

ИЗВѢСТІЯ

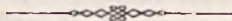
ВАРШАВСКАГО

ПОЛТЕХНИЧЕСКАГО ИНСТИТУТА

ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II.



ВЫПУСКЪ II. — 1902 г.



ВАРШАВА.

—  
ВЪ ТИПОГРАФИИ ВАРШАВСКАГО УЧЕБНАГО ОКРУГА.  
Краковское-Предмѣстье № 3.

—  
1903.

Печатано по опредѣленію Совѣта Варшавскаго Политехническаго  
Института Императора Николая II.

Директоръ А. Лагорио.

## СОДЕРЖАНІЕ.

---

### О ф ф и ц и а л ь н ы й о т д ѣ л ь .

1. Отчетъ Варшавскаго Политехническаго Института Императора Николая II за 1901—1902 учебный годъ. Стр. 1—93.

### У ч е н ы й и у ч е б н ы й о т д ѣ л ы .

2. Нѣкоторыя дополненія къ теоріи динамомашинъ въ связи съ ея расчетомъ. *А. Вульфа*. Стр. 1—44.
  3. О функцияхъ Фурье-Бесселя и ихъ приложенія къ изысканію асимптотическихъ представленій интеграловъ дифференціаль-ныхъ линейныхъ уравненій съ рациональными коэффициентами. *И. Р. Брайцева* (продолженіе). Стр. 65—120.
  4. О суточномъ ходѣ метеорологическихъ элементовъ въ Варшавѣ. *В. Эренфейхта*. Стр. 1—18.
-

СОДЕРЖАНИЕ

Содержание

1. Отчет о работе за 1924-1925 гг. 1-10

2. Отчет о работе за 1925-1926 гг. 11-20

3. Отчет о работе за 1926-1927 гг. 21-30

4. Отчет о работе за 1927-1928 гг. 31-40

5. Отчет о работе за 1928-1929 гг. 41-50

6. Отчет о работе за 1929-1930 гг. 51-60

7. Отчет о работе за 1930-1931 гг. 61-70

8. Отчет о работе за 1931-1932 гг. 71-80

9. Отчет о работе за 1932-1933 гг. 81-90

10. Отчет о работе за 1933-1934 гг. 91-100

---

Редакторъ В. Эренфейхт.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТДѢЛЪ.

---

# ОТЧЕТЪ

Варшавскаго Политехническаго Института ИМПЕРАТОРА  
НИКОЛАЯ II.

за 1901—1902 уч. годъ.

## Обзоръ преподаванія на Механическомъ Отдѣленіи.

### I. РАСПРЕДѢЛЕНІЕ УЧЕБНЫХЪ ЗАНЯТІЙ.

Въ 1901—1902 уч. году различнаго рода занятія были выполняемы по нижеприлагаемой схемѣ:

#### 1. Лекціи по обязательнымъ предметамъ, приуроченнымъ къ курсу.

№	ПРЕДМЕТЪ	ПРЕПОДАВАТЕЛЬ	Число часовъ		Примѣчаніе
			1-е полугод.	2-е полугод.	
<b>I курсъ.</b>					
1	Алгебраическій анализъ	Проф. В. А. Анисимовъ	1	1	совм. съ I к. инж.
2	Аналитическая геометрія	Проф. В. А. Анисимовъ	2	2	совм. съ I к. инж.
3	Диффер. и интегр. исчисленіе	Проф. Г. О. Вороной	3	3	совм. съ I к. инж.
4	Теоретическая механика	Проф. П. О. Сомовъ	2	2	совм. съ I к. инж.
5	Начертательная геометрія	Преп. Э. В. Глясьсъ	3	3	совм. съ I к. инж.
6	Высшая геодезія	Преп. В. Э. Эренфейхтъ	2	—	
7	Физика	Преп. В. А. Бернацкій	3	3	совм. съ I к. инж. и хим.
8	Химія	Проф. В. А. Соломина	—	6	совм. съ I к. инж. и хим.

№	ПРЕДМЕТЪ	ПРЕПОДАВАТЕЛЬ	Число часовъ		Примѣчаніе.
			1-е полугодіе.	2-е полугодіе.	

### II курсъ.

1	Диффер. и интегр. исчисленіе	Проф. Г. Ф. Вороной	4	4	совм. съ II к. ниж.
2	Теоретическая механика	Проф. П. О. Сомовъ	3	3	совм. съ II к. ниж.
3	Прикладная механика	Проф. Н. Б. Делоне	2	2	
4	Сопротивленіе матеріаловъ	Преп. В. И. Мейеръ	4	—	совм. съ II к. ниж.
5	Детали машинъ	Проф. И. Ф. Юпатовъ	—	4	
6	Графическая статика	Проф. С. А. Заборовскій	—	2	
7	Строительное искусство и архит.	Преп. Н. В. Короткевичъ-Ночевой	3	3	совм. съ II и III к. хим.
8	Физика	Преп. В. А. Бернацкій	3	3	совм. съ II к. ниж. и хим.

### III курсъ.

1	Общая механич. технология	Преп. М. И. Лисянскій	5	5	
2	Термодинамика	Преп. А. Я. Касьминъ	3	3	
3	Паровые котлы	Преп. А. Я. Касьминъ	3	—	
4	Паровыя машины	Преп. А. Я. Касьминъ	—	3	
5	Гидравлическія двигатели и гидравлика	Преп. И. Ф. Чорба	3	3	
6	Подъемныя машины	Проф. И. Ф. Юпатовъ	—	2	
7	Строительн. механика	Проф. С. А. Заборовскій	1	1	
8	Технологія волоки. веществъ	Преп. В. К. Задариновскій	—	4	
9	Электротехника	Проф. А. В. Вульфъ	3	3	совм. съ IV к. ниж.

### IV курсъ.

1	Отопленіе и вентиляція	Проф. А. П. Кугушевъ	2	2	совм. съ ниж.
2	Строительная механика	Проф. С. А. Заборовскій	4	—	
3	Электротехника	Проф. А. В. Вульфъ	2	—	
4	Станки для обработки металловъ и дерева	Преп. М. И. Лисянскій	4	—	
5	Заводекія машины	Преп. М. И. Лисянскій	3	—	
6	Паровозы	Преп. Ю. В. Ломоносовъ	6	—	
7	Технологія волоки. веществъ	Преп. В. К. Задариновскій	4	4	

2. Лекції по предметамъ необязательнымъ или не приуроченнымъ къ курсу.

№	ПРЕДМЕТЪ	ПРЕПОДАВАТЕЛЬ	Число часовъ		Примѣчаніе
			1 полугод.	2 полугод.	
1	Проективная геометрія	Преп. И. Р. Браицевъ	2	2	совм. съ ниж.
2	Теорія вѣроятностей	Преп. В. Э. Эренфейхтъ	1	1	
3	Теорія упругости	Проф. П. О. Сомовъ	2	—	
4	Политическая экономія	Преп. П. И. Иванюковъ	2	2	совм. съ ниж. и хим.
5	Статистика	Преп. П. И. Иванюковъ	1	1	
6	Гигіена	Преп. Н. Н. Брусянинъ	—	2	
7	Сельско-хоз. маш. и оруд.	Преп. В. К. Рофе	4	—	совм. съ ниж. и хим.
8	Мукомольныя мельницы	Преп. В. К. Рофе	—	2	
9	Французскій языкъ	Преп. К. А. Неру	3	3	
10	Нѣмецкій языкъ	Преп. О. Э. Базиனர்	3	3	

3. Упражненія по теоретическимъ предметамъ.

№	ПРЕДМЕТЪ	ПРЕПОДАВАТЕЛЬ	Число часовъ		Число группъ	Примѣчаніе
			1 полугод.	2 полугод.		
<b>І курсъ.</b>						
1	Аналит. геом. и алгебра	Преп. П. Р. Браицевъ	1	2	3	
2	Диффер. и интегр. исч.	Преп. Д. Д. Мордухай-Болтовской	1	2	3	
3	Теоретическая механика	Преп. Д. А. Гонтаревъ	1	—	3	
4	Начертат. геометрія	Преп. Н. Э. Чорба	—	2	3	
		Преп. Э. В. Гляссъ	1	1	3	
<b>II курсъ.</b>						
1	Диффер. и интегр. исч.	Преп. Д. Д. Мордухай-Болтовской	1	1	3	
2	Теоретическая механика	Преп. Д. А. Гонтаревъ	1	1	3	
3	Сопротивленіе матеріаловъ	Преп. В. И. Мейеръ	1	1	3	
4	Детали машинъ	Проф. Н. О. Юнатовъ	—	1	3	



#### 4. Графическія работы и проекты.

№	ПРЕДМЕТЪ	ПРЕПОДАВАТЕЛЬ	Число часовъ		Число группъ	Примѣчаніе
			1 полугод.	2 полугод.		
<b>І курсъ.</b>						
1	Рисованіе	Преп. І. К. Маньковскій Преп. В. Т. Черминовъ Преп. С. А. Окольскій Преп. Л. С. Васильевъ Преп. К. Е. Богдановъ	3	—	3	
2	Техническое черченіе		—	3		
3	Архитектурное черченіе		5 1/2	4	3	
4	Топографическ. черченіе		—	2	3	
			—	1	3	
<b>ІІ курсъ.</b>						
1	Техническое черченіе	Преп. В. К. Гофе	4	4	3	
<b>ІІІ курсъ.</b>						
1	Графическая статика	Проф. С. А. Заборовскій	2	2	3	
<b>5. Проекты.</b>						
1	Архитектура	Проф. Н. К. Толвинскій Преп. В. А. Брандтъ Проф. П. Ф. Юнатовъ Преп. А. Я. Касьянъ Проф. И. Ф. Юнатовъ Преп. В. И. Мейеръ Преп. П. Ф. Чорба Преп. А. Я. Касьянъ Проф. А. В. Вульфъ Преп. М. И. Длещинскій Преп. В. К. Задарновскій Преп. Ю. В. Ломоносовъ Преп. Э. К. Улятовскій	12	—	3	
2	Детали машинъ		4	—		
3	Паровые котлы		—	4	3	
4	Подъемныя машины		—	4	3	
5	Гидравлич. двигатели		—	7	2	
6	Паровыя машины		—	7	1	
7	Электротехника		—	2	2	
8	Заводъ (спец.)		—	4	2	
9	Фабрика (спец.)		—	2	2	
10	Паровозъ (спец.)		—	8	—	
			—	8	—	

#### 5. Практическія занятія въ кабинетахъ и лабораторіяхъ.

№	НАЗВАНІЕ	ПРЕПОДАВАТЕЛЬ	Число часовъ		Примѣчаніе
			1 полугод.	2 полугод.	
1	Геодезическій кабинетъ	Преп. В. Э. Эренфейхтъ	—	2	на І курсѣ
2	Физическая лабораторія	Преп. В. А. Бернацкій	3	3	3 группы на ІІ к.

№	НАЗВАНІЕ	ПРЕПОДАВАТЕЛЬ	Число часовъ		Примѣчаніе
			1 полугод.	2 полугод.	
3	Химическая лабораторія (необяз.)	Проф. В. А. Солонина	—	—	Болѣе подробныя указанія въ отчетахъ по соответствующимъ учебно-вспомогательнымъ учрежденіямъ
4	Механической кабинетъ (необяз.)	Проф. И. Б. Делоне	—	—	
5	Станція для испытанія матеріаловъ	Преп. В. П. Мейеръ	—	—	
6	Станція для испытанія котловъ и машинъ	Преп. А. Я. Касьяминъ	—	—	
7	Мастерскія.	Преп. М. И. Лисянскій	—	—	
8	Электротехническая лабораторія (для спец.)	Проф. А. В. Вульфъ	—	—	
9	Кабинетъ технол. волокнистыхъ веществъ (для спец.)	Преп. В. К. Задарновскій	—	—	
10	Гидравлич. лабораторія (необязат.)	Преп. И. О. Чорба	—	—	

## II. УПРАЖНЕНІЯ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКИМЪ ПРЕДМЕТАМЪ.

1. Упражнения по *аналитической геометріи и алгебраическому анализу* со студентами I курса велись преподавателемъ *И. Р. Брайчевымъ*, подъ руководствомъ проф. В. А. Анисимова.

Число студентовъ въ первомъ полугодіи было 100, а во второмъ 101. Сверхъ того, было 6 человекъ постороннихъ слушателей.

Всѣ участвовавшіе въ занятіяхъ были подѣлены на три группы; при чемъ на каждую группу приходилось въ первомъ полугодіи по одному, а во второмъ полугодіи по два недѣльныхъ часа практическихъ занятій. Во время прохожденія занятій было обращено вниманіе на уясненіе студентами наиболѣе трудныхъ отдѣловъ курсовъ и самостоятельное ими рѣшеніе задачъ по обоимъ изъ этихъ предметовъ. При этомъ задачи рѣшались въ аудиторіи и предлагались на домъ. Рѣшеніе этихъ послѣднихъ съ объясненіями просматривались преподавателемъ и на нихъ дѣлались надлежащія разъясненія. Большинство студентовъ принимали живое участіе въ практическихъ занятіяхъ.

2. Упражнения по *дифференціальному и интегральному исчисленію* на I и II курсахъ Механическаго Отдѣленія велись преп. *Д. Д. Мордохай-Волтовскимъ*, подъ руководствомъ проф. Г. О. Вороного.

Послѣ необходимыхъ предварительныхъ разъясненій и рѣшенія одной или нѣсколькихъ задачъ самимъ преподавателемъ, предлагались того же типа задачи студентамъ, рѣшавшимъ ихъ у доски. Но кромѣ этихъ задачъ болѣе трудныя предлагались на домъ; представляемыя

студентами, работы исправлялись и возвращались по направлению подавшим. Впрочемъ, во второмъ полугодіи вслѣдствіе полного отсутствія желавшихъ рѣшать эти задачи, преподаватель пересталъ ихъ задавать. На I курсѣ въ полугодіи осеннемъ занимались рѣшеніемъ задачъ на преобразование круговыхъ величинъ (въ то время, когда не была еще прочитана проф. Г. Э. Воронимъ: теорія предѣловъ), задачъ на опредѣленіе предѣловъ рядовъ и функций, на нахожденіе производныхъ перваго и высшаго порядковъ функций отъ одного переменнаго; во второмъ же полугодіи предлагались задачи на дифференцирование функций отъ многихъ переменныхъ, на опредѣленіе производныхъ и дифференціаловъ неявныхъ функций и на интегрирование тѣхъ типовъ функций, которыя ислѣдованы въ курсѣ. Въ первомъ полугодіи было 3 часа занятій въ недѣлю т. е. по 1 часу на группу студентовъ, а во второмъ 6 т. е. по 2 часа на группу.

Изъ 105 человекъ въ первомъ полугодіи 87 были зачтены практическія занятія по математикѣ, во второмъ 61, а за весь годъ 62 т. е. 59% всего числа студентовъ. Такимъ образомъ участіе въ истекшемъ 19<sup>01</sup>/<sub>02</sub> академическомъ году на I курсѣ было слабѣе, чѣмъ въ 19<sup>00</sup>/<sub>01</sub>, когда участники составляли 96% всего числа студентовъ.

На II курсѣ въ первомъ полугодіи занимались задачами на вычисленіе опредѣленныхъ интеграловъ, на вычисленіе площадей и дугъ, на опредѣленіе касательныхъ, нормалей, точекъ перегиба, ислѣдованіе выпуклости и вогнутости, опредѣленіе центровъ, радіусовъ кривизны и эволютъ плоскихъ кривыхъ, на разложеніе функций въ ряды и на опредѣленіе истинныхъ значеній неопредѣленныхъ выраженій.

Во второмъ полугодіи занимались задачами на опредѣленіе наибольшихъ и наименьшихъ величинъ, на интегрированіе дифференціальныхъ уравненій, на опредѣленіе касательныхъ, плоскостей кривизны, главныхъ нормалей и бинормалей, радіусовъ кривизны и крученія кривыхъ двоякой кривизны, на вычисленіе и преобразование кратныхъ интеграловъ, на опредѣленіе поверхностей и объемовъ. Причемъ въ первомъ полугодіи и во второмъ было по 3 часа занятій въ недѣлю т. е. по 1 часу на группу.

Въ первомъ полугодіи изъ 118 принимало участіе 63, во второмъ 53 студента, за годъ практическія занятія по математикѣ были зачтены 60 студентамъ т. е. 50% всего числа (тоже меньше 85% 19<sup>00</sup>/<sub>01</sub> года).

Какъ въ 19<sup>00</sup>/<sub>01</sub>, такъ и въ 19<sup>01</sup>/<sub>02</sub> году имѣвшіе отмѣтку 5 по практическимъ занятіямъ пользовались льготой быть освобожденными отъ рѣшенія задачъ на экзаменѣ. Въ настоящемъ году такихъ студентовъ было 18 на первомъ курсѣ, 15 на второмъ.

3. Практическія упражненія по *теоретической механикѣ* на I курсѣ Отдѣленія въ первомъ полугодіи велись преподавателемъ *Д. А. Гонтаревымъ*, во второмъ полугодіи преподавателемъ *И. Ф. Чорбою*; на II курсѣ занятія все время вели преп. *Д. А. Гонтаревъ*. Общее руководство занятіями принадлежало проф. *П. О. Сомову*.

Полное число студентовъ 106 человекъ, изъ коихъ 6 вольнослушателей, было раздѣлено на 3 группы. На каждую группу назначено было по 1½ часа въ недѣлю (1 часъ въ 1-омъ полугодіи, 2 часа во 2-мъ полугодіи). Практическія упражненія состояли въ уясненіи наиболѣе важныхъ отдѣловъ 1-го курса теоретической механики путемъ рѣшенія соотвѣтственно подобранныхъ задачъ. Таковыя задачи предлагались по нижеслѣдующимъ отдѣламъ теоретической механики: 1) Статика (приведенія системы силъ къ простѣйшему виду; равновѣсіе твердаго тѣла; опредѣленіе сопротивленій преградъ; равновѣсіе съ треніемъ). 2) Кинематика точки (опредѣленіе скорости, годографы, ускоренія, сложеніе скоростей и ускореній). 3) Сила, работа, энергія. 4) Движеніе твердаго тѣла параллельно плоскости. 5) Движеніе твердаго тѣла около неподвижной точки. Общее число рѣшенныхъ задачъ было 119.

Иногда, по желанію студентовъ, давались разъясненія по неяснымъ для нихъ мѣстамъ курса теоретической механики. Изъ общаго числа 106 человекъ въ практическихъ упражненіяхъ принимало участіе 82 человека, что составляетъ 77,3%. Участіе студентовъ въ практическихъ упражненіяхъ было оцѣнено слѣдующими баллами: 17 человекъ балломъ 5, 20 человекъ балломъ 4, а 45 человекъ балломъ 3.

Второй курсъ Отдѣленія дѣлился на три группы, при чемъ каждая группа имѣла одинъ часъ практическихъ занятій въ недѣлю. Изъ 118 слушателей 49 получили годовую отмѣтку, т. е. 41%. Практическія занятія заключались въ томъ, что студенты выходили къ доскѣ и рѣшали предлагаемыя задачи, или же брали условія задачъ на домъ и затѣмъ представляли письменныя ихъ рѣшенія съ устнымъ объясненіемъ. Выборъ того или другого способа рѣшенія задачъ зависѣлъ отъ желанія студента. При зачетѣ отвѣта главнымъ образомъ обращалось вниманіе на знакомство студента съ теоретическимъ курсомъ. Задачи предлагались на слѣдующіе отдѣлы: аналитическая кинематика точки, аналитическая кинематика твердаго тѣла, динамика точки, принципъ возможныхъ перемѣщеній, динамика системы точекъ, принципъ Д'Аламбера, динамика твердаго тѣла. Кромѣ рѣшенія задачъ на практическихъ занятіяхъ давались объясненія по наиболѣе труднымъ отдѣламъ теоретической механики.

4. Упраженія по *начертательной геометріи* велись преп. *Э. В. Гилсомъ*. Въ отчетномъ году практическія занятія велись со

100 студентами и 6 вольными слушателями I курса, раздѣленными на 3 группы по 35 человекъ въ каждой, при чемъ на группу полагалось по 1 часу въ недѣлю.

Практическія занятія состояли, во первыхъ, въ рѣшеніи студентами задачъ на пересѣченіе плоскостей, нахожденіе точки встрѣчи прямой съ плоскостью, проведеніе перпендикуляровъ, приведеніе фигуръ къ найвыгоднѣйшему ихъ заданію, опредѣленіе разстояній, угловъ и проекцій тѣлъ. Во вторыхъ, студенты чертили эиюры на доскахъ, а именно два листа, на которыхъ было помѣщено 8 задачъ. Для перваго листа предложены задачи на построеніе многогранниковъ по даннымъ условіямъ, на плоскія ихъ пересѣченія, на пересѣченіе пирамиды съ призмю и развертку пирамиды. Для втораго листа даны задачи на построеніе ковуса по даннымъ условіямъ и построеніе къ нему касательной плоскости, на плоское сѣченіе круговаго кольца и на пересѣченіе цилиндра съ призмю. Работы выполнены 98 студентами и 5 вольными слушателями и притомъ хорошо.

5. Упражненія по *сопротивленію матеріаловъ* велъ все время преп. В. И. Мейеръ.

Предметомъ занятій: 1) I полугодія было рѣшеніе студентами задачъ на растяженіе, сжатіе, сдвигъ, крученіе, опредѣленіе моментовъ инерціи сѣченія и болѣе простые случаи на изгибъ; 2) II полугодія—сложныя задачи на простой изгибъ, на косою изгибъ, на сложное сопротивление. Задачи во II полугодіи рѣшались какъ въ аудиторіи такъ и на дому.

Принимало участіе въ занятіяхъ:

въ I полугодіи	41 студ.	при	54 отв.
во II	"	53	" " 102 "
въ теченіе всего года	66	"	" 156 "

Зачтены занятія 46 студентомъ изъ 119.

6. Практическія занятія по *деталямъ машинъ* производились на II курсѣ Отдѣленія во 2-мъ полугодіи проф. И. О. Юатовымъ. Всѣ студенты II курса были подраздѣлены на 3 группы по 38 человекъ въ каждой и на каждую группу отводилось на практическія занятія по одному недѣльному часу. Занятія состояли въ рѣшеніи задачъ, относящихся къ главнѣйшимъ отдѣламъ курса деталей машинъ: клинья, болты, заклепки, оси, валы, цапфы, пята, зубчатыя колеса, червячная передача, ременная и канатная передачи и въ ознакомленіи съ конструированіемъ ихъ.

### III. Графическія работы

1. На I курсѣ практическія занятія по *рисованію* велись подъ руководствомъ преп. *І. К. Маньковскаго* и *В. Т. Чермина* при 3-хъ часахъ въ недѣлю, и состояли въ рисованіи съ натуры (гипсовыя модели), начиная съ геометрическихъ тѣлъ и несложныхъ архитектурныхъ мотивовъ и кончая стильнымъ орнаментомъ, классическими и готическими капителями. Всего было выполнено 5 листовъ рисунковъ. Занятія посѣщались исправно, программа была выполнена успѣшно.

2. Работами по *техническому черченію* руководили на I к. преп. *С. А. Окольскій* и на II к. преп. *В. К. Рофе*.

На I курсѣ принимающихъ участіе въ занятіяхъ было 100 студентовъ и 5 вольныхъ слушателей. Всѣ участвующіе въ занятіяхъ раздѣлены были на 3 группы, причемъ число ежедневныхъ часовъ преподаванія для каждой группы было въ первомъ полугодіи  $5\frac{1}{2}$  ч., во второмъ же 4 ч.

Сообразно съ программю исполнены были всѣ 6 работъ (I, II, III и IV въ первомъ полугодіи и V, VI во второмъ полугодіи) причемъ первая работа состояла въ вычерчиваніи геометрическихъ построений, II ая—условныя обозначенія матеріаловъ, III-ая—копія на прозрачной бумагѣ, IV-ая—болты, V и VI составленіе чертежей по моделямъ. Въ концѣ года происходила оцѣнка тетрадей, заключающихъ всѣ эскизы и расчеты, исполненные въ продолженіи года. Вспомогательными средствами при преподаваніи являлись модели и изданныя брошюры. Занятія происходили успѣшно; хуже въ сравненіи съ прошлыми годами относительно чертежей, лучше же относительно эскизныхъ тетрадей.

На II курсѣ въ занятіяхъ по техническому черченію участвовали 120 лицъ, по 40 человекъ въ группѣ. Занятія съ группой происходили по 4 часа въ недѣлю. Студентамъ въ первомъ полугодіи (3-й семестръ) были предложены къ выполненію слѣдующія работы: 1) клапаны и краны разныхъ системъ съ детализовкой; 2) задвижки разныхъ системъ съ детализовкой; 3) поршни разныхъ системъ съ детализовкой. Образцами для всѣхъ 3-хъ работъ служили чертежи, изданные проф. С. Петербургскаго Технологическаго Института г. Денпъ. Необходимые для выполненія работъ размѣры опредѣлялись по эмпирическимъ формуламъ, причемъ исходной величиной служилъ заданный діаметръ трубъ или цилиндра. Въ виду большого разнообразія распространенныхъ на практикѣ поршней насосовъ, паровыхъ, воздуходушныхъ и др. машинъ, отъ студентовъ требовалось выполнить 3-ю работу на 2-хъ листахъ. Во второмъ полугодіи студентами были представлены: 4) подшипники разныхъ системъ съ полной детализовкой и 5) зубчатые ци-

линдрическія или коническія колеса съ расчетомъ. Къ четвертой работѣ мною были выбраны и отпечатаны наиболѣ совершенныя конструкціи подшипниковъ. Всѣ необходимыя размѣры опредѣлялись по эмпирическимъ формуламъ. По изображеніи подшипника въ требуемыхъ проекціяхъ въ собранномъ видѣ, необходимо было также его разобрать на составныя части и представить каждую деталь отдѣльно. Къ 5-ой работѣ мною было издано пособіе, въ которомъ были показаны способы построенія различныхъ профилей зубцовъ для случая передачи вращенія отъ одного колеса къ другому съ постояннымъ отношеніемъ угловыхъ скоростей. Для опредѣленія размѣровъ колесъ были приведены формулы изъ курса „сопротивленіе матеріаловъ“. Изъ 6 листовъ представленныхъ чертежей необходимо было два выполнить карандашомъ безъ обводки тушью.

3. Практическія занятія по *архитектурному черченію* на I курсѣ Отдѣленія происходили подъ руководствомъ прен. *Л. С. Васильева* и состояли въ исполненіи трехъ чертежей въ теченіе учебнаго года. Два чертежа отнесено было къ 1-ому полугодію и одинъ ко второму. Общій характеръ чертежей былъ конструктивный и выполненіе ихъ являлось такимъ образомъ подготовкой къ слушанью читаемаго на Мех. Отд. курса строительнаго искусства и архитектуры. 1 чертежъ состоялъ въ исполненіи архитектурныхъ формъ (обломы штукатурные и кирпичные) и частей зданія (двери, окна и т. д.) и служилъ прежде всего для усвоенія техники черченія. 2-ая работа состояла въ исполненіи плана и разрѣза деревяннаго зданія съ конструктивными деталями, конструкція дверей, оконъ, лѣстницъ и т. п. въ деревянныхъ зданіяхъ). 3-ая работа—планъ и разрѣзъ каменнаго зданія и различныя конструктивныя детали въ каменномъ зданіи. Въ качествѣ пособія къ выполненію чертежей студентамъ выдавались образцы и дѣлались необходимыя объясненія. Всего студентовъ на курсѣ вмѣстѣ съ вольнослушателями было 108. Они были раздѣлены на группы по 36 человекъ въ группѣ и для каждой группы полагалось 2 часа въ недѣлю. Усиѣхи, оказанныя студентами, вполнѣ удовлетворительны.

4. *Топографическое черченіе* выполнялось на I курсѣ подъ руководствомъ прен. *К. Е. Богданова*. Занятія велись только во 2-мъ полугодіи; въ нихъ принимало участіе 100 студентовъ и 5 вольнослушателей, раздѣленныхъ на три группы, въ каждой по 35 человекъ. Каждая группа занималась по одному часу въ недѣлю. Согласно утвержденной программѣ, работы заключались: а) въ составленіи и иллюминовкѣ примѣрнаго плана и б) знакомствѣ съ условными знаками, употребляемыми на планахъ въ масштабѣ  $\frac{1}{8100}$  и  $\frac{1}{16500}$ . Пособіемъ для этихъ работъ служили литографированныя примѣрные планы и образцовыя работы студентовъ предыдущаго года. Занятія велись слѣдующимъ образомъ:

примѣрный планъ перерчерчивался на бумагу, частью посредствомъ координатъ, частью на глазъ, вычерчивался тушью, подписывался соответствующими шрифтами и иллюминировался. Занятія посѣщались студентами исправно.

5. Работы по *графической статикѣ* производились студентами III курса подъ руководствомъ проф. С. А. Заборовскаго.

Рѣшаемы были задачи: 1) Примѣненіе веревочнаго многоугольника и веревочной кривой къ сложенію и разложенію силъ и къ построенію площади моментовъ для прямолинейнаго бруса, изгибаемаго вертикальными силами (нагрузка сосредоточенная, приложенная къ балкѣ непосредственно и переданная черезъ поперечины). Построеніе веревочнаго многоугольника черезъ двѣ данныя точки при заданномъ полюсномъ разстояніи; то-же—черезъ три данныя точки (опредѣленіе опорныхъ реакцій трехшарнирной арки). 2) Графическіе приемы опредѣленія моментовъ второго порядка для употребительныхъ въ технику прокатныхъ профилей (способы Кульмана и Мора). Построеніе вспомогательнаго круга и опредѣленіе главныхъ осей и главныхъ моментовъ. Построеніе ядра сѣченія. 3) Графическое опредѣленіе наибольшаго значенія изгибающаго момента и поперечной силы, вызванныхъ въ сѣченіяхъ балки дѣйствіемъ системы неизмѣнно связанныхъ подвижныхъ грузовъ. 4) Опредѣленіе по способу Кремона усилій въ стержняхъ статически опредѣленныхъ фермъ (англійская, нѣмецкая системы, система Полонсо). Опредѣленіе усилій въ отдѣльныхъ стержняхъ при различныхъ способахъ нагруженія строичильной фермы: полная или односторонняя нагрузка сѣтвомъ, вѣтеръ съ правой или съ лѣвой стороны.

Каждому студенту предложено рѣшить четыре задачи, по одной изъ каждой группы. Задачи 1-ой группы удовлетворительно рѣшены 66-ю студентами, неудовлетворительно 3-мя, задачи 2-ой группы удовлетворительно 46 студ., 3-й группы 10 студ., 4-й группы 5 студ. Въ первомъ полугодіи отчетнаго академическаго года практическія занятія по графической статикѣ посѣщались студентами весьма усердно, и все отведенное для нихъ время можно считать использованнымъ. Во второмъ полугодіи, наоборотъ, занятія эти посѣщались весьма ограниченнымъ числомъ лицъ и нерегулярно, что объясняется большимъ скопленіемъ въ этомъ полугодіи другихъ срочныхъ графическихъ работъ.

#### IV. Практическія занятія въ кабинетахъ и лабораторіяхъ.

1. Практическія занятія въ *геодезическомъ кабинетѣ* происходили подъ руководствомъ прен. В. Э. Эрмфельхта. Для этихъ занятій



было назначено на I курсъ 2 часа въ недѣлю по 2-мъ полугодіи. Студенты I курса были раздѣлены на 3 группы и каждая могла заниматься разъ въ 3 недѣли, т. е. всего 4 раза въ полугодіе. Рѣшались слѣдующія задачи: 1) Повѣрка теодолита. Измѣреніе горизонтальныхъ угловъ. 2) Знакомство съ мензулой и кипрегелемъ. Измѣреніе вертикальныхъ угловъ. Опредѣленіе разстояній и превышеній по кипрегелю-дальномѣру. 3) Повѣрка нивелировъ трехъ системъ. 4) Опредѣленіе коэффициентовъ планиметра. Знакомство съ эккерами и другими инструментами. Такъ какъ назначенныхъ 2 часовъ въ недѣлю при тѣснотѣ помѣщенія и недостаткѣ руководителей оказалось мало, то занятія производились въ теченіе мѣсяца еще 3 раза въ недѣлю по 2 часа въ день и посѣщались студентами мех. отд. весьма охотно.

2. *Физическая лабораторія* находилась въ завѣдываніи прец. В. А. Бернацкаго. Къ началу учебнаго 1901—1902 года строительныя работы по внутреннему оборудованію помѣщеній для физической лабораторіи во вновь возведенномъ физико-электротехническомъ павильонѣ оказались незаконченными въ существенныхъ частяхъ. Первая возможность перенести физическіе аппараты явилась лишь съ начала 1902 г., когда приступлено было къ установкѣ аппаратовъ и провѣркѣ задачъ въ новыхъ условіяхъ, что и было выполнено къ концу марта. Съ 20-го марта физическая лабораторія была открыта для практическихъ занятій. За время отъ 20 марта до 10 мая лабораторію посѣщали 29 человекъ изъ студентовъ II к. Механическаго Отдѣленія, при чемъ ими было рѣшено 90 задачъ, что даетъ въ среднемъ около 3 задачъ на каждого въ отдѣльности.

3. *Химическая лабораторія* находилась въ завѣдываніи проф. В. А. Солонины. Занятія были открыты въ половинѣ Октября; эти занятія были необязательными и состояли въ упражненіяхъ по качественному химическому анализу. Работало 4 студента II к. мех. отд.

4. *Механическій кабинетъ* находился въ завѣдываніи проф. Н. Б. Делоне. Въ 1901-мъ и въ весеннемъ полугодіи 1902 г. производились еще работы въ кабинетѣ по укладкѣ пола, установкѣ электрическаго освѣщенія и проч. Поэтому практическихъ занятій со студентами не велось, а только модели и чертежи Кабинета служили пособіями въ преподаваніи, и нѣкоторые изъ студентовъ особенно усердно занимались подъ руководствомъ завѣдывающаго. Изъ нихъ особенно выдавался окончившій нынѣ курсъ со званіемъ инженеръ-технолога I й степени студентъ А. Линець, который, будучи введенъ въ кругъ личныхъ работъ завѣдывающаго, сдѣлалъ, между прочимъ, слѣдующія самостоятельныя изслѣдованія: 1) нашелъ, что вершины антипараллелограммовъ въ механизмѣ Кемпе, дѣлящемъ уголъ на  $n$  равныхъ частей, располагаются на логарифмической спирали, измѣняющей свой видъ при передви-

женіи частей механизма; 2) примѣнилъ мой эллипсографъ къ кинематическому опредѣленію эллиптического интеграла 2-го рода  $\int_0^{\varphi} \Delta \varphi \, d\varphi$ ;

3) изобрѣлъ механизмъ для вычерчиванія улитокъ Паскаля и 4) далъ весьма изящное и простое геометрическое доказательство доказанной мною аналитически теоремы о существованіи общаго центра притяженія въ задачѣ о трехъ тѣлахъ.

5. *Станція для испытанія матеріаловъ* находится въ завѣдываніи преп. *В. И. Мейера*; при станціи лаборантомъ состоитъ инж.-технологъ *Л. Я. Жарновскій*. По причинѣ того, что машины испытательныя были установлены лишь въ мартѣ 1902 года, оканчивающихъ студентовъ можно было ознакомить съ приборами и машинами, а также приемами испытанія лишь демонстративно. Всѣ студенты механическаго Отдѣленія были разбиты на 4 группы по 10—12 человекъ въ группѣ. При этихъ группахъ были произведены слѣдующія испытанія: 1) испытаніе цемента Портландскаго и шлаковаго на сжатіе и разрывъ (машина Амслера въ 30 тп. и приборъ Михаэлиса), 2) испытаніе дубоваго или березоваго дерева на сжатіе (машина Амслера въ 60 тп.). Употребленіе зеркальнаго прибора для опредѣленія коэффициента упругости (приборъ Мартенса), 3) изгибъ въ предѣлахъ упругости двутавровой балки высотой 300 мм. съ примѣненіемъ рычажнаго прибора Амслера для опредѣленія стрѣлы прогиба (машина Амслера въ 200 тп.), 4) испытаніе желѣза на разрывъ съ записью на автографическомъ приборѣ (машина Амслера 50 тп.). Испытаніе желѣза на срѣзываніе (та же машина), 5) технологическія пробы на изгибъ закаленного и незакаленного желѣза (фальтмашина въ 70 тп.), на ковкость, 6) испытаніе чугуна на изгибъ до излома (на машинѣ въ 5 тп.), на сжатіе до разрушенія (машина 60 тп.), 7) показано употребленіе интегратора.

Необходимые для испытанія образцы были доставлены безвозмездно: 1) цементные—городскою станціей испытанія матеріаловъ, которая также изготовила изъ даннаго ей матеріала образцы изъ желѣза для испытанія на разрывъ, благодаря любезному содѣйствію инженеръ-техн. *А. С. Щеніевского*; 2) желѣзный матеріалъ и балку для изгиба доставилъ заводъ Бормана и Шведе; 3) чугунные образцы отлилъ заводъ „Рудзкаго“, благодаря любезному содѣйствію директора оного *К. О. Чайковского*. Станція испытанія матеріаловъ оборудована въ настоящее время слѣдующими приборами и машинами: 1) гидравлическій прессъ Амслера Лаффона на 30 тп. для испытанія цементовъ на сжатіе снабженъ приспособленіемъ проф. *Н. А. Бѣлелюбскаго* для испытанія на разрывъ, по безъ автографическаго прибора, 2) гидравлическій прессъ Амслера-Лаффона для испытаній на сжатіе и изгибъ, съ ав-

тографическимъ приборомъ, 3) гидравлическій прессъ на 200 tn. для испытаній на сжатіе, изгибъ при наибольшемъ разстояніи опоръ въ 1,6 mt. и сжатіе стоекъ до 2,5 mt. длиною. При машинѣ особый насосъ. Снабжена автографическимъ приборомъ 4) разрывная машина Амслеръ-Лаффона въ 50 tn. съ приспособленіями для разрыва дерева, камней, растворовъ, небольшихъ цѣпей, для испытаній на сжатіе, изгибъ и срѣзываніе. Автографическій аппаратъ. Особый насосъ, служащій также и 5) для фальтмашины въ 70 tn, 6) прессъ въ 5 tn. для испытанія нормальныхъ чугуновыхъ образцовъ на изломъ, съ автограф. приборомъ, 7) разрывная машина Амслеръ-Лаффона на 5 tn. для разрыва проволокъ, ремней, тканей, 8) машина Амслера-Лаффона для скручиванія проволокъ съ автографическимъ аппаратомъ, 9) тоже безъ записывающаго аппарата, 10) приборъ для многократнаго изгиба проволоки, 11) дѣлительная машинка, 12) коперъ для испытанія ударомъ чугуновыхъ образцовъ нормальнаго типа, 13) коперъ Беккера: высота подъема бабы 4,5 метра; вѣсъ бабъ: 18 klg., 37,5, 37, 48, 49 klg., 14) аппаратъ для испытанія водопроницаемости растворовъ, 15) 2 копра Клебе для приготовления цементныхъ образцовъ, 16) мѣшалка Штеинбрюка для замѣшиванія тѣста растворовъ, 17) наборъ приборовъ Тетмайера для изслѣдованія цементовъ, 18) приборъ Михаэлиса съ разными приспособленіями, 19) разные приборы для изслѣдованія цементовъ, 20) интеграфъ Абдавкъ-Абакановича, интеграторы Амслера-Лаффона, планиметры изготовленія Амслера-Лаффона и Корради. Приобрѣтены но не установлены: 21) пила для приготовленія образцовъ изъ камней, 22) приборъ Баушингера, улучшенный Амслеромъ для испытанія камней на изнашиваніе, 23) универсальная испытательная машина Вердера съ скручивающимъ аппаратомъ, позволяющимъ производить испытанія какъ надъ обыкновенными образцами, такъ и надъ валами длиною до 4 mt. и діаметромъ до 10 см., 24) микрофотографическій аппаратъ по Мартенсу, 25) микроскопы, 26) шлифовальные приборы, 27) экстенсометры пр. Мартенса, пр. Баушингера, пр. Баха, пр. Фббля, разные измѣрительные приборы.

