создать „образъ“, подобный развитому въ настоящемъ очеркѣ; детали этого „образа“ живутъ, такъ сказать, своею жизнью; или какъ писалъ Гертцъ: „при чтеніи формулъ, кажется, что онѣ умнѣй насъ, умнѣй даже своего автора, и говорятъ больше, чѣмъ хотѣлъ сказать авторъ“ — такова логическая сила математическаго анализа: независимо отъ воли автора анализъ приводитъ его къ такимъ слѣдствіямъ,

¹⁾ Ann. der. Physik 1903 № 1, s. 15.

которыя могутъ быть весьма плодотворными. Примѣръ этому мы видѣли въ т. н. законѣ Максвелля относительно внутренняго тренія и теплопроводности.

Въ заключеніе считаю пріятнымъ долгомъ высказать свою благодарность глубокоуважаемому В. А. Бернацкому, критическими замѣчаніями котораго я воспользовался при обработкѣ настоящаго очерка къ печати.

А. П. Постыловъ.

Здравствуй мой много уважаемый
 меня разрши мне передать тебе
 свой мужской дорогой приветъ
 и любовный крепкой поцелуй тебя
 нежно раз хотѣ и пожелалъ
 мужество суждено свою любовь
 емоуленку и твой развѣс цыпочки
 и всемоу цыпочки
 Веранка и тебе передаю свой
 братскій славный дорогой
 приветъ и и тебя сообщая о своемъ
 здоровъ покуда находишь
 ниль и здоровъ твою тебѣ желаю
 въ твоихъ молодыхъ лѣтахъ
 всемоу жить

жина / Нужно узнать что такое
 жина жина не есть первый брае
 голову, первый джа голову
 собака, это / оном не верить то
 оном из верить свою жину кто
 жинатой а кто не жинат тот
 увидит всю эту правду на
 жинатой голове тогда дествител
 удостовирица на бтани

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	Стран.
I. Введение	1
II. Основания теории	3
III. Распределительный законъ Максвелля-Больцмана	7
IV. Выводъ закона Максвелля	12
V. Законы газового состоянія по кинетической теоріи	21
VI. Молекулярная энергія газа	30
VII. Диффузія матеріи, диффузія количества движенія, диффузія живой силы	34
VIII. Длина свободнаго пути частицы, размѣры и число частицъ	45

Давидович
 Давидович
 Давидович

Charles
Sturges
Esq
London
1810
Received