Кромѣ указанныхъ приборовъ и машинъ станція имѣетъ въ виду приобрести въ ближайшемъ будущемъ: 1) испытательную машину фирмы Tinius Olsen въ Филадельфіи силою въ 400000 анг. ф., 2) испытательную машину князя Гагорина, 3) холодильный аппаратъ.

Задачи станціи заключаются: 1) въ ознакомленіи студентовъ механическаго и инженерно-строительнаго Отдѣленія съ приѣмами изслѣдованія матеріаловъ и непосредственнымъ изученіемъ свойствъ ихъ; въ изученіи механическихъ свойствъ матеріаловъ студентами химическаго Отдѣленія при составленіи послѣдними дипломной работы на соотвѣтственныя темы, 2) въ изученіи свойствъ матеріаловъ, проверкѣ

законовъ и гипотезъ, имѣющихъ значеніе для техники и въ ближайшемъ будущемъ, 3) станція имѣетъ въ виду отвѣчать на запросы, поступающіе со стороны.

6. *Инженерная станція* состоящая въ завѣдываніи преп. А. Я. Касьмина, имѣетъ цѣлью испытаніе паровыхъ котловъ, паровыхъ и другихъ двигателей; для удовлетворенія этой цѣли установлено: 1) семь котловъ различной конструкціи, 2) два пароперегрѣвателя различной конструкціи, 3) 4 паровыхъ насоса, 4) одинъ приборъ для очистки воды, 5) по два трубопровода для пара и для воды различныхъ діаметровъ, 6) три паровыхъ машины различныхъ системъ, 7) пріобрѣтены цѣлый сортаментъ различныхъ мѣрительныхъ приборовъ. Чтобы котлы и двигатели могли работать при настоящихъ условіяхъ въ такой обстановкѣ, въ какой бывають на заводахъ и фабрикахъ, инженерная станція разсчитана такъ, чтобы могла давать паръ для отопленія и вентиляціи зданій Института и механическую энергію для электрическаго освѣщенія. Для практическихъ занятій студенты дѣлятся на группы по 6 человекъ и занятія состоятъ въ изслѣдованіи работы котла и паровой машины, въ уясненіи вліянія различныхъ условій на работу и въ опредѣленіи производительности котловъ и машинъ.

7. *Механическая мастерскія* при Институтѣ, находящаяся въ завѣдываніи преп. М. И. Лисянскаго, кромѣ учебнаго значенія имѣють и практическую цѣль. Учебная роль мастерскихъ заключается въ ознакомленіи студентовъ на дѣлѣ съ рациональнымъ устройствомъ механическихъ мастерскихъ и съ приемами обработки металловъ и дерева. Для этого въ мастерскихъ примѣнены возможно разнообразныя способы трансмиссіи и установлены станки наиболѣе важныя и типичныя. Само собой разумѣется, что чѣмъ ближе дѣятельность мастерскихъ будетъ приближаться къ заводской, тѣмъ она болѣе будетъ поучительна въ смыслѣ ознакомленія съ дѣйствительными приемами обработки и въ смыслѣ подготовки къ дальнѣйшей практической дѣятельности. Поэтому, и въ цѣляхъ чисто учебныхъ важно, чтобы мастерскія не теряли пракческаго характера. Такимъ образомъ является вполнѣ цѣлесообразнымъ, прежде всего, обслуживаніе мастерскими другихъ учебно-вспомогательныхъ учреждений института, а затѣмъ, по мѣрѣ возможности, и исполненіе заказовъ на-сторону. Въ настоящее время, кромѣ обслуживанія станцій для испытанія матеріаловъ и инженерной, мастерскія главнымъ образомъ заняты пополненіемъ своими средствами собственнаго оборудованія.

Мастерскія занимають площадь въ 360 кв. метровъ и въ настоящее время состоятъ изъ слѣдующихъ отдѣловъ: 1) слесарно-токарянаго, 2) кузнечнаго и 3) столярнаго. Въ ближайшемъ будущемъ предпола-

гается прибавить и литейный отдѣлъ, для котораго труба къ плавильной печи уже готова.

Для обработки металловъ имѣется 10 станковъ: 2 токарно-винторѣзныхъ; 2 фрезерныхъ (горизонтально-универсальный и вертикальный); 2 строгальныхъ (шенингъ и долбежный); 3 точно шлифовальныхъ (одинъ обыкновеннаго типа съ суппортомъ для заточки фрезъ, другой для заточки ножей дерево-строгальнаго станка и третій специально для заточки всякихъ столярныхъ пилъ) и 1 сверлильный.

Для обработки дерева имѣется 3 станка: 1 токарный, 1 строгальный (съ 4 вращающимися ножами, такъ что доска можетъ обрабатываться одновременно съ 4 сторонъ) и 1 универсальный (гдѣ въ одной общей станинѣ сосредоточены слѣдующія орудія: пилы—ленточная, круглая и съ переменнo-возвратнымъ движеніемъ; сверла—обыкновенное и продольное (для выборки канавокъ) и, наконецъ, вертикальный фрезь).

Для заточки рѣзцовъ имѣется одно песчаниковое точило.

Такимъ образомъ пока имѣется всего 14 станковъ. Всѣ станки приводятся въ движеніе электрической энергіей, причемъ трансмиссія устроена слѣдующимъ образомъ.

Девять станковъ менѣ крупныхъ и чаще употребляемыхъ а именно—2 токарныхъ (одинъ для металла, другой для дерева), всѣ точно-шлифовальные, сверлильный, долбежный, шенингъ и точило— всѣ получаютъ движеніе отъ общаго приводнаго вала, на который, при помощи замедленной зубчатой передачи и ремня, дѣйствуетъ электромоторъ въ 6,5 НР. Для укрѣпленія контръ-приводовъ и главнаго вала надъ этой группой станковъ установлена на чугунныхъ колоннахъ желѣзная ферма, на которой, между прочимъ, складывается для дополнительной сушки лѣсъ, идущій на столярныя издѣлія. Укрѣпить контръ-приводы на потолокъ не оказалось возможнымъ по той простой причинѣ, что потолокъ, собственно говоря, и нѣтъ, а строильныя фермы только закрыты тонкой обшивкой.

Два станка для обработки дерева (универсальный и строгальный) приводятся въ движеніе отдѣльнымъ электромоторомъ въ 6 НР. Контръ-приводъ къ строгальному станку и электромоторъ установлены на общей чугунной подвижной рамѣ такъ, что оси ихъ валовъ, соединенныхъ при помощи зубчатой муфты, лежатъ на одной горизонтальной линіи. Универсальный-же станокъ, на валу котораго имѣются рабочій и холостой шкивы, непосредственно соединенъ ремнемъ со шкивомъ заклиненнымъ на валу электромотора, такимъ образомъ оба станка одновременно работать не могутъ. Для пуска въ ходъ одного изъ нихъ нужно только нѣсколько передвинуть раму по направленію къ другому, чтобы вызвать натяженіе соответственныхъ ремней. Это

передвиженіе рамы рабочейіи производить быстро и легко, вращая маховичекъ, пасаженный на вертикальной оси.

Наконецъ остальные 3 станка (2 фрезерныхъ и большой винторѣзно-товарный) снабжены каждый отдѣльнымъ электромоторомъ въ 1 HP, причемъ передача движенія отъ мотора къ главному шпинделю станка во всѣхъ этихъ трехъ случаяхъ различна.

Для кузнечныхъ работъ имѣется 2 хъ огневой горнъ. Дутье производится центробѣжнымъ вентиляторомъ, снабженнымъ отдѣльнымъ электромоторомъ въ 1,5 HP. Вентиляторъ и электромоторъ укрѣплены въ одной станинѣ и имѣютъ общій валъ. Вентиляторъ взятъ довольно значительной мощности, такъ какъ онъ предназначается для обслуживания не только кузнечнаго горна, но и плавильной печи; кромѣ того онъ выполняетъ роль и эжектора, производя разрѣженіе атмосфернаго давленія надъ вытяжными отверстиями. Для этого въ обѣ дымовыя трубы проведены отъ магистрали отростки, концы которыхъ загнуты вверхъ и установлены по оси трубы. Результаты такого приспособленія не оставляютъ желать лучшаго — въ помѣщеніи мастерскихъ полное отсутствіе дыма.

По мнѣнію завѣдывающего, мастерскія крайне нуждаются еще въ нѣкоторыхъ необходимыхъ машинахъ (продольно-строгальный станокъ, ножницы и в. д.) и не менѣе необходимыхъ приборахъ для экспериментальныхъ работъ со студентами (динамометры, тахометры и н. д.). Крайне необходима также плавильная печь, труба для которой, какъ сказано, уже имѣется. Все это не могло быть приобрѣтено изъ той очень ограниченной суммы, которая была отпущена на оборудованіе мастерскихъ.

8. Дѣятельность *электротехнической лабораторіи*, находящейся въ завѣдываніи проф. *А. В. Вульфа*, могла открыться лишь въ Апрѣлѣ 1902 г., такъ какъ внутреннее ея устройство начато въ Ноябрь 1901 г. по окончаніи строительныхъ работъ. Въ началѣ открыла свою дѣятельность измѣрительная лабораторія постоянного тока, заключающая въ себѣ кромѣ нѣкоторыхъ измѣреній общаго характера главнымъ образомъ элементарныя техническія испытанія, какъ то изслѣдованія элементовъ и аккумуляторовъ, вывѣрки измѣрительныхъ приборовъ и т. п. Занятія въ лабораторіи были предложены первоначально тѣмъ студентамъ, которые изъявили желаніе выбрать своей специальностью электротехнику, но кромѣ нихъ лабораторія была открыта и для всѣхъ желающихъ заниматься студентовъ 3-го и 4-го курсовъ. Въ виду начала дѣятельности лабораторіи строгой отчетности занятій студентовъ не велось; поэтому статистика выполненныхъ работъ въ теченіи двухъ мѣсяцевъ—Апрѣля и Мая—можетъ быть лишь приближительной. За этотъ періодъ занималось до 15 студентовъ, число же

выполненных работ около 60. Въ виду неготовности машинного зала испытаній машинъ не производилось.

9. Въ кабинетъ *технологіи волокнистыхъ веществъ*, состоящемъ въ завѣдываніи преп. В. К. Задарновскаго, находятся слѣдующія машины: 1) для обработки хлопка — трепальная однобильная съ приборомъ Лорда, чесальная съ движущимися шляпками, ленточная, холстовая дерби-дублеръ, гребнечесальная системы Гейльмана, три банкаброша, кальцевой ватеръ и сельфакторъ; 2) для шерсти — гребнечесальная Offermann-Ziegler'a, gill-bot, étirage и bobinier. Кромѣ этого гребнечесальная К. Гегауфа, для хлопка и шерсти, а также два ткацкихъ станка съ кареткой Добби, для расшивныхъ тканей и сложныхъ узоровъ машина Жакарда. Нѣкоторыя изъ этихъ машинъ приводятся въ дѣйствіе непосредственно электродвигателями, а прочія — при помощи трансмиссіи. Въ кабинетъ устроено также и увлажненіе. Кромѣ этого въ кабинетъ находятся приборы для испытанія крѣпости, крутки, ровноты, эластичности, для повѣрки номера пряжи, приборы для опредѣленія % угара и влаги въ сыромъ матеріалѣ. Въ кабинетъ находятся также цѣнныя коллекціи хлопка, шерсти, льна и шелка во всѣхъ стадіяхъ его обработки и кромѣ этого коллекціи угаровъ и отбросовъ, получаемыхъ при обработкѣ упомянутыхъ волокнистыхъ веществъ.

Кабинетъ, обставленный такимъ образомъ, даетъ возможность студентамъ, слушающимъ курсъ технологіи волокнистыхъ веществъ, параллельно знакомиться съ устройствомъ машинъ, съ установкой и вывѣркой ихъ, а также съ характеромъ ихъ работы, что значительно уясняетъ тѣ теоретическія свѣдѣнія, которыя приобретаются студентами во время лекцій, тѣ-же студенты, которые избрали своею спеціальностью механическую обработку волокнистыхъ веществъ и имѣютъ уже достаточную теоретическую подготовку по этой спеціальности, работаютъ въ кабинетъ на машинахъ и подъ руководствомъ выполняютъ извѣстныя задачи и дѣлаютъ нѣкоторыя изслѣдованія. Это даетъ имъ возможность примѣнныя свои теоретическія познанія, знакомиться въ то же время и съ практической стороной этой спеціальности, что весьма важно для всякаго инженера, желающаго работать на фабрикѣ, обрабатывающей волокнистыя вещества.

Въ виду этого практическія занятія студентовъ 4-го курса, избравшихъ своею спеціальностью технологію волокнистыхъ веществъ, въ теченіе отчетнаго учебн. года заключались: 1) въ ознакомленіи съ волокнистыми матеріалами вообще, съ положительными и отрицательными качествами ихъ; 2) въ ознакомленіи съ общими способами сборки, повѣрки и наладки машинъ, находящихся въ кабинетѣ, а также съ характеромъ работы ихъ; 3) въ ознакомленіи съ приборами для испы-

тканя крѣпости, крутки, ровноты, эластичности пряжи, съ приборами для повѣрки номера пряжи и для опредѣленія % утара при работѣ, а также влажности въ сыромъ матеріалѣ; работа на этихъ приборахъ; 4) въ самостоятельной работѣ каждаго студента на цѣломъ ассортиментѣ машинъ, съ цѣлью заставить работающаго самостоятельно выполнить опредѣленную задачу, сработать заданный номеръ пряжи, для чего потребуется составить планъ пряденія, а въ зависимости отъ этого сдѣлать необходимые подсчеты для передачъ на машинахъ и измѣненія для получения желаемыхъ вытяжекъ, крутки и т. п. Повѣрка промежуточныхъ продуктовъ и окончательнаго на приборахъ, насколько онъ соотвѣтствуетъ составленному плану пряденія и заданному номеру пряжи, и въ случаѣ какихъ-либо неправильностей — необходимыя измѣненія на машинахъ; 5) въ анализѣ тканей всевозможныхъ переплетеній (простыхъ и сложныхъ узоровъ), съ цѣлью научить самостоятельно опредѣлять раппортъ ткани, ея плотность, номеръ основы въ ткани и утки и по этимъ даннымъ заправить ей подобную т. е. опредѣлить приборку основы, — количество ремизокъ, номеръ берда и пр. Работа на ткацкомъ станкѣ — съ цѣлью познакомить работающаго со всѣми механизмами во время работы станка, съ значеніемъ ихъ, а также съ тѣми браками въ ткани, гдѣ причиной является неурядка станка, и съ способами устраниенія ихъ.

10. *Гидравлическая лабораторія*, состоящая въ завѣдываніи преп. *И. Ѳ. Чорбы*, за отчетный учебный годъ приобрѣла нижеслѣдующіе предметы: 1) 3 вертушки Вольмана по системамъ Amsler'a, A. Otta'u A. Ganzer'a. Вертушки тарированы, снабжены необходимыми принадлежностями для измѣреній, какъ то электрическими звонками, хронометрами, кабелемъ, штангами; 2) 2 трубки Pitot-Darcy по системамъ Amsler'a и Seleron'a; 3) пара поплавковъ; 4) гидрометрическое ведро; 5) тахометръ системы Ritter'a; 6) водостолбовая машина системы Schmid'a; 7) колесо Пелтона; 8) гидравлическій таранъ. Послѣднія 3 машины соединены въ помѣщеніи лабораторіи съ городскимъ водопроводомъ. 9) модель акціонной аксіальной турбины съ регулирующимъ приборомъ; 10) модель реакціонной радіальной турбины съ регулирующимъ приборомъ, установленной на Ніагарскомъ водопадѣ; 11) модель кольчатой пяты; 12) модель подводнаго пятника; 13) модель цапфы для деревяннаго вала водяного колеса; 14) необходимыя принадлежности и аппараты какъ то, счетчикъ оборотовъ, 2 манометра, 1 вакуумметръ, необходимыя столярныя инструменты, планиметръ, готовалля, счетная лисейка и необходимыя чертежныя принадлежности.

Библіотека кабинета состоитъ изъ сочиненій по гидравлическимъ двигателямъ, гидравликѣ и насосамъ. Общее число наименованій 101.



Многія сочиненія снабжены цѣнными атласами чертежей турбинъ и насосовъ. Пользовались библіотекой за истекшій годъ 17 человекъ.

Дѣятельность лабораторіи за истекшій годъ ограничивалось только демонстрированіемъ и объясненіемъ дѣйствія гидравлическихъ двигателей и гидрометрическихъ приборовъ. Таковая ограниченная дѣятельность лабораторіи вызывается отсутствіемъ необходимыхъ приспособленій и машинъ для испытанія турбинъ и насосовъ и отсутствіемъ экспериментальнаго прибора для опытовъ по гидравликѣ. Указанныя недочеты въ устройствѣ лабораторіи не могутъ быть пополнены, пока не увеличатъ средствъ лабораторіи.

#### У. Лѣтняя практика.

1. *Геодезическая практика* для студентовъ, передшихъ весной 1902 г. на II к., производилась подъ руководствомъ преподавателя В. Э. Эрнстфейхта въ окрестностяхъ посада Гродискъ ежедневно съ 9 ч. утра до 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> ч. дня въ теченіе двухъ недѣль. Участвовали 71 человекъ, которые были раздѣлены на 8 группъ. Каждая группа исполнила слѣдующія задачи: 1) произвела теодолитную съемку обходомъ и съемку подробностей эккеромъ и рулеткой; 2) продольную нивелировку туда и обратно; 3) въ видѣ упражненій съ мензулой дѣлались прямая и обратная засѣчки съ повѣрками и наносились точки полярнымъ способомъ. Вполнѣ законченные планы всѣхъ участковъ, равно какъ и журналы хранятся въ архивѣ геодезическаго кабинета.

2. *Строительную практику* студенты старшихъ курсовъ отбывали, находясь при возведеніи какъ казенныхъ, такъ и частныхъ построекъ и сооружений. При этомъ, почти всѣ студенты сами отыскивали себѣ мѣста для практики, такъ какъ всѣ платныя мѣста были предоставлены студентамъ инженерно-строительнаго Отдѣленія.

3. Для *спеціальной практики* студенты, перешедшіе на IV к., а также и III к. были командированы, по указаніямъ соответственныхъ преподавателей, на желѣзныя дороги (для ѣзды на паровозахъ и работъ въ желѣзно-дорожныхъ мастерскихъ), на заводы, фабрики и т. д., получая при этомъ отъ преподавателей программы ихъ занятій во время практики.

## Обзор преподаванія на Инженерно-строительномъ Отдѣленіи.

### I. Вѣдомость числа часовъ лекцій

въ 1901—1902 акад. году.

#### 1. Обязательные предметы.

№	ПРЕДМЕТЪ	Курсъ	Число часовъ въ		ЛЕКТОРЪ	Примѣчаніе
			I-мъ полугодіи	II-мъ полугодіи		
1	Алгебраическій анализъ и аналитическая геометрія . . . . .	I	3	3	Проф. В. А. Аписимовъ . . . . .	Совм. съ мех. отд.
2	Диффер. и интегральное исчисленіе . . . . .	I	3	3	} Проф. Г. Э. Вороной	
	Диффер. и интегральное исчисленіе . . . . .	II	4	4		
3	Начертательная геометрія . . . . .	I	3	3	Преп. Э. В. Гляесъ	Совм. съ мех. отд.
4	Перспектива . . . . .	II, III, IV	—	2	Преп. В. А. Феддерсъ . . . . .	
5	Механика теоретическая . . . . .	I	2	2	} Проф. П. О. Сомовъ	Совм. съ мех. отд.
	Механика теоретическая . . . . .	II	3	3		
6	Механика практическая . . . . .	II	2	2	Проф. Н. Б. Делоне	
7	Сопротивленіе матеріаловъ . . . . .	II	4	—	Преп. В. И. Мейеръ	Совм. съ мех. отд.
8	Механика строительная и графостатика . . . . .	II	2	2	} Проф. С. А. Заборовскій . . . . .	
	Механика строительная и графостатика . . . . .	III	3	3		
	Механика строительная и графостатика . . . . .	IV	2	2		
9	Гидравлика . . . . .	III	2	2	Преп. П. Э. Чорба	
10	Физика . . . . .	I	3	3	} Преп. В. А. Бернадскій . . . . .	Совм. съ мех. и хим. отд.
	" . . . . .	II	3	3		
11	Химія . . . . .	I	—	6	Проф. В. А. Соломина . . . . .	Совм. съ мех. и хим. отд.
12	Геологія и минералогія . . . . .	III	3	3	Проф. А. Е. Лагоріо	
13	Геодезія, низшая . . . . .	I	2	2	} Преп. В. Э. Эренфейхтъ . . . . .	
	" высшая . . . . .	II	2	2		
14	Общія начала строительнаго искусства . . . . .	I	2	2	} Проф. кн. А. Н. Кугушевъ . . . . .	
	Общія начала строительнаго искусства . . . . .	II	2	2		

№	ПРЕДМЕТЪ	Курсъ	Число часовъ въ		ЛЕКТОРЪ	Примѣчаніе
			Лекц. аудит.	Ц-нъ полгг.		
15	Технологія строительныхъ матеріаловъ	II, III, IV	2	2	Преп. Л. С. Васильевъ . . . . .	
16	Механическая теорія тепла (паровыя машины) . . . . .	III	3	3	Преп. А. Я. Касьяминъ . . . . .	
17	Рабочіе механизмы . . . . .	III и IV	2	—	Проф. И. О. Юпатовъ . . . . .	
18	Электротехника . . . . .	IV	3	3	Проф. А. В. Вульфъ . . . . .	Совм. съ мех. отд.
19	Исторія архитектуры . . . . .	II	2	2	Проф. Н. К. Толвинскій . . . . .	
20	Части зданій . . . . .	II	2	2	Преп. В. А. Федеревъ . . . . .	
21	Отопленіе и вентиляція . . . . .	III и IV	2	2	Проф. кн. А. П. Кугушевъ . . . . .	Совм. съ мех. отд.
22	Дороги . . . . .	III	3	3	Проф. А. М. Васютынскій . . . . .	
	" . . . . .	IV	3	—		
23	Мосты . . . . .	III	3	3	Преп. П. П. Рышковъ . . . . .	
	" . . . . .	IV	2	2		
24	Гидротехника . . . . .	III	2	4		
25	Водоснабженіе и водостоки . . . . .	IV	4	—	Проф. В. І. Дейчъ . . . . .	
26	Хозяйственные меліораци . . . . .	IV	—	2		
27	Строительное законодательство . . . . .	III и IV	—	2	Преп. В. А. Грандтъ . . . . .	
28	Политич. экономія . . . . .	II	2	2	Преп. И. Н. Ивановъ . . . . .	Совм. съ мех. отд.
29	Гигіена . . . . .	IV	—	2	Преп. Н. П. Брусенинъ . . . . .	Совм. съ мех. и хим. отд.

*2. Необязательные предметы.*

30	Теорія упругости . . . . .	III	2	—	Проф. П. О. Сомовъ . . . . .	Совм. съ мех. отд.
31	Теорія вѣроятностей . . . . .	II	1	1	Преп. В. Э. Эренфейхтъ . . . . .	Совм. съ мех. отд.
32	Проективн. геометрія . . . . .	II	2	2	Преп. П. Р. Браицевъ . . . . .	Совм. съ мех. отд.
33	Нѣмецкій языкъ . . . . .	I	3	3	Преп. О. О. Базилеръ . . . . .	Совм. съ мех. и хим. отд.
34	Французскій языкъ . . . . .	I	3	3		

II. Упражнения по теоретическимъ предметамъ, практическія занятия въ чертежныхъ, лабораторіяхъ, кабинетахъ и проектирование.

1. Упражнения по *математикѣ*, — по курсамъ алгебры и аналитической геометріи происходили на I курсѣ, въ 1-мъ полугодіи по одному часу въ недѣлю съ раздѣленіемъ студентовъ на 3 группы, а во 2-мъ полугодіи — по два часа при тѣхъ-же трехъ группахъ, подъ руководствомъ преп. *И. Р. Брайцева*. При томъ-же числѣ часовъ происходили упражнения по I части дифференціального и интегрального исчисления, — подъ руководствомъ преподавателя *Д. Д. Мордухай-Болтовскаго*; тому-же преподавателю были поручены упражнения во II-ой части дифференціального и интегрального исчисления на II курсѣ, при одномъ годовомъ часѣ и трехъ группахъ студентовъ.

Упражнения по всемъ перечисленнымъ отдѣламъ математики состояли въ разъясненіи излагаемаго на лекціяхъ и въ рѣшеніи задачъ, относящихся къ курсамъ.

2. Упражнения по *начертательной геометріи* происходили подъ руководствомъ преподавателя *Э. В. Глясса* въ обоихъ полугодіяхъ перваго курса въ числѣ одного годового часа въ недѣлю, съ раздѣленіемъ студентовъ на 3 группы. Въ первомъ полугодіи студенты рѣшали задачи у классной доски, относящіяся до первой части курса (пересѣченіе плоскостей между собою и съ линиями, опредѣленіе разстояній между линиями и составленіе проекцій многоугольниковъ). Во второмъ полугодіи занятия перенесены были въ чертежную, гдѣ студенты составляли эюры по болѣе сложнымъ заданіямъ (опредѣленіе элементовъ многогранниковъ, плоскія сѣченія и пересѣченія многогранниковъ, пересѣченія и развертки цилиндрическихъ и коническихъ поверхностей, построеніе поверхностей вращенія, линейчатыхъ поверхностей и проч.). Каждый студентъ выполнилъ два листа эюры.

3. Упражнения по *теоретической механикѣ* состояли въ разъясненіи читаемаго курса и въ рѣшеніи задачъ, относящихся непосредственно къ курсу. На I курсѣ въ 1-мъ полугодіи упражнения происходили въ числѣ 1 часа, а во 2-мъ полугодіи въ числѣ 2 часовъ, съ раздѣленіемъ студентовъ въ обоихъ случаяхъ на 3 группы; на II курсѣ упражнения происходили при 1 годовомъ часѣ, съ раздѣленіемъ студентовъ на 3 группы. Руководство этими занятіями было поручено преподавателю *Д. А. Гонтареву*.

4. Упражнения по *курсу сопротивленія матеріаловъ* происходили на II курсѣ въ обоихъ полугодіяхъ, при одномъ годовомъ часѣ и

при раздѣленіи студентовъ на 3 группы, подъ руководствомъ преподавателя *В. И. Мейера*. Занятія состояли въ рѣшеніи задачъ и въ выясненіи прочитаннаго на лекціяхъ курса.

5. Упражнения по *строительной механикѣ и графо-статикѣ*. На II курсѣ упражненія по строительной механикѣ велись преподавателемъ *Г. И. Марковичемъ*, подъ общимъ руководствомъ профессора строительной механики *С. А. Заборовскаго*, при двухъ годовыхъ часахъ, съ раздѣленіемъ студентовъ на 2 группы. Каждый студентъ получалъ отдѣльное заданіе на каждую задачу и выполнилъ слѣдующія работы: 1) построеніе веревочнаго многоугольника; 2) расчетъ подпорной стѣнки; 3) расчетъ упругаго свода; 4) расчетъ заклочныхъ соединеній; 5) расчетъ балки на изгибъ. На III курсѣ, при тѣхъ-же руководителяхъ и при одномъ годовомъ часѣ происходили занятія по графической статикѣ; студенты выполнили слѣдующія работы: 1) расчетъ упругаго свода; 2) моментъ инерціи и ядро сѣченія фасоннаго желѣза; 3) опредѣленіе максимальной нагрузки при подвижныхъ грузахъ; 4) опредѣленіе линіи вліянія.

6. Практическія занятія по *физикѣ* происходили подъ руководствомъ преподавателя физики *В. А. Бернацкаго* и его лаборантовъ лишь во второмъ полугодіи, такъ какъ физическая лабораторія, перенесенная въ новое зданіе, не могла быть подготовлена для занятій въ первомъ полугодіи; то небольшое число задачъ, которое успѣли выполнить студенты, будетъ засчитано имъ при окончаніи работъ въ будущемъ 190<sup>2</sup>/<sub>3</sub> учебномъ году.

7. Практическія занятія по *химіи* не происходили въ виду неустроенной лабораторіи.

8. Практическія занятія въ механической лабораторіи по *испытанію матеріаловъ* начались лишь во второй половинѣ второго полугодія и состояли для студентовъ IV курса въ демонстративныхъ бесѣдахъ преподавателя *В. И. Мейера* съ группами студентовъ въ механической лабораторіи, гдѣ демонстрировалось дѣйствіе тѣхъ испытательныхъ приборовъ, которые были къ тому времени установлены.

9. Практическія занятія по *геодезіи* происходили подъ руководствомъ преподавателя *В. Э. Эренфейхта* въ геодезическомъ кабинетѣ, переведенномъ въ отчетномъ году въ новое помѣщеніе, оборудованномъ обширными коллекціями геодезическихъ инструментовъ. На занятіяхъ, происходившихъ во второмъ полугодіи въ числѣ 2 полугодныхъ часовъ, студенты знакомились съ методами установки и вывѣрки различныхъ геодезическихъ приборовъ, а также съ тѣми приемами измѣреній, которые доступны въ закрытомъ помѣщеніи. Кромѣ того геодезическій кабинетъ посѣщался студентами въ вечерніе часы для

ближайшаго ознакомленія съ различными инструментами, теорія которыхъ излагалась на лекціяхъ.

Въ юнѣ мѣсяцѣ состоялись обычныя занятія въ полѣ въ окрестностяхъ посада Гродискъ, подѣ руководствомъ преподавателей В. Э. Эрнфейхта и К. Е. Богданова, при участіи, въ качествѣ помощниковъ руководителей, — студентовъ старшихъ курсовъ; студенты раздѣленные на группы, производили съемку плана различными инструментами, нивелировку и упражнялись въ разбивкѣ закругленій.

10. Практическія занятія по *рисованію*, въ виду отсутствія преподавателя, начались лишь во второй половинѣ втораго полугодія и велись подѣ руководствомъ преп. *И. К. Маньковского* при нормальномъ числѣ часовъ — на I курсѣ 9 часовъ и на II курсѣ — 4 часа; каждый студентъ выполнилъ 1—2 рисунка съ деревянныхъ моделей геометрическихъ тѣлъ и съ гипсовыхъ орнаментовъ. Акварельное рисованіе для студентовъ III курса происходило въ I-мъ полугодіи въ теченіи 2 полугодныхъ часовъ, подѣ руководствомъ преподавателя *И. К. Маньковского*.

11. Практическія занятія по *архитектурному черченію* велись преподавателемъ *Л. С. Васильевымъ* подѣ общимъ руководствомъ профессора архитектуры *Н. К. Толвинскаго*. Занятія происходили на I курсѣ при общемъ числѣ 9 годовыхъ часовъ и на II курсѣ при 4-хъ годовыхъ часахъ. Студенты I-го курса вычерчивали архитектурные ордера (7 листовъ): 1) обломы и массы; 2) тосканскій; 3) дорич., гр. и римскій; 4) ионическій, гр. и римскій; 5) коринтскій и римскій; 6) окно; 7) фасадъ. Студенты II-го курса исполняли архитектурныя детали (окно, дверь) и фасадъ зданія въ стилѣ ренессансъ. Въ виду предположеннаго перенесенія архитектурнаго черченія полностью на I курсъ, студентамъ предложено было на II семестрѣ выполнить программу второго курса (III семестра), сокративъ соотвѣтственно программу по вычерчиванію ордеровъ. Тѣ студенты I курса, которые не окончили къ исходу 1901—2 учебнаго года всей программы архитектурнаго черченія, должны окончить ее въ будущемъ 1902—3 году.

12. Практическія занятія по *конструктивному черченію* велись преподавателемъ *Н. В. Короткевичъ-Ночевнымъ* подѣ общимъ руководствомъ профессора строительнаго искусства, князя *А. П. Курушева*. Занятія происходили на первомъ курсѣ при общемъ числѣ 9-и годовыхъ часовъ, а на II курсѣ 4 годовыхъ часа.

Студенты исполнили 4 листа чертежей на I курсѣ, 3 листа на II курсѣ, составляющихъ систематическое изученіе какъ пріемовъ конструктивно-строительнаго черченія, такъ и отдѣльныхъ деталей деревянныхъ, каменныхъ, металлическихъ и смѣшанныхъ конструкций. На первомъ курсѣ студентами выполнены слѣдующія работы: 1) услов-

пня обозначенія, 2) планы и разрѣзы каменнаго и деревяннаго зданія, 3) деревянные конструкции и 4) каменные и металлическія конструкции. На второмъ курсѣ: 1) детали деревянныхъ стропильныхъ фермъ, 2) деревянное зданіе и 3) каменное зданіе.

13. Практическія занятія по *топографическому черченію* велись преподавателемъ *К. Е. Богдановымъ* подъ общимъ руководствомъ преподавателя геодезіи *В. Э. Эрнштейна*; занятія происходили на I курсѣ при 3 годовыхъ часахъ и на II курсѣ въ 1-омъ полугодіи при 2 полугодовыхъ часахъ и состояли въ вычерчиваніи условныхъ знаковъ, въ рѣшеніи задачъ на планахъ въ горизонталяхъ и штрихахъ, а также въ изображеніи рельефа горизонталями по картоннымъ моделямъ.

14. Проектированіе по *архитектурѣ* происходило подъ руководствомъ профессора *Н. К. Толвинскаго* и преподавателя *В. А. Феддера* при слѣдующемъ числѣ годовыхъ часовъ: на II курсѣ 8 часовъ, на III курсѣ 6 часовъ и на IV курсѣ, по архитектурному отдѣлу — 6 часовъ.

Студенты выполняли проекты по программамъ общимъ для всѣхъ студентовъ каждаго курса. На II курсѣ выполнены слѣдующіе проекты: 1) проектъ обдѣлки двери, съ шаблонами, 2) навильонъ для продажи газетъ, 3) парадная лѣстница, 4) домъ для лѣсничаго, деревянный. На III курсѣ: 1) народная школа, деревянная, 2) общежитіе для студентовъ, каменное, 3) мавзолей, 4) на выборъ: охотничій домъ или больница, 5) деталь къ послѣднему проекту. На IV курсѣ, по архитектурному отдѣлу: 1) загородный домъ, 2) Campo-Santa (кладбищенская церковь), 3) биржа. Студенты IV курса, специализирующіеся въ области инженернаго дѣла, выполняли архитектурную разработку одного изъ сооружений своихъ инженерныхъ проектовъ.

15. Проектированіе *стропильныхъ фермъ* велось подъ руководствомъ преподавателя *Г. Я. Маркова* — на III курсѣ въ 1-мъ полугодіи 2 полугодовыхъ часа и на IV курсѣ во 2-мъ полугодіи тоже 2 полугодовыхъ часа. Занятія состояли въ расчетѣ металлическихъ стропильныхъ фермъ и въ проектированіи къ нимъ деталей по заданіямъ, выдаваемымъ каждому студенту въ отдѣльности.

16. Проектированіе *мостовъ* происходило на III курсѣ подъ руководствомъ преподавателей *П. П. Рышкова* и *К. А. Опенгейма* въ числѣ 6 годовыхъ часовъ и на IV курсѣ подъ руководствомъ преподавателя *П. П. Рышкова* въ числѣ 8 годовыхъ часовъ. На III курсѣ, въ 1 полугодіи студенты составляли проектъ деревяннаго моста, во 2-мъ полугодіи желѣзнаго моста, со сплошною стѣнкою; на IV курсѣ, по инженерному отдѣлу студенты составляли проектъ желѣзнаго моста

большаго пролета, со сквозною стѣнкою. Каждый студентъ получалъ самостоятельное заданіе.

17. Проектированіе *жельзныяxъ дорожъ* велось подъ руководствомъ профессора *А. Л. Васютинскаго* въ числѣ 5 годовыхъ часовъ на IV курсѣ по инженерному отдѣлу. Каждый студентъ получалъ самостоятельную программу проекта и планъ мѣстности въ горизонталяхъ.

18. Проектированіе по *отопленію и вентиляціи* велось профессоромъ *кн. А. Н. Кузусевымъ* на IV курсѣ обоихъ отдѣловъ во второмъ полугодіи въ числѣ 2 полугодовыхъ часовъ; студенты составляли проектъ центральнаго отопленія и вентиляціи къ одному изъ своихъ архитектурныхъ проектовъ.

19. Проектированіе *канала* происходило на IV курсѣ обоихъ отдѣловъ въ первомъ полугодіи въ числѣ 6 полугодовыхъ часовъ и велось подъ руководствомъ профессора *В. I. Дейчъ*. Занятія состояли въ составленіи проекта открытаго канала для проведенія воды съ цѣлями орошенія, водоснабженія, или вододѣйствія по особому для каждаго студента заданію и по плану мѣстности въ горизонталяхъ; студенты инженернаго отдѣла проектировали кромѣ того главнѣйшія гидротехническія сооруженія на проектируемомъ каналѣ, какъ-то: головныя сооруженія, акведуки, дюкера, плотины и проч.

20. Проектированіе *водоснабженія и водостоковъ города* происходило на IV курсѣ обоихъ отдѣловъ во второмъ полугодіи въ числѣ 6 полугодовыхъ часовъ и велось подъ руководствомъ профессора *В. I. Дейчъ*. Студенты получали подробную программу проекта и планъ мѣстности въ горизонталяхъ съ общимъ контуромъ города; каждый проектирующій долженъ былъ произвести всѣ необходимыя разсчеты для составленія сѣти какъ водопроводной такъ и водосточной; окончательная-же разработка деталей предоставлялась на выборъ студентовъ; одни составляли подробный проектъ водоснабженія, другіе водостоковъ. Отъ студентовъ архитектурнаго отдѣла не требовалось детальной разработки городской сѣти, но они составляли подробный проектъ водоснабженія и водостоковъ къ одному изъ своихъ архитектурныхъ проектовъ.

21. *Составленіе смѣтъ* велось подъ руководствомъ преподавателя *В. А. Брандта* на IV курсѣ обоихъ отдѣловъ во второмъ полугодіи въ числѣ двухъ полугодовыхъ часовъ. Смѣта составлялась по урочному положенію и справочнымъ цѣнамъ къ одному изъ архитектурныхъ проектовъ.



Упражнения и занятія въ отчетномъ учебномъ году — четвертомъ, со времени открытія Института, представляютъ собою полный циклъ работъ студентовъ инженерно-строительнаго Отдѣленія. Опытъ предыдущихъ лѣтъ и наличность всѣхъ отдѣловъ занятій при всѣхъ четырехъ курсахъ дали возможность остановиться на болѣе или менѣе нормальныхъ программахъ, согласованныхъ между собою. Нѣкоторыя небольшія отступленія отъ нормальнаго хода занятій происходили: 1) вслѣдствіе неоконченности, какъ зданій Института, такъ и оборудованія учебно-вспомогательныхъ учреждений, 2) по той причинѣ, что лица, преподающія на 3-мъ и даже на 2-омъ курсахъ, приступили къ занятіямъ только съ отчетнаго, четвертаго со времени открытія, учебнаго года; результатомъ этого ненормальнаго положенія явились сводныя аудиторіи III и IV или II, III и IV курсовъ, при чемъ старшіе курсы были обременены лекціями въ большей степени чѣмъ это должно быть при нормальномъ распредѣленіи курсовъ. Особенно сильно отразилось сказанное обстоятельство на студентахъ IV курса, т. е. перваго выпуска: въ отчетномъ году студенты должны были пройти слѣдующіе предметы III курса: отопленіе и вентиляцію, строительное законодательство, технологію строительныхъ матеріаловъ, рабочіе механизмы и дополнительные лекціи по строительной механикѣ, по мостамъ и дорогамъ; кромѣ того студенты IV курса должны были выполнить проектъ стропильныхъ фермъ (по программѣ III курса) и окончить проектъ желѣзнаго моста со сплошною стѣнкою. Результатомъ такого непомѣрнаго увеличенія работы было то, что къ концу учебнаго года никто изъ студентовъ не могъ окончить полного курса и приступить къ защитѣ проекта и къ окончательному выпускному испытанію.

---

## Обзоръ преподаванія на химическомъ Отдѣленіи.

Въ 1901—1902 уч. году различнаго рода занятія были выполняемы по нижепрелагаемой схемѣ.

### І. курсъ.

№	Названіе предмета	ПРЕПОДАВАТЕЛЬ	Число часовъ		Примѣчаніе
			1 полугод.	2 полугод.	
1	Начертательная геометрія . . . Практ. занятія по начертательной геометріи . . .	Преп. Э. В. Глясъ	2	2	
			2	2	
2	Математика . . . Практ. занятія по математикѣ . . .	Проф. В. А. Анисимовъ	4	4	По 2 ч. для одной группы
3	Физика . . . . . Практ. занятія по физикѣ . . . . .	Преп. В. Э. Эренфейхтъ	4	4	
			3	3	
4	Неорганическая химія . . . . . Ботаника . . . . .	Проф. В. А. Солонина	—	6	По 3 ч. для одной группы
			2	2	
5	Практ. занятія по ботаникѣ . . . . . Кристаллографія	Преп. Н. В. Морковинъ	4	4	По 2 ч. для одной группы
			1	1	
6	Техническое черченіе . . . . .	Проф. А. Е. Лагоріо	4	6	По 2 ч. для одной группы. Въ виду большого числа студентовъ во 2-мъ полугодіи была образована временно 3-я группа
7	Архит. черченіе	Преп. В. К. Задарновскій	4	4	
8		Преп. Л. С. Васильевъ	4	4	По 2 ч. для одной группы

### ІІ. курсъ.

1	Сопротивл. матеріаловъ . . . . .	Преп. В. И. Мейеръ	2	2	Въ первомъ полугодіи лекціи начались въ ноябрѣ
2	Теоретич. механика . . . . .	Проф. Н. Б. Делоне	4	—	
3	Прикладная механика . . . . .	Проф. Н. Б. Делоне	—	4	
4	Органич. химія	Проф. Е. Е. Вагнеръ	4	4	
5	Строительное искусство . . . . .	Преп. Н. В. Короткевичъ-Ночевной	3	3	

№	Название предмета	ПРЕПОДАВАТЕЛЬ	Число часовъ		Примѣчаніе
			I полугод.	II полугод.	
6	Физика . . . . .	Преп. В. А. Бернадкій	3	3	По 2 ч. для одной группы
7	Минерал. и геология (съ практическими занятіями). . . . .	Проф. А. Е. Лагоріо	4	4	
8	Техническое черчение . . . . .	Преп. В. К. Рофе	4	4	
9	Математика (необязат. курсъ) . . . . .	Проф. В. А. Анисимовъ	1	—	

### III. курсъ.

1	Органич. химія . . . . .	Проф. Е. Е. Вагнеръ	—	2	Дополнительный курсъ: циклическія соединенія
2	Политич. экономія . . . . .	Преп. И. И. Иванюковъ	2	2	
3	Статистика . . . . .	Преп. И. И. Иванюковъ	1	1	
4	Мех. теорія тепла . . . . .	Преп. А. Я. Касьминъ	2	2	
5	Общ. химич. технология . . . . .	Преп. Г. Г. Богускій	5	5	
6	Прикладная механика . . . . .	Проф. П. Б. Делоне	2	2	
7	Мех. технология . . . . .	Преп. В. К. Задарновскій	3	3	
8	Физика и электрохимія . . . . .	Преп. Г. Г. Ерчиковскій	2	2	
9	Электротехника . . . . .	Проф. А. В. Вульфъ	2	2	
10	Проектированіе по заводской архитектурѣ . . . . .	Преп. В. А. Брандтъ	6	—	

### IV. курсъ.

1	Техн. неорганич. веществъ . . . . .	Преп. Г. Г. Богускій	2	2	
2	Техн. пигментовъ . . . . .	Проф. Д. А. Хардинъ	3	3	
3	Техн. печати . . . . .	Проф. Д. А. Хардинъ	1	1	
4	Техн. углеводовъ . . . . .	Преп. В. И. Исаевъ	2	2	
5	Экзимеры и химія броженія (съ практич. занятіями) . . . . .	Преп. В. И. Исаевъ	2	2	
6	Бактеріология (съ практич. занятіями) . . . . .	Преп. П. В. Морковинъ	2	2	

Открыты все четыре курса. Такъ какъ Институтъ перешелъ уже въ новое помещеніе, но химическія лабораторіи не были готовы къ началу учебнаго года, то занятія въ нихъ, а также и чтеніе лекцій по различнымъ отраслямъ химіи начались въ теченіе года разновременно въ зависимости отъ окончанія устройства той или другой лабораторіи или аудиторіи. Въ силу указанной причины занятія по аналитической химіи начались со втораго полугодія учебнаго года и къ нимъ были допущены только студентъ II к., что же касается студентовъ I к., то они не могли заниматься въ аналитической лабораторіи, такъ какъ для этихъ занятій требуются нѣкоторыя элементарныя знанія по неорганической химіи, а курсъ этой послѣдней въ силу задержки въ окончаніи устройства аудиторіи начать былъ лишь въ январѣ 1902 г.

Лекціи и занятія по органической химіи начались въ ноябрѣ 1901 г., при чемъ послѣднія велись со студентами IV к. подъ руководствомъ проф. *Е. Вагнера* лаборантами *В. Брижнеромъ* и *И. Прилежаевымъ*. Они заключались въ приготовленіи органическихъ препаратовъ и изученіи элементарнаго органическаго анализа. Кромѣ того 7 человекъ студентовъ, специализировавшихся по химіи, и одинъ врачъ занимались разрабoткой научныхъ темъ.

Со втораго же полугодія этого учебнаго года открылись для занятій студентовъ лабораторіи: общей химической технологіи и пигментовъ. Въ лабораторіи общей химической технологіи занятія велись подъ руководствомъ преп. *І. Боускаго* со студентами III к. и состояли въ изученіи методовъ и пріемовъ техническаго анализа.

Къ занятіямъ въ лабораторіи пигментовъ были допущены студенты IV к., желающіе специализироваться по технологіи пигментовъ или нефти. Велись они подъ руководствомъ проф. *Д. Хардина* лаборантомъ *К. Ганомъ* и состояли: 1) въ полученіи представителей важнѣйшихъ классовъ пигментовъ; 2) въ пробномъ порашиваніи тканей субстантивными, протравными пигментами и по способу проявленія краски на ткани; 3) въ изслѣдованіяхъ прочности пигментовъ по отношенію къ свѣту, мылу и различнымъ наиболее примѣняемымъ на практикѣ реактивамъ.

Специалисты по нефти кромѣ того знакомились съ различными методами контрольныхъ испытаній нефтяныхъ продуктовъ.

Занятія по кристаллографіи и минералогіи происходили въ минералогическомъ кабинетѣ подъ руководствомъ проф. *А. Е. Лагоріо* и лаб. *Д. Н. Соболева* и были необязательны. Студенты занимались практическимъ изученіемъ кристаллографіи по моделямъ и минералогіи по минераламъ.

Занятій въ другихъ спеціальныхъ лабораторіяхъ, а также въ физическомъ кабинетѣ не производилось, такъ какъ устройство этихъ

учебно-вспомогательныхъ учрежденийъ въ 190 $\frac{1}{2}$  акад. году не было закончено.

Остальныя практическія занятія велись также какъ въ 190 $\frac{0}{1}$  уч. году и по тѣмъ же программамъ.

### Экскурсіи на фабрики и заводы.

Въ 1901 — 1902 году студентами подъ руководствомъ профессоровъ и преподавателей были совершены нижеслѣдующія экскурсіи.

1. Студентами IV курса инженерно-строительнаго Отдѣленія — на машино-строительный и чугуно-литейный заводъ „К. Рудскій и К<sup>о</sup>“, подъ руководствомъ преп. *П. Н. Рышкова*.

2. Студентами IV курса механическаго Отдѣленія — на бумаго-прядильныя фабрики: Жирардовскую, Шейблера, Куницера, Леонгардта и Вилькера, подъ руководствомъ преп. *В. К. Задарновскаго*.

3. Студентами IV курса механическаго Отдѣленія — на каменно-угольныя копи „Графъ Ренардъ“ и чугуноплавильный, желѣзодѣлательный, сталелитейный и рельсопрокатный заводъ „Гута-Банкова“ въ Домбровѣ, подъ руководствомъ преп. *М. И. Лисянскаго*.

4. Студентами III курса химическаго Отдѣленія — на химическій заводъ „Кіевскій и Шольце“, станцію фильтровъ и газовый заводъ Дессаускаго газоваго общества, подъ руководствомъ преп. *И. Г. Богускаго*.

5. Студентами IV курса химическаго Отдѣленія — на Цѣхановскій сахарный заводъ, подъ руководствомъ преп. *В. И. Исеева*.

6. Студентами IV курса механическаго Отдѣленія была совершена поѣздка по желѣзнымъ дорогамъ для ознакомленія съ паровознымъ дѣломъ, подъ руководствомъ преп. *Ю. В. Ломоносова*.

7. Студентами III и IV курсовъ химическаго Отдѣленія — на стекло-плавильный заводъ Савицкаго, подъ руководствомъ преп. *И. Г. Богускаго*.

8. Студентами IV курса механическаго Отдѣленія, подъ руководствомъ преп. *М. И. Лисянскаго* были совершены поѣздки: а) Въ гор. Екатеринославъ для осмотра заводовъ: металлургическаго Александровскаго, машиностроительнаго Дисбургскаго, трубопрокатнаго бывш. Шодуаръ, гвоздильнаго Гантке и К<sup>о</sup>, лѣсопильного. Изъ Екатеринослава на каменный заводъ и Криворожскіе желѣзные рудники. б) На ст. Юзово для осмотра Юзовскихъ заводовъ и принадлежащихъ къ нимъ каменноугольныхъ копей. в) Въ гор. Харьковъ для осмотра южнорусскаго паровозостроительнаго завода. г) Въ г. Москву для осмотра нѣкоторыхъ Московскихъ заводовъ, а также была совершена поѣздка на Коломенскіе заводы.

9. Студентами III курса химического Отдѣленія — на заводъ „Сирена“, подь руководствомъ преп. *В. К. Задарновскаго*.

10. Студентами IV курса механическаго Отдѣленія были совершены поѣздки по желѣзнымъ дорогамъ: въ Брестъ, Юго-Западнымъ желѣзнымъ дорогамъ, Полтаву, Крюковъ, Корнетовку, Екатеринославъ, Ростовъ, Новороссійскъ, Кіевъ, Харьковъ, Луганскъ, Гомель, Луганскъ для ознакомленія съ паровозами и желѣзнодорожными мастерскими, подь руководствомъ преп. *Ю. В. Ломоносова*.

11. Студентами I курса химическаго Отдѣленія былъ произведенъ осмотръ Варшавскаго Ботаническаго Сада, подь руководствомъ преп. *Н. В. Морковина*.

12. Студентами IV курса инженерно-строительнаго Отдѣленія была совершена экскурсія въ имѣніе Корчевъ Графа А. Ф. Островскаго для осмотра гидротехническихъ сооружений при крупномъ рыбномъ прудовомъ хозяйствѣ, подь руководствомъ проф. *В. I. Дейчъ*.

13. Студентами IV курса инженерно-строительнаго Отдѣленія былъ произведенъ осмотръ въ гор. Варшавѣ городского бетоннаго завода и лѣсопильни, подь руководствомъ преп. *Л. С. Васильева*.

14. Студентами IV курса инженерно-строительнаго Отдѣленія была совершена поѣздка, подь руководствомъ преп. *П. Н. Рышкова*, для осмотра строящагося виадука на 4 верстѣ Варшавско-Калишской желѣзной дороги.

15. Студентами IV курса инженерно-строительнаго Отдѣленія была совершена поѣздка въ Сосновицы на цементный заводъ, подь руководствомъ преп. *Л. С. Васильева*.

16. Студентами IV курса инженерно-строительнаго Отдѣленія были совершены экскурсіи для осмотра канализаціонныхъ и водопроводныхъ сооружений гор. Варшавы, подь руководствомъ проф. *В. I. Дейчъ*.

17. Студентами IV курса механическаго Отдѣленія — на бумагопрядильную и красильную фабрику „Воля“ Эдварда Геймана и Макса Крибаума, Русско-Италіанское Акціонерное О-во волокнистыхъ издѣлій и Акціонерное О-во Варшавской фабрики ковровъ, подь руководствомъ преп. *В. К. Задарновскаго*.

### Личный составъ Института.

Въ 1901—1902 уч. году въ личномъ составѣ Института произошли слѣдующія перемѣны:

Профессоръ В. А. Солонина освобожденъ отъ обязанностей секретаря Совѣта.

Проф. Юнатовъ освобожденъ отъ обязанностей секретаря механическаго Отдѣленія и назначенъ секретаремъ Совѣта.

На профессора А. В. Вульфа возложены обязанности секретаря механическаго Отдѣленія.

Временный преподаватель А. Л. Васютыпскій назначенъ экстраординарнымъ профессоромъ Института по кафедрѣ строительнаго искусства (по отдѣлу дорогъ).

Временные преподаватели: В. И. Исаевъ, Г. I. Ерчиковскій, В. А. Брандтъ, Н. В. Морковинъ, Г. Я. Марковъ и В. И. Мейеръ назначены штатными преподавателями. Младшіе лаборанты: Н. А. Прилежаевъ и Н. А. Ливниченко, а также временный лаборантъ М. В. Пожарскій назначены старшими лаборантами.

Вновь назначены:

1. Штатнымъ преподавателемъ рисованія, классный художникъ Василій Тимофеевичъ Перминовъ.

2. Временнымъ преподавателемъ гигиены назначенъ экстраординарный профессоръ Императорскаго Варшавскаго Университета Н. Н. Брусининъ.

3. Допущенъ временно руководить занятіями по конструктивному черченію, — Военный инженеръ Зегржскаго Крѣпостнаго инженернаго Управленія, капитанъ Евгеній Александровичъ Перебиновъ.

4. Инженеръ-технологъ Людвигъ Янушевичъ Жарновскій назначенъ старшимъ сверхштатнымъ лаборантомъ при станціи для испытанія матеріаловъ.

Выбыли изъ Института: преподаватели Э. В. Невядомскій, Ю. В. Ломоносовъ и лаборантъ А. Э. Флеровъ.

Въ концѣ отчетнаго года состояли на службѣ въ Институтъ слѣдующія лица:

### ДИРЕКТОРЪ ИНСТИТУТА.

1. Одинарный профессоръ минералогіи, докторъ минералогіи и геогнозій, членъ корреспондентъ Императорской Академіи Наукъ, дѣйствительный статскій совѣтникъ Александръ Евгеніевичъ *Лаоріо*.

### ОРДИНАРНЫЕ ПРОФЕССОРЫ:

2. По кафедрѣ теоретической механики — докторъ прикладной математики, заслуженный профессоръ Института, дѣйствительный статскій совѣтникъ Павелъ Осиповичъ *Сомовъ*.

3. По кафедрѣ органической химіи — докторъ химіи, дѣйствительный статскій совѣтникъ Егоръ Егоровичъ *Вацнеръ*, онъ же деканъ химическаго Отдѣленія.

4. По кафедрѣ математики — докторъ чистой математики, статскій совѣтникъ Василій Афанасьевичъ *Анисимовъ*, онъ же деканъ механическаго Отдѣленія.

5. По кафедрѣ математики — докторъ чистой математики, статскій совѣтникъ Георгій Θεодосеевичъ *Вороной*.

6. По кафедрѣ строительнаго искусства — гражданскій инженеръ, статскій совѣтникъ Викторъ Іосифовичъ *Дейчъ*, онъ же деканъ инженерно-строительнаго Отдѣленія.

7. По кафедрѣ прикладной механики — докторъ прикладной математики, статскій совѣтникъ Николай Борисовичъ *Делоне*.

8. По кафедрѣ архитектуры — академикъ архитектуры, коллежскій совѣтникъ Николай Константиновичъ *Толвинскій*.

#### ЭКСТРАОРДИНАРНЫЕ ПРОФЕССОРЫ:

9. По кафедрѣ неорганической химіи — магистръ химіи, коллежскій совѣтникъ Василій Андреевичъ *Соломина*.

10. По кафедрѣ строительнаго искусства — гражданскій инженеръ, коллежскій секретарь кн. Александръ Николаевичъ *Кунушевъ*, онъ же секретарь инженерно-строительнаго Отдѣленія.

11. По кафедрѣ практической механики (детали машинъ) кандидатъ математическихъ наукъ инженеръ-технологъ, адъюнктъ Института, надворный совѣтникъ Иванъ Оерапонтовичъ *Юатовъ*, онъ же секретарь Совѣта.

12. По кафедрѣ строительнаго искусства — инженеръ путей сообщения, адъюнктъ Института инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I, Александръ Леонардовичъ *Васютынскій*.

#### II. ОБЪ ЭКСТРАОРДИНАРНАГО ПРОФЕССОРА:

13. По кафедрѣ строительнаго искусства (по отдѣлу строительной механики и графической статики) — военный инженеръ, надворный совѣтникъ Сергѣй Александровичъ *Заборовскій*.

14. По кафедрѣ электротехники, кандидатъ физико-математическихъ наукъ, статскій совѣтникъ Александръ Викторовичъ *Вульфъ*, онъ же секретарь механическаго Отдѣленія.

15. По кафедрѣ химической технологіи — технологъ, титулярный совѣтникъ Дмитрій Андреевичъ *Хардингъ*, онъ же секретарь химическаго Отдѣленія.



ШТАТНЫЕ ПРЕПОДАВАТЕЛИ:

16. По техническому черчению—инженеръ-технологъ, надворный совѣтникъ Станиславъ Антоновичъ *Окольскій*.
17. Политической экономіи и статистики докторъ политической экономіи, статскій совѣтникъ Иванъ Ивановичъ *Иванюковъ*.
18. Начертательной геометріи—кандидатъ физико-математическихъ наукъ, статскій совѣтникъ Эдуардъ Владимировичъ *Гляссъ*.
19. Теоретической механики—выдержавшій испытаніе на степень магистра механики, надворный совѣтникъ Дмитрій Андреевичъ *Гонтаревъ*.
20. Архитектурнаго черченія—гражданскій инженеръ Левъ Степановичъ *Васильевъ*, онъ же допущенъ временно къ чтенію курса технологии строительныхъ матеріаловъ.
21. По математикѣ—магистрантъ чистой математики, надворный совѣтникъ Дмитрій Дмитриевичъ *Мордухай-Волтовскій*.
22. Рисованія — классный художникъ Іосифъ Константиновичъ *Маньковскій*.
23. Геодезіи — магистрантъ астрономіи и геодезіи, надворный совѣтникъ Викторъ Эмильевичъ *Эренфейхтъ*.
24. По кафедрѣ физики — кандидатъ физико-математическихъ наукъ, надворный совѣтникъ Викторъ Адольфовичъ *Бернацкій*.
25. По математикѣ — магистрантъ чистой математики, надворный совѣтникъ Иванъ Романовичъ *Брайцевъ*.
26. По кафедрѣ прикладной механики (по курсу паровыхъ котловъ и машинъ), инженеръ-технологъ Александръ Яковлевичъ *Касьминъ*.
27. Техническаго черченія—инженеръ-механикъ Владиміръ Константиновичъ *Рофе*, онъ же временно допущенъ къ чтенію курсовъ „мукомольныя мельницы“ и „сельско-хозяйственныя машины и орудія“.
28. По курсу механической технологии — инженеръ-технологъ Михаилъ Ивановичъ *Лисинскій*.
29. По курсу гидравлики и гидравлическихъ двигателей кандидатъ физико-математическихъ наукъ Иванъ Осодосевичъ *Чорба*.
30. По курсу технологии волокнистыхъ веществъ, инженеръ-технологъ Вячеславъ Карловичъ *Задаповскій*.
31. По курсу дрожжей и технологии углеводовъ — кандидатъ естественныхъ наукъ Владиміръ Ивановичъ *Исаевъ*.
32. По физико-химіи и электро-химіи — кандидатъ естественныхъ наукъ Георгій Іосифовичъ *Ерчиновскій*.
33. Руководитель проектированіемъ по архитектурѣ—гражданскій инженеръ Владиміръ Александровичъ *Брандтъ*.

34. По ботаникѣ — магистръ ботаники, титулярный совѣтникъ Николай Васильевичъ *Морковинъ*.

35. По строительной механикѣ (руководитель практическими занятіями по строительной механикѣ) — инженеръ путей сообщенія Григорій Яковлевичъ *Марковъ*.

36. По сопротивленію матеріаловъ — технологъ, коллежскій секретарь Валентинъ Ивановичъ *Мейеръ*.

37. Рисованія — классный художникъ Василій Тимофеевичъ *Перминовъ*.

#### ВРЕМЕННЫЕ ПРЕПОДАВАТЕЛИ:

38. По нѣмецкому языку — магистръ классической филологіи, ординарный профессоръ Императорскаго Варшавскаго Университета Оскаръ Федоровичъ *Базинеръ*.

39. По французскому языку — бакалавръ филологическихъ наукъ, палатный совѣтникъ Карлъ Андреевичъ *Неру*.

40. По конструктивному черченію — военный инженеръ Николай Владиміровичъ *Короткевичъ-Ночесной*, онъ же допущенъ временно по найму къ чтенію лекцій по строительному искусству и архитектурѣ.

41. По топографическому черченію — военный топографъ Константинъ Евграфовичъ *Богдановъ*.

42. По архитектурѣ (руководитель практическими занятіями по составленію архитектурныхъ проектовъ), классный художникъ первой степени Вальдемаръ Александровичъ *Феддерсъ*.

43. По отдѣлу мостовъ — инженеръ путей сообщенія Павелъ Никифоровичъ *Рышковъ*.

44. По курсу химической технологіи — кандидатъ физико-математическихъ наукъ Іосифъ Генриховичъ *Волускій*.

45. Руководитель практическими занятіями по проектированію мостовъ, инженеръ путей сообщенія Константинъ Александровичъ *Оттемейль*.

46. Руководитель занятіями по конструктивному черченію — военный инженеръ Зегржскаго крѣпостнаго инженернаго управленія, капитанъ Евгений Александровичъ *Чербынсовъ*.

47. Гигіены — экстраординарный профессоръ Императорскаго Варшавскаго Университета, коллежскій совѣтникъ Н. Н. *Бруснянинъ*.

#### ШТАТНЫЕ ЛАБОРАНТЫ СТАРШІЕ:

48. При каюдрѣ органической химіи — магистръ фармаціи, коллежскій ассесоръ Казиміръ Станиславовичъ *Славинскій*.

49. При кафедрѣ неорганической химіи, окончившій курсъ наукъ по естественному отдѣленію физико-математическаго факультета Императорскаго С.-Петербургскаго университета, коллежскій ассесоръ Николай Николаевичъ *Нагорновъ*.

50. При кафедрѣ неорганической химіи — кандидатъ физико-математическихъ наукъ, коллежскій ассесоръ Оаддей Игпатьяевичъ *Милобендзкій*.

51. При кафедрѣ физики — кандидатъ физико-математическихъ наукъ, коллежскій ассесоръ Александръ Петровичъ *Постыловъ*.

52. При кафедрѣ геологіи и минералогіи — кандидатъ физико-математическихъ наукъ, коллежскій совѣтникъ Дмитрій Николаевичъ *Соболевъ*.

53. При кафедрѣ органической химіи — провизоръ Вацлавъ Никодемъ (2-хъ именъ) Юсифовичъ *Брыкнеръ*.

54. При кафедрѣ общей химической технологіи окончившій курсъ наукъ въ Императорскомъ С.-Петербургскомъ университетѣ съ дипломомъ первой степени Александръ Никандровичъ *Буляевъ*.

55. При кафедрѣ органической химіи — кандидатъ физико-математическихъ наукъ Николай Александровичъ *Прилежайевъ*.

56. При кафедрѣ физики — кандидатъ физико-математическихъ наукъ Николай Антоновичъ *Линиченко*.

57. При кафедрѣ электротехники — инженеръ технологъ Мечиславъ Владиславовичъ *Пожарскій*.

#### ШТАТНЫЕ ЛАБОРАНТЫ МЛАДШЕ:

58. При кафедрѣ химической технологіи (красильныя вещества) — инженеръ-технологъ Карлъ Людвиговичъ *Ганъ*.

59. При кафедрѣ органической химіи окончившій по первому разряду естественное отдѣленіе физико-математическаго факультета Императорскаго Казанскаго университета Егоръ Егоровичъ *Валнеръ*.

#### СВЕРХШТАТНЫЙ ЛАБОРАНТЪ СТАРШІЙ.

60. При станціи для испытанія матеріаловъ — инженеръ-технологъ Людвигъ Янушевичъ *Жарновскій*.

#### СТИПЕНДІАТЪ ИНСТИТУТА.

61. Технологъ, Василій Пафнутьевичъ *Круссеръ*, командированный въ Россію и за границу для подготовленія къ преподавательской дѣятельности по кафедрѣ металлургіи.

### ИНСПЕКЦІЯ.

62. Инспекторъ студентовъ, окончившій курсъ наукъ по юридическому факультету Императорскаго Варшавскаго университета, статскій совѣтникъ Константинъ Николаевичъ *Капустинъ*.

63. Помощникъ инспектора, окончившій курсъ наукъ по юридическому факультету Императорскаго Московскаго университета, коллежскій ассесоръ Иванъ Андреевичъ *Максименко*.

64. Помощникъ инспектора, надворный совѣтникъ Василій Ивановичъ *Голоскевичъ*.

65. Помощникъ инспектора, окончившій курсъ наукъ по физико-математическому факультету Императорскаго Варшавскаго университета коллежскій ассесоръ Григорій Александровичъ *Стратоновичъ*.

### БИБЛИОТЕКА.

66. Библиотечарь, титулярный совѣтникъ Евгеній Наркисовичъ *Добржинскій*.

67. Помощникъ Библиотечаря, коллежскій ассесоръ Георгій Оеодосьевичъ *Чайковскій*.

### КАНЦЕЛЯРІЯ.

68. Дѣлопроизводитель, окончившій юридическій факультетъ Императорскаго университета Св. Владиміра въ Кіевѣ, коллежскій ассесоръ Василій Осиповичъ *Конашинскій*.

69. Бухгалтеръ Людовикъ Яковлевичъ *Радзивановскій*.

70. Помощникъ Бухгалтера, коллежскій секретарь Александръ Андреевичъ *Терещенко*.

71. и. д. Помощника Дѣлопроизводителя Оома Елеазаровичъ *Малицкій*.

### ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЧАСТЬ.

72. Смотритель зданій, губернский секретарь Леонидъ Михайловичъ *Киткинъ*.

### ПРІЕМНЫЙ ПОКОЙ.

73. Врачъ Института—лекаръ Богданъ Конрадовичъ *Корыбутъ Дашкевичъ*.

74. Фельдшеръ Сигизмундъ Карловичъ *Зярекъ*.

Такимъ образомъ число лицъ, состоявшихъ на службѣ въ Институтѣ въ концѣ 1901—1902 уч. года, было слѣдующее:

Директоръ . . . . .	1
Ординарныхъ профессоровъ . . . . .	7
Экстраординарныхъ профессоровъ . . . . .	4
И. об. экстраординарныхъ профессоровъ . . . . .	3
Штатныхъ преподавателей . . . . .	22
Временныхъ преподавателей . . . . .	10
Лаборантовъ старшихъ . . . . .	10
Лаборантовъ младшихъ . . . . .	2
Временныхъ лаборантовъ . . . . .	1
Стипендіатовъ Института . . . . .	1
Инспекторъ . . . . .	1
Его помощниковъ . . . . .	3
Библіотекаръ . . . . .	1
Его помощникъ . . . . .	1
Дѣлопроизводитель . . . . .	1
Его помощникъ . . . . .	1
Бухгалтеръ . . . . .	1
Его помощникъ . . . . .	1
Смотритель зданій . . . . .	1
Врачъ . . . . .	1
Фельдшеръ . . . . .	1
Всего . . . . .	74

### Совѣтъ Института.

Предсѣдатель — Директоръ Института, члены — ординарные и экстраординарные профессора. Секретарь Совѣта — профессоръ И. О. Юатовъ.

Въ составъ собранія соединенныхъ Отдѣленій входятъ все профессоры соответствующихъ отдѣленій подъ предсѣдательствомъ Директора Института. Протоколы засѣданій ведутся по очереди секретаремъ Совѣта и секретарями отдѣленій.

### Правленіе Института.

Предсѣдатель — Директоръ Института А. Е. Лаоріо, члены — Деканы Отдѣленій: 1) химическаго — Е. Е. Вацнеръ, 2) механическаго — В. А. Анисимовъ, 3) инженерно строительнаго — В. І. Дейчъ и инспек-

торъ студентовъ К. Н. *Капустинъ*. Въ составъ Правленія при разсмотрѣннн вопросовъ, указанныхъ въ § 77 Устава Института, приглашаются три члена, извѣстныхъ своею дѣятельностью на поприщѣ промышленности въ губерніяхъ Царства Польскаго, назначенныхъ Варшавскимъ Генераль-Губернаторемъ: Баронъ Леопольдъ Леопольдовичъ *Кроненбергъ*, Графъ Феликсъ Викторовичъ *Чацкій* и Мануфактуръ Советникъ Юлій Яковлевичъ *Жуницеръ*. Секретаремъ Правленія состоитъ Дѣлопроизводитель Института В. О. *Комшинскій*.

### Командировки и поѣздки съ научною цѣлью.

1. Профессоромъ А. Е. Лагорио была совершена геологическая экскурсія на черноморское побережье Кавказа.

2. Были командированы съ научною цѣлью: а) Въ гор. С.-Петербургъ на съѣздъ естествоиспытателей профессора: Е. Е. Вагнеръ, П. Б. Делоне, В. А. Соловина, и. об. экстраординарнаго профессора Д. А. Хардинъ, преподаватели: И. О. Чорба, И. Р. Брайцевъ, Н. В. Морковинъ, В. И. Мейеръ, В. И. Исаевъ, лаборанты: К. С. Славинскій, Н. Н. Нагорновъ, О. И. Милобедзкій, А. П. Поспѣловъ, Д. Н. Соболевъ, А. О. Флеровъ, В. I. Брыкнеръ, А. Н. Бѣляевъ, П. А. Линниченко, П. А. Прилежаевъ, К. Л. Ганъ и Е. Е. Вагнеръ. б) Въ гор. Москву на Всероссийскій Электротехническій Съѣздъ и. об. экстраординарнаго профессора А. В. Вульфъ и лаборантъ М. В. Пожарискій. в) За границу—преподаватели: В. А. Бернацкій, С. А. Окольскій, В. К. Рофе, В. И. Мейеръ, В. А. Брандтъ, Л. С. Васильевъ, Г. I. Ерчиковскій, В. И. Исаевъ и лаборантъ В. I. Брыкнеръ. г) На черноморское побережье Кавказа лаб. Д. Н. Соболевъ.

### Научные труды лицъ учебнаго персонала.

Проф. В. А. Анисимовъ. 1) „Sur les hauteurs du maximum de l'éclairement des aires données". Bulletin Darboux, 1899 t. XXIII. 2) „Къ теоріи геодезическихъ кривыхъ" Варш. Унив. Изв. 1901. VII. 3) Добавленіе къ предыдущей статьѣ. Тамъ же, 1901. IX. 4) „Къ вопросу объ интегрированіи обыкновенныхъ дифференціальныхъ уравненій при помощи комплексныхъ переменныхъ". Тамъ же, 1902. II. 5) „Уравненія асимптотъ алгебраическихъ кривыхъ на плоскости" Матем. Сборн., 1901 г. т. XXII. 6) „Sur la théorie des courbes géodésiques". Ann. de l'Ec. Norm., 3 me série t. XVIII, 1901. 7) Complément au Mémoire précédent. Ibidem, 1901—1902. 8) Note sur l'intégration des équations dif-

ferentielles ordinaires au moyen des variables complexes". *Math. Ann.* 1902, Bd. LVI. Крім того редакуіровали літографірованныя курсы, издаанныя Институтомъ: алгебраическій анализъ и аналитическую геометрію для студентовъ I к. мех. и инж.-стр. отдѣленій и аналитическую геометрію и математику (нач. диффер. и интегр. исч. съ приложеніями) для студ. I к. хим. отд.

Проф. *Н. В. Делоне*. 1) „Курсъ Теоретической Механики для техникувъ и инженеровъ“. Изданіе К. А. Риккера, С.-Пб. 1902. 2) „О кинематическомъ вычислительѣ эллиптическихъ функцій“. Труды Отд. Физ. Наукъ Общ. Люб. Естествозн., т. XI. 3) „Графическое построеніе эллиптическихъ функцій“. Матем. Сборн. т. XXIII. 4) „Sur les calculateurs cinématiques des fonctions elliptiques“. *Bull. des Sciences Math.* t. XXVI, 2-e série.

Проф. *А. В. Вульфъ*. „Объ уравнительной способности сѣтей“.

Преп. *С. А. Окольскій*. „О примѣненіи спирта въ технику“.  
Варш. Дневн. 1902 г.

Преп. *Л. С. Васильевъ*. „Отчетъ о командировкѣ за границу“.

Преп. *Д. Д. Мордухай-Волтовской*. „Объ одномъ обобщеніи теоремы Абеля“. Сообщенія Харьк. Мат. Общества, Апрель 1902 г.

Преп. *И. Р. Браицевъ*. 1) „Къ вопросу объ интегрированіи уравненія  $\Delta_n(u) = 0$ “. Мат. Сборн., т. XXI. 2) „Къ вопросу объ интегрированіи смѣшанныхъ линейныхъ уравненій посредствомъ определенныхъ интеграловъ“. Мат. Сб. т. XXII. 3) „Объ одномъ классѣ дифференціальныхъ линейныхъ уравненій, интегралы которыхъ обладаютъ нѣкоторыми свойствами гармоническихъ и потенціальныхъ функцій“. Мат. Сб. т. XXII. 4) „Къ вопросу объ интегрированіи совокупныхъ системъ дифференціальныхъ и разностныхъ линейныхъ уравненій посредствомъ определенныхъ интеграловъ“. Мат. Сб. т. XXII. 5) „Методъ интегрировать линейныя разностныя уравненія при помощи безконечныхъ рядовъ“. Мат. Сб. т. XXII. 6) „О нѣкоторыхъ дифференціальныхъ и разностныхъ линейныхъ уравненіяхъ, интегрируемыхъ посредствомъ определенныхъ интеграловъ“. Изв. Варш. Полит. Инст. 1900 и 1901 г. 7) „Двѣ теоремы, относящіяся къ интеграламъ уравненія  $\Delta_k(u) = 0$ “. Мат. Сб. т. XXIII.

Преп. *О. Э. Базинеръ*. 1) Народныя сказанія о происхожденіи дѣтей“. Варш. Унив. Изв. 1902 г. — Май. 2) „Идея о прошедшемъ и будущемъ золотомъ вѣкѣ человѣчества. Русская Мысль 1902 г. — Ноябрь. 3) „Новыя пріобрѣтенія кабинета гипсовыхъ фигуръ, состоящаго при Императорскомъ Варшавскомъ Университетѣ“. Варш. Дневн. 1902 г. — 26 Февраля.

Лаб. *М. В. Пожарискій*. „Курсъ электротехническихъ измѣреній часть 1-я“. Изданіе литографірованное.

## Учащіеся въ Институтѣ.

### Результаты конкурсныхъ испытаній.

Въ 1901 году порядокъ конкурсныхъ испытаній былъ такой же какъ и въ прошломъ 1900 году. Причемъ на 212 свободныхъ вакансій поступило прошеній отъ лицъ, желающихъ поступить въ Институтъ 572 въ томъ числѣ отъ 4 лицъ, имѣющихъ право быть принятыми безъ экзамена. Впослѣдствіи не явилось къ экзамену 89 человекъ. Изъ числа остальныхъ 479 человекъ, приступившихъ къ экзаменамъ, экзаменовалось до конца только 463 человекъ.

По обсужденіи отбѣтокъ экзаменовавшихся лицъ, минимальная сумма балловъ по четыремъ предметамъ (русскому, алгебрѣ, геометріи съ тригонометріей и физикѣ), необходимыхъ для принятія въ число студентовъ, установлена Правленіемъ для христіанъ  $11\frac{1}{3}$  и для евреевъ 16. При этомъ оказалось, что 19 христіанъ съ балломъ  $11\frac{1}{3}$  и 3 еврея съ балломъ 16 не были приняты въ число студентовъ Института по недостатку вакансій.

Принятое же число распределено по отдѣленіямъ въ слѣдующемъ видѣ:

Механическое . . . . .	84
Инженерно-строительное . . . . .	73
Химическое . . . . .	55
Итого . . . . .	<u>212 человекъ.</u>

### Переходныя испытанія.

Переходныя испытанія въ концѣ 190<sup>0</sup>/<sub>1</sub> уч. года, происходившія вообще въ маѣ 1901 г., были отложены нѣкоторымъ студентамъ до осени того же года и потому результаты этихъ испытаній выяснились лишь въ началѣ 190<sup>1</sup>/<sub>2</sub> уч. года. Они представлены въ нижеслѣдующей таблицѣ:



*Результаты переходных испытаний, происходивших весной и осенью 1901 года.*

Отдѣленіе	Курсы	Переве- дены	Оставле- ны на 2 годъ	Оставле- ны на 3 годъ	Уволены	ВСЕГО
Механичес- кое	I	72	16	—	22	110
	II	77	29	3	9	118
	III	56	6	—	1	63
Итого . . . .		205	51	3	32	291
Инж.-стро- ительное	I	63	15	—	26	104
	II	27	22	—	6	55
	III	25	4	—	—	29
Итого . . . .		115	41	—	32	188
Химическое	I	36	5	—	22	63
	II	40	13	—	4	57
	III	30	3	—	—	33
Итого . . . .		106	21	—	26	153
ВСЕГО . . . .		426	113	3	90	632

Въ концѣ отчетнаго (1901<sup>1</sup>/<sub>2</sub> уч. г.) введена предметная система преподаванія въ Институтѣ, по которой переходныя испытанія остались только на I курсѣ (см. прилож. къ отчету). Результаты ихъ были слѣдующіе.

*Результаты переходных испытаний на I курсѣ въ концѣ 1901—2 уч. года.*

Названіе отдѣленій	Оставлено на I курсѣ на второй годъ	Переведено на старшіе семестры	Уволено	ВСЕГО
Механическое . . . . .	5	82	12	99
Инженерно-Строительное	15	33	57	105
Химическое . . . . .	2	65	5	72
ИТОГО . . . . .	22	180	74	276

**РАСПРЕДѢЛЕНІЕ УЧАЩИХСЯ ПО ОТДѢЛЕНІЯМЪ, КУРСАМЪ, ВЪРОИСПОВѢДАНІЯМЪ, СОСЛОВІЯМЪ И ПР.**

	О Т Д Ѣ Л Е Н І Я												И т о г о				В С Е Г О
	Механическое				Инженерно-строительн.				Химическое								
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
Состояло на лицо къ 1-му января 1901 г. . . .	111	118	63	—	106	57	29	—	63	58	32	—	280	233	124	—	637
Въ теченіе 1901 года:																	
выбыло . . . . .	35	44	16	—	43	10	—	—	22	5	—	—	100	59	16	—	175
поступило . . . . .	100	40	18	2	102	21	1	—	74	3	1	—	276	64	20	2	360
Въ томъ числѣ оставшихся на 2-й и 3-й годы на курсѣ . . . . .	21	37	15	—	21	22	4	—	5	13	2	—	47	72	21	—	140
Переведено на старшіе курсы . . . . .	—	76	74	47	—	63	25	25	—	36	40	30	—	175	139	102	416
Состояло на лицо къ 1-му января 1902 г. . . .	100	116	92	49	102	84	30	25	74	52	47	33	276	252	169	107	804
<b>Распредѣленіе учащихся:</b>																	
<i>А. По исповѣданію:</i>																	
православныхъ . . . . .	8	5	4	4	16	12	4	5	5	7	6	5	29	24	14	14	81
римско-католиковъ . . . .	77	98	58	27	63	46	21	20	60	30	26	24	200	174	105	71	550
евангел.-аугсбургск. . . .	4	6	6	2	5	5	2	—	2	3	1	1	11	14	9	3	37
единовѣрцевъ . . . . .	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	2	—	—	—	2
армяно-григоріанъ . . . . .	1	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	4	—	—	—	4
иудеевъ . . . . .	7	7	24	16	15	21	2	—	3	12	14	3	25	40	40	19	124
англиканскаго . . . . .	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	2
реформатскаго . . . . .	2	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	2	—	1	—	3
магометанъ . . . . .	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1
<b>Итого . . . . .</b>	<b>100</b>	<b>116</b>	<b>92</b>	<b>49</b>	<b>102</b>	<b>84</b>	<b>30</b>	<b>25</b>	<b>74</b>	<b>52</b>	<b>47</b>	<b>33</b>	<b>276</b>	<b>252</b>	<b>169</b>	<b>107</b>	<b>804</b>
<i>Б. По сословіямъ:</i>																	
Дворянъ и сыновей чиновниковъ . . . . .	62	76	42	25	59	43	19	20	49	26	22	26	170	145	83	71	469
Почетн. гражданъ и купцовъ I гильдіи . . . . .	—	—	1	1	1	2	—	—	2	2	1	2	3	4	2	3	12
Духовнаго званія . . . . .	2	2	—	1	2	—	—	1	1	2	—	—	5	4	—	2	11
Военнаго сословія . . . . .	—	—	2	—	1	1	—	—	—	—	1	—	1	1	3	—	5
Мѣщанъ, купцовъ II гильдіи и ремесленниковъ . . . . .	33	36	42	22	30	36	10	3	19	20	21	5	82	92	73	30	277
Крестьянъ . . . . .	3	1	4	—	7	1	1	1	1	1	2	—	11	3	7	1	22
Иностранцевъ . . . . .	—	1	1	—	2	1	—	—	2	1	—	—	4	3	1	—	8
<b>Итого . . . . .</b>	<b>100</b>	<b>116</b>	<b>92</b>	<b>49</b>	<b>102</b>	<b>84</b>	<b>30</b>	<b>25</b>	<b>74</b>	<b>52</b>	<b>47</b>	<b>33</b>	<b>276</b>	<b>252</b>	<b>169</b>	<b>107</b>	<b>804</b>



**Стипендии въ Институтѣ въ 1901 году.**

Наименованіе стипендіи	Сумма, назначенная по емѣтѣ		Число учрежден-ныхъ стипендіи	Размѣръ стипендіи въ годѣ		Число стипендіатовъ, кото-рые пользо-вались ими			Примѣчанія
	Руб.	к.		Руб.	к.	Въ I по-лудіи	Во II по-лудіи	ВСЕГО	
а) Казенныя стипендіи.									
Не было.	—	—	—	—	—	—	—	—	
б) Стипендіи на капиталы, завѣщанные и пожертвованные Институту, составляющіе спеціальныя средства Института:									
1) имени Дѣйств. Тайнаго Совѣтн. Кербедзя . . . . .	256	50	1	256	50	1	1	1	
2) имени Маріи Янковской	589	—	5	117	80	5	5	5	
3) имени Ю. А. Вертгейма	1000	—	20	198	36	—	20	20	
в) Капиталы, составляющіе спеціальныя средства Института, но имѣющіе на-значеніемъ выдачу пособій:									
Не было.	—	—	—	—	—	—	—	—	
г) Стипендіи отъ разныхъ вѣдомствъ, учред. и лицъ:									
1) Отъ Варш. Учеб. Окр. по записи Сѣраковской . . .	450	—	3	150	—	3	3	3	
Его же	60	—	1	120	—	—	1	1	
2) Отъ Варш. Учебнаго Окр. по записи Ордени . . . . .	200	—	2	100	—	2	2	2	
3) Отъ Варш. Учебнаго Окр. по записи Убыша . . . . .	47	—	1	47	—	1	1	1	
4) Отъ Варш. Учебнаго Окр. по записи Мишкеля . . . . .	120	—	1	120	—	1	1	1	
5) Отъ Варш. Уч. Окр. по записи Ел. Кариковскаго . . .	45	—	1	90	—	1	—	2	
Его же	90	—	1	180	—	—	1		
6) Отъ Варш. Учебнаго Окр. по записи Каминскаго . . . . .	700	—	7	100	—	7	7	13	
Его же	60	—	2	60	—	2	—		
Его же	120	—	2	120	—	—	2		
Его же	300	—	2	200	—	1	2		
7) Отъ Гатчинскаго Си-ротскаго Института Импе-ратора Николая I . . . . .	180	—	1	180	—	1	1	1	
8) Отъ Гос. Контр. стип. им. Статей-Секр. Сольскаго	358	06	1	358	06	1	1	1	
9) Отъ Управл. акцизны-ми сборами Варш. и Сѣдл.-губ. стипендіи имени Дѣйств. Стате. Совѣтн. барона П. В. Штейнгеля . . . . .	228	—	1	228	—	1	1	1	
Итого . . . . .	4803	56							

## Денежные обороты Института в 1901 году.

№№ по порядку	Приходь денежных средств	Изъ поступлений				ИТОГО
		до отчетнаго года		отчетнаго года		
		Рубли и копейки				
	<b>Изъ суммъ Госуд. Казначейства.</b>					
1	На содержаніе Института . . . . .	—	—	227037	50	227037 50
2	На усиленіе средствъ Института . . .	—	—	30140	—	30140 —
3	Личныя прибавки . . . . .	—	—	2288	75	2288 75
4	На путевое пособіе . . . . .	—	—	2800	—	2800 —
5	На воспитаніе дѣтей . . . . .	—	—	804	03	804 03
6	Содержаніе 5-ой повѣрочной Палатки. .	—	—	14000	—	14000 —
	<b>Итого изъ суммъ Госуд. Казначейства .</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>277070</b>	<b>28</b>	<b>277070 28</b>
7	Поступило отъ студентовъ и вольнослушателей платы за слушаніе лекцій . . .	—	—	56400	—	56400 —
8	Стипендіальные капиталы . . . . .	21576	77	127549	91	149126 68
9	Проценты отъ стипендіальн. капиталовъ.	162	53	1845	50	2008 03
10	Пособія, полученныя отъ разныхъ лицъ и мѣсть для выдачи студентамъ . . . .	1630	64	4518	62	6119 26
	Стипендіи въ пользу студентовъ Инст., состоящія въ распоряж. др. лицъ и учрежд.:					
11	Имени Дѣйств. Ст. Сов. Штейнгеля .	6000	—	—	—	6000 —
	<b>Итого за 1901 г. .</b>	<b>29369</b>	<b>94</b>	<b>467384</b>	<b>31</b>	<b>496754 25</b>

Примѣчанія: 1) Въ 1901 году выдано въ пособіе студентамъ  
 2) Освобождено отъ платы за ученіе:  
 Въ 1 полугодіи 112 студентовъ  
 " " " 40 " "  
 " " " 172 " "  
 " " " 38 " "

## Денежные обороты Института в 1901 году.

Расход денежных средств	Сумма расхода		Осталось	
	Рубли	копейки		
<b>Изъ суммъ Государственнаго Казначейства.</b>				
На содержаніе личнаго состава профессоръ, преподавателей и служащихъ . . . . .	137362	50	—	—
На пособия студ. и служащимъ изъ суммъ Инст.	8608	35	—	—
На содерж. учебно-вспом. учрежд., учебныя пособия, командировки, лѣтнія занятія и экскурси .	67928	08	—	—
На пополненіе бібліотеки . . . . .	7368	95	—	—
На отопленіе, освѣщеніе, чистоту и проч. хоз. расходы . . . . .	22040	97	—	—
На канцелярскіе расходы, содержаніе писцовъ, бланки, печатныя работы и содержаніе прислуги .	13373	65	—	—
На содержаніе пріемнаго покоя . . . . .	500	—	—	—
На путевое пособіе . . . . .	2800	—	—	—
На воспитаніе дѣтей . . . . .	804	03	—	—
На личныя прибавки . . . . .	2288	75	—	—
На содержаніе 5-й Повѣрочной Палатки. . .	14000	—	—	—
	277070	28	—	—
Внесено въ доходъ Государств. Казначейства.	56400	—	—	—
Стипендіальные капиталы. . . . .	—	—	149126	68
Выдано въ теченіе года . . . . .	1789	91	218	12
"    "    "	5582	64	566	62
Проценты отъ сего капитала выдаются непосредственно Варшавско-Сѣдлецкимъ акциз. Упр. стипендіату студенту Института . . . . .	—	—	6000	—
	340842	83	155911	42
изъ суммъ Института . . . . .	6545	35		
по 50 руб. на сумму . . . . . 5600 руб.				
" 25 " " . . . . . 1000 "				
" 50 " " . . . . . 8600 "				
" 25 " " . . . . . 950 "				
<b>Итого на . . . . .</b>	16150	—		

## Имущество Института въ 1901 году.

№ по порядку	Названіе отдѣльныхъ учрежденій Института	Къ 1 Января 1901 г. состояло:				Въ теченіе 1901 г. приобрѣтено:			
		№№	Предметовъ	На сумму		№№	Предметовъ	На сумму	
				Руб.	к.			Руб.	к.
1	Физическій кабинетъ . . . . .	852	1274	23211	02	92	128	3994	20
2	Минералогическій кабинетъ . . . . .	336	7291	14964	20	148	972	11699	17
3	Лабораторія органич. химіи . . . . .	111	412	2902	92	278	2041	11685	47
4	Геодезическій кабинетъ . . . . .	211	265	7452	97	25	65	891	77
5	Чертежныя . . . . .	722	3163	12699	26	64	2516	9641	21
6	Рисовальная . . . . .	174	862	2415	33	22	96	1007	50
7	Кабинетъ теорет. механики . . . . .	138	212	2813	18	12	37	674	74
8	Кабинетъ строительнаго искусства . . . . .	147	468	1760	30	282	958	5157	87
9	Кабинетъ ботаническій . . . . .	130	367	3975	63	49	115	2527	36
10	Общія помѣщенія . . . . .	226	2356	14902	97	49	1623	4961	85
11	Библіотека . . . . .	76	155	1139	99	1	3	19	50
12	Канцелярія . . . . .	113	198	2886	58	55	136	3767	57
13	Пріемный покой . . . . .	34	52	515	85	16	43	418	30
14	Лабораторія неорганич. химіи . . . . .	368	2251	11952	26	39	290	1216	41
15	Кабинетъ практич. механики . . . . .	93	514	6414	12	11	17	758	87
16	Отдѣлъ подъем. и дет. машинъ . . . . .	—	—	—	—	7	8	38	95
17	Отдѣлъ гидравлики . . . . .	7	10	28	56	130	199	1992	55
18	Станція испыт. котловъ и машинъ . . . . .	—	—	—	—	55	151	63368	89
19	Кабинетъ технол. строит. матеріаловъ . . . . .	—	—	—	—	1	5	11	25
20	Кабинетъ технол. волокнист. веществъ . . . . .	—	—	—	—	67	101	14824	30
21	Электротехнич. лабораторія . . . . .	—	—	—	—	93	343	13727	12
22	Физико-химическая лабор. . . . .	—	—	—	—	150	249	5964	47
23	Лабораторія общей химич. технологии . . . . .	—	—	—	—	50	54	1502	59
24	Лабораторія пигментовъ . . . . .	—	—	—	—	128	436	4731	61
25	Станція испытанія матеріаловъ . . . . .	—	—	—	—	225	220	9645	29
26	Лабораторія химич. технол. углеводовъ . . . . .	—	—	—	—	187	844	5328	16
27	Механическія мастерскія . . . . .	—	—	—	—	67	71	9566	06
28	Отдѣлъ сельско-хозяйств. машинъ и орудій . . . . .	—	—	—	—	27	29	316	50
Всего . . . . .		3738	19850	110035	14	2330	11750	189439	53

## Имущество Института въ 1901 году.

Въ теченіе 1901 г. исключено.				Къ 1 января 1902 г. состояло:				Названіе отдѣльныхъ учреждений Института.	№ по порядку
№№	Предметовъ	На сумму		№№	Предметовъ	На сумму			
		Руб.	к.			Руб.	к.		
—	—	—	—	944	1402	27205	22	Физическій кабинетъ . . . . .	1
—	—	—	—	484	8263	26663	37	Минералогическій кабинетъ.	2
—	—	—	—	389	2453	14588	39	Лабораторія органич. химіи	3
—	—	—	—	236	330	8344	74	Геодезическій кабинетъ . . .	4
—	—	—	—	786	5679	22340	47	Чертежныя . . . . .	5
—	—	—	—	196	958	3422	83	Рисовальная . . . . .	6
—	—	—	—	150	249	3487	92	Кабинетъ теорет. механики	7
—	—	—	—	—	—	—	—	Кабинетъ строительнаго ис-	8
—	—	—	—	429	1426	6918	17	кусства . . . . .	9
1	2	18	52	178	480	6484	47	Кабинетъ ботаническій . . .	9
1	3	12	—	274	3976	19852	82	Общія помѣщенія . . . . .	10
—	—	—	—	77	158	1159	49	Библіотека . . . . .	11
—	—	—	—	168	334	6654	13	Канцелярія . . . . .	12
—	—	—	—	50	95	934	15	Пріемный покой . . . . .	13
—	—	—	—	407	2541	13168	67	Лабораторія неорган. химіи .	14
—	—	49	50	104	531	7123	49	Кабинетъ практич. механики	15
—	—	—	—	—	—	—	—	Отдѣлъ подъем. и дет. ма-	16
—	—	—	—	7	8	38	95	шинъ . . . . .	16
—	—	—	—	137	209	2021	11	Отдѣлъ гидравлики . . . . .	17
—	—	—	—	—	—	—	—	Станція испыт. котловъ и	18
—	—	—	—	55	151	63368	89	машинъ . . . . .	18
—	—	—	—	—	—	—	—	Кабинетъ технол. строит. ма-	19
—	—	—	—	1	5	11	25	териаловъ . . . . .	19
—	—	—	—	—	—	—	—	Кабинетъ технол. волокнист.	20
—	—	—	—	67	101	14824	30	веществъ. . . . .	20
—	—	—	—	93	343	13727	12	Электротехнич. лабораторія .	21
—	—	—	—	150	249	5964	47	Физико-химическая лабор. . .	22
—	—	—	—	—	—	—	—	Лабораторія общей химич.	23
—	—	—	—	50	54	1502	59	технологіи . . . . .	23
—	—	—	—	128	436	4731	61	Лабораторія пигментовъ . . .	24
—	—	—	—	—	—	—	—	Станція испытанія матеріа-	25
—	—	—	—	225	220	9645	29	ловъ . . . . .	25
—	—	—	—	—	—	—	—	Лабораторія химич. технол.	26
—	—	—	—	187	844	5328	16	углеводовъ . . . . .	26
—	—	—	—	67	71	9566	06	Механическія мастерскія . . .	27
—	—	—	—	—	—	—	—	Отдѣлъ сельско-хозяйств. ма-	28
—	—	—	—	27	29	316	50	шинъ и орудій . . . . .	28
2	5	80	02	6066	31595	299394	65		



## Отчетъ библіотени Института за 1901 г.

	Названій	Томовъ	На сумму	
			Руб.	коп.
Книги: Къ 1 января 1901 г. состояло . . . . .	1717	2337	9990	18
Получено въ даръ . . . . .	303	355	632	53
Приобрѣтено за деньги . . . . .	434	965	3219	22
<hr/>				
Состояло къ 1 января 1902 г. . . . .	2454	3657	13841	93
Брошюры: Къ 1 января 1901 г. состояло . . . . .	611	640	309	47
Поступило въ даръ . . . . .	130	130	58	15
Приобрѣтено за деньги . . . . .	51	70	62	83
<hr/>				
Состояло къ 1 января 1902 г. . . . .	792	840	430	45
Атласы: Къ 1 января 1901 г. состояло . . . . .	196	227	1432	74
Поступило въ даръ . . . . .	39	43	259	30
Приобрѣтено за деньги . . . . .	35	40	445	78
<hr/>				
Состояло къ 1 января 1902 г. . . . .	270	310	2137	82
Справочн. книги: Къ 1 января 1901 г. состояло . . . . .	12	81	334	93
Въ 1901 г. поступленийъ не было.				
Дублиеты: Къ 1 января 1901 г. состояло . . . . .	28	56	64	85
Въ 1902 г. поступленийъ не было.				
Період. изданія: Къ 1 января 1901 г. состояло . . . . .	207	1684	6129	70
Поступило въ даръ . . . . .	29	135	203	25
Приобрѣтено за деньги . . . . .	47	2057	4918	75
<hr/>				
Состояло къ 1 января 1902 г. . . . .	283	3876	11550	70
Всего къ 1 января 1901 г. состояло . . . . .	2771	5025	18560	87
Въ теченіе 1901 г. поступило . . . . .	1068	3795	9799	81
Къ 1 января 1902 г. состояло . . . . .	3839	8820	28360	68

На домъ было выдано изъ библіотеки въ теченіе 1901 года 2911 названій.

Въ 1901 году былъ изданъ каталогъ книгъ, поступившихъ въ библіотеку въ 1900 году, въ который вошло 2116 названій.

## П Р А В И Л А

### для прохожденія курса по предметной системѣ въ Варшавскомъ Политехническомъ Институтѣ ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II.

---

#### § 1.

Всѣ изучаемыя предметы и выполняемыя занятія распределяются по порядку ихъ послѣдовательности и взаимной зависимости съ такимъ расчетомъ, чтобы полный курсъ могъ быть пройденъ въ теченіе 4-хъ лѣтъ, раздѣленныхъ: на 1-й курсъ (1-й и 2-й семестры) и на 6-ть старшихъ семестровъ отъ 3 го до 8-го. На химическомъ отдѣленіи полный курсъ раздѣляется на младшій (1-й и 2-й семестры), старшій (3 — 6 семестры) и спеціальный (7—8 семестры) курсы. Послѣдовательность изученія отдѣльныхъ предметовъ утверждается Совѣтомъ Института.

#### § 2.

Слушаніе курсовъ, выдержаніе испытаній и выполненіе отдѣльныхъ работъ приурочивается къ опредѣленнымъ срокамъ отдѣльныхъ семестровъ, при этомъ студентамъ предоставляется возможность избирать самостоятельно какъ періодъ для сдачи испытаній (см. § 7), такъ и сроки выполненія отдѣльныхъ работъ при соблюденіи послѣдовательности (см. схему) и нижеуказанныхъ (§ 14) условій, ограничивающихъ время пребыванія въ Институтѣ.

§ 3.

Предметная система не распространяется на слѣдующіе предметы перваго курса (1-й и 2-й семестры) на механическомъ и инженерно-строительномъ отдѣленіяхъ:

1. Алгебраическій анализъ.
2. Аналитическая геометрія.
3. Дифференціальное и интегральное исчисленіе.
4. Теоретическая механика.
5. Начертательная геометрія.
6. Геодезія.

На химическомъ отдѣленіи:

1. Математика и
2. Начертательная геометрія,

экзамены по которымъ назначаются въ концѣ втораго семестра и производятся въ томъ же порядкѣ, какъ при прежней курсовой системѣ.

*Примѣчаніе.* Отложеніе какого нибудь экзамена изъ перечисленныхъ предметовъ на осень ни въ какомъ случаѣ не разрѣшается въ виду конкурса.

§ 4.

Графическія работы 1-го и 2-го семестра должны быть выполнены по существующимъ правиламъ въ назначенные сроки; невыполненіе части работъ можетъ служить причиною недопущенія къ переводнымъ испытаніямъ.

§ 5.

Практическія занятія по теоретическимъ предметамъ ведутся одновременно съ читаемыми курсами; къ экзаменамъ допускаются лишь тѣ студенты, коимъ отдѣленіемъ зачтены соответственныя практическія занятія.

§ 6.

Недопущенные къ переводнымъ испытаніямъ съ 1-го курса на старшіе семестры или невыдержавшіе одного изъ перечисленныхъ испытаній увольняются изъ Института и могутъ быть приняты обратно осенью на тѣхъ же условіяхъ, какъ и вновь поступающіе въ Институтъ на 1-й курсъ.

*Примѣчаніе.* Поступившимъ на младшій курсъ вторично время перваго пребыванія на курсѣ не засчитывается. Они считаются вновь поступившими.

§ 7.

Испытанія на старшихъ семестрахъ по всѣмъ, кромѣ поименованныхъ въ п. 3, предметамъ производятся въ три періода: 1) осенній періодъ въ началѣ учебнаго года, 2) рождественскій періодъ въ концѣ осенняго и въ началѣ весенняго и 3) весенній періодъ въ концѣ весенняго семестра.

*Примѣчаніе 1.* Въ назначенныхъ экзаменаціонныхъ періодахъ испытанія какъ по группамъ, такъ и для отдѣльныхъ студентовъ производится отнюдь не могутъ.

*Примѣчаніе 2.* Испытаніе производится по послѣдней экзаменаціонной программѣ.

*Примѣчаніе 3.* Лица, принятыя, согласно части 1 ст. 33 уст. Института, въ число студентовъ непосредственно на старшіе семестры, должны до предварительнаго допущенія къ очереднымъ экзаменамъ сдать всѣ графическія работы и экзамены 1-го курса.

§ 8.

Каждый экзаменаціонный періодъ продолжается не болѣе 6-ти послѣдовательныхъ учебныхъ дней.

§ 9.

Какъ испытанія, такъ и оцѣнка работъ, представляемыхъ студентами, производится въ комиссіяхъ, время собранія которыхъ назначается заблаговременно; комиссія состоитъ изъ экзаменатора или руководителя занятіями, ассистента и предсѣдателя—декана.

§ 10.

Студентъ старшихъ семестровъ, невыдержавшій испытанія, можетъ приступить къ повторительному испытанію въ одинъ изъ послѣдующихъ экзаменаціонныхъ періодовъ. Въ одинъ и тотъ же періодъ по каждому отдѣльному предмету можно экзаменоваться только одинъ разъ.

*Примѣчаніе.* Заявленія объ экзаменахъ, предполагаемыхъ къ сдачѣ въ осенній періодъ, дѣлаются до истеченія предыдущаго весенняго періода.

§ 11.

Въ случаѣ желанія студента, отмѣтка, которою комиссія оцѣниваетъ его знаніе, не выставляется, и тогда онъ можетъ приступить къ испытанію вновь въ одинъ изъ послѣдующихъ экзаменаціонныхъ періо-

довъ. Въ одинъ и тотъ же періодъ по каждому отдѣльному предмету можно экзаменоваться одинъ разъ.

§ 12.

Всѣ удовлетворительныя отмѣтки, выставленныя на испытаніяхъ или въ оцѣночныхъ комиссіяхъ на старшихъ семестрахъ, считаются окончательными и никакимъ измѣненіямъ путемъ повторительныхъ испытаній или путемъ передѣлыванія работъ или проектовъ до окончанія курса не подлежатъ.

§ 13.

Отмѣтки 3, 4, полученныя студентами 1-го курса, зачисляются въ экзаменаціонные списки также, какъ окончательныя по данному отдѣлу, и исправленію путемъ повторительнаго испытанія на старшихъ курсахъ не подлежатъ.

§ 14.

Студенты старшихъ семестровъ подлежатъ увольненію изъ Института за неуспѣшность въ слѣдующихъ случаяхъ: а) если общее число лѣтъ пребыванія на отдѣленіи превышаетъ 6 лѣтъ т. е. 12 семестровъ. Число лѣтъ пребыванія студентовъ химическаго отдѣленія на старшемъ курсѣ не можетъ быть болѣе 4-хъ. Если послѣ четырехлѣтняго пребыванія на старшемъ курсѣ (3—6 семестры), при общемъ пребываніи на младшемъ и старшихъ курсахъ (1—6 семестры), не превышавшемъ 5-ти лѣтъ, студентъ химическаго отдѣленія не будетъ допущенъ на спеціальнѣйшій курсъ. б) Если по истеченіи 10-ти семестровъ на инженерно-строительномъ и химическомъ отдѣленіяхъ и 11-ти семестровъ на механическомъ отдѣленіи студентъ не приступитъ къ спеціальнымъ проектамъ и работамъ. в) Если въ теченіе двухъ смежныхъ семестровъ студентъ по неуважительнымъ причинамъ не исполнилъ ни одной работы и не сдалъ ни одного испытанія.

*Примѣчаніе.* Для студентовъ первыхъ трехъ выпусковъ и, п. а и б настоящаго параграфа могутъ подлежать измѣненію.

§ 15.

Студенты старшихъ семестровъ, начиная съ 3-го, заявляютъ письменно декану за двѣ недѣли до начала каждого экзаменаціоннаго періода о желаніи приступитъ къ испытаніямъ по тѣмъ предметамъ, которые они имѣли возможность прослушать при условіи соблюденія послѣдовательности прохожденія предметовъ и выполненія связанныхъ съ эти-

ми предметами занятій (согласно схемъ). Къ каждому экзаменаціонному періоду отдѣленіемъ составляются списки студентовъ отдѣльно на каждый предметъ и на каждый экзаменаціонный день предмета. Студентъ, неявившійся по неуважительнымъ причинамъ въ соответствующій день, не допускается къ испытаніямъ по этому предмету въ другіе дни и можетъ экзаменоваться лишь въ слѣдующій экзаменаціонный періодъ.

§ 16.

Въ началѣ каждого полугодія студенты старшихъ семестровъ получаютъ письменно разрѣшеніе декана на тѣ лабораторныя занятія и графическія работы, которыя они желаютъ выполнить при условіи соблюденія послѣдовательности (см. схему) для того, чтобы участвующіе въ занятіяхъ могли быть своевременно распределены по группамъ и каждый студентъ могъ получить мѣсто для занятій.

§ 17.

Каждому студенту предоставляется отдѣленіемъ право пользоваться чертежными, лабораторіями и другими учебно-вспомогательными учрежденіями Института только въ теченіе строго опредѣленнаго времени. Дальнѣйшее же пользованіе ими можетъ быть предоставлено только при наличности свободныхъ мѣсть.

**П Р А В И Л А**  
**о б ъ о к о н ч а т е л ь н ы х ъ и с ы т а н і я х ъ**  
**В а р ш а в с к а г о П о л и т е х н и ч е с к а г о И н с т и т у т а**  
**И М П Е Р А Т О Р А Н И К О Л А Я І І .**

---

**На механическомъ Отдѣленіи.**

1. Окончательное испытаніе должно состоять изъ защиты проекта по специальности.

2. Защита проектовъ производится передъ комиссіей, избираемой отдѣленіемъ, причемъ въ составъ комиссіи входятъ преподаватели спеціальныхъ и общихъ предметовъ, стоящихъ въ связи съ темой проекта.

3. Въ дипломѣ указывается только степень и отдѣленіе, но отмітки не выставляются.

4. Всѣ предметы трехъ курсовъ, согласно существующимъ постановленіямъ, обязательны для всѣхъ студентовъ, за исключеніемъ тѣхъ предметовъ, которые будутъ указаны впоследствии. Изъ предметовъ 4-го курса считаются обязательными для всѣхъ студентовъ:

- а) Машины для обработки металловъ и дерева.
- б) Строительная механика.
- в) Электротехника.
- г) Отопленіе и вентиляция.
- д) По выбору одинъ изъ слѣдующихъ спеціальныхъ предметовъ:  
Заводскія машины.  
Паровозы и заводскія машины.

Технологія волокнистыхъ веществъ.

Электротехника, а также и всѣ тѣ специальности, которыя могутъ быть открыты впоследствии на механическомъ отдѣленіи Института.

5. Дипломъ выдается только при условіи, что по всѣмъ обязательнымъ предметамъ и проектамъ имѣется отмѣтка не менѣе трехъ.

6. Дипломъ первой степени получаютъ тѣ изъ окончившихъ курсъ, которые, при удовлетворительной защитѣ проекта по специальности, имѣютъ по всѣмъ отдѣльнымъ проектамъ и въ среднемъ по каждой группѣ предметовъ, за исключеніемъ первой, отмѣтку не ниже четырехъ (4), а по первой не ниже  $3\frac{1}{2}$ , и удовлетворившіе требованіямъ лабораторій относительно практическихъ занятій.

Группы предметовъ составляются слѣдующимъ образомъ:

#### Г р у п п а.

Начертательная геометрія.

Низшая геодезія.

Техническое черченіе—I и II курсъ.

Архитектурное черченіе.

Рисованіе.

Топографическое черченіе.

#### Г р у п п а.

Химія.

Физика.

Электротехника.

Термодинамика.

#### Г р у п п а.

Математика (аналитическая геометрія, алгебраическій анализъ, дифференціальное и интегральное исчисленіе).

Теоретическая механика.

#### Г р у п п а.

Сопротивленіе матеріаловъ.

Прикладная механика.

Графостатика.

Строительная механика.

#### Г р у п п а.

Детали машинъ.

Подъемныя машины.



Паровые котлы.  
Паровыя машины.  
Гидравлика и гидравлическіе двигатели.  
Паровозы.

#### VI группа.

Архитектура и строительное искусство.  
Отопление и вентиляція.  
Водопроводы и канализация.

#### VII группа.

Общая механическая технология.  
Металлургія.  
Машины для обработки металловъ и дерева.  
Технологія волокнистыхъ веществъ.  
Заводскія машины.  
Мукомольныя мельницы.  
Сельско-хозяйственныя машины.

7. Въ случаѣ успешной защиты проекта по специальности, комиссіи предоставляется право прибавлять отмѣтку только по одной группѣ предметовъ (безъ ограниченія величины прибавки) или по одному проекту.

8. Желающіе исправить отмѣтку по какой-либо одной группѣ предметовъ повторяютъ экзамены по всѣмъ предметамъ группы. Съ цѣлью исправленія отмѣтки допускается тоже повтореніе одного проекта, но только также, какъ и повтореніе экзаменовъ, не раиѣ, какъ въ теченіе слѣдующаго года по окончаніи курса.

Въ теченіе курса никакія повторенія съ цѣлью исправленія отмѣтокъ не допускаются.

#### На инженерно-строительномъ Отдѣленіи.

1. Окончательное выпускное испытаніе состоитъ изъ защиты одного изъ проектовъ по специальности.

*Примѣчаніе.* Защитными проектами могутъ быть: а) для спеціализаціи по архитектурѣ: одинъ изъ архитектурныхъ проектовъ, исполненный на послѣднихъ двухъ семестрахъ, разработанный детально и снабженный изъ слѣдующихъ расчетовъ: расчетъ устойчивости, отопленіе и вентиляція и пр.; б) для спеціализаціи по инженерному дѣлу—одинъ изъ слѣдующихъ проектовъ, исполненный на послѣднихъ двухъ семестрахъ: 1) проектъ желѣз-

ной дороги, 2) проект моста, 3) проект водоснабжения и водостоківъ.

2. Защита проектовъ происходитъ въ комиссіи, въ которой, кромѣ членовъ отдѣленія, присутствуютъ и преподаватели по специальнымъ и общимъ предметамъ, стоящимъ въ связи съ темою проекта.

3. Защитный проектъ можетъ быть представленъ и позже окончанія всѣхъ остальныхъ работъ, но проектъ долженъ быть исполненъ въ Варшавскомъ Политехническомъ Институтѣ.

4. Сдавшіе выпускное испытаніе получаютъ дипломъ инженеръ-строителя 1-го и 2-го разряда; въ дипломѣ прописывается званіе, разрядъ и отдѣленіе, безъ обозначенія специальности; отмітки могутъ быть выдаваемы желающимъ въ формѣ особаго свидѣтельства.

5. Къ сдачѣ выпускнаго испытанія можно приступать лишь по выполненіи всѣхъ обязательныхъ работъ и по сдачѣ всѣхъ испытаній по остальнымъ предметамъ.

6. Для полученія диплома 1-го разряда, при удовлетворительной отміткѣ по каждому отдѣльному предмету, требуется имѣть въ среднемъ не ниже 4 по каждой изъ перечисленныхъ ниже группъ предметовъ.

7. Всѣ предметы и работы составляютъ 11 слѣдующихъ группъ.

#### А. Общая группа для всѣхъ специальностей:

##### Г р у п п а.

Математика (алгебраическій анализъ, аналитическая геометрія, дифференціальное и интегральное исчисленіе).

Механика теоретическая (1 и 2 часть).

##### Г р у п п а.

Сопротивленіе матеріаловъ (съ лабораторными занятіями).

Строительная механика (съ графо-статикой и упражненіями).

Начертательная геометрія.

##### Г р у п п а.

Физика (съ практическими занятіями).

Химія (съ практическими занятіями).

Минералогія и геологія.

##### Г р у п п а.

Общія начала строительнаго искусства.

Технологія строительныхъ матеріаловъ (съ практическими занятіями).

Конструктивное черчение.  
Лѣтняя строительная практика (1-я и 2-я).

У группа.

Прикладная механика.  
Рабочіе механизмы.  
Механическая теорія тепла.  
Гидравлика.  
Электротехника.

VI группа.

Геодезія (низшая и высшая).  
Топографическое черчение.  
Геодезическая практика.

VII группа.

Политическая экономія.  
Строительное законодательство.  
Составленіе смѣтъ.

В. Группы для спеціализаціи по архитектурѣ:

VIII группа.

Архитектура (исторія и части зданій).  
Отопленіе и вентиляция (съ проектомъ).  
Архитектурное черчение.  
Перспектива.  
Проектъ стропильныхъ фермъ.

IX группа.

Архитектурные проекты.

X группа.

Рисованіе.

XI группа.

Дороги.  
Мосты (съ проектами).  
Гидротехника (общіи курсъ, водоснабженіе и водостоки,  
проекты).

**В. Группы для специализации по инженерному делу:**

**VIII группа.**

Архитектура.  
Отопление и вентиляция.  
Архитектурное черчение.  
Рисование.  
Перспектива.  
Архитектурные проекты.  
Проектъ строительных фермъ.

**IX группа.**

Дороги съ проектомъ.

**X группа.**

Мосты съ проектами.

**XI группа.**

Гидротехника (общій курсъ, водоснабженіе и водостоки, хозяйственныя меліораціи и проекты).

8. Въ случаѣ успешной защиты проекта отдѣленіе можетъ повысить отмѣтки по предметамъ, составляющимъ одну группу.
9. Настоящія правила могутъ подлежать измѣненію для студентовъ первыхъ трехъ выпусковъ.

**На химическомъ Отдѣленіи.**

1. Студенты, сдавшіе удовлетворительно всѣ экзамены, а также успешно выполнившіе всѣ практическія, лабораторныя, графическія и пр. работы, въ качествѣ выпускнаго испытанія защищаютъ въ комиссіи выполненные ими проекты завода (по одному) и представляютъ дипломныя работы (по одной).
2. Каждый студентъ специализируется по одной изъ отраслей химической технологии (изъ числа читаемыхъ въ Институтѣ) или по какому либо отдѣлу химіи, по которымъ онъ долженъ сдать экзамены.
3. Каждый студентъ изучаемой имъ специальности (исключая химіи) обязанъ выполнить циклъ практическихъ работъ въ соотвѣтствующей лабораторіи по программѣ, одобренной отдѣленіемъ и утвержденной Совѣтомъ Института и кромѣ того представляетъ проектъ завода, заключающійся главнымъ образомъ въ расчетъ производства и планахъ заводскихъ построекъ.

4. Выборъ темъ для дипломныхъ работъ и заданія проектовъ предоставляется профессору, подъ руководствомъ котораго они исполняются.

5. Дипломныя работы должны быть сданы въ соответствующей лабораторіи Института.

6. Выполняемая дипломная работа и проектъ представляются въ отдѣленіе, которое и передаетъ для отзыва работу профессору, руководящему ея исполненіемъ, проектъ же передается для совмѣстнаго разсмотрѣнія руководившимъ его исполненіемъ профессору и профессору специалисту по механикѣ и строительному искусству. Заслушанные и одобренные отдѣленіемъ отзывы профессоровъ препровождаются въ комиссію для окончательнаго испытанія.

7. Дипломная работа и проектъ могутъ быть представлены студентомъ черезъ годъ и болѣе по окончаніи имъ всѣхъ экзаменовъ и практическихъ занятій, но они непременно должны быть выполнены въ стѣнахъ Варшавскаго Политехническаго Института.

До выпускнаго испытанія въ комиссіи студенты получаютъ временное свидѣтельство о прохожденіи ими курса химическаго отдѣленія.

8. Сдавшіе выпускныя испытанія получаютъ дипломъ инженера-технолога 1-го или 2 го разряда.

9. Для полученія диплома 1-го разряда необходимо имѣть въ 1-й группѣ предметовъ въ среднемъ баллѣ не менѣе 4-хъ, во 2-ой и 3-й группѣхъ не менѣе 4-хъ по каждому предмету, въ 4-й группѣ въ среднемъ не менѣе  $3\frac{1}{2}$  и по каждому предмету не менѣе 3 хъ.

И кромѣ того дипломная работа должна быть весьма удовлетворительна и проектъ удовлетворителенъ.

### Г р у п п а.

Математика, механика, физика.

### Г р у п п а.

Аналитическая химія, неорганическая химія, органическая химія, физическая химія съ электрохиміей, общія химическая технологія съ техническимъ анализомъ.

### Г р у п п а.

Курсы по спеціальнымъ отдѣламъ химіи и химической технологіи.

### Г р у п п а.

Предметы, новошедшіе въ другія группы.

10. Для получения диплома 2-го разряда необходимо имѣть по каждому изъ предметовъ не менѣе 3-хъ и удовлетворительные дипломную работу и проектъ.

11. Въ случаѣ выдающихся достоинствъ дипломной работы или проекта отдѣленіе можетъ сдѣлать прибавку въ баллахъ, безъ ограниченія въ размѣрахъ для одной группы или для предметовъ 2-й группы.

**ВРЕМЕННЫЯ ПРАВИЛА**  
**прохожденія и окончанія курса**  
**НА МЕХАНИЧЕСКОМЪ ОТДѢЛЕНІИ**  
**Варшавскаго Политехническаго Института**  
**ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II.**

---

**I. Общія положенія о пребываніи студентовъ на Отдѣленіи.**

§ 1. Всѣ изучаемыя на механическомъ Отдѣленіи предметы и выполняемыя занятія распределяются въ порядкѣ ихъ послѣдовательности и взаимной зависимости (см. приложенную схему) съ такимъ расчетомъ, чтобы полный курсъ могъ быть пройденъ и законченъ въ теченіе 4-хъ лѣтъ, раздѣляемыхъ на 1 курсъ (1-й и 2-й семестры) и старшіе семестры—отъ 3-го до 8-го.

§ 2. Общее число лѣтъ пребыванія студента на Отдѣленіи не должно превышать 6 лѣтъ.

*Примѣчаніе 1.* Студентамъ, поступившимъ на 1 курсъ вторично, время ихъ предыдущаго пребыванія на Отдѣленіи не засчитывается въ срокъ 6 лѣтъ; оставленіе же на 2-й годъ (примѣчаніе къ § 24) на 1 курсѣ включается въ срокъ этихъ 6 лѣтъ.

*Примѣчаніе 2.* Студентамъ, приступившимъ послѣ 11 полугодій къ дипломному проекту (§ 42) и не закончившимъ его къ концу 12-го полугодія, время ихъ пребыванія на Отдѣленіи для окончанія проекта, съ разрѣшенія Совѣта, можетъ быть увеличено.

*Примѣчаніе 3.* Для студентовъ, принимаемыхъ на старшіе курсы, срокъ ихъ пребыванія на Отдѣленіи и примѣненіе къ нимъ другихъ правилъ разсматриваемаго параграфа, и § 3 опре-

дѣляются Отдѣленіемъ, по общимъ нормамъ § 1 и § 2 для прохожденія курса.

§ 3. Студенты подлежатъ увольненію изъ Института за неуспѣшность въ нижеслѣдующихъ случаяхъ:

1) Студенты I курса, не оставленные на 2-й годъ, если они не допущены къ переводнымъ на 3-й семестръ испытаніямъ, или если они не выдержали одного изъ обязательныхъ экзаменовъ (§ 24);

2) Студенты старшихъ семестровъ — а) если они по истеченіи 11 полугодій не могутъ, въ силу правилъ въ отдѣл. III—VII, приступить къ выполненію дипломнаго проекта и б) если они въ теченіе 2-хъ смежныхъ полугодій не сдали ни одного экзамена или проекта, или не выполнили полугодоваго цикла графическихъ работъ 3-го и 4-го семестровъ.

§ 4. Каждому студенту старшихъ семестровъ предоставляется Отдѣленіемъ право пользоваться руководствомъ при упражненіяхъ (по теоретическимъ предметамъ), а также чертежными, лабораторіями, кабинетами и другими учебно-вспомогательными учрежденіями только въ теченіе строго опредѣленнаго времени, назначаемаго въ связи съ § 2 и § 3; дальнѣйшее же пользование можетъ быть предоставлено только при наличности свободныхъ мѣстъ.

§ 5. Студентамъ I курса въ теченіе осенняго и слѣдующаго за нимъ весенняго полугодія учебный планъ, по схемѣ, предлагается къ исполненію полностью; экзамены происходятъ для нихъ по правиламъ отдѣл. IV. Никакихъ отступленій отъ плана и правилъ не допускается.

§ 6. Студентамъ старшихъ семестровъ предоставляется возможность избирать самостоятельно какъ циклы слушаемыхъ предметовъ (отдѣл. II), выполняемыхъ графическихъ работъ и проектовъ (отдѣл. III) такъ и сроки для сдачи испытаній (отдѣл. IV) лишь при соблюденіи взаимной ихъ зависимости и послѣдовательности, равно какъ и указанныхъ въ § 2, § 3 и § 4 условій, опредѣляющихъ строй учебной жизни студента на Отдѣленіи.

§ 7. Въ силу § 6, студентамъ, перешедшимъ или принятымъ на старшіе семестры, рекомендуется составить для себя, сообразуясь со схемою, планъ дальнѣйшаго прохожденія курса и представить таковой на утвержденіе Декана. Планъ, если то окажется нужнымъ, можетъ быть впослѣдствіи измѣняемъ.

§ 8. Въ началѣ каждаго полугодія или учебнаго года студенты старшихъ семестровъ заявляютъ (устно или письменно) Декану, какіе курсы они намѣрены слушать, и получаютъ отъ него разрѣшеніе на тѣ графическія работы, проекты, лабораторныя и другія занятія, которыя они желаютъ выполнять (при соблюденіи условій послѣдовательности и правилъ въ отдѣлахъ II—VII); по окончаніи же полугодія или учебнаго



года сообщают (письменно) Декану о прослушанных курсах, о выполненных же разнаг рода занятіяхъ и работахъ свѣдѣнія доставляются Отдѣленію руководителями.

## II. Лекціи, упражненія и зачетъ послѣднихъ.

§ 9. Всѣ лекціи и упражненія къ нимъ, назначенныя по схемѣ для 1—6-го семестровъ, а также предметы 7-го семестра: а) станки для обработки металловъ и дерева и б) отопленіе и вентиляція обязательны для всѣхъ студентовъ безъ различія специальностей (§ 41). Специальные же курсы, обязательные только для соответственныхъ специальностей, перечислены въ § 41.

§ 10. На 1 курсѣ всѣ лекціи и упражненія схемы слушаются и выполняются непремѣнно въ теченіе осенняго и слѣдующаго за нимъ весенняго полугодія (§ 5).

На старшихъ же семестрахъ лекціи (съ соответствующими упражненіями) могутъ быть слушаемы въ разнообразныхъ комбинаціяхъ лишь съ соблюденіемъ условія зависимости и послѣдовательности, показанной на схемѣ стрѣлками (§ 6).

§ 11. Упраженія ведутся руководителями параллельно читаемымъ курсамъ [по сопротивленію матеріаловъ 2-я часть упражненій (4-го семестра) ведется по окончаніи курса] и состоятъ: въ разъясненіи курса, въ рѣшеніи задачъ въ аудиторіи и на дому и въ colloquium'ахъ.

Безъ зачета упражненій студенты къ экзаменамъ не допускаются (§§ 22 и 26).

*Примѣчаніе.* Упраженія по начертательной геометріи состоятъ: въ занятіяхъ по курсу—1 часть (1-й семестръ) и въ вычерчиваніи эюръ—2-я часть (2-й семестръ).

§ 12. Зачетъ упражненій производится Отдѣленіемъ на основаніи оцѣнки (при помощи отмѣтокъ пятибалльной системы), представленной руководителями, полного цикла упражненій по читаемому курсу.

*Примѣчаніе 1.* При зачетѣ упражненій по начертательной геометріи принимается въ расчетъ 1-я и 2-я часть упражненій (примѣч. къ § 11).

*Примѣчаніе 2.* По сопротивленію матеріаловъ зачетъ производится по частямъ: или за 1-ю часть (3-й семестръ) или полностью за обѣ 1-ю и 2-ю части (3-го и 4-го семестровъ).

### III. Графическія работы и проекты; ихъ оцѣнка.

§ 13. Всѣ графическія работы и общіе проекты схемы обязательны для всѣхъ студентовъ, безъ различія спеціальностей, и выполняются въ послѣдовательности и зависимости, отмѣченныхъ на схемѣ стрѣлками, въ сроки, назначаемые Отдѣленіемъ.

Кромѣ общихъ проектовъ схемы каждый студентъ выполняетъ проектъ по избранной имъ спеціальности, который носитъ названіе дипломнаго (§ 43).

Всѣ графическія работы и общіе проекты за исключеніемъ указанныхъ въ примѣчаніи къ § 14, должны быть выполнены и сданы ранѣе дипломнаго проекта (§ 42).

*Примѣчаніе.* Сроки назначаются также для вычерчиванія элюръ по начертательной геометріи (примѣч. къ § 11).

§ 14. Въ одно полугодіе студенту предоставляется право выполнять не болѣе 2 проектовъ. Каждый изъ проектовъ (въ томъ числѣ и дипломный) выполняется въ теченіе цѣлаго полугодія и при этомъ позже срока, назначеннаго, съ утвержденія Совѣта, Отдѣленіемъ, заданія на проекты не выдаются.

*Примѣчаніе.* Проекты по строительной механикѣ и общій проектъ по электротехникѣ разрѣшается выполнять одновременно съ дипломнымъ, причѣмъ проектъ по электротехникѣ можетъ быть включаемъ въ составъ дипломнаго.

§ 15. Общій проектъ, не оконченный въ осеннемъ полугодіи, можетъ быть перенесенъ для его окончанія въ весеннее, обратный же переносъ изъ весенняго полугодія въ осеннее не разрѣшается и студентъ получаетъ новое заданіе.

*Примѣчаніе.* Дипломный проектъ можетъ быть выполняемъ въ продолженіе нѣсколькихъ послѣдовательныхъ полугодій (примѣч. къ § 43 и 2 примѣч. къ § 2).

§ 16. Каждый общій проектъ считается проектомъ того полугодія, когда онъ сданъ въ архивъ чертежныхъ.

§ 17. Оцѣнка графическихъ работъ и общихъ проектовъ (отмѣтками пятибалльной системы) производится комиссіями въ составѣ: руководителя, ассистента и предсѣдателя—Декана.

*Примѣчаніе 1.* За проекты по деталямъ машинъ и по архитектурѣ выставляется по одному баллу за каждый предметъ.

*Примѣчаніе 2.* Общій проектъ по электротехникѣ, выполненъ ли онъ независимо или въ составѣ дипломнаго проекта, оцѣнивается отдѣльною отмѣткою.

§ 18. Удовлетворительныя отмѣтки, выставленныя въ комиссіяхъ считаются окончательными и никакимъ измѣненіямъ путемъ передѣлыванія работъ или проекта не подлежатъ.

#### IV. Экзамены I курса и старшихъ семестровъ.

§ 19. Экзамены какъ по общимъ, такъ и по спеціальнымъ предметамъ производятся въ опредѣленные сроки (§ 21 и § 25) комиссіями въ составѣ экзаменатора-лектора предмета, ассистента и председателя-Декана, при этомъ въ данный экзаменаціонный періодъ и на I-мъ курсѣ, и на старшихъ семестрахъ экзаменъ по какому нибудь предмету для каждаго студента производится только одинъ разъ.

Всѣ экзамены по общимъ и спеціальнымъ предметамъ должны быть сданы ранѣе, нежели студентъ приступитъ къ выполненію дипломнаго проекта (§ 42).

*Примѣчаніе.* Для всѣхъ предметовъ экзаменъ производится по послѣдней экзаменаціонной программѣ.

§ 20. Оцѣнка (отмѣтками пятибалльной системы) комиссіей по данному предмету считается окончательною и никакимъ исправленіямъ путемъ повторительныхъ испытаній не подлежитъ.

Отмѣтка по сопротивленію матеріаловъ выставляется окончательно только послѣ зачета упражненій 1-й и 2-й части (2 примѣч. къ § 12).

*Примѣчаніе.* Студентъ старшихъ семестровъ, не сдавшій удовлетворительно испытанія или заявившій комиссіи о своемъ нежеланіи имѣть отмѣтку комиссіи, можетъ экзаменоваться (§ 19) только въ одинъ изъ послѣдующихъ экзаменаціонныхъ періодовъ, причемъ состоявшійся экзаменъ помѣчается примѣчаніями: „не сдалъ“ и „отказался“.

§ 21. На I курсѣ въ концѣ весенняго полугодія, между 10 мая и 1 июня, студенты, по группамъ, экзаменуются по нижеслѣдующимъ предметамъ, располагаемымъ въ произвольномъ порядкѣ:

- 1) аналитической геометріи и алгебрѣ,
- 2) 1 часть дифференц. и интегральн. исчисл.,
- 3) 1 часть теоретической механики,
- 4) начертательной геометріи,
- 5) геодезіи.

*Примѣчаніе 1.* Отложеніе какого нибудь изъ перечисленныхъ экзаменовъ на осень ни въ какомъ случаѣ не разрѣшается.

*Примѣчаніе 2.* Студенты, съ разрѣшенія Декана, могутъ мѣняться мѣстами въ группахъ и, по уважительнымъ причинамъ,

переносить, въ предѣлахъ даннаго экзаменаціоннаго періода, экзаменъ съ одного экзаменаціоннаго дня на другой день по тому же предмету.

§ 22. Къ экзаменамъ допускаются студенты 1 курса, имѣющіе зачетъ по всеѣмъ упражненіямъ и удовлетворительные годовые баллы по графическимъ работамъ.

Студенты, неудовлетворившіе вышеуказаннымъ требованіямъ, къ экзаменамъ не допускаются.

§ 23. Студенты 1 курса, сдавшіе удовлетворительно все экзамены § 21, переводятся въ число студентовъ старшихъ семестровъ.

§ 24. Студенты 1 курса, не допущенные къ экзаменамъ, а также не выдержавшіе удовлетворительно одного изъ испытаній § 21, увольняются изъ Института (§ 3) и могутъ быть приняты обратно на общихъ основаніяхъ для вновь поступающихъ.

*Примѣчаніе.* На 2-й годъ студенты могутъ быть оставляемы по ходатайству Отдѣленія, только въ исключительныхъ случаяхъ; оставленіе на 3-й годъ не допускается.

§ 25. На старшихъ семестрахъ экзамены производятся ежегодно въ 3 періода: 1—осенній періодъ, въ началѣ учебнаго года, 2—рождественскій періодъ, въ концѣ осенняго и въ началѣ весенняго и 3—весенній періодъ, въ концѣ весенняго полугодія.

Каждый періодъ продолжается не болѣе 6 послѣдовательныхъ учебныхъ дней.

*Примѣчаніе.* Въѣ указанныхъ экзаменаціонныхъ періодовъ испытанія, какъ по группамъ такъ и для отдѣльныхъ студентовъ, производимы отнюдь быть не могутъ.

§ 26. Экзамены происходятъ въ послѣдовательности и зависимости, показанной на схемѣ стрѣлками. Для допущенія къ экзаменамъ требуется удостовѣреніе въ прослушаніи курсовъ (§ 8) и зачетъ упражненій (§ 11) и практическихъ занятій (§ 30, § 31 и § 32) по соответственнымъ предметамъ. Безъ зачета упражненій и практическихъ занятій студенты къ экзаменамъ по соответственнымъ и связаннымъ съ ними предметамъ не допускаются.

*Примѣчаніе 1.* Для допущенія къ экзамену по сопротивленію матеріаловъ достаточно зачета 1 части упражненій (2 примѣч. къ § 12); зачетъ практическихъ занятій по физикѣ необходимъ только при допущенія къ экзамену по 2-й части физики, экзаменъ же по 1 части физики производится безъ зачета (§ 30).

*Примѣчаніе 2.* Студенты, принятые непосредственно на старшіе семестры, предварительно ихъ допущенія къ экзаменамъ, должны выполнить и сдать удовлетворительно графическія работы

и экзамены по предметамъ (съ соответственными уираженіями) 1 курса.

§ 27. За 2 недѣли до начала каждаго экзаменаціоннаго періода (при записи на осенніе экзамены до истеченія предыдущаго весенняго полугодія) студенты старшихъ семестровъ заявляютъ письменно Декану о своемъ желаніи приступить къ тѣмъ испытаніямъ, которые они имѣютъ право держать (§ 26).

*Примѣчаніе.* Въ своихъ заявленіяхъ студенты могутъ указывать и дни для экзаменовъ по тому или другому предмету, по возможности ихъ желанія будутъ удовлетворены.

§ 28. На основаніи студентескихъ заявленій бюро Отдѣленія къ каждому экзаменаціонному періоду составляетъ списки студентовъ отдѣльно на каждый предметъ и на каждый экзаменаціонный день предмета.

Студентъ, не явившійся по неуважительнымъ причинамъ въ соответственный день, не допускается къ испытанію по этому предмету въ другіе дни и можетъ экзаменоваться лишь въ слѣдующій экзаменаціонный періодъ.

#### У. Практическія занятія въ кабинетахъ, лабораторіяхъ и другихъ учебно-вспомогательныхъ учрежденіяхъ; ихъ зачетъ.

§ 29. Для студентавъ 1 курса, по окончаніи курса геодезіи, назначаются въ весеннемъ полугодіи практическія занятія въ геодезическомъ кабинетѣ.

§ 30. Для студентавъ, переведенныхъ на 3 семестръ, назначается, послѣ сдачи экзамена по 1 части физики, обязательная практика въ физической лабораторіи. Зачетъ этой практики необходимъ при допущеніи къ экзамену по 2 части физики (примѣч. 1 къ § 26).

*Примѣчаніе.* Желающіе могутъ работать въ химической лабораторіи; практика эта необязательна.

§ 31. Для студентавъ старшихъ семестровъ, безъ различія специальностей, обязательна практика и ея зачетъ въ нижеслѣдующихъ учебно-вспомогательныхъ учрежденіяхъ:

- 1) лабораторіи по испытанію матеріаловъ,
- 2) станціи испытанія паровыхъ котловъ и машинъ,
- 3) мастерскихъ.

Къ работамъ въ лабораторіи по испытанію матеріаловъ и на станціи испытанія котловъ и машинъ студенты допускаются послѣ сдачи экзаменовъ по соответственнымъ предметамъ, въ мастерскихъ же практика выполняется послѣ сдачи экзамена по курсу станковъ по обработкѣ металловъ и дерева.

*Примѣчаніе.* Послѣ сдачи экзаменовъ по гидравликѣ и по общему курсу электротехники желающіе могутъ работать въ лабораторіяхъ по гидравликѣ и электротехнической.

§ 32. Для студентовъ, специализирующихся въ области фабричнаго дѣла (технологіи волокнистыхъ веществъ) и электротехники, обязательна соответственная практика и ея зачетъ въ кабинетѣ по технологіи волокнистыхъ веществъ и въ электротехнической лабораторіи.

Къ практикѣ студенты приступаютъ послѣ сдачи экзаменовъ по общимъ курсамъ технологіи волокнистыхъ веществъ и электротехники.

§ 33. Зачетъ практическихъ занятій въ учебно-вспомогательныхъ учрежденіяхъ § 30, § 31 и § 32 производится Отдѣленіемъ на основаніи свѣдѣній объ этихъ занятіяхъ, доставляемыхъ руководителями; въ этихъ свѣдѣніяхъ указываются студенты, выполнившіе практику удовлетворительно и студенты отличающіеся.

## VI. Лѣтняя практика и ея зачетъ; экскурсіи.

§ 34. Всѣ студенты старшихъ семестровъ въ теченіе трехъ послѣдовательныхъ лѣтнихъ каникулъ выполняютъ нижеслѣдующую обязательную практику: геодезическую, строительную и практику по специальности (на фабрикахъ, заводахъ, желѣзныхъ дорогахъ и т. д.).

Зачетъ всѣхъ трехъ видовъ практики обязателенъ прежде допущенія студента къ выполненію дипломнаго проекта (§ 42).

*Примѣчаніе.* Характеръ специальной практики опредѣляется выборомъ специальности (§ 41).

§ 35. Геодезическая практика организуется Институтомъ для студентовъ 1 курса, переведенныхъ на 3-й семестръ, тотчасъ по окончаніи весеннихъ экзаменовъ. Свѣдѣнія о ней съ указаніемъ студентовъ отличающихся и выполнившихъ практику удовлетворительно, доставляются Отдѣленію руководителемъ (въ началѣ слѣдующаго осенняго полугодія). Зачетъ практики производится Отдѣленіемъ на основаніи доставленныхъ свѣдѣній.

*Примѣчаніе.* Откладываніе геодезической практики на одно изъ слѣдующихъ лѣтъ возможно только съ разрѣшенія Отдѣленія.

§ 36. Строительная практика и специальная (на фабрикахъ, заводахъ, желѣзныхъ дорогахъ и т. д.), выполняются нормально послѣ прослушанія и сдачи экзаменовъ по предметамъ соответственно 3—4-го семестровъ и 5—6-го семестровъ.

§ 37. Общія правила и указанія относительно практики строительной и специальной, по одобреніи ихъ Отдѣленіемъ, печатаются и сообщаются студентамъ; болѣе же подробныя даются словесно преподавателями и руководителями подлежащихъ специальныхъ предметовъ и проектовъ передъ отправленіемъ студентовъ на практику.

§ 38. Отчеты о практикѣ строительной и специальной сдаются, по возвращеніи студентовъ съ практики, въ архивъ чертежныхъ (последній срокъ сдачи 1 октября) и, по порученію Отдѣленія, разсматриваются преподавателями и руководителями подлежащихъ предметовъ и проектовъ.

Зачетъ практики производится Отдѣленіемъ на основаніи отзывовъ преподавателей и руководителей, разсматривавшихъ отчетъ, причемъ среди удовлетворительныхъ отчетовъ отмѣчаются отчеты отличные.

§ 39. Экскурсіи, подъ руководствомъ преподавателей подлежащихъ предметовъ, для посѣщенія фабрикъ, заводовъ и т. д. въ учебное время происходятъ не иначе какъ съ разрѣшенія Отдѣленія.

Въ каникулярное время экскурсіи могутъ быть организованы по взаимному соглашенію руководителей и студентовъ съ вѣдома Декана и безъ предварительнаго разрѣшенія Отдѣленія, но о всѣхъ выполненныхъ экскурсіяхъ руководители докладываютъ Отдѣленію.

*Примѣчаніе.* При организаціи экскурсій соблюдаются общія на этотъ предметъ правила (§ 51 устава Института).

## VII. Специальности, дипломный проектъ; выпускной экзаменъ и присужденіе дипломовъ.

§ 40. Студенты старшихъ семестровъ, приступая къ слушанію предметовъ 7-го семестра, избираютъ ту или другую специальность изъ числа имѣющихся на Отдѣленіи и о своемъ выборѣ сообщаютъ Декану.

§ 41. На Отдѣленіи имѣются специальности: 1) по фабрикамъ, 2) по заводамъ, 3) по электротехникѣ и 4) по паровозамъ.

Кромѣ общеобязательныхъ предметовъ (§ 9) студенты различныхъ специальностей слушаютъ нижеслѣдующіе специальные курсы:

- |    |                |              |    |                         |
|----|----------------|--------------|----|-------------------------|
| 1) | при спецiальн. | по фабрикамъ | а) | техн. волокн. веществъ, |
| 2) | "              | "            | а) | заводскихъ машинъ,      |
| 3) | "              | "            | а) | электротехники,         |
|    |                |              | а) | паровозовъ,             |
| 4) | "              | "            | б) | заводскихъ машинъ,      |

и выполняютъ лѣтнюю практику (примѣч. къ § 34) соответственно избранной специальности.

*Примѣчаніе.* Студенты, избравшіе своєю спеціальностью фабрично-дѣло и электротехнику, работаютъ въ кабинетѣ по технологіи волокнистыхъ веществъ и электротехнической лабораторіи (§ 32).

§ 42. Сдавъ и выполнивъ удовлетворительно экзамены по всѣмъ общимъ и спеціальнымъ предметамъ, всѣ общіе проекты и имѣя зачетъ по практикѣ въ общихъ лабораторіяхъ и учрежденіяхъ (§ 31) за исключеніемъ мастерскихъ, а также по практикѣ лѣтней — геодезической, строительной и спеціальной — студентъ пріобрѣтаетъ право выполнять дипломный проектъ.

Безъ выполненія вышеуказанныхъ условій студенты къ выполненію дипломнаго проекта не допускаются (§ 19, § 13, § 31 и § 34).

*Примѣчаніе.* Проекты по строительной механикѣ и электротехникѣ могутъ быть выполняемы одновременно съ дипломнымъ (примѣч. къ § 14).

§ 43. Дипломный проектъ состоитъ въ разработкѣ темы, относящейся къ избранной спеціальности.

*Примѣчаніе.* Дипломный проектъ выполняется въ теченіе одного полугодія (§ 14); въ предѣлахъ 6-ти лѣтняго пребыванія (§ 2) на Отдѣленіи, срокъ этотъ можетъ быть продолженъ съ разрѣшенія Отдѣленія, дальнѣйшее же продолженіе происходитъ съ разрѣшенія Совѣта.

§ 44. Выпускной экзаменъ состоитъ изъ защиты дипломнаго проекта.

§ 45. Защита проекта производится передъ комиссіей, избираемой Отдѣленіемъ, причемъ въ составъ комиссіи, подъ предѣлательствомъ Декана, входятъ: руководители проекта и преподаватели спеціальныхъ и общихъ предметовъ, стоящихъ въ связя съ темою проекта; отзывъ комиссіи о достоинствахъ проекта и его защиты вносится комиссіею въ Отдѣленіе.

*Примѣчаніе.* Въ комиссіяхъ могутъ участвовать, на основаніи § 43 устава Института, депутаты отъ Министерства Финансовъ, если Господинъ Министръ признастъ нужнымъ ихъ назначить.

§ 46. Отдѣленіе, заслушавъ отзывъ комиссіи и признавъ проектъ и его защиту удовлетворительными, присуждаетъ дипломъ, который и выдается, по утвержденіи, Совѣтомъ Института.

§ 47. Въ дипломъ указывается только степень и Отдѣленіе, по отмытки не выставляются.

§ 48. При присужденіи дипломовъ предметы Отдѣленія распределяются на группы нижеслѣдующимъ образомъ:



- |             |   |   |
|-------------|---|---|
| I группа:   | { | <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Рисование,</li> <li>(2) Техническое черчение I ч. и II ч.</li> <li>(3) Архитект. черчение,</li> <li>(4) Топогр. черчение,</li> <li>(5) Низшая геодезия,</li> <li>(6) Начерт. геометрия.</li> </ul>   |
| II группа:  | { | <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Химия,</li> <li>(2) Физика I ч. и II ч.,</li> <li>(3) Термодинамика (съ приложениями),</li> <li>(4) Электротехника.</li> </ul>   |
| III группа: | { | <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Аналит. геометрия и алгебра,</li> <li>(2) Дифферен. и интегр. исч. I ч. и 2 отд. II ч.</li> <li>(3) Теоретическая механика I ч. и II ч.</li> </ul>   |
| IV группа:  | { | <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Сопротивление материалов,</li> <li>(2) Прикладная механика,</li> <li>(3) Графическая статика,</li> <li>(4) Строительная механика.</li> </ul>   |
| V группа:   | { | <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Детали машинъ,</li> <li>(2) Подъемныя машины,</li> <li>(3) Гидравлика и гидравл. двигатели,</li> <li>(4) Паровые котлы,</li> <li>(5) Паровыя машины,</li> <li>(6) Паровозы.</li> </ul>   |
| VI группа:  | { | <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Архитект. и строит. искусство,</li> <li>(2) Отопление и вентиляция,</li> <li>(3) Водопроводы и канализация.</li> </ul>   |
| VII группа: | { | <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Общая механ. технол. съ металлургією,</li> <li>(2) Технологія волокнистыхъ веществъ,</li> <li>(3) Станки для обработки металловъ и дерева,</li> <li>(4) Заводскія машины,</li> <li>(5) Сельско-хозяйственныя машины,</li> <li>(6) Мукомольныя мельницы.</li> </ul> |

*Примѣчаніе.* По техническому черченію въ I гр., по физикѣ въ II гр. и по теоретической механикѣ въ III гр. выставляется 2 отмѣтки за каждый предметъ— по одной отмѣткѣ за I ч. и II ч., по дифференціальному и интегральному исчисленію выставляется всего 3 отмѣтки—одна за I ч. и двѣ отмѣтки за II ч.

По технологіи волокнистыхъ веществъ и по электротехникѣ для специалистовъ по фабрикамъ и электротехникѣ выставляются баллы, полученные ими на экзаменахъ по соответственнымъ специальнымъ предметамъ, для другихъ же студентовъ проставляются экзаменаціонные баллы по общимъ курсамъ.

§ 49. Дипломъ инженеръ-технолога I-й степени присуждается студентамъ, коихъ дипломные проекты и ихъ защита признаны весьма удовлетворительными и кои по всѣмъ отдѣльнымъ общимъ проектамъ и въ среднемъ по каждой группѣ (§ 48) предметовъ имѣютъ отмѣтку не ниже 4 (четыре), а по I группѣ—не ниже  $3\frac{1}{2}$  (три съ половиною).

§ 50. Дипломъ инженеръ-технолога 2-й степени присуждается тѣмъ студентамъ, коимъ дипломные проекты и защита признаны Отдѣленіемъ удовлетворительными.

*Примчаніе.* При весьма удовлетворительныхъ проектахъ и его защитѣ Отдѣленію предоставляется право прибавить отмѣтки или по одному изъ общихъ проектовъ, или по одной изъ группъ (§ 48) предметовъ, въ послѣднемъ случаѣ—безъ ограниченія величины прибавки.

### П р и б а в л е н і е .

Для студентовъ первыхъ трехъ (съ основанія Института) приѣмовъ могутъ быть съ разрѣшенія Совѣта сдѣланы отступленія при примѣненіи къ нимъ правила въ § 3 (п. а въ 2 разд.).

---



**ВРЕМЕННЫЯ ПРАВИЛА**  
**прохожденія и окончанія курса**  
**на инженерно-строительномъ отдѣленіи**  
**Варшавскаго Политехническаго Института**  
**ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II.**

---

§ 1.

Всѣ изучаемые предметы и выполняемые занятія и работы распределяются въ порядкѣ ихъ послѣдовательности и взаимной зависимости (см. схему), съ такимъ расчетомъ, чтобы полный курсъ могъ быть пройденъ и законченъ въ теченіе 4-хъ лѣтъ, раздѣленныхъ на I-й курсъ (1-й и 2-й семестры) и старшіе семестры, отъ 3-го до 8-го.

Послѣдовательность изученія отдѣльныхъ предметовъ намѣчена въ схемѣ, на которой порядкомъ прохожденія обозначены стрѣлками.

§ 2.

Изложеніе курсовъ, выдержаніе по нимъ испытаній и выполнение работъ приурочивается къ опредѣленному времени, но при этомъ студентамъ предоставляется возможность избирать самостоятельно какъ періодъ для сдачи испытаній (§ 7), такъ и время выполненія отдѣльныхъ работъ, при соблюденіи послѣдовательности (см. схему) и условій, ограничивающихъ время пребыванія въ Институтѣ (§ 17).

§ 3.

Самостоятельный выборъ періода для сдачи испытаній, не распространяется на слѣдующіе предметы I-го курса (1-й и 2-й семестры):

1) алгебраическій анализъ и аналитическая геометрія, 2) дифференціальное и интегральное исчисленіе, 3) начертательная геометрія, 4) теоретическая механика и 5) геодезія. Экзамены по этимъ предметамъ назначаются, въ произвольномъ порядкѣ, между 10 мая и 1 іюня и производятся по группамъ, при чемъ, съ разрѣшенія декана, допускаются обмѣны мѣстами въ группахъ.

*Примѣчаніе.* Отложеніе какого нибудь экзамена изъ перечисленныхъ выше предметовъ на осень ни въ какомъ случаѣ не допускается.

#### § 4.

Упражненія по теоретическимъ предметамъ, какъ на 1-мъ курсѣ, такъ и на старшихъ семестрахъ ведутся одновременно съ читаемыми курсами; къ экзаменамъ допускаются лишь тѣ студенты, которымъ зачтены полные циклы упражненій на основаніи оцѣнки баллами.

#### § 5.

Графическія работы I курса (1-го и 2-го семестровъ) должны быть выполняемы въ назначенное время, причемъ отложеніе срока сдачи работы, не позже 1-го мая, можетъ быть допускаемо Отдѣленіемъ лишь по уважительнымъ причинамъ. Не выполненіе части работъ можетъ служить причиною недопущенія къ переводнымъ испытаніямъ на старшіе семестры.

#### § 6.

Недопущенные къ переводнымъ испытаніямъ съ I курса на старшіе семестры или невыдержавшіе одного изъ перечисленныхъ въ § 3 испытаній, увольняются изъ Института и могутъ быть приняты обратно осенью на тѣхъ-же условіяхъ, какъ и вновь поступающіе въ Институтъ на I курсъ.

*Примѣчаніе.* Поступившимъ на I-й курсъ вторично, время перваго пребыванія не засчитывается (§ 17 а и б); они считаются вновь поступившими.

#### § 7.

Испытанія по предметамъ старшихъ семестровъ, а также и по предметамъ перваго курса, не перечисленныхъ въ § 3, производятся въ 3 періода: 1-й) — о с е н н і й, въ началѣ учебнаго года, 2-й) — з и м н і й, въ концѣ осенняго и началѣ весенняго семестровъ и 3-й) — в о с с е н н і й, въ концѣ весенняго семестра.

*Примѣчаніе 1.* Въ перечисленныхъ въ настоящемъ параграфѣ періодовъ, испытанія какъ по группамъ, такъ и для отдѣльныхъ студентовъ, производятся отнюдь не могутъ.

*Примѣчаніе 2.* Испытанія производятся по послѣдней экзаменаціонной программѣ.

§ 8.

Лица, принятыя въ число студентовъ непосредственно на старшіе семестры, должны до предварительнаго допущенія къ очереднымъ испытаніямъ и работамъ, въ порядкѣ послѣдовательности сдать всѣ испытанія и выполнить всѣ работы по программѣ обязательной для студентовъ I курса.

§ 9.

Студентамъ I курса, оставленнымъ на второй годъ, или принятымъ въ Институтъ вновь, а также лицамъ принятымъ изъ другихъ высшихъ учебныхъ заведеній, могутъ быть засчитываемы прежнія отмѣтки, не ниже четырехъ (4), по предметамъ, упражненіямъ и отдѣльнымъ работамъ.

§ 10.

Каждый экзаменаціонный періодъ для испытаній на старшихъ семестрахъ продолжается не болѣе 6 послѣдовательныхъ учебныхъ дней.

§ 11.

Какъ испытанія, такъ и оцѣнка работъ, представляемыхъ студентами, производятся въ комиссіяхъ, время собранія которыхъ назначается заблаговременно; комиссія состоитъ изъ экзаменатора или руководителя занятіями, ассистента и предсѣдателя—декана.

§ 12.

Студенты старшихъ семестровъ, не выдержавшіе испытаній, могутъ приступить къ повторительному испытанію въ одинъ изъ послѣдующихъ экзаменаціонныхъ періодовъ (§ 7). Въ одинъ и тотъ-же періодъ по одному и тому-же предмету можно экзаменоваться только одинъ разъ.

*Примѣчаніе.* Неудовлетворительный результатъ испытанія отмѣчается словами: „не сдалъ“.

§ 13.

Если студентъ старшихъ семестровъ не желаетъ удовлетвориться тою отмѣткою, которою экзаменаціонная комиссія оцѣниваетъ его

знанія, то результат испытанія отмѣчается словами: „отказался“; въ этомъ случаѣ студентъ можетъ приступить къ испытанію вновь лишь въ одинъ изъ послѣдующихъ экзаменаціонныхъ періодовъ.

*Примѣчаніе.* Заявленіе о нежеланіи удовлетвориться отмѣткою, выставленною комиссією, должно поступить до окончанія экзамена.

#### § 14.

Студенты старшихъ семестровъ, не представившіе работу ко времени собранія оцѣночной комиссіи (§ 11) могутъ окончить ее позже, къ слѣдующей, по порядку работъ студентъ приступаетъ, съ разрѣшенія руководителя, при условіи удовлетворительнаго исполненія предыдущей работы. Работы, представленные позже срока, оцѣниваются балломъ въ собраніи слѣдующей оцѣночной комиссіи.

*Примѣчаніе.* Работы начатыя въ осеннемъ семестрѣ могутъ быть окончены въ весеннемъ семестрѣ; работы, кромѣ защитныхъ проектовъ (§ 23), не оконченныя къ исходу весенняго семестра подлежатъ исполненію вторично по новымъ программамъ.

#### § 15.

Неудовлетворительно исполненныя работы, а также работы, исполненныя безъ указаній руководителя, отмѣчаются словами: „не принята въ комиссію“ и подлежатъ вторичному исполненію.

#### § 16.

Всѣ удовлетворительныя отмѣтки (3, 4, 5), выставленныя въ экзаменаціонныхъ или въ оцѣночныхъ комиссіяхъ, считаются окончательными и никакимъ измѣненіямъ, путемъ повторительныхъ испытаній или путемъ передѣлыванія работъ или проектовъ—не подлежатъ.

#### § 17.

Студенты старшихъ семестровъ подлежатъ увольненію изъ Института за неуспѣшность въ слѣдующихъ случаяхъ:

а) Если общее число лѣтъ пребыванія на Отдѣленіи превыситъ 6 лѣтъ, т. е. 12 семестровъ.

б) Если по истеченіи 10-ти семестровъ студентъ не приступитъ къ спеціальнымъ проектамъ (§ 22).

в) Если въ теченіе двухъ смежныхъ семестровъ студентъ по уважительнымъ причинамъ не сдалъ ни одного экзамена или не выполнилъ ни одного годоваго цикла работъ или проектовъ.

*Примѣчаніе.* Для студентовъ первыхъ трехъ выпускныхъ пунктовъ а и б настоящаго § могутъ подлежать измѣненію.

§ 18.

Студенты старших семестров заблаговременно заявляют письменно декану о желаніи пристуити къ испытаніямъ по тѣмъ предметамъ, которые они имѣли возможность прослушать, при условіи соблюденія послѣдовательности прохожденія предметовъ и по выполненіи связанныхъ съ этимъ предметомъ предшествующихъ занятій и работъ (см. схему). Къ каждому экзаменаціонному періоду составляются списки студентовъ, отдѣльно на каждый экзаменаціонный день каждого предмета. Студентъ, не явившійся по неуважительной причинѣ въ назначенный день, не допускается къ испытанію по этому предмету въ другіе дни періода и можетъ экзаменоваться лишь въ слѣдующій періодъ.

*Примѣчаніе.* Заявленія о желаніи экзаменоваться въ зимнемъ или весеннемъ періодахъ должны поступать за двѣ недѣли до начала періода; заявленія же на экзамены въ осеннемъ періодѣ должны поступать до исхода весенняго періода.

§ 19.

Въ началѣ каждого полугодія студенты старших семестровъ получаютъ отъ декана письменное разрѣшеніе на тѣ занятія и работы, которыя они желаютъ выполнить, при условіи соблюденія послѣдовательности.

§ 20.

Каждому студенту старших семестровъ предоставляется право пользоваться чертежными, лабораторіями и другими учебно-вспомогательными учрежденіями Института только въ теченіе строго опредѣленнаго времени; дальнѣйшее же пользованіе ими можетъ быть предоставлено имъ лишь при наличности свободныхъ мѣстъ.

§ 21.

Студенты старших семестровъ, выдержавшіе испытанія по всеѣмъ общеобразовательнымъ предметамъ и выполнившіе всю строительную практику,—приступая къ специальнымъ проектамъ (VII-го и VIII-го семестровъ), заявляютъ декану о выбранной ими спеціальности.

§ 22.

На инженерно-строительномъ отдѣленіи установлены двѣ спеціальности: 1) архитектура и 2) инженерное дѣло. Въ составъ работъ, относящихся до каждой спеціальности, входятъ по три спеціальныя проекта: по отдѣлу архитектуры—три архи-



тектурные проекта, по инженерному отдѣлу—1) проектъ желѣзной дороги, 2) проектъ моста и 3) проектъ водоснабженія и водостоковъ.

§ 23.

Окончательное выпускное испытаніе состоитъ въ защитѣ, по выбору студента, одного изъ проектовъ по специальности, перечисленныхъ въ предыдущемъ параграфѣ.

*Примѣчаніе.* Защитный проектъ выполняется по особой программѣ.

§ 24.

Защита проектовъ происходитъ въ засѣданіи комиссіи, избираемой Отдѣленіемъ, причемъ въ составъ комиссіи, подъ предѣдательствомъ декана, входятъ: руководители проектовъ и преподаватели специальныхъ и общихъ предметовъ, стоящихъ въ связи съ темами проектовъ.

§ 25.

Защитный проектъ по архитектурѣ долженъ быть дополненъ: 1) расчетомъ сложныхъ сводчатыхъ покрытій, или 2) проектомъ отопленія и вентиляціи, или 3) проектомъ водоснабженія и водостоковъ. Одинъ изъ специальныхъ проектовъ по инженерному дѣлу долженъ быть дополненъ архитектурною разработкою какого либо сооруженія, входящаго въ составъ инженернаго проекта.

§ 26.

Къ сдачѣ окончательнаго испытанія (къ защитѣ проекта) можно пристуиить лишь по окончаніи всѣхъ испытаній по обязательнымъ предметамъ и по окончаніи всѣхъ обязательныхъ работъ.

§ 27.

Сдавшие окончательное выпускное испытаніе (защитившіе проектъ) получаютъ дипломъ Инженеръ-Строителя первой или второй степени; въ дипломѣ прописывается званіе, степень и Отдѣленіе безъ обозначенія специальности.

§ 28.

Для полученія диплома первой степени требуется, при весьма удовлетворительной защитѣ проекта, имѣть въ среднемъ не менѣе 4 (четыре) балловъ по каждой изъ перечисленныхъ въ § 29 группъ предметовъ, работъ и проектовъ.

§ 29.

Всѣ предметы и работы составляютъ 11 группъ.

а) Общія группы для всѣхъ спеціальностей:

- |             |   |  |
|-------------|---|--|
| I группа:   | { | 1) Алгебраическій анализъ и аналитическая геометрія.<br>2) Дифференціальное и интегральное исчисленіе, I-ая часть и 2 отдѣла II-й части (три отмѣтки).<br>3) Механика теоретическая, I-ая и II-ая части (двѣ отмѣтки). |
| II группа:  | { | 1) Начертательная геометрія.<br>2) Сопротивленіе матеріаловъ.<br>3) Строительная механика, I-ая и II-ая части (двѣ отмѣтки).   |
| III группа: | { | 1) Физика, I-ая и II-ая части (двѣ отмѣтки).<br>2) Химія.<br>3) Геологія и минералогія.  |
| IV группа:  | { | 1) Общія начала строительнаго искусства, I-ая и II-ая части (двѣ отмѣтки).<br>2) Технологія строительныхъ матеріаловъ.<br>3) Конструктивное черченіе 1-ый и 2-ой семестры и 3-ий и 4-ый семестры (двѣ отмѣтки).        |
| V группа:   | { | 1) Прикладная механика.<br>2) Рабочіе механизмы.<br>3) Паровыя машины (механическая теорія тепла).<br>4) Гидравлика.<br>5) Электротехника.   |
| VI группа:  | { | 1) Геодезія, низшая и высшая (двѣ отмѣтки).<br>2) Топографическое черченіе.  |
| VII группа: | { | 1) Гигіена.<br>2) Строительное законодательство.<br>3) Составленіе смѣтъ.  |

b) <sup>группы</sup> Группы при спеціализаціи по архитектурѣ:

- |      |   |  |
|------|---|--|
| VIII | { | 1) Исторія архитектуры.<br>2) Части зданій.<br>3) Отопленіе и вентиляція.<br>4) Проектъ отопленія. |
|------|---|--|

c) Группы при спеціализаціи по инженерному дѣлу:

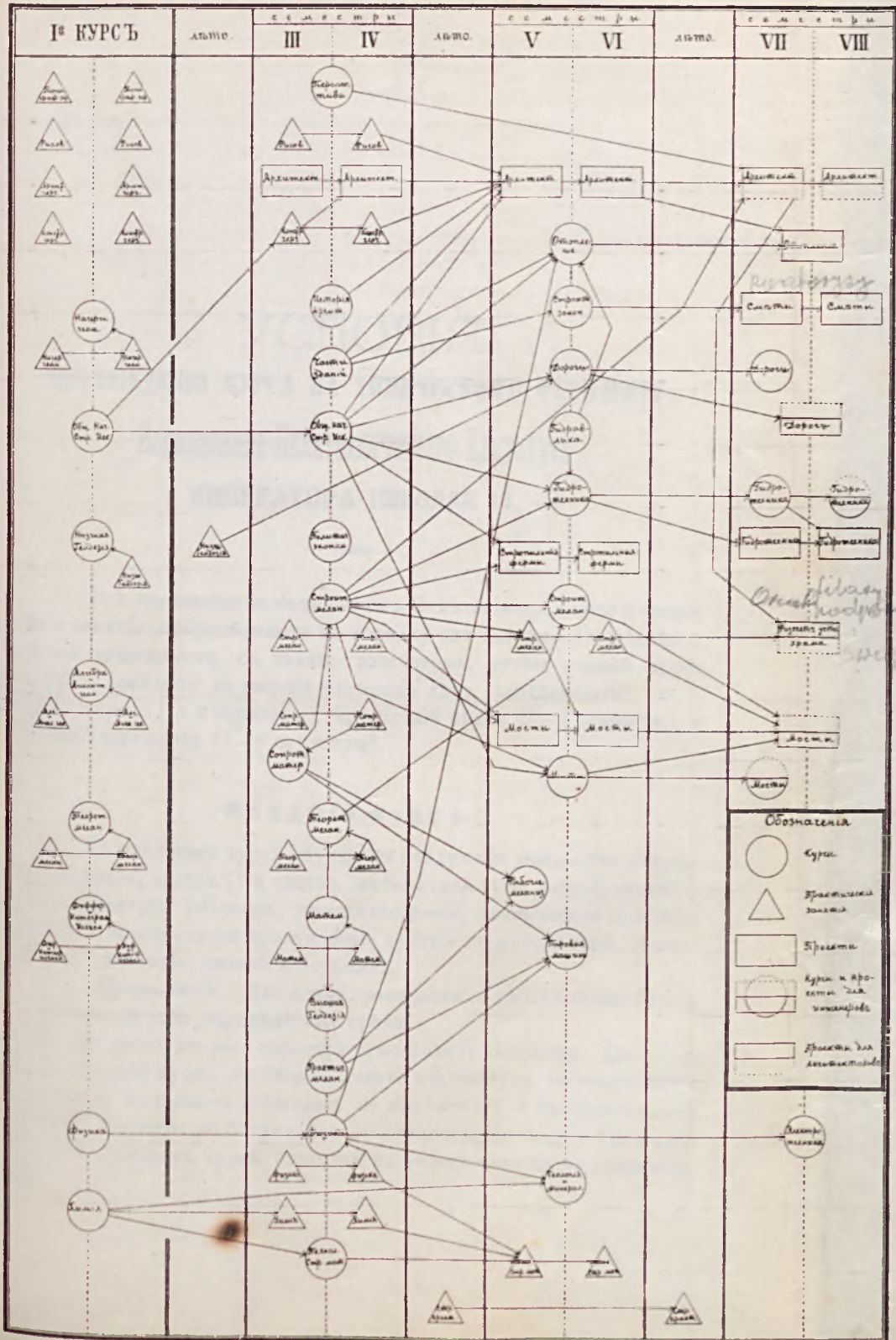
- |      |   |  |
|------|---|--|
| VIII | { | 1) Исторія архитектуры.<br>2) Части зданій.<br>3) Отопленіе и вентиляція съ проектомъ. |
|------|---|--|

VIII	<ul style="list-style-type: none"> <li>5) Архитектури. черченіе.</li> <li>6) Перспектива.</li> <li>7) Проектъ стропильныхъ фермъ.</li> </ul>	VIII	<ul style="list-style-type: none"> <li>4) Рисованіе.</li> <li>5) Архитектури. черченію.</li> <li>6) Перспектива.</li> <li>7) Архитектури. проекты.</li> <li>8) Проектъ стропильныхъ фермъ.</li> </ul>
IX	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Архитект. проекты: за 3-й и 4-ый семестры, 5-ый и 6-ой сем. и три специальные проекта на 7-омъ и 8-омъ семестрахъ (пять отмѣтокъ).</li> </ul>	IX	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Дороги, I-ая и II-ая части (двѣ отмѣтки).</li> <li>2) Проектъ желѣзной дороги (спеціальный).</li> </ul>
X	<ul style="list-style-type: none"> <li>{ Рисованіе.</li> </ul>	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Мосты, I-ая и II-ая части (двѣ отмѣтки).</li> <li>2) Проекты мостовъ: 5-го и 6-го семестровъ и специальн. проектъ на 7-мъ и 8-мъ семестрахъ (двѣ отмѣтки).</li> </ul>
XI	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Дороги, I-ая и II-ая части (двѣ отмѣтки).</li> <li>2) Мосты.</li> <li>3) Проекты мостовъ 5-го и 6-го семестровъ.</li> <li>4) Гидротехника.</li> <li>5) Проекты по гидротехникѣ.</li> </ul>	XI	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Гидротехника (общій курсъ).</li> <li>2) Водоснабженіе и водостоки.</li> <li>3) Хозяйственныя меліорации.</li> <li>4) Проектъ канала.</li> <li>5) Проектъ водоснабженія и водостоковъ (спеціальный).</li> </ul>

§ 30.

Смотри по качеству проекта и его защитѣ Отдѣленіе можетъ повысить отмѣтки по предметамъ одной группы, безъ ограниченія величины прибавки.

# СХЕМА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПРОХОЖДЕНИЯ ПРЕДМЕТОВЪ НА ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНОМЪ ОТДѢЛЕНІИ.



УСЛОВІЯ  
ПРОХОЖДЕНІЯ КУРСА НА ХИМИЧЕСКОМЪ ОТДѢЛЕНІИ  
Варшавскаго Политехническаго Института  
ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II.

---

1. Всѣ изучаемыя на химическомъ Отдѣленіи предметы и выполняемыя занятія распредѣляются по порядку ихъ послѣдовательности и взаимной зависимости, съ такимъ разчетомъ, чтобы полный курсъ могъ быть пройденъ въ теченіе четырехъ лѣтъ, раздѣленныхъ на: 1, младшій курсъ (1 и 2 семестры), 2, старшій курсъ (3—6 семестры), и 3, спеціальный курсъ (7—8 семестры).

**М л а д ш і й   к у р с ъ .**

2. На младшемъ курсѣ изучаются слѣдующіе предметы: неорганическая химія, физика (1-я часть), математика (1-ая часть), начертательная геометрія, ботаника, кристаллографія, техническое черченіе, рисованіе и производятся практическія занятія по математикѣ, начертательной геометріи, физикѣ и ботаникѣ.

*Примѣчаніе.* Для сдачи графическихъ работъ назначаются въ теченіе года опредѣленные сроки.

3. Въ концѣ второго семестра происходятъ экзамены. Для перевода на старшій курсъ необходимо сдать коллоквиумъ по неорганической химіи и выдержать испытанія по математикѣ и начертательной геометріи; экзамены по ботаникѣ и кристаллографіи могутъ быть сдаваемы и на старшемъ курсѣ; экзаменъ по физикѣ сдается на старшемъ курсѣ.

4. Къ экзаменамъ допускаются студенты, которымъ зачтены всѣ практическія занятія и которые, кромѣ того, получили удовлетворительныя годовыя отмѣтки по графическимъ работамъ.

5. Не допущенные къ экзаменамъ, а также не выдержавшіе въ назначенные сроки одного изъ нихъ, или коллоквиума, увольняются изъ Института и могутъ быть приняты обратно осенью на тѣхъ же условіяхъ, какъ впервые поступающіе на младшій курсъ.

*Примѣчаніе 1.* Поступившимъ на младшій курсъ вторично, время перваго пребыванія на курсъ не засчитывается. Они считаются вновь поступившими.

*Примѣчаніе 2.* На второй годъ студенты могутъ быть оставляемы на младшемъ курсѣ только въ исключительныхъ случаяхъ по особо уважительнымъ причинамъ. Оставленіе на 3-й годъ не допускается.

6. Выдержавшіе удовлетворительно экзамены и коллоквиумъ переводятся на старшій курсъ, причемъ экзаменаціонная отмѣтка по начертательной геометріи, а также годовыя отмѣтки по графическимъ работамъ считаются окончательными и исправленію путемъ повторительнаго испытанія или передѣлыванія работъ на старшемъ курсѣ не подлежатъ.

### С т а р ш і й к у р с ъ .

7. На старшемъ курсѣ изучаются предметы, перечисленные въ § 9 и 13. Занятія въ лабораторіяхъ состоятъ въ изученіи качественного и количественнаго химическаго анализа, физико-химической практики, органо-химической практики, техническаго анализа и электротехнической практики. Кромѣ того студентомъ должны быть выполнены проскты по заводской архитектурѣ.

8. На прохожденіе всего курса на химическомъ Отдѣленіи назначается въ общей сложности не менѣ четырехъ и не болѣе шести лѣтъ, такъ, что для прохожденія старшаго курса студентъ имѣетъ въ своемъ распоряженіи отъ 2-хъ до 4-хъ лѣтъ.

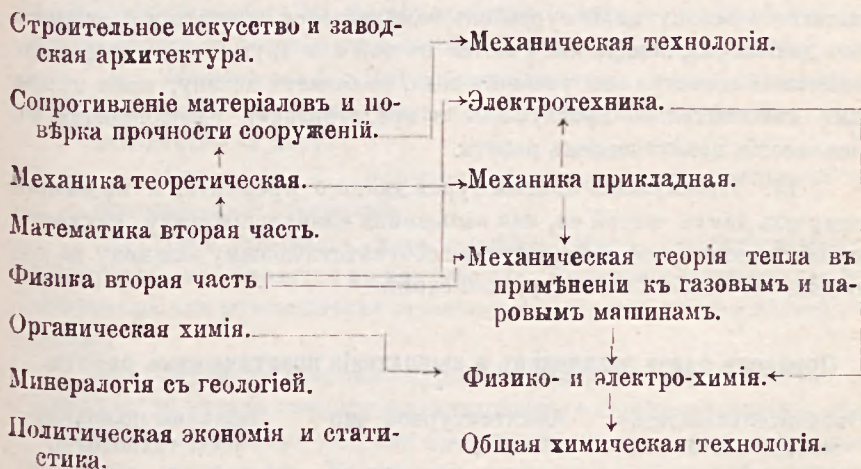
9. Каждому студенту старшаго курса предоставляется въ предѣлахъ, указанныхъ въ предыдущемъ параграфѣ сроковъ, распредѣлить изученіе предметовъ на то или другое число семестровъ съ тѣми ограниченіями: а) что предметы могутъ изучаться только въ послѣдовательности, указываемой въ нижесприведенной таблицѣ стрѣлками, и б) что параллельно могутъ слушаться предметы одной группы и тѣ изъ предметовъ разныхъ группъ, которые не связаны между собой стрѣлками. Напримѣръ, къ слушанію электротехники можно приступить, не прослушавъ предварительно курса по строительному искусству, орга-

нической химии или минералогии, но нельзя изучать этот предмет, не прослушавъ раньше полныхъ курсовъ физики и сопротивления матеріаловъ. Въмѣстѣ съ тѣмъ электротехника можетъ слушаться параллельно съ прикладной механикой или послѣ нея.

### Порядокъ слушанія курсовъ.

I ГРУППА ПРЕДМЕТОВЪ.

II ГРУППА ПРЕДМЕТОВЪ.



10. Доступъ къ работамъ по качественному химическому анализу открываетъ сданный на младшемъ курсѣ коллоквиумъ по неорганической химіи; къ работамъ по количественному химическому анализу допускается студентъ, прошедшій курсъ качественного анализа. Для пріобрѣтенія права изучать органо-химическую практику, а также и работать по техническому анализу, необходимо сдать коллоквиумъ по органической химіи, къ которому допускаются студенты, прослушавшіе полный курсъ этого предмета и удовлетворительно сдавшіе экзамены по аналитической и неорганической химіи; сдача двухъ послѣднихъ экзаменовъ и экзамена по физикѣ предшествуетъ физико-химической практикѣ; къ проектированію по заводской архитектурѣ студенты могутъ приступать только послѣ сдачи экзаменовъ по строительному искусству и сопротивленію матеріаловъ, а также и по выполненіи работъ по архитектурному черченію.

*Примѣчаніе 1.* Для выполненія практическихъ работъ и проектовъ студенту отводится мѣсто въ подлежащей лабораторіи или чертежной на опредѣленный срокъ. Сверхъ такого срока студентъ можетъ пользоваться учебно-вспомогательными учрежденіями только при наличности свободныхъ мѣстъ.

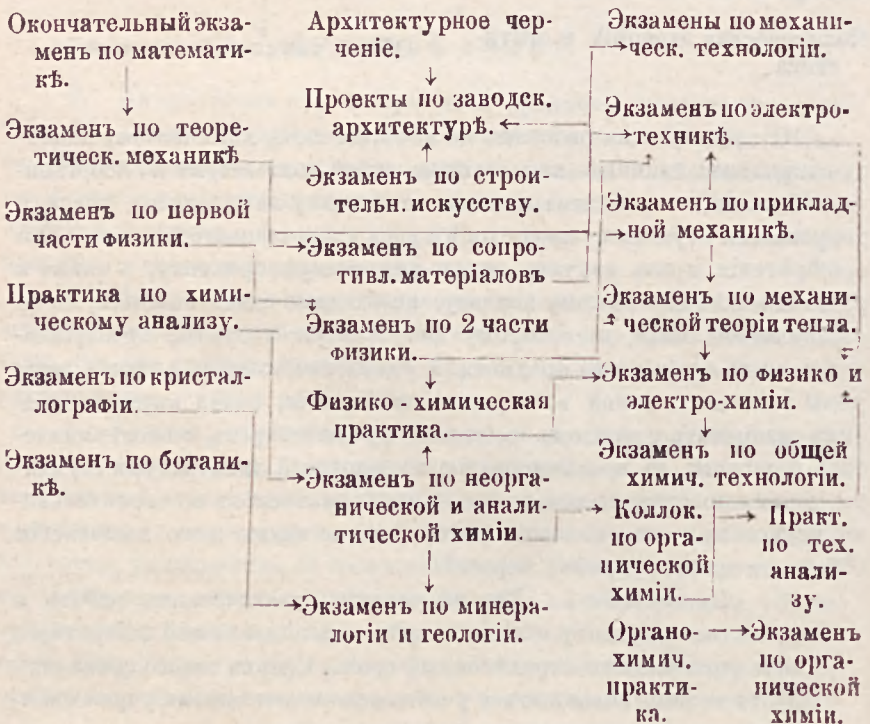
*Примѣчаніе 2.* Для сдачи проектовъ и графическихъ работъ назначаются въ семестрѣ опредѣленные дни.

11. Перешедшему на старшій курсъ студенту рекомендуется составить для себя, сообразуясь съ росписаніемъ лекцій, планъ прохожденія этого курса и представить таковой на одобреніе декана. Планъ, если то окажется нужнымъ, можетъ быть въ послѣдствіи измѣняемъ.

12. Въ началѣ каждаго семестра или учебнаго года студентъ заявляетъ декану, какіе курсы онъ намѣревается слушать и получаетъ отъ декана разрѣшеніе на участіе въ той или другой практикѣ, а по окончаніи семестра или учебнаго года, сообщаетъ декану, какіе курсы имъ дѣйствительно прослушаны и представляетъ удостовѣренія въ исполненіи практическихъ работъ.

13. Прослушавъ полный курсъ даннаго предмета, а по физикѣ одну изъ двухъ частей ея, или выполнивъ данную практику, студентъ пріобрѣтаетъ право подвергнуться соответствующему экзамену въ порядкѣ, указанномъ въ слѣдующей схемѣ:

**Порядокъ сдачи экзаменовъ и выполненія практическихъ работъ.**





*Примѣчаніе.* Студентъ, принятый въ Институтъ прямо на старшій курсъ, допускается къ испытанію по предметамъ старшаго курса только послѣ предварительнаго выполненія графическихъ работъ и сдачи экзаменовъ младшаго курса.

14. Испытанія на старшемъ курсѣ производится ежегодно въ три періода: 1) осенній періодъ въ началѣ учебнаго года, 2) рождественскій періодъ въ концѣ осенняго и въ началѣ весенняго семестра и 3) весенній періодъ въ концѣ весенняго семестра. Каждый періодъ продолжается не болѣе 6-ти послѣдовательныхъ учебныхъ дней.

*Примѣчаніе 1.* Въ экзаменаціонныхъ періодахъ испытанія, какъ по группамъ, такъ и для отдѣльныхъ студентовъ, производиться не могутъ.

*Примѣчаніе 2.* Испытанія производятся по послѣдней экзаменаціонной программѣ.

15. Какъ испытанія, такъ и оцѣнка работъ, представляемыхъ студентами, производится въ комиссіяхъ. Комиссія состоитъ изъ экзаменатора или руководителя занятіями, ассистента и предсѣдателя—декана.

16. Студенты старшаго курса заявляютъ декану письменно за 2 недѣли до начала cadaго экзаменаціоннаго періода о желаніи приступить къ испытанію по тѣмъ предметамъ, которые они имѣли возможность прослушать. Къ каждому экзаменаціонному періоду составляются списки студентовъ отдѣльно на каждый предметъ и на каждый экзаменаціонный день предмета. Студентъ, не явившійся по неважнымъ причинамъ въ соотвѣтствующій день, не допускается къ испытаніямъ въ другіе дни и можетъ экзаменоваться только въ слѣдующій періодъ.

*Примѣчаніе.* Заявленія объ экзаменахъ, предполагаемыхъ къ сдачѣ въ осенній періодъ, дѣлаются до истеченія предыдущаго весенняго періода.

17. Въ случаѣ желанія студента, отмѣтка, которой комиссія оцѣниваетъ его знаніе, не выставляется и тогда онъ можетъ приступить къ испытанію вновь въ одинъ изъ послѣдующихъ экзаменаціонныхъ періодовъ. Въ одинъ и тотъ же періодъ по каждому отдѣльному предмету можно экзаменоваться только одинъ разъ.

18. Всѣ отмѣтки, выставленныя на испытаніяхъ или въ оцѣночныхъ комиссіяхъ, признаются окончательными и никакимъ измѣненіемъ путемъ повторительныхъ испытаній или передѣлыванія работъ или проекта не подлежатъ.

19. Студентъ старшаго курса, удовлетворительно сдавшій всѣ экзамены и удовлетворительно выполнившій всѣ практическія работы, переводится на спеціальный курсъ.

*Примѣчаніе.* Если студентъ пробылъ на старшемъ курсѣ не болѣе двухъ лѣтъ, то онъ можетъ быть переведенъ на спеціальный курсъ, не пройдя курса технического анализа, который въ такомъ случаѣ долженъ изучаться на спеціальному курсѣ.

20. Студентъ старшаго курса подлежитъ увольненію изъ Института за неуспѣшность: а) если по истеченіи пятилѣтняго пребыванія на отдѣленіи не приобрѣлъ права на переводъ на спеціальный курсъ и б) если въ теченіе двухъ смежныхъ семестровъ по неуважительнымъ причинамъ не сдалъ ни одного испытанія.

### Спеціальный курсъ.

21. Студентъ, перешедшій на спеціальный курсъ, избираетъ для себя спеціальность. Специализироваться можно или по одной изъ отраслей химической технологіи (изъ числа читаемыхъ въ Институтѣ) или по какому либо отдѣлу химіи. Объ избранной спеціальности студентъ увѣдомляетъ передъ началомъ курса декана.

22. Специализирующійся по одному изъ отдѣловъ химической технологіи обязанъ прослушать соответствующій курсъ и выполнить циклъ практическихъ работъ въ подлежащей лабораторіи по программѣ, одобренной отдѣленіемъ.

23. Студентъ, избравшій для изученія спеціальную отдѣлъ химіи, знакомится подъ руководствомъ соответствующаго преподавателя съ литературой предмета и производитъ въ лабораторіи изслѣдованіе на спеціальную тему.

24. По истеченіи однолѣтняго пребыванія на спеціальному курсѣ студентъ допускается, если выполнилъ все требованія программы, въ порядкѣ указанномъ въ § 16, въ одинъ изъ періодовъ, значащихся въ § 14, къ экзаменамъ и по удовлетворительной сдачѣ ихъ получаетъ временное свидѣтельство о прохожденіи курса химическаго отдѣленія.

25. Для полученія диплома инженеръ-технолога 1 или 2 разряда, требуется отъ каждаго, окончившаго курсъ, представленіе дипломной работы, а отъ специализировавшихся по одному изъ отдѣловъ химической технологіи, кромѣ того еще и проекта завода, заключающагося главнымъ образомъ въ расчетъ производства и планахъ заводскихъ построекъ.

26. Дипломная работа и проектъ могутъ быть представляемы или при окончаніи или черезъ годъ и болѣе по окончаніи курса, но какъ та, такъ и другой, должны быть исполнены непременно въ Варшавскомъ Политехническомъ Институтѣ.

27. Выборъ темъ для дипломныхъ работъ и задание проектовъ производится преподавателемъ, подъ руководствомъ котораго они имѣютъ быть исполнены.

28. Специализирующійся по одной изъ отраслей химической технологии можетъ выполнить дипломную работу на тему изъ своей специальности или на чисто химическую тему, причемъ она должна быть сдѣлана въ соответствующей лабораторіи Института.

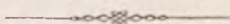
29. Дипломныя работы и проектъ представляются въ Отдѣленіе, которое передаетъ для отзыва работу преподавателю, руководившему ея исполненіемъ, проектъ же передается въ комиссію, состоящую изъ преподавателя, руководившаго его исполненіемъ и изъ преподавателей механики и строительнаго искусства. Заслушавъ отзывы и признавъ работу и проектъ удовлетворительными, отдѣленіе присуждаетъ дипломъ, который выдается по утверженіи Совѣтомъ Института.

30. Дипломъ инженеръ-технолога I разряда выдается лицу, дипломная работа и проектъ котораго признаны весьма удовлетворительными и которое сверхъ того имѣетъ отмѣтки: 1) по математикѣ, теоретической механикѣ, прикладной механикѣ и физикѣ въ среднемъ не менѣе—4-хъ, 2) по аналитической химіи, неорганической химіи, органической химіи, физико- и электро-химіи, общей химической технологии, техническому анализу, по спеціальному отдѣлу химической технологии и по спеціальному отдѣлу химіи не менѣе—4-хъ по каждому предмету, 3) по всѣмъ остальнымъ предметамъ въ среднемъ не менѣе 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>.

*Примчаніе.* Окончательной отмѣткой по математикѣ признается, полученная на старшемъ курсѣ. Отмѣтка по физикѣ складывается изъ двухъ отмѣтокъ по отдѣльнымъ частямъ этого предмета. При выставленіи отмѣтокъ по предметамъ, по которымъ существуютъ практическія занятія, принимается въ расчетъ качество выполненія таковыхъ.

31. Въ случаѣ выдающихся достоинствъ дипломной работы или проекта отдѣленіе можетъ сдѣлать прибавку въ баллахъ безъ огрaнеченія ея размѣровъ для одной изъ группъ или для одного отдѣльнаго предмета второй группы; въ послѣднемъ случаѣ съ согласія преподавателя.

32. Для студентовъ первыхъ 3-хъ выпусковъ §§ 10, 13, 19, 30, 31 и п. а § 20 могутъ подлежать измѣненію.



УЧЕНЫЙ И УЧЕБНЫЙ ОТДЕЛЫ.

---

# Нѣкоторыя дополненія къ теоріи динамомашинъ въ связи съ ея расчетомъ.

А. В у л ь ф ъ.

Требованія, предъявляемыя промышленностью динамомашинъ, съ теченіемъ развитія электротехники разрастались постепенно, заставляя теорію и конструкцію машины входить все болѣе и болѣе въ детали ея свойствъ. Самымъ первымъ и элементарнымъ требованіемъ было, конечно, достиженіе хорошей отдачи, что повело за собою раздѣленіе сердечника якоря, разработку свойствъ магнитнаго потока въ машинъ и т. п. Требованіе хорошей отдачи машины не могло не вызвать другого,—именно хорошей утилизациі матеріала, такъ какъ высокая отдача вообще тѣсно связана со щедрымъ расходомъ матеріала. Нѣтъ никакого сомнѣнія въ томъ, что установившіяся нынѣ нормы для потерь энергіи въ машинахъ съ одной стороны, и выработка одного общаго для всѣхъ машинъ вишняго типа, являются главнымъ образомъ результатомъ согласованія двухъ, вообще противорѣчащихъ одно другому, требованій: достиженіе возможно высокой отдачи при возможно лучшей утилизациі матеріала. Это согласованіе шло не на основаніи предвычисленій, такъ какъ если и существуетъ несомнѣнная зависимость не только между количествомъ матеріала и отдачей, но и между количествомъ матеріала и формой машины, то эта зависимость слишкомъ сложна, чтобы можно было не опытомъ, а расчетомъ дойти въ машинъ до наивыгоднѣйшей формы, при которой соблюдено условіе мнимума матеріала при данной отдачѣ. Существованіе однако указанной зависимости можетъ имѣть подтвержденіе въ простомъ соображеніи. Такъ

какъ съ одной стороны всѣ электрическія и магнитныя потери въ машинѣ выражаются ея нагрѣваніемъ, предѣльная величина котораго устанавливается съ достаточной точностью, а съ другой—условія охлажденія машины тѣсно связаны не только съ ея размѣрами, но и съ ея формой (типомъ), то связь между понятіями: отдача, утилизація матеріала и форма, или типъ машины, несомнѣнно должна существовать.

Отдача машины не можетъ разсматриваться, какъ величина произвольная. Являясь коэффициентомъ преобразования механической энергіи въ электрическую, или обратно, отдача динамомашинны, или электродвигателя опредѣляется прежде всего той стоимостью энергіи, которая считается выгодною, т. е. минимумъ отдачи зависитъ прежде всего отъ экономическихъ соображеній и требованій промышленности. Произволь при повышеніи отдачи не допустимъ на тѣхъ же основаніяхъ, какъ и при пониженіи его далѣе опредѣленнаго минимума, такъ какъ увеличеніе отдачи машины связано съ пониженіемъ утилизаціи матеріала, иначе говоря—съ возрастаніемъ цѣны самой машины.

Принимая, что величина отдачи машины, также какъ и ея типъ очень мало зависятъ отъ конструктора, мы получаемъ довольно опредѣленное представленіе объ утилизаціи матеріала. Степень ея опредѣляется расходомъ матеріала на машину при нормальной отдачѣ и допустимомъ нагрѣваніи. Максимальной утилизаціей мы можемъ считать такую, при которой машина, обладая предѣльной отдачей и наибольшимъ допустимымъ нагрѣваніемъ, даетъ наибольшую объемную мощность и притомъ не въ ущербъ чисто техническимъ ея достоинствамъ. Подъ послѣдними главнымъ образомъ подразумѣваются: предѣлы искренія щетокъ для машинъ постоянного тока и степень постоянства напряженія для всѣхъ машинъ.

Изъ чисто техническихъ условій хорошаго качества машины, предѣлы искренія щетокъ у машинъ постоянного должно быть поставлено въ настоящее время на первомъ мѣстѣ по своей важности и общности для всѣхъ машинъ этого рода. Какъ извѣстно, задача устраненія искръ на коллекторѣ при неподвижныхъ щеткахъ, выдвинутая примѣненіями генераторовъ постоянного тока къ передачѣ механической работы вообще, и практикой электрическихъ желѣзныхъ дорогъ въ частности, опытнымъ путемъ рѣшена вполне удовлетворительно. Въ настоящее время требованіе работы машины при постоянномъ положеніи щетокъ въ предѣ-

лахъ отъ холостого хода до полной нагрузки является обыденнымъ, и техника въ состояніи выполнять даже такія машины, которыя работаютъ безъ замѣтнаго искренія и безъ передвиженія щетокъ въ предѣлахъ отъ холостого хода до кратковременныхъ полуторныхъ перегрузокъ.

Отдача и утилизація матеріала въ связи съ условіями нагрѣванія являются основными и общими для всѣхъ машинъ характеристичными величинами. Въ машинахъ постоянного тока, болѣе сложныхъ какъ по теоріи, такъ и по конструкціи, должна быть добавлена третья характеристика качества — предѣлы искренія щетокъ.

Многія изъ существующихъ машинъ удовлетворяютъ самымъ строгимъ требованіямъ по отношенію къ использованию матеріала и къ чисто техническимъ качествамъ, но къ сожалѣнію теорія машинъ и до сихъ поръ не можетъ гордиться подобнымъ же успѣхомъ. Не вдаваясь въ разборъ причинъ, замѣтимъ только, что теорія динамомашинъ въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ значительно отстала отъ ея конструкціи, и это особенно замѣтно по отношенію къ тѣмъ основнымъ требованіямъ, которыя мы выше намѣтили для машины постоянного тока. Теорія коммутации лишь въ послѣдніе года серьезно занялась своей задачей, и только въ послѣдній годъ литература этого предмета (почти исключительно нѣмецкая) стала расти съ замѣтной быстротой. Вопросы же о нагрѣваніи машины и утилизаціи матеріала интересовали теорію гораздо менѣе, чѣмъ они того заслуживаютъ.

Желаніе оказать посильную помощь въ пополненіи этихъ крупныхъ пробѣловъ въ теоріи динамомашинъ вызвало предлагаемую статью. Цѣль ея — приблизиться къ рѣшенію поставленныхъ выше вопросовъ, такъ какъ конечно авторъ не предполагаетъ возможности единичными силами исчерпать то, что по его мнѣнію составляетъ сущность машины.

Въ дальнѣйшемъ изложеніи главнымъ образомъ имѣется въ виду машина постоянного тока, какъ болѣе сложный случай, многое же, а главнымъ образомъ изъ относящагося къ вопросу объ утилизаціи матеріала, можетъ быть легко распространено и на механизмы переменнаго тока.

## 1. Утилизация материала въ якорѣ машины въ связи съ его нагреваніемъ.

Вопросъ о наивыгоднѣйшихъ соотношеніяхъ въ размѣрахъ отдѣльных частей якоря (сѣченія рабочихъ проводовъ, размѣры рубцовъ и т. д.) съ теоретической точки зрѣнія очень мало затрагивается въ электротехнической литературѣ, не смотря на важность рѣшенія такой задачи для расчета динамомашинъ.

Повидимому первый обратилъ вниманіе на этотъ вопросъ Мэворъ (Henry A. Mavor) въ своемъ докладѣ конгрессу въ Глазго (1901). Онъ ввелъ представленіе о „рабочемъ слое“ якоря, назвавъ такимъ образомъ часть якоря, занятую рабочими проводами и зубцами, часть, въ которой развивается вся энергія машины и въ которой вмѣстѣ съ тѣмъ наблюдаются наибольшія потери. Онъ предложилъ, какъ характеристику утилизациі матеріала въ якорѣ, величину, выражающую мощность 1 см.<sup>3</sup> рабочего слоя, отнесенную къ линейной скорости, равной 1 см. въ сек. и магнитной индукціи въ воздушномъ слое, равной абсолютной единицѣ. Онъ подмѣтилъ, что такая объемная мощность рабочего слоя, которой выраженіе можетъ быть написано въ формѣ:

$$K \times 10^7 = \frac{W}{\pi D l h \cdot \pi D \frac{n}{60} B_{\delta}}$$

( $W$  — полная мощность машины =  $JE$ ,  $D$  — діаметръ сердечника якоря безъ высоты рубца  $h$ ,  $\frac{n}{60}$  — число оборотовъ въ сек.,  $B_{\delta}$  — индукція въ воздухѣ), подлежатъ очень малымъ колебаніямъ въ существующихъ машинахъ и въ среднемъ равна 5.

Въ позднѣйшее время <sup>1)</sup> Сильванусъ Томпсонъ дополнилъ общія положенія Мэвора, оцѣнивъ на основаніи изслѣдованія существующихъ

---

<sup>1)</sup> L'industrie Eléctrique 1902, 10 Oct.



машинъ границы, въ которыхъ колеблются отдѣльныя величины, входящія въ выраженіе объемной мощности рабочаго слоя <sup>1)</sup>).

С. Томпсонъ представляетъ мощность машины  $w$  въ формѣ произведенія трехъ множителей

$$w = \alpha \beta \gamma;$$

здѣсь  $\alpha$  представляетъ среднюю плотность тока въ рабочемъ слое, т. е. отношеніе объема тока въ проводникахъ якоря къ сѣченію всего рабочаго слоя  $\left( \alpha = \frac{z i_z}{\pi a D h} \right)$ , гдѣ  $z$  — число проводовъ,  $i_z$  — сила тока въ якорѣ,  $a$  — число параллельныхъ вѣтвей обмотки,  $D$  — діаметръ якоря, а  $h$  — высота зубца),  $\beta$  — среднюю магнитную индукцію, отнесенную къ единицѣ вѣршной поверхности якоря  $\left( \beta = \frac{p N}{\pi D l} \right)$ , гдѣ  $p$  — число полюсовъ,  $N$  — величина потока, а  $l$  — длина якоря),  $\gamma$  же пропорціональна линейной скорости  $v$  на поверхности якоря и равна  $v \cdot 10^{-8}$ .

Авторъ изслѣдовалъ до 50 машинъ новѣйшей конструкціи по отношенію къ величинамъ  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ , причемъ всѣ машины брались выше 50 киловаттъ.

Результаты подсчетовъ, какъ и слѣдовало ожидать, дали очень большія колебанія, какъ по отношенію къ произведенію  $\alpha \beta \gamma$ , такъ и по отношенію къ отдѣльнымъ, входящимъ въ него, множителямъ. Такъ объемная мощность въ результатѣ дала колебанія отъ 3 до 7 уаттъ на 1 см.<sup>3</sup> рабочаго слоя, но въ одномъ исключительномъ случаѣ она спустилась до 1 уатта, а въ другомъ—поднялась до 12 уаттъ. Въ отдѣльности  $\alpha$  колеблется отъ 300 до 460 А. на 1 дюйм<sup>2</sup> (48—63,4 А. на 1 см.<sup>2</sup>),  $\beta$ —отъ 4800 до 7200 линій силъ (крайніе случаи—3520 и 9280) и  $v$  отъ 20 до 25 м.

<sup>1)</sup> Когда настоящая статья была уже готова, въ Zeitschrift für Elektrotechnik (1903 Heft 4) появился рефератъ о новомъ докладѣ Мэвора, относящемся къ тому же вопросу. Въ этомъ докладѣ, развивая основныя свои положенія съ цѣлью сдѣлать ихъ приложимыми къ проектированію машины, Мэворъ имѣетъ въ виду главнымъ образомъ значеніе скорости вращенія якоря для утилизаціи матеріала.

Всѣ эти числа относятся очевидно лишь къ машинамъ постояннаго тока, хотя С. Томпсонъ этого непосредственно и не указываетъ.

Числа, даваемые Мэворомъ и С. Томпсономъ, представляютъ статистическій матеріалъ, имѣющій большое значеніе, такъ какъ они указываютъ на тѣ границы, придерживаясь которыхъ при расчетахъ машинъ постояннаго тока, можно получить машину, не выходящую за предѣлы возможнаго; но къ сожалѣнію границы колебанія отдѣльныхъ величинъ слишкомъ широки, чтобы на нихъ основывать какія либо точныя сужденія. Числа С. Томпсона могли бы получить значительно большій вѣсъ, если бы онъ обратилъ вниманіе и на конструктивныя особенности разсматриваемыхъ машинъ. Сами по себѣ, большія или малыя числа  $\alpha$  и  $\beta$  не могутъ охарактеризовать степень утилизаціи матеріала въ машинѣ, если не указаны условія ея работы, или конструкціи. Такъ машину, предназначенную къ работѣ въ помѣщеніи съ высокой температурой, нельзя упрекнуть въ томъ, что ея размѣры опредѣлены щедро ради пониженія ея нагрѣванія; съ другой стороны нѣтъ особенной заслуги конструктора въ томъ, если въ открытомъ двигателѣ, предназначенномъ для кратковременной работы, онъ получитъ утилизацію матеріала, превышающую напр. 20 уаттъ на 1 см.<sup>3</sup> рабочаго слоя.

Условія нагрѣванія являются несомнѣнно однимъ изъ самыхъ важныхъ факторовъ въ выясненіи утилизаціи матеріала въ якорѣ машины, такъ какъ повысить мощность якоря данныхъ размѣровъ и формы безъ соответственнаго повышенія его нагрѣванія невозможно <sup>1)</sup>; нагрѣваніе же машины находится въ тѣсной связи съ ея конструкціей, а потому сама по себѣ объемная мощность машины безъ указанія на условія ея охлажденія, какъ характеристика утилизаціи матеріала недостаточна.

---

<sup>1)</sup> На первый взглядъ можно ожидать, что увеличеніе мощности машины на счетъ ускоренія вращенія, т. е. повышеніемъ электродвижущей силы, не повыситъ нагрѣванія якоря. Если принимать, что нагрѣваніе якоря обратно пропорціонально линейной его скорости, то дѣйствительно увеличеніе потерь, зависящихъ отъ первой степени скорости (гистерезисъ) не повыситъ температуры якоря. Однако потери, зависящія отъ высшихъ степеней скорости (токи Фуко) возрастутъ быстрее, чѣмъ скорость, и якорь приобрететъ высшую температуру.

Нужно замѣтить здѣсь же, что оцѣнка удѣльной мощности машины относительно единицы объема рабочего слоя не вполне правильна; какъ мы увидимъ ниже *распределение* потерь въ массѣ всего якоря имѣть большое вліяніе на объемъ матеріала, необходимаго для его изготовленія. Машина можетъ обладать очень большою удѣльною мощностью, отнесенною къ ея рабочему слою, но она не можетъ считаться совершенною, если высокая утилизація матеріала въ рабочемъ слоѣ достигнута на счетъ щедраго расхода матеріала въ желѣзной массѣ сердечника якоря.

Съ этой точки зрѣнія правильная оцѣнка удѣльной мощности машины можетъ быть выполнена лишь по отношенію къ общему объему якоря, и конечно съ принятіемъ во вниманіе условій охлажденія послѣдняго.

Изъ статей, тракующихъ вопросъ объ утилизаціи матеріала, кромѣ работъ Мэвора и С. Томпсона, обращаетъ на себя вниманіе также статья М. Корсеніуса <sup>1)</sup>, который пытается всѣ элементы машины поставить въ связь съ размѣрами зубцовъ. Не смотря на то, что дѣйствительно размѣры зубцовъ играютъ очень важную роль въ утилизаціи матеріала въ якорѣ, задача Корсеніуса поставлена слишкомъ широко и даже произвольно, чѣмъ и объясняется то обстоятельство, что Корсеніусъ могъ прійти только къ общимъ положеніямъ, не всегда поддающимся численному выраженію.

Прежде чѣмъ переходить къ болѣе детальному разбору вопроса объ утилизаціи матеріала въ якорѣ машины, и именно, упомянутого вопроса о вліяніи распределенія потерь въ якорѣ на объемъ послѣдняго, мы остановимся на условіяхъ охлажденія якоря.

Не смотря на важное вліяніе, которое оказываетъ на утилизацію матеріала хорошее охлажденіе машины, сущность явленія его затронута весьма мало, чѣмъ вѣроятно можно объяснить и отсутствіе рациональной критики данныхъ, добытыхъ наблюденіемъ надъ выполненными машинами.

Какъ извѣстно, существующія формулы, дающія возможность вычислить повышеніе температуры  $\tau$  машины надъ температурой окружающаго пространства, вообще имѣютъ видъ

<sup>1)</sup> Elektrotechnische Zeitschrift 1901 II. 48, 49 и 50.

$$\tau = \frac{CW}{Sf(v)},$$

гдѣ  $W$ —потери въ якорѣ, выраженные въ уаттахъ,  $S$ —охлаждающаяся поверхность якоря,  $f(v)$ —функция отъ линейной скорости на виѣшней поверхности якоря, а  $C$ —коэффициентъ, вообще подлежащій колебаніямъ въ зависимости отъ конструкции машины.

Функции  $f(v)$  обыкновенно приписываютъ видъ

$$f(v) = 1 + 0,1 v,$$

поверхность же  $S$  оцѣнивается различными авторитетами далеко не одинаково. Такъ Каппъ въ своей формулѣ

$$\tau = \frac{550 W}{S(1+0,1 v)}$$

подъ  $S$  подразумѣваетъ всѣ свободныя поверхности якоря, какъ наружныя, такъ и поверхности вентиляціонныхъ каналовъ. Арнольдъ <sup>1)</sup> для малыхъ машинъ даетъ почти тождественную формулу

$$\tau = \frac{400 \text{ до } 500}{a}$$

гдѣ

$$a = \frac{\pi D l_1 + \frac{\pi}{2} D^2}{W} (1 + 0,1 v);$$

подъ  $D$  и  $l$  здѣсь подразумѣваются діаметръ и длина сердечника якоря. Для большихъ машинъ Арнольдъ даетъ формулу

$$\tau = \frac{250 \text{ до } 450}{a},$$

гдѣ

$$a = \frac{\pi D l_1}{W'} (1 + 0,1 v);$$

здѣсь  $W'$  представляетъ потери только въ рабочемъ словѣ, а  $\pi D l_1$  — только виѣшнюю цилиндрическую поверхность; нагрѣваніе боковыхъ

<sup>1)</sup> E. Arnold. Die Gleichstrommaschine. 1902. I. 525.

соединеній Арнольдъ предлагаетъ вычислять по особымъ формуламъ <sup>1)</sup>. Величина множителя  $C = 250$  до  $450$  зависитъ отъ соотношенія между наружною цилиндрическою поверхностью якоря и внутреннею, а также отъ конструкціи машины и найдена опытнымъ путемъ.

Арнольдъ къ сожалѣнію не объясняетъ, почему онъ, въ противоположность Каппу, въ послѣдней формулѣ не принимаетъ во вниманіе боковыхъ поверхностей сердечника якоря и вентиляціонныхъ каналовъ; но если пренебреженіе этими поверхностями якоря и не явилось, какъ результатъ какого либо соображенія, то во всякомъ случаѣ Арнольдъ вполнѣ справедливо поступилъ, не принимая ихъ во вниманіе.

Обыкновенно пониженіе температуры якоря устройствомъ вентиляціонныхъ каналовъ относятъ на счетъ увеличенія охлаждающей поверхности; однако простое соображеніе показываетъ неосновательность такого объясненія. Сердечникъ якоря машины представляетъ неоднородное тѣло, состоящее изъ желѣзныхъ листовъ, проложенныхъ бумагой, и очевидно подобное строеніе придаетъ ему *неодинаковую теплопроводность* по осевому и радіальному направленіямъ. Вслѣдствіе этого и скорости теченія теплоты изъ внутреннихъ частей якоря къ его поверхностямъ должны быть различны по этимъ направленіямъ. Чтобы судить, на сколько указанная особенность строенія сердечника якоря оказываетъ вліяніе на его охлажденіе, достаточно хотя приближенно опредѣлить отношеніе теплопроводностей въ желѣзной массѣ якоря по осевому и радіальному направленіямъ. Полагая теплопроводность желѣза равною 0,16, а бумаги — 0,0004 и считая, что 10% длины якоря занято бумагой, найдемъ, что отношеніе теплопроводностей составляетъ всего ок. 0,02. На основаніи такой большой разницы въ теплопроводностяхъ можно утверждать, что *практически боковыя поверхности якоря и поверхности вентиляціонныхъ каналовъ въ охлажденіи якоря не играютъ никакой роли.*

Послѣдній выводъ на первый взглядъ какъ бы сводитъ къ нулю роль вентиляціонныхъ каналовъ, что противорѣчитъ дѣйствительности; на самомъ же дѣлѣ такого противорѣчія нѣтъ. Вентиляция якоря сохраняетъ вполнѣ свое значеніе, только роль ея должна разсматриваться нѣсколько иначе. Если дѣйствительно движеніе теплоты, развивающей-

<sup>1)</sup> 1. с. стр. 527—528.

из-за вѣдствіе явленій гистерезиса и токовъ Фуко внутри желѣза якоря, происходитъ практически только по радіальному направленію, то для пониженія температуры якоря въ высшей степени важно привлекать объ его цилиндрическія поверхности, — вѣшнюю и внутреннюю, — къ возможно энергичному охлажденію; чѣмъ ближе другъ къ другу и къ температурѣ окружающаго машину пространства температуры воздуха, прилегающаго къ этимъ поверхностямъ, тѣмъ совершеннѣе охлажденіе машины. Такимъ образомъ роль вентиляціонныхъ каналовъ заключается въ томъ, что они, помогая быстрому обмѣну воздуха вокругъ якоря, даютъ возможность приблизить другъ къ другу температуры воздуха у вѣшней и внутренней поверхности якоря и привлечь объ поверхности къ наиболѣе энергичному участию въ охлажденіи.

То, что относится къ желѣзному сердечнику, не можетъ быть конечно распространено на обмотку, погруженную въ выемки якоря; тутъ движеніе теплоты по направленію, нормальному къ проводнику, затрудняется слоемъ изоляровки и, въ противоположность желѣзу якоря, облегчено по оси якоря, такъ какъ въ этомъ направленіи теплота течетъ по сплошной мѣди.

Условія охлажденія обмотки гораздо сложнѣе, чѣмъ сердечника, и должны зависѣть, какъ на это обращаетъ вниманіе и Арнольдъ, отъ выполненія боковыхъ соединеній.

Послѣднее обстоятельство, какъ легко показать, должно сильно отзываться на нагрѣваніи всего якоря. Очевидно въ проводникахъ якоря можетъ развиваться тепловой потокъ, или отъ середины якоря къ боковымъ соединеніямъ, или наоборотъ. Первое должно наблюдаться при хорошей вентиляціи боковыхъ соединеній, и въ этомъ случаѣ боковыя соединенія могутъ оказывать важную помощь въ охлажденіи машины, увеличивая охлаждающую поверхность рабочаго слоя. Наоборотъ, очень плохая вентиляція боковыхъ соединеній можетъ дать тепловой потокъ въ проводникахъ отъ краевъ якоря къ его серединѣ, что конечно поведетъ къ нагрѣванію сердечника якоря на счетъ теплоты, выделяющейся въ соединительныхъ проводахъ.

Въ современныхъ машинахъ подмѣчено, что температура соединительныхъ проводовъ ниже, чѣмъ сердечника якоря, т. е. въ нихъ хорошая вентиляція соединительныхъ проводовъ обыкновенно способствуетъ

еть охлажденію якоря, вызывая тепловой потокъ отъ середины якоря къ его краямъ.

Изъ другихъ, менѣе опредѣленныхъ обстоятельствъ, оказывающихъ вліяніе на охлажденіе якоря, отмѣтимъ: открытый типъ машины, отношеніе полюсной дуги къ полюсному дѣленію (*Poltheilung*), толщина воздушнаго слоя и т. п. <sup>1)</sup>.

На основаніи вышесказаннаго формулы для нагрѣванія якоря, подобныя формулы Каппа, не могутъ считаться близкими къ истинѣ, такъ какъ въ нихъ вовсе не приняты во вниманіе дѣйствительныя тепловыя явленія, происходящія въ работающемъ якорѣ; формула же Арнольда (для большихъ якорей) близко отвѣчаетъ дѣйствительности, и если ее можно въ чемъ либо упрекнуть, то это въ томъ, что въ ней явно принять въ расчетъ только рабочей слой.

Чтобы нѣсколько ближе оцѣнить условія охлажденія якоря, сдѣла-

---

1) Арнольдъ (I. с.) приписываетъ замѣтное вліяніе на охлажденіе машины степени нагрѣванія индуктора, но съ этимъ вообще нельзя согласиться.

Механизмъ вентиляціи машины повидимому заключается въ томъ, что воздухъ, захваченный внутреннею полостью якоря, приходитъ во вращеніе и выносится центробѣжною силой въ вентиляціонные каналы; вынесенный воздухъ сжимается свѣжимъ, входящимъ съ боковъ внутрь якоря, и такимъ образомъ вокругъ машины устанавливается вихревое движеніе воздуха. Если такое объясненіе вѣрно, то въ машинѣ съ внѣшними полюсами токъ воздуха будетъ всегда *отъ якоря къ индуктору*, и нагрѣваніе послѣдняго не можетъ оказывать замѣтнаго вліянія на охлажденіе якоря.

Приведенное объясненіе механизма вентиляціи указываетъ на то, что охлажденіе якоря должно быть тѣмъ совершеннѣе, чѣмъ большую область воздуха можетъ захватить образующійся вокругъ машины вихрь; отсюда вытекаетъ какъ слѣдствіе, что конструкція машины должна стремиться къ тому, чтобы не затруднять образованія обширнаго вихря вокругъ машины. Вопли открытая конструкція, небольшое отношеніе полюсной дуги къ полюсному дѣленію и не очень узкій воздушный слой должны улучшать охлажденіе машины именно потому, что вокругъ такой машины можетъ возникнуть вихревое движеніе воздуха, захватывающее воздухъ, даже далекій отъ машины.

емъ попытку теоретически найти приближенную величину коэффициента  $C$  и сравнимъ ее съ данными наблюденія надъ готовыми машинами.

Числовыя данныя для охлажденія нагрѣтыхъ веществъ къ сожалѣнью слишкомъ скудны, чтобы можно было пользоваться ими въ широкой мѣрѣ; за отсутствіемъ подъ руками данныхъ для охлажденія желѣза, мы воспользуемся числами Макъ Ферлана <sup>1)</sup> для зачерченной мѣди, руководствуясь тѣмъ соображеніемъ, что грязная, покрытая окислами и неровная поверхность желѣза якоря не будетъ обладать лучепускательною способностью меньшею, чѣмъ гладкій зачерненный шаръ въ опытахъ Макъ Ферлана. Послѣдній для количества теплоты, теряемой въ 1 мин. квадратнымъ см. зачерченной мѣдной поверхности, когда разность температуръ тѣла и окружающаго пространства равна  $t^{\circ}$  нашелъ слѣдующія числа:

$t = 5^{\circ}$	$q = 0,01512 \times 5$
10	$0,01596 \times 10$
20	$0,01734 \times 20$
30	$0,01836 \times 30$
40	$0,01914 \times 40$
60	$0,01968 \times 60$

Изъ нихъ выберемъ число для  $t=40^{\circ}$   $q=0,019$ , такъ какъ превышеніе температуры якоря надъ температурой окружающаго воздуха вообще бываетъ ок.  $40^{\circ}$ . Замѣчая, что 0,019 калорій въ 60 сек. соответствуютъ  $\frac{0,019 \cdot 4,17}{60} = 0,0013$  ватта, изъ равенства

$$\tau = \frac{C \cdot 0,0013}{1 \text{ cm}^2},$$

находимъ при  $\tau = 1^{\circ}$

$$C = 770.$$

Не смотря на нѣкоторый произволъ въ выборѣ основного числа  $q=0,019$ , относящагося къ зачерченной мѣди, а не къ желѣзу, величину  $C=770$  слѣдуетъ считать близкой къ истинѣ и по отношенію къ желѣзнымъ частямъ машины, такъ Питтгаммеръ (Niethammer) <sup>2)</sup> на

<sup>1)</sup> О. Хвольсонъ. Курсъ физики. Т. III.

<sup>2)</sup> Elektrotechn. Zeitschr. 1902, Н. 20.



основаніи опытныхъ данныхъ указываетъ, что для машинъ закрытаго типа (Kapselmotoren) величина  $C$  лежитъ въ предѣлахъ 600—900; средняя величина—750—очень близка къ найденной нами выше.

Обращаясь къ якорю машины, мы можемъ разсматривать два предѣльныхъ случая.

1) Якорь на столько великъ, что  $\pi D_i$  — внутренняя его окружность и  $v_i$  — скорость точки на ней мало отличается отъ  $\pi D_e$  — внешней окружности и  $v_e$  — скорости на ней. Вентиляція настолько совершенна, что воздухъ у обѣихъ поверхностей имѣетъ одинаковую температуру; кромѣ того предположимъ, что боковыя соединенія не вліяютъ на охлажденіе сердечника. Тогда

$$\tau_1 = \frac{770 W}{2\pi D_e l (1+0,1 v_e)} = \frac{385 W}{\pi D_e l (1+0,1 v_e)}.$$

2) Якорь съ внутренней поверхности не вентилируется вовсе, и боковыя соединенія, какъ и въ первомъ случаѣ, не вліяютъ. Тогда

$$\tau_2 = \frac{770 W}{\pi D_e l (1+0,1 v_e)}.$$

Очевидно, въ дѣйствительности превышеніе температуры  $\tau$  якоря будетъ лежать между напечатанными предѣльными значеніями; считая приближенно, что

$$\tau = \frac{\tau_1 + \tau_2}{2},$$

мы можемъ принять за вѣроятное значеніе постоянной  $C$  величину

$$C = \frac{770+385}{2} = 578 \approx 580.$$

Получающаяся отсюда формула

$$\tau = \frac{580 W}{\pi D_e l (1+0,1 v_e)} \dots \dots \dots (1).$$

сильно уклоняется отъ формулы Арнольда, но это уклоненіе не можетъ быть всецѣло отнесено на счетъ ошибки въ оцѣнкѣ коэффициента

лучеиспускания для желѣза якоря, такъ какъ иначе теоретическая величина  $C=770$  для закрытыхъ машинъ точно также не совпадала бы съ дѣйствительностью. Несомнѣнно слишкомъ большая величина  $C$  въ формулѣ (1) можетъ быть объяснена главнымъ образомъ существенностью влiянiя боковыхъ соединенiй на якорѣ. Какъ было замѣчено выше, температура боковыхъ соединенiй въ якорѣ обыкновенно бываетъ ниже, чѣмъ температура сердечника; разность температуръ на столько значительна, что, какъ извѣстно, въ новыхъ „нормахъ”, выработанныхъ Союзомъ Германскихъ Электротехниковъ, прежнiй способъ опредѣленiя температуры якоря по измѣненiю сопротивленiя его обмотки призналъ неподнымъ, и поставлено требованiе измѣрять температуру непосредственно термометромъ. Существованiе значительной разницы въ температурахъ сердечника и боковыхъ соединенiй съ одной стороны, и большая теплопроводность рабочихъ проводовъ по осевому направленiю сравнительно съ другими направленiями, вызываетъ очевидно весьма энергичный тепловой потокъ въ рабочихъ проводахъ отъ середины якоря къ его краямъ, и повидимому невѣрность формулы (1) слѣдуетъ отнести не столько къ ошибочной величинѣ коэффицiента лучеиспусканiя, сколько къ невѣрности предположенiя, что вся теплота отъ потерь въ сердечникѣ и рабочихъ проводахъ  $W$  удаляется исключительно черезъ поверхности якорнаго сердечника.

Замѣтимъ, что величина  $\tau$  можетъ быть написана въ формѣ

$$\tau = \frac{CW}{(\pi D_i l + \pi D_i l) \left(1 + 0,1 \frac{v_e + v_i}{2}\right)},$$

гдѣ  $W$ —теплота, удаляющаяся чрезъ поверхности желѣза якоря.

Подставляя вмѣсто  $D_i$  его выраженiе  $D_i = D_e - 2H$ , гдѣ  $H$  полная высота желѣза къ сердечникѣ, и вмѣсто  $v_i$  величину ея  $v_i = v_e \frac{D_i}{D_e} = v_e \frac{D_e - 2H}{D_e}$ , получимъ:

$$\tau = \frac{CW}{2\pi l (D_e - H) \left(1 + 0,2 v_e \frac{D_e - H}{D_e}\right)}.$$

Последнее равенство показывает, на сколько заметную роль въ утилизациі матеріала играетъ высота желѣза  $H$ ; уменьшеніе ея повышаетъ оба множителя въ знаменателѣ последней дроби и, слѣдовательно, даетъ возможность достигать увеличенія мощности машины, не повышая ея нагрѣванія и не увеличивая ея размѣровъ. Выясненіе условій, при которыхъ возможно дойти путемъ расчета до наименьшей величины  $H$  и при соблюденіи конечно необходимыхъ техническихъ требованій, можно считать наиболѣе важнымъ въ вопросѣ объ утилизациі матеріала въ якорѣ машины, такъ какъ минимумъ высоты желѣза даетъ одновременно и наименьшій расходъ желѣза и наилучшее охлажденіе при данномъ внѣшнемъ діаметрѣ.

Переходи къ этому вопросу, напомнимъ прежде всего принятое нами положеніе, что величина общихъ потерь въ машинѣ можетъ считаться независящею отъ конструктора. Отдѣльныя потери (нагрѣваніе обмотки, гистерезисъ и т. д.) также не могутъ считаться вполне произвольными. Такъ потери на нагрѣваніе обмотки якоря тѣсно связаны съ внѣшней характеристикой машины, т. е. зависятъ не только отъ экономическихъ соображеній, имѣющихъ въ виду возможно малый расходъ мѣди на обмотку, но и отъ техническихъ требованій; потери въ индукторѣ тѣсно связаны съ расходомъ мѣди на его обмотку, всякаго рода тренія не могутъ также точно быть въ полной власти конструктора и т. д. Благодаря подобнымъ обстоятельствамъ, не только общая величина отдачи, но и отдѣльныя процентныя потери въ современныхъ динамомашинахъ подлежатъ весьма малымъ колебаніямъ. Съ этой точки зрѣнія вопросъ объ утилизациі матеріала въ якорѣ машины долженъ касаться не столько самихъ величинъ потерь, сколько распредѣленія послѣднихъ въ якорѣ машины, т. е. въ рабочемъ слоѣ и остальномъ желѣзѣ сердечника.

Изъ всѣхъ потерь, наблюдаемыхъ въ якорѣ, наиболѣе опредѣленными являются потери на нагрѣваніе обмотки. Пусть  $i, z$  будетъ объемъ тока въ рабочемъ слоѣ, т. е. произведеніе изъ силы тока въ проводникѣ якоря  $i$ , на число рабочихъ проводовъ  $z$ . Называя черезъ  $l$  длину рабочаго провода (въ см.) и вмѣстѣ съ тѣмъ длину сердечника якоря, черезъ  $\rho$  — удѣльное сопротивленіе мѣди и черезъ  $S_1$  сѣченіе рабочаго слоя, нормальное къ оси якоря, получимъ

$$W_r = (iz)^2 \frac{0,01 l \rho}{k' S_t}, \dots \dots \dots (2).$$

гдѣ  $W_r$  — потери въ уаттахъ на нагрѣваніе рабочихъ проводовъ, а  $k'$  — коэффициентъ, зависящій отъ того, какую часть сѣченія рабочаго слоя занимаетъ мѣдь <sup>1)</sup>. Если рабочей слой не содержитъ желѣза, т. е. если мы имѣемъ дѣло съ гладкимъ якоремъ, то  $k'$  опредѣляется исключительно присутствіемъ изолировки (по С. Томпсону <sup>2)</sup>  $k'$  въ этомъ случаѣ для низкихъ напряженій не превосходитъ 0,5). Если же въ рабочемъ слоѣ есть желѣзо, занимающее часть сѣченія его, равную  $m S_t$ , то  $k'$  можетъ быть представлено въ видѣ  $k' = k(1 - m)$ , гдѣ  $k$  зависитъ только отъ изолировки, а  $(1 - m)$  представляетъ правильную дробь. Соответственно сказанному рав. (2) принимаетъ видъ:

$$W_r = (iz)^2 \frac{0,01 l \rho}{k S_t} \frac{1}{1 - m}.$$

Замѣчая, что

$$\frac{i_z z}{S_t} = j_m$$

т. е. средней плотности тока въ рабочемъ слоѣ, а

$$\frac{i_z z}{k S_t} \frac{1}{1 - m} = j$$

плотности тока въ проводникахъ обмотки, можемъ написать рав. для  $W_r$  въ одномъ изъ двухъ видовъ:

$$W_r = (iz)^2 0,01 l \rho \frac{1}{k(1-m)} j_m^2 \quad \text{и} \quad W_r = (iz)^2 0,01 l \rho j^2 \quad (3).$$

или

$$W_r = a \frac{1}{k(1-m)} j_m^2 \quad \text{и} \quad W_r = a j^2.$$

Потери въ желѣзѣ, особенно на токи Фуко, значительно менѣе

<sup>1)</sup> Ниже  $S_t$  предполагается въ  $cm^2$ ; соответственно этому  $\rho$  въ рав. (2) должно быть отнесено къ метру и  $cm^2$ .

<sup>2)</sup> l. c.

опредѣленны. Хотя для токовъ Фуко и существуютъ эмпирическія формулы, но вообще результаты расчетовъ и опытовъ не могутъ сходиться, такъ какъ степень развитія токовъ Фуко въ массѣ раздѣленного желѣза якоря въ большой мѣрѣ зависитъ отъ конструктивныхъ особенностей послѣдняго (присутствіе болтовъ, доступность вала и якорной звѣзды для магнитнаго потока и т. п.) и отъ выполненія его (нпр. фрезированіе выемокъ якоря вызываетъ значительное повышеніе потерь на токи Фуко сравнительно со штампованіемъ). Къ счастью въ хорошо выполненномъ якорномъ сердечникѣ токи Фуко занимаютъ мало замѣтное мѣсто сравнительно съ гистерезисомъ, а потому и то, или другое распредѣленіе потерь на эти токи не можетъ замѣтно отозваться на отдѣльныхъ размѣрахъ якоря. Въ виду неопредѣленности потерь на токи Фуко съ одной стороны, и влѣдствіе малаго ихъ вліянія сравнительно съ остальными потерями съ другой — мы не будемъ ихъ вводить вовсе въ разсужденіе и кромѣ потерь на нагреваніе обмотки якоря примемъ во вниманіе лишь потери на гистерезисъ.

Послѣднія изслѣдованія <sup>1)</sup> показали, что, вопреки прежде существовавшему мнѣнію, потери на вращательный гистерезисъ, наблюдаемый при постоянствѣ величины магнитной индукціи, но при переменномъ направленіи намагничиванія, очень мало отличаются отъ потерь при переменномъ намагничиваніи, и что извѣстная формула Штейнмеца можетъ быть приложена и къ сердечнику якоря машины постоянного тока. Формула Штейнмеца въ оригинальномъ своемъ видѣ однако не можетъ быть приложена къ зубцамъ якоря, такъ какъ индукція вдоль зубца не одинакова. Арнольдъ <sup>2)</sup> для 1 *dm.*<sup>3</sup> зубцовъ даетъ формулу

$$W_{hz} = \sigma k_1 \frac{c}{100} \left( \frac{B_z \text{ min.}}{1000} \right)^{1,6} V_z,$$

гдѣ  $k_1$  есть функція отъ размѣровъ зубцовъ; если назвать черезъ  $z_2$  — толщину зубца у его основанія, а черезъ  $z_1$  — у периферіи якоря, то

$$k_1 = 5 \frac{1 - \left( \frac{z_2}{z_1} \right)^{0,4}}{1 - \left( \frac{z_2}{z_1} \right)^2};$$

<sup>1)</sup> Elektrotechn. Zeitschr. 1902 Н. 48 А. Dina.

<sup>2)</sup> Die Gleichstrommaschine I. стр. 463.

$\sigma$  въ выраженіи для  $W_{hz}$  есть коэффициентъ, зависящій отъ матеріала, для хорошей жести близкій къ 1 ( $\sigma = 0,9$  до  $1,1 \frac{\eta}{0,0016}$ , гдѣ  $\eta$  — коэф. формулы Штейнмеца),  $c$  же выражаетъ число періодовъ перемагничиванія въ 1 сек.

Такимъ образомъ, выражая объемы въ  $см.^3$ , мы можемъ руководствоваться для потерь на гистерезисъ формулами:

$$\text{Для сердечника якоря } W_{ha} = \sigma \frac{c}{100\,000} \left( \frac{B_a}{1000} \right)^{1,6} V_a \text{ уаттъ.}$$

$$\text{Для зубцовъ . . . } W_{hz} = \sigma k_1 \frac{c}{100\,000} \left( \frac{B_{z \text{ min.}}}{1000} \right)^{1,6} V_z \text{ уаттъ.}$$

Какъ указываетъ Арнольдъ, по подсчетамъ Бреслауера (M. Breslauer) величина  $k_1$  съ уменьшеніемъ отношенія  $\frac{z_2}{z_1}$  растетъ сперва медленно, и ростъ ея ускоряется лишь при  $\frac{z_2}{z_1} < 0,3$ . Какъ показывается кривая, построенная Бреслауеромъ для  $k_1$ , для нашихъ приближенныхъ цѣлей вполне достаточно считать, что въ предѣлахъ  $\frac{z_2}{z_1} = 1$  и  $\frac{z_2}{z_1} = 0,35$  величина  $k_1$  измѣняется обратно пропорціонально  $\frac{z_2}{z_1}$ , принимая при указанныхъ предѣлахъ значенія 1 и 2.

Остановливаясь на вышеприведенной формулѣ для потерь на гистерезисъ въ зубцахъ, замѣтимъ, что  $B_{z \text{ min.}}$  можетъ быть представлено въ видѣ  $B_{z \text{ min.}} = \frac{B_\delta}{m}$ , гдѣ  $B_\delta$  — индукція въ воздушномъ слоѣ машины, а  $V_z$  можетъ быть выражено черезъ  $S_l$ , т. е.  $V_z = 0,01 m S_l l'$  гдѣ  $l'$  — длина желѣза якоря безъ бумаги; выражая наконецъ  $S_l$  въ видѣ

$$S_l = \frac{i_z z}{j_m},$$

получимъ:

$$W_{hz} = \sigma k_1 \frac{c}{100\,000} \left( \frac{B_\delta}{1000} \right)^{1,6} i_z z l' \frac{1}{m^{0,6} j_m} = \frac{k_1 b}{m^{0,6} j_m} \dots (4).$$

Изъ предыдущаго видимъ, что общія потери въ рабочемъ слое могутъ быть написаны въ функціи отъ  $m$  и  $j_m$  слѣдующимъ образомъ:

$$W_t = \frac{a}{k} \frac{j_m}{1-m} + k_1 b \frac{1}{m^{0,6} j_m}, \quad (5).$$

размѣры же рабочаго слоя опредѣляются равенствами

$$S_t = \frac{i_z z}{j_m} = \frac{i_z z}{k j} \frac{1}{1-m} \quad \text{и} \quad h_z = \frac{S_t}{\pi D_e}$$

гдѣ  $h_z$  — приближенная высота зубца.

Кромѣ рабочаго слоя участвуетъ въ потеряхъ и желѣзо сердечника. Пользуясь приведеннымъ выше выраженіемъ для  $W_{ha}$ , измѣнимъ его слѣдующимъ образомъ. Замѣтимъ, что  $B_a$  можетъ быть представлено въ видѣ

$$B_a = \frac{N_a}{S'_a},$$

гдѣ  $N_a$  — потокъ въ якорѣ, а  $S'_a$  — сѣченіе желѣза якоря, пропускающее этотъ потокъ; кромѣ того  $V_a$  можетъ быть выражено произведеніемъ  $\pi D' S'_a$ , гдѣ  $D'$  діаметръ нѣкоторой окружности, на длину которой слѣдуетъ помножить  $S'_a$ , чтобы получить  $V_a$  (для большихъ якорей можно считать  $D' = D_e - 2h_z$ ; для малыхъ  $D'$  можетъ быть найдено послѣдовательнымъ приближеніемъ).

Дѣлая соотвѣтственныя подстановки, найдемъ:

$$W_{ha} = \sigma \frac{c}{100\,000} \left( \frac{N_a}{1000} \right)^{1,6} \pi D' \frac{1}{(S'_a)^{0,6}} = K \frac{1}{(S'_a)^{0,6}}$$

и

$$S'_a = \left( \frac{K}{W_{ha}} \right)^{1,67}.$$

Называя черезъ  $1/k_2$  отношеніе  $S'_a$  — истиннаго сѣченія желѣза къ кажущемуся  $S_a$ , найдемъ

$$S_a = k_2 \left( \frac{K}{W_{ha}} \right)^{1,67}, \quad (6).$$

откуда получаемъ высоту желѣза вѣ рабочаго слоя

$$h_a = \frac{S_a}{l}.$$

Изъ выведенныхъ формулъ для  $W_r$ ,  $W_{hz}$  и  $W_{ha}$  видно, что какъ эти величины, такъ и связанныя съ ними  $S_c$ ,  $S_a$ ,  $h_z$ ,  $h_a$ , могутъ разсматриваться въ функціи только двухъ величинъ  $j_m$  и  $m$ , причемъ требуется знаніе вѣшнихъ размѣровъ якоря  $D_e$  и  $l$ , объема тока  $i_z z$ , индукціи въ воздухѣ  $B_\delta$ , потока  $N_a$  и числа періодовъ  $c$ .

Последнія величины, какъ извѣстно, далеко не произвольны, но такъ какъ детальная связь всѣхъ отдѣльныхъ величинъ, отъ которыхъ зависитъ работа машины, не входитъ въ нашу задачу, то мы будемъ ихъ считать извѣстными.

Какъ показываютъ формулы (3), (4) и (6), существуетъ возможность безъ особыхъ затрудненій найти всѣ детальныя размѣры якоря въ зависимости отъ измѣненій  $m$  и  $j_m$ .

Чтобы выяснитъ приложимость выводовъ, обратимся къ частному примѣру, на которомъ покажемъ и возможный путь анализа машины.

Пусть данъ якорь машины, для котораго

$$D_a = 52 \text{ см.}$$

$$l = 36 \text{ см.}$$

$$i_z z = 22000 \quad (i = 110, z = 200)$$

$$c = 20$$

$$B_\delta = 6700$$

$$N_a = 3,1 \cdot 10^6.$$

Мощность машины 55 KW (440 А при 125 V).

Данныя эти заимствованы изъ существующей машины завода Эрликонъ (Örlikon) <sup>1)</sup>.

Какъ и раньше, потери на токи Фуко исключимъ совершенно изъ разсмотрѣнія, изъ остальныхъ же потерь, потерю въ рабочихъ проводкахъ необходимо считать наименѣе произвольною, такъ какъ отъ нея зависитъ съ одной стороны качество характеристики машины, а съ дру-

<sup>1)</sup> По таблицѣ Э. Арнольда въ Ankerwicklungen und Ankerkonstruktionen.



гой — экономія въ мѣди. Если установлены вѣшніе размѣры якоря и типъ его обмотки, то по заданной общей потерѣ на нагрѣваніе обмотки якоря легко опредѣлить и размѣры потерь въ рабочихъ проводахъ.

Въ нашемъ примѣрѣ, выбранномъ <sup>1)</sup> не только для указанія процесса расчетовъ, но и для выявленія пригодности формулъ, примемъ для рабочаго слоя тѣже потери на нагрѣваніе проводовъ, которые допущены и въ машинѣ завода Эрликонъ именно  $W_r = 460$ , что соотвѣтствуетъ  $j = 310$ .

Изъ формулы

$$j = \frac{i_z z}{k S_t} \frac{1}{1-m} = 310$$

находимъ, принимая  $k = 0,4$ .

$$S_t (1-m) = \frac{22000}{0,4 \cdot 310} = 177.$$

Задавая для  $1 - m$  значенія 0,7, 0,6... и замѣчая, что

$$h_z = \frac{S_t}{\pi D_e} = \frac{S_t}{163,3} \quad \text{и} \quad j_m = \frac{i_z z}{S_t} = \frac{22000}{S_t},$$

находимъ

$1 - m = 0,7$	$S_t = 267$	$h_z = 1,6$	$j_m = 82$
0,6	297	1,8	74
0,5	354	2,2	62
0,4	442	2,7	50.

Обращаясь къ формулѣ (4), находимъ значенія  $W_{h_z}$  при различныхъ значеніяхъ  $m$  и соответственныхъ величинахъ  $j_m$ , взятыхъ изъ предыдущаго столбца. Въ формулѣ (4) полагаемъ:

$$\begin{aligned} \tau &= 1 \\ l' &= 0,9l \\ k_1 &= 2. \end{aligned}$$

<sup>1)</sup> Машина завода Эрликонъ выбрана для примѣра въ виду его тщательнаго отношенія къ своимъ издѣліямъ.

Для  $k_1$  выбираемъ величину 2 произвольно въ виду невозможности напередъ предвидѣть болѣе точное значеніе.

При этихъ допущеніяхъ находимъ:

$$W_{hz} = 2 \cdot \frac{20}{100\,000} (6,7)^{1,6} 22000 \cdot 32,4 \frac{1}{m^{0,6} j_m} = 5981 \frac{1}{m^{0,6} j_m}$$

и для различныхъ  $m$ :

$m = 0,3$	$W_{hz} = 150$
0,4	140
0,5	144
0,6	163.

Отъ выбора общей величины потерь для  $W_{hz} + W_{ha}$  въ очень большой степени зависитъ расходъ желѣза на сердечникъ. Чѣмъ меньше сумма  $W_{hz} + W_{ha} = W_h$  сравнительно съ  $W_{hz}$ , тѣмъ больше  $h_a$ , какъ это показываетъ формула (6); отсюда видно, что общія потери на гистерезисъ въ рабочемъ слѣѣ и сердечникѣ якоря не могутъ быть малы сравнительно съ потерями въ зубцахъ. Съ другой стороны, если  $W_{ha}$  увеличивать, то, какъ показываетъ рав. (6),  $S_a$  быстро убываетъ, и магнитная индукція въ якорѣ  $B_a$  можетъ подняться выше допустимыхъ предѣловъ.

Въ виду сложности формулъ (4) и (6) слишкомъ трудно пытаться аналитически найти невыгоднѣйшую величину  $W_h$  въ зависимости отъ колебаній величины  $m$ , и повидимому наиболѣе рациональнѣе нуть болѣе элементарный, заключающійся въ пробныхъ расчетахъ.

Выбирая произвольно величину общихъ потерь на гистерезисъ  $W_h$  и вычисляя для нѣкоторой средней величины  $m$  сѣченіе  $S_a$ , мы сразу изъ отношенія  $\frac{N_a}{S_a} = B_a$  увидимъ, находится ли эти потери въ допустимыхъ предѣлахъ, помня, что вообще  $B_a$  въ машинахъ постоянного тока болѣе 13 — 14 000 не должно допускать, и что рѣдко  $B_a$  спускается ниже 6000.

Такъ, полагая въ нашемъ примѣрѣ  $W_h = 600$  при  $m = 0,5$ , получаемъ  $\frac{N_a}{S_a} = \frac{3,1 \cdot 10^6}{223} = \infty 14\,000$ , откуда видимъ, что  $W_h$  должно быть меньше 600 ваттъ.

Ниже приведены расчеты для  $W_h=560$ , 570 и 580 уаттамъ, причемъ величина  $K$  изъ рав. (6) принята равной

$$\frac{20}{100\,000} (3100)^{1,6} 151 = 11646.$$

Здѣсь 151 есть произведение  $\pi D'$ , гдѣ за  $D'$  принята величина  $D_e$  — 2.2.4, т. е. величина внѣшняго діаметра безъ двойной высоты зубца. Въ виду небольшихъ размѣровъ  $D_e$  средняя величина зубца равная 2,2 для  $m=0,5$  нѣсколько увеличена.

Вычисляя  $S_a$  и  $h_a$  при помощи рав. (6) для различныхъ  $m$  и  $W_h$ , получаемъ слѣдующую таблицу.

Т А Б Л И Ц А I.

	$m$	$S_a$	$h_a$	$h_z$	$H$	$B_a$
$W_h = 560$	0,3	293,7	8,1	1,6	9,8	11600
	0,4	281,6	7,8	1,8	9,6	12100
	0,5	287,1	8,0	2,2	10,2	11900
$W_h = 570$	0,3	281,6	7,8	1,6	9,4	12100
	0,4	271,7	7,5	1,8	9,3	12500
	0,5	275,0	7,6	2,2	9,8	12400
$W_h = 580$	0,3	271,7	7,5	1,6	9,1	12500
	0,4	260,7	7,2	1,8	9,0	13100
	0,5	265,1	7,3	2,2	9,5	12800

Изъ этой таблицы ясно видно слѣдующее:

1) Уменьшеніе  $W_h$  ведетъ къ одновременному возрастанію  $H$  и уменьшенію  $B_a$ , т. е. повышеніе отдачи машины на счетъ уменьшенія потерь на гистерезисъ ухудшаетъ утилизацію желѣза.

2) Повышеніе  $W_h$  ведетъ къ лучшей утилизаціи желѣза, но повышеніе послѣдней останавливается предѣльной величиной  $B_a$  и конечно допустимымъ нагрѣваніемъ якоря.

3) Въ отдѣльности для cadaго значенія  $W_h$  наблюдается минимумъ  $H$  при нѣкоторомъ значеніи  $m$ . Этотъ минимумъ зависитъ очевидно отъ того, что функція, представленная рав. (6), обладаетъ минимумомъ въ зависимости отъ значеній  $m$ ; дѣйствительно при  $W_{hz} = \min.$ ,

$W_{ha}$  при  $W_{hz} + W_{ha} = \text{пост.}$  обладает наибольшей величиной, что да-  
еть по рав. (6) наименьшую величину для  $S_a$ .

Если мы не желаемъ по какимъ либо соображеніямъ допускать въ  
якорѣ индукцію болѣе 13000, то изъ всѣхъ варьянтовъ, даваемыхъ  
предыдущей таблицей, минимумъ объема желѣза даетъ варьянтъ 3-ій  
( $W_h = 580$ ) при  $m = 0,4$ . Колебанія могутъ быть только относительно  
того, выбрать ли въ этомъ варьянтѣ значеніе  $m = 0,4$  или  $m = 0,5$ ,  
такъ какъ при первомъ получаются широкія выемки <sup>1)</sup>, что можетъ вы-  
звать неудобства, если воздушный слой окажется значительно уже шири-  
ны выемки. Во избѣжаніе токовъ Фуко въ полюсной поверхности потре-  
буется или увеличить толщину воздушнаго слоя, или раздѣлить полюс-  
ные концы, или, наконецъ, устроить полузакрытыя выемки, что сопря-  
жено съ увеличеніемъ  $H$ . При воздушномъ же слоѣ въ 0,65 см., при-  
пятомъ въ рассматриваемой машинѣ, возможно еще допустить ширину  
выемки въ 0,8 см., получающуюся при  $m = 0,5$  и числѣ зубцовъ  
 $Z = 100$  <sup>2)</sup>.

Остановившись на варьянтѣ  $m = 0,5$  и  $W_h = 580$ , слѣдуетъ пе-  
реработать расчеты, измѣнивъ величину  $k_1$  согласно принятымъ размѣрамъ  
зубцовъ. При  $h_z = 2,3$  (при болѣе точномъ вычисленіи  $h_z$  изъ  $S_t$  и  $\pi D_t$ ,  
этотъ размѣръ оказывается равнымъ 2,3, а не 2,2 при  $m = 0,5$ ) и  
 $Z = 100$ , величина  $k_1$  по кривой Бреклауера оказывается равной 1,2;  
введя эту величину въ расчетъ  $W_{hz}$ , найдемъ:

$m = 0,3$	$W_{hz} = 90$
0,4	84
0,5	86
0,6	97.

На основаніи этихъ чиселъ для новыхъ, соответственно уменьшен-  
ныхъ, величинъ  $W_h = 500—530$  составимъ новую таблицу:

<sup>1)</sup> При числѣ зубцовъ  $Z = 100$  въ выбранной машинѣ при  
 $m = 0,4$  ширина выемки  $y = 0,98$  см., при  $m = 0,5$   $y = 0,81$  см.

<sup>2)</sup> Состоятъ ли полюсные концы изъ сплошного, или раздѣлен-  
наго металла въ выбранной для примѣра машинѣ, не извѣстно.

ТАБЛИЦА II.

	$m$	$S_a$	$h_a$	$h_z$	$H$	$B_a$
$W_h = 500$	0,3	293,7	8,1	1,6	9,9	11700
	0,4	287,1	8,0	1,8	9,8	11900
	0,5	289,3	8,0	2,2	10,2	11700
	0,6	302,5	8,3	2,7	11,0	11300
$W_h = 510$	0,3	281,6	7,8	1,6	9,4	12100
	0,4	275,0	7,6	1,8	9,4	12400
	0,5	280,5	7,8	2,2	10,0	12200
	0,6	290,4	8,1	2,7	10,8	11800
$W_h = 520$	0,3	271,7	7,5	1,6	9,1	12500
	0,4	265,1	7,3	1,8	9,1	12900
	<b>0,5</b>	<b>267,3</b>	<b>7,4</b>	<b>2,2</b>	<b>9,6</b>	<b>12700</b>
	0,6	278,3	7,7	2,7	10,4	12300
$W_h = 530$	0,3	261,8	7,3	1,6	8,9	13000
	0,4	255,2	7,1	1,8	8,9	13300
	0,5	257,4	7,2	2,2	9,4	13200

Принимая во вниманіе сказанное о выборѣ подходящаго варьянта въ Таблицѣ I-й, мы и въ этой таблицѣ выберемъ варьянтъ при  $W_h = 520$  и  $m = 0,5$ ; если же допустимъ  $B_a > 13000$ , то наиболѣе подходящими условіями будутъ  $W_h = 530$  и  $m = 0,4$ , или  $m = 0,5$ .

Первый варьянтъ интересенъ, какъ средство оцѣнки предлагаемаго метода изслѣдованія якоря машины. Въ Таблицѣ III-й собраны величины, характеризующія якорь машины, вычисленныя по основнымъ даннымъ на стр. 20 и взятыя непосредственно изъ размѣровъ выбранной для примѣра машины (изъ таблицы Арнольда въ Ankerwicklungen und Ankerkonstruktionen).

ТАБЛИЦА III.

	$m$	$W_{ha}$	$W_{hz}$	$S_a$	$h_a$	$h_z$	$H$	$B_a$	$\eta$
Вычисленныя велич.	0,50	434	86	267,3	7,4	2,3	9,7	12700	0,82
Дѣйствит. велич.	0,51	438	89	273,6	7,6	2,4	10,0	12700	0,80
Уклоненія отъ дѣйств. 2%	1%	3,4%	2,3%	2,6%	4%	3%	0%	2,5%	

Такъ какъ нужно думать, что въ выполненной машинѣ приняты всѣ мѣры для возможно высокой утилизаціи матеріала, то на даваемое таблицей почти полное равенство чиселъ и на совпаденіе выбора наибъ выгоднѣйшаго варьянта по таблицѣ II съ принятыми размѣрами въ выполненной машинѣ, слѣдуетъ смотрѣть, какъ на существенное подтвержденіе предыдущихъ разсужденій <sup>1)</sup>.

Изъ всего предыдущаго мы можемъ сдѣлать слѣдующіе выводы.

1) Какъ показываетъ выраженіе для  $S_t$

$$S_t = \frac{i_z z}{j_m}$$

утилизациа рабочаго слоя растетъ съ увеличеніемъ средней плотности тока  $j_m$ ; при данномъ  $m$ , какъ показываетъ рав. (4), возрастаніе  $j_m$  уменьшаетъ  $W_{hz}$ , и слѣдовательно при нѣкоторой постоянной величинѣ общихъ потерь  $W_h$  на гистерезисъ, опредѣляемой предѣльными величинами нагрѣванія и индукціи  $B_a$ , увеличеніе  $j_m$ , какъ показываетъ рав. (6), способствуетъ уменьшенію  $S_a$ . Отсюда слѣдуетъ, что величина  $j_m$  оказываетъ существенное вліяніе на объемную мощность не только рабочаго слоя, но и всего якоря, и необходимо стремиться къ возможному увеличенію  $j_m$ , на сколько это допускаетъ нагрѣваніе и характеристика машины.

2) Размѣръ потерь на гистерезисъ не долженъ быть произвольнымъ, какъ по отношенію ко всему якорю, такъ и по отношенію къ рабочему слою. Возможно думать по виду рав. (5) и по числамъ Таблицъ I и II, что для  $W_{hz}$  для каждаго значенія  $j_m$  существуетъ минимумъ, дающій одновременно минимальную величину  $h_a$  <sup>2)</sup>, и что павы-

<sup>1)</sup> Большое уклоненіе замѣчается лишь въ величинѣ индукціи въ зубахъ. По таблицѣ Арнольда она равна 18000, по приближенному расчету средняя величина  $B_z$  должна быть  $\frac{B_z}{m} = 13400$ . Это различіе можетъ быть объяснено тѣмъ, что въ таблицѣ Арнольда дана не средняя, а наибольшая величина  $B_z$ .

Для провѣрки своихъ формулъ, авторъ прилагалъ ихъ къ нѣсколькимъ машинамъ съ одинаковымъ успѣхомъ.

<sup>2)</sup> При необходимости изслѣдованія отдѣльныхъ варьянтовъ для нахожденія наиболѣе подходящихъ размѣровъ, авторъ не счелъ нуж-

годнѣйшій вариантъ машины лежитъ вблизи минимума величины  $H$ , опредѣляясь конечно добавочными условіями предѣльнаго нагрѣванія и принятой наибольшей величины  $B_a$ .

3) Въ приведенномъ примѣрѣ мы принимали плотность тока  $j$  заданною. При болѣе широкомъ изслѣдованіи машины необходимо считать ее въ извѣстныхъ предѣлахъ произвольной, и въ этомъ случаѣ расчетъ долженъ заключать гораздо болѣе вариантовъ.

## II. Приближенное опредѣленіе границъ искренія щетокъ въ машинѣ постоянного тока.

Какъ было замѣчено во введеніи, вопросъ объ устраненіи искренія щетокъ занимаетъ въ настоящее время одно изъ самыхъ важныхъ мѣстъ въ теоріи и конструкціи динамомашинъ постоянного тока, но въ то время какъ конструкція машины достигла въ этомъ отношеніи блестящихъ успѣховъ, теорія коммутации не можетъ еще считать свою задачу законченною. Въ попыткахъ дать не только общую теорію коммутации, но и путь къ расчету машины, удовлетворяющей широкимъ предѣламъ искренія, замѣчается два крайнихъ направленія. Одни изслѣдователи (Hobart, Niethammer, Prenzlin и другіе) стремятся упростить задачу произвольностью закона измѣненія силы тока въ коротко замкнутомъ элементѣ обмотки; грубо принимается, что измѣненіе тока обратно пропорціонально времени, и такимъ путемъ реакція самоиндукціи (Reaktanzspannung) принимаетъ простое выраженіе  $e = \frac{2LJ}{T}$ , гдѣ  $L$  —

коэф. самоиндукціи,  $J$  — коммутируемый токъ и  $T$  — періодъ короткаго замыканія. Этотъ путь несомнѣнно слишкомъ грубъ, такъ какъ

нѣмъ заняться точнымъ изслѣдованіемъ рав. (5) по отношенію къ существованію минимума въ зависимости отъ измѣненій  $m$ , тѣмъ болѣе, что вычисленіе минимума привело бы къ изслѣдованію уравненій высшихъ степеней.

прямолинейная зависимость между токомъ и временемъ, иначе говоря, существованіе постоянной плотности тока въ контактѣ между щеткой и коллекторомъ, можетъ встрѣтиться лишь какъ частный случай. Другіе (E. Arnold, J. Fischer-Hinnen, также отчасти A. Rothert), наоборотъ, стремятся дать возможно детальную теорію коммутаци, основанную главнымъ образомъ на изученіи кривой тока короткаго замыканія. Теоретическія изслѣдованія Арнольда (*Die Gleichstrommaschine I* 274—393) отличаются особенно полнотой и тщательностью, которая ведетъ къ выясненію вліянія всей группы явленій въ динамомашинѣ, такъ или иначе причастныхъ къ вопросу объ искреніи щетокъ.

Не смотря однакоже на детальность теорій Арнольда и Фишеръ-Гиннена, выводы этихъ изслѣдованій, особенно Фишеръ-Гиннена, съ большими затрудненіями могутъ быть приложены къ расчетамъ, и мало того, не можетъ быть сомнѣній въ томъ, что, не смотря на видимую точность расчетныхъ формулъ, расчеты вообще не совпадутъ съ дѣйствительностью.

Въ области коммутаци теорія машины сталкивается съ величинами, точное опредѣленіе которыхъ физически невозможно.

Такъ 1) извѣстно, что сопротивленіе контакта щетки съ коллекторомъ, играющее существенную роль въ работѣ машины безъ искръ, является величиною, зависящею отъ цѣлаго ряда побочныхъ причинъ (давленіе, линейная скорость на коллекторѣ, плотность тока, температура), и можетъ оцѣниваться лишь приближенно.

2) Плотность тока въ краю щетки, сходящемъ съ коллекторной пластины, или находящемъ на послѣднюю, занимаетъ первое мѣсто въ явленіи искренія; въ послѣдній (или въ первый) моментъ коммутаци сопротивленіе короткозамкнутаго элемента почти всецѣло исчерпывается сопротивленіемъ края щетки, которое громадно сравнительно со всеми остальными частями цѣпи; и потому понятно, что главнѣйшею цѣлью точной теоріи коммутаци является нахожденіе связи между сопротивленіемъ края щетки и плотностью размыкаемаго (или замыкаемаго) тока.

Если обратить вниманіе на то, что теорія предполагаетъ не только коллекторную пластину, но и щетку геометрически правильными тѣлами, но что на самомъ дѣлѣ этого нѣтъ, то станетъ яснымъ, что теорія имѣетъ дѣло далеко не съ дѣйствительными величинами; нужно думать, что *дѣйствительное сопротивленіе края щетки всегда будетъ*



большее вычисленную, но истинная его величина не может быть определена. Выказанное предположение имеет подтверждение и на опыте; Фишеръ-Гинненъ <sup>1)</sup> обращаетъ вниманіе на то, что не смотря на требованіе теоріи, чтобы въ машинѣ, работающей безъ искръ, величина  $\frac{L}{RT}$ , гдѣ  $R$  — сопротивленіе контакта между щеткой и коллекторомъ, была меньше 1, многія машины прекрасно работаютъ вопреки теоріи при  $\frac{L}{RT}$ , превосходящемъ 1. Онъ объясняетъ это обстоятельство тѣмъ, что въ такой машинѣ появляются мелкія искры, которыя быстро повышаютъ сопротивленіе контакта, но гораздо естественнѣе думать, что сопротивленіе края щетки вслѣдствіе неровностей имѣетъ величину выше теоретической, и что благодаря этому плотность размыкаемаго тока оказывается меньшею противъ теоріи.

3) Наконецъ, неточность въ опредѣленіи условій работы машины безъ искръ вносится и затрудненіями при нахожденіи распредѣленія магнитнаго потока въ области коммутаци; а между тѣмъ величина коммутирующей эл. дв. силы, зависящая отъ распредѣленія потока, какъ извѣстно, существенна для устраненія искренія.

Приводимыя ниже разсужденія имѣютъ главною цѣлью примирить тѣ крайности, къ которымъ прибѣгаетъ теорія коммутаци, т. е. найти болѣе приближенныя расчетныя формулы, чѣмъ тѣ, которыя стремятся дать точная теорія, но вмѣстѣ съ тѣмъ избѣгнуть грубыхъ приближеній упрощенной теоріи. Основаніемъ къ стремленію найти средній путь рѣшенія задачи служить та невозможность согласовать данныя точной теоріи съ дѣйствительностью, о которой сказано выше.

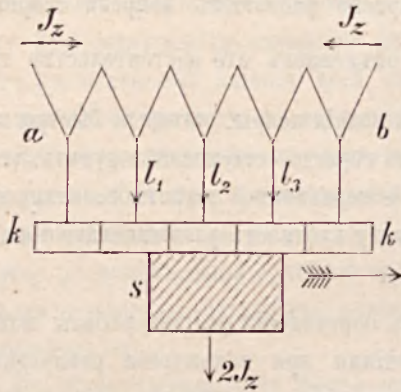
Явленіе коммутаци можетъ быть расчленено на три части <sup>2)</sup>:

1) Первая часть соотвѣтствуетъ предположенію, что коэф. самоиндукціи  $L$  коротко замкнутаго элемента и коммутирующая эл. дв. си-

<sup>1)</sup> J. Fischer-Hinnen. Die Wirkungsweise, Berechnung und Konstruktion elektr. Gleichstr.-Maschinen. 1899.

<sup>2)</sup> Арнольдъ разбиваетъ явленіе коммутаци на 2 части, разма-  
тривая въ отдѣльности токъ, соотвѣтствующій постоянной плотности тока въ контактѣ, и токъ „добавочный“, измѣняющій послѣднюю.

ла  $e$  равны нулю. Явление поэтому происходит следующим образом: в цепи  $ab$  (черт. 1), представляющей схематически обмотку якоря, существуют равные и противоположные токи  $J_z$ ; они собираются щеткой  $S$ , движущейся вдоль коллектора  $kk$  по направлению оперенной стрелки. При отсутствии эл. дв. силы  $e$  в короткозамкнутых элементах обмотки и при коэф. самоиндукции (и взаимной индукции) их равных нулю, ток  $2J_z$  будет распределяться по соединительным проводам  $l_1, l_2, \dots$  исключительно в зависимости от сопротивлений предоставленных ему путей; в каждом же элементе обмотки в течение периода короткого замыкания ток должен меняться от  $+J_z$  до  $-J_z$ .



Черт. 1.

Насъ должны интересовать главнымъ образомъ явления при размыканіи элемента обмотки, а потому обратимъ вниманіе на измѣненіе тока  $i_1$  между щеткой и коллекторной пластиной, съ которой щетка сходитъ. Точное изслѣдованіе этого тока при большомъ числѣ пластинъ, покрываемыхъ одновременно щеткой, затруднительно, но такъ какъ вообще щетки большого числа пластинъ не покрываютъ, то мы удовольствуемся приведеннымъ ниже приближеннымъ разсужденіемъ.

При ширинѣ щетки  $\beta$ , равной толщинѣ коллекторной пластины  $b$ , токъ  $i_1$  очевидно имѣетъ наибольшее значеніе, равное  $2J_z$ , при положеніи щетки, симметричномъ относительно соединительныхъ проводовъ  $l$  и изображенномъ на черт. 2— $a$ ; онъ очевидно измѣнится отъ  $2J_z$  до  $0$  въ теченіи времени  $T$ , равнаго періоду короткаго замыканія элемента обмотки.

При  $\beta = 2b$  токъ  $i_1$  будетъ имѣть наибольшее значеніе  $J_z$  при симметричномъ положеніи щетки, изображенномъ на черт. 2— $b$  и измѣнится отъ  $J_z$  до  $0$  въ теченіи времени  $\frac{1}{2}T$ .

При  $\beta = 3b$  токъ  $i_1$  получитъ наибольшее (приближенное, такъ

какъ сопротивленія замкнутыхъ элементовъ обмотки пренебрегаются) значеніе  $\frac{2}{3}J_z$  при симметричномъ положеніи щетки, представленномъ на черт. 2—с, и измѣнится до 0 въ промежуткѣ времени  $\frac{1}{3}T$ . Приближенно можно сказать, что вообще при  $\frac{\beta}{b} = n$  максимальное значеніе

$i_1$  равно  $\frac{2J_z}{n}$ , и измѣненіе

этого тока до нуля происходитъ въ теченіи времени  $\frac{T}{n}$ .

Такъ какъ съ одной стороны  $n$  вообще не велико, а съ другой—при угольныхъ щеткахъ сопротивленія элементовъ обмотки вообще малы сравнительно съ сопротивленіемъ контакта щетокъ съ коллекторомъ, то выведенное приближенное распрежденіе токовъ можно считать близкимъ къ дѣйствительности и принимать, что измѣненіе  $i_1$  зависитъ исключительно отъ измѣненія поверхности контакта, т. е. происходитъ пропорціонально времени.

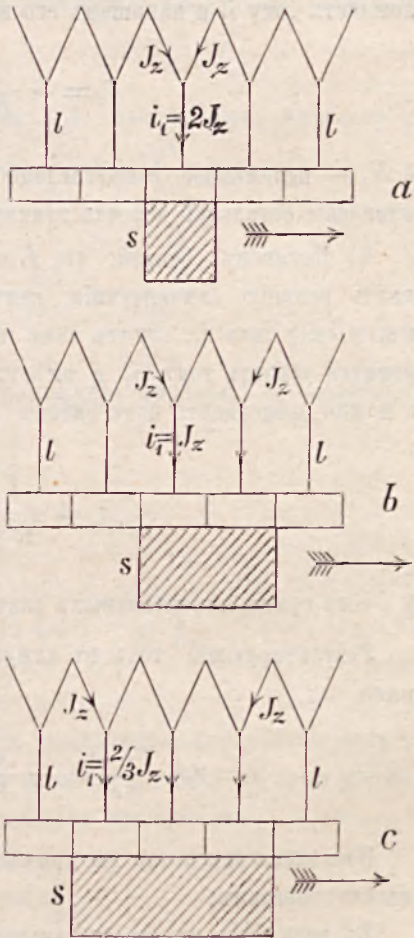
На основаніи сказаннаго можемъ написать, что

$$i_1 = 2J_z \frac{T-nt}{nT}, \dots (1).$$

гдѣ  $t$  принимается равнымъ

нулю въ тотъ моментъ, когда  $i_1$  имѣетъ наибольшее значеніе  $\frac{2J_z}{n}$ , и

$t = \frac{T}{n}$  въ моментъ замыканія элемента.



Черт. 2 а—с.

2) Второй случай опредѣлимъ условіями  $J_1 = 0$  и  $L = 0$ , но  $e \leq 0$ ; этотъ случай соотвѣтствуетъ холостой работѣ машины при отсутствіи самоиндукціи (и взаимной индукціи) въ элементахъ обмотки.

Коммутирующая эл. дв. сила  $e$  обычно даетъ токъ  $i_2$ , направленный *противуположно* току  $i_1$  въ цѣляхъ ускоренія коммутаціи. Сообразно съ этимъ мы припишемъ току  $i_2$  знакъ — минусъ въ противоположность току  $i_1$  и напомнимъ его въ формѣ

$$i_2 = - \frac{e}{R + R_k}, \dots \dots \dots (2).$$

гдѣ  $R_k$  — переменное сопротивленіе контакта, а  $R$  — постоянное сопротивленіе остальной коротко замкнутой цѣпи.

3) Наконецъ, считая, что  $L$  не равно нулю, мы можемъ разсматривать реакцію самоиндукціи, какъ самостоятельную эл. дв. силу, дающую силу тока  $i_3$ . Этотъ токъ при размыканіи элемента обмотки стремится усилить токъ  $i_1$  и имѣть съ нимъ одинаковое направленіе; его можно представить подъ видомъ

$$i_3 = \frac{L \frac{di}{dt}}{R + R_k}, \dots \dots \dots (3).$$

гдѣ  $i$  есть сумма моментальныхъ значеній токовъ  $i_1$ ,  $i_2$  и  $i_3$ .

Результирующій токъ въ каждый моментъ времени представится суммой

$$i = 2J_1 \frac{T - nt}{nT} - \frac{e}{R + R_k} + \frac{L \frac{di}{dt}}{R + R_k} \dots \dots \dots (4).$$

Последнее равенство мы примѣнимъ для момента размыканія слѣдующимъ образомъ.

Въ виду того, что предъ самымъ размыканіемъ сопротивленіе края щетки вслѣдствіе существованія на немъ и на краю коллекторной пластины неровностей неопредѣленно, мы будемъ достаточно близки къ дѣйствительности, если примѣнимъ рав. (4) къ моменту времени  $t = \frac{T}{n} - m \frac{T}{n}$ , гдѣ  $m$  произвольно малая дробь. Кроме того, замѣтимъ,

что сопротивление размыкаемого элемента обмотки предъ моментомъ размыканія ничтожно мало сравнительно съ сопротивленіемъ края щетки, и въ видахъ упрощенія будемъ считать, что при достаточно малой дроби  $m$  сопротивление  $R=0$  сравнительно съ  $R_k$ , подъ послѣдней же величиной мы будемъ подразумѣвать сопротивление сходящаго съ коллекторной пластины края щетки. Если сопротивление контакта всей щетки равно  $R_s$ , то  $R_k$  для момента размыканія мы будемъ считать равнымъ  $\frac{n}{m} R_s$ .

На основаніи предыдущаго рав. (4) можетъ быть написано слѣдующимъ образомъ для момента  $t = \frac{T}{n} - m \frac{T}{n}$

$$i = \frac{2J_z m}{n} - \frac{me}{nR_s} + \frac{mL}{nR_s} \frac{di}{dt},$$

или, считая въ теченіи малаго промежутка времени  $\frac{mT}{n}$  величину  $\frac{di}{dt}$  постоянною, напишемъ

$$i = \frac{2J_z m}{n} + \frac{me}{nR_s} + \frac{Li}{R_s T},$$

откуда

$$i = \frac{1}{1 - \frac{L}{R_s T}} \left( 2J_z - \frac{e}{R_s} \right) \frac{m}{n} \dots \dots \dots (5).$$

Это приближенное равенство даетъ возможность опредѣлить силу размыкаемаго тока  $i$ , а слѣдовательно и плотность тока въ краю щетки.

Замѣчая, что послѣдняя выражается отношеніемъ

$$j = \frac{ni}{mS}$$

и что черезъ

$$j_0 = \frac{2J_z}{S}$$

можно выразить плотность тока при переходѣ рабочаго тока  $2J_z$  въ щетку, мы можемъ написать рав. (5) въ формѣ, независящей отъ  $m$  и  $n$ :

$$j = \frac{1}{1 - \frac{L}{R_s T}} \left( j_0 - \frac{e}{R_s S} \right) = \frac{1}{1 - \frac{L}{R_s T}} \left( j_0 - \frac{e}{\rho} \right), \quad (6).$$

гдѣ  $\rho = R_s S$  — удѣльное сопротивление контакта (отнесенное къ 1 см.<sup>2</sup>).

Равенство (6) можетъ разсматриваться, какъ расчетная формула, если только установить предѣльные значенія для  $j$ , т. е. ту наибольшую плотность тока въ краю щетки, при которой не наблюдается еще накаливанія послѣдняго. Къ сожалѣнню знанія сколько нибудь точной величины для  $j$  нельзя ожидать, такъ какъ опытное изслѣдованіе этого вопроса затрудняется неопредѣленностью величины поверхности соприкосновенія въ контактѣ въ моменты, близкіе къ размыканію. Мы можемъ въ этомъ отношеніи опираться исключительно на опытные данныя для плотностей тока, допустимыхъ вообще для щетокъ; такъ извѣстно, что угольные щетки, употребляющіяся нынѣ по преимуществу, допускаютъ отъ 10 до 15 *A.* на 1 см.<sup>2</sup>, если онѣ сдѣланы изъ мягкаго угля, въ твердыхъ же щеткахъ плотность тока можетъ достигать лишь 11 *A.* на 1 см.<sup>2</sup>. Едва ли слѣдуетъ сильно уклоняться отъ этихъ чиселъ и для плотности тока въ краю щетки; вообще можно ожидать хорошей работы щетокъ, если полагать въ расчетѣ  $j_0 < 15 A.$  для мягкихъ щетокъ и  $j_0 < 11$  для твердыхъ съ тѣмъ, чтобы  $j$  было не больше 15 *A.* въ первомъ случаѣ, и 11 *A.* во второмъ.

Какъ показалъ Арнольдъ (*Die Gleichstrommaschine*), вычисленіе коэф. самоиндукціи элемента обмотки <sup>1)</sup> можетъ дать числа очень близкія къ дѣйствительности, такъ что для полной примѣнимости формулы (6) не хватаетъ лишь знанія коммутлирующей электродвижущей силы  $e$ . Пріемы для ея нахождения, или точнѣе сказать, для опредѣленія распредѣленія потока въ междуполюсномъ пространствѣ машины указаны ниже; здѣсь мы предположимъ, что  $e$  для всякой нагрузки можетъ быть найдено, и укажемъ лишь возможный путь примѣненія рав. (6) для повѣрки машины по отношенію къ искробразованію.

<sup>1)</sup> Точнѣе, такъ наз. кажущагося коэф. самоиндукціи, слагающагося изъ коэф. самоиндукціи разсматриваемаго коротко замкнутаго элемента и изъ коэф. взаимной индукціи соедѣнныхъ съ нимъ замкнутыхъ элементовъ.

При предположеніи, что машина не должна искрить при измѣненіи нагрузки отъ  $J_z=0$  до нѣкотораго наибольшаго значенія  $J_z=J_{\max}$  при постоянномъ положеніи щетокъ, необходимо произвести изслѣдованія для двухъ намѣченныхъ крайнихъ случаевъ. Въ первомъ изъ нихъ полагаемъ  $j_0=0$  и определяемъ  $j=j_1$  въ зависимости отъ величины  $e$ , взявъ  $R_s$  въ зависимости отъ  $J_{\max}$  и допустимой плотности  $j_0$ ; во второмъ случаѣ подставляемъ въ рав. (6) выбранную плотность тока  $j_0$  и  $e$ , соответствующее  $J_{\max}$ , при томъ же положеніи (произвольномъ) щетокъ, и находимъ  $j=j_2$ . Если обѣ величины  $j_1$  и  $j_2$  выходятъ далеко за допустимые предѣлы (15А и 11А. для угольныхъ щетокъ), то очевидно на коллекторѣ нѣтъ такого мѣста, на которомъ щетки работали бы безъ искръ, и необходимо измѣнить отдѣльные элементы машины (главнымъ образомъ ради уменьшенія дроби  $\frac{L}{R_s T}$ , играющей въ рав. (6) существенную роль), чтобы добиться желаемыхъ условій ея работы.

Если обѣ величины  $j_1$  и  $j_2$  лежатъ въ возможныхъ предѣлахъ, то конечно слѣдуетъ счесть повѣрку конченой, и считать положеніе щетокъ выбраннымъ удачно; также точно, если при произвольномъ положеніи щетокъ одна изъ величинъ  $j_1$ , или  $j_2$  окажется недопустимой, но  $\frac{j_1+j_2}{2}$  окажется меньше предѣльной величины, или равно ей, то работа машины можетъ быть удовлетворительной, хотя и при иномъ положеніи щетокъ.

Въ заключеніе замѣтимъ, что рав. (6) даетъ слѣдствіе, получаемое и изъ болѣе точной теоріи коммутациі. Оно показываетъ, что при

$\frac{L}{R_s T} = 1$  плотность размыкаемаго тока обращается въ безконечность, и что машина при этомъ условіи должна работать съ сильными искрами. Съ другой стороны изъ него очевидно, что при прочихъ равныхъ условіяхъ машина будетъ работать тѣмъ лучше, чѣмъ меньше дробь  $\frac{L}{TR_s}$  (1).

1) Мы здѣсь не затрогиваемъ вопроса о вліяніи величины напряженія между коллекторными пластинами на искреніе, такъ какъ онъ подробно разработанъ Арнольдомъ въ его сочиненіи Die Gleichstrommaschine.

### III. Опредѣленіе распредѣленія потока въ междуполюсномъ пространствѣ машины.

При опредѣленіи границъ искренія щетокъ въ машинѣ важно знать величину коммутлирующей эл.-дв. силы  $e$ , которая зависитъ отъ распредѣленія магнитнаго потока въ области, гдѣ происходитъ коммутация въ коротко замкнутомъ элементѣ обмотки якоря.

Называя черезъ  $B_0$  среднюю величину магнитной индукціи въ области, занимаемой коротко замкнутымъ элементомъ въ моментъ размыканія тока, черезъ  $l$  — длину рабочаго провода въ см., черезъ  $v$  — линейную скорость провода, выраженную въ метрахъ и черезъ  $z_0$  — число проводовъ, образующихъ замкнутый элементъ, получимъ

$$e = B_0 l v z_0 10^{-6} \text{ вольтъ,}$$

и слѣдовательно  $e$  будетъ найдено, если извѣстно  $B_0$ .

Попытка дать возможно точный методъ пахожденія распредѣленія потока въ области коммутации принадлежитъ Арнольду, который (*Die Gleichstrommaschine* стр. 210 и слѣд.) въ случаѣ холостого хода машины предлагаетъ проводить на глазъ линіи силъ, проходящія въ этой области отъ полюсныхъ концовъ индуктора къ поверхности якоря, и затѣмъ для полной нагрузки вычислять приращеніе коммутлирующей эл.-дв. силы, происходящее отъ поперечнаго намагничиванія (I. с. стр. 256 и слѣд.).

Способъ Арнольда можетъ дать хорошіе результаты очевидно только въ томъ случаѣ, если нанесеніе путей линій силъ для холостого хода дастъ правильную картину магнитнаго поля въ междуполюсномъ пространствѣ. Въ противномъ случаѣ всѣ расчеты будутъ заключать въ себѣ ошибку, размѣръ которой останется внолицѣ неопредѣленнымъ, и поэтому всѣ расчетныя формулы для коммутлирующей эл.-дв. силы, предлагаемыя Арнольдомъ, можно упрекнуть въ излишней точности и сложности, если оставить рѣшеніе вопроса, положеннаго въ ихъ основаніе, вопроса о распредѣленіи потока въ междуполюсномъ пространствѣ.



ствѣ при холостомъ ходѣ машины, въ томъ видѣ, въ какомъ его предлагаетъ Арнольдъ.

Распредѣленіе потока въ области коммутациі составляетъ основную задачу затрагиваемаго нами вопроса, отъ точности рѣшенія которой зависитъ точность всѣхъ дальѣйшихъ разсужденій объ измѣненіяхъ, претерпѣваемыхъ этимъ потокомъ при измѣненіи нагрузки машины; поэтому въ настоящей главѣ статьи мы обратимъ главное вниманіе на болѣе точный путь нахождения распредѣленія магнитнаго потока въ области коммутациі при холостой работѣ машины, чѣмъ тотъ, который предлагаетъ Арнольдъ.

Для этого мы воспользуемся предложеніемъ Арнольда нанести на глазъ пути линій силъ, но введемъ довольно существенную поправку въ его способъ. Гораздо легче приблизительно намѣтить въ междуполюсномъ пространствѣ машины пути равнопотенціальныхъ поверхностей, чѣмъ линій силъ, особенно вблизи якоря и полюсныхъ концовъ.

На черт. 3 сдѣлана попытка такого построенія на основаніи слѣдующихъ соображеній.

Магнитный потокъ, проходящій въ машинѣ, для перваго приближенія можно приписать нѣкоторому идеальному проводнику  $a$ , ось котораго находится гдѣ либо въ междуполюсномъ пространствѣ машины. Безъ присутствія желѣза такой проводникъ далъ бы систему равнопотенціальныхъ поверхностей въ формѣ плоскостей, проходящихъ черезъ ось проводника и равномерно распредѣленныхъ въ пространствѣ.

Въ присутствіи желѣза распредѣленіе равнопотенціальныхъ поверхностей должно рѣзко измѣниться, и возможно напередъ предвидѣть характеръ этого измѣненія.

Общее выраженіе магнитной силы въ какой либо точкѣ магнитной цѣпи представляется равенствомъ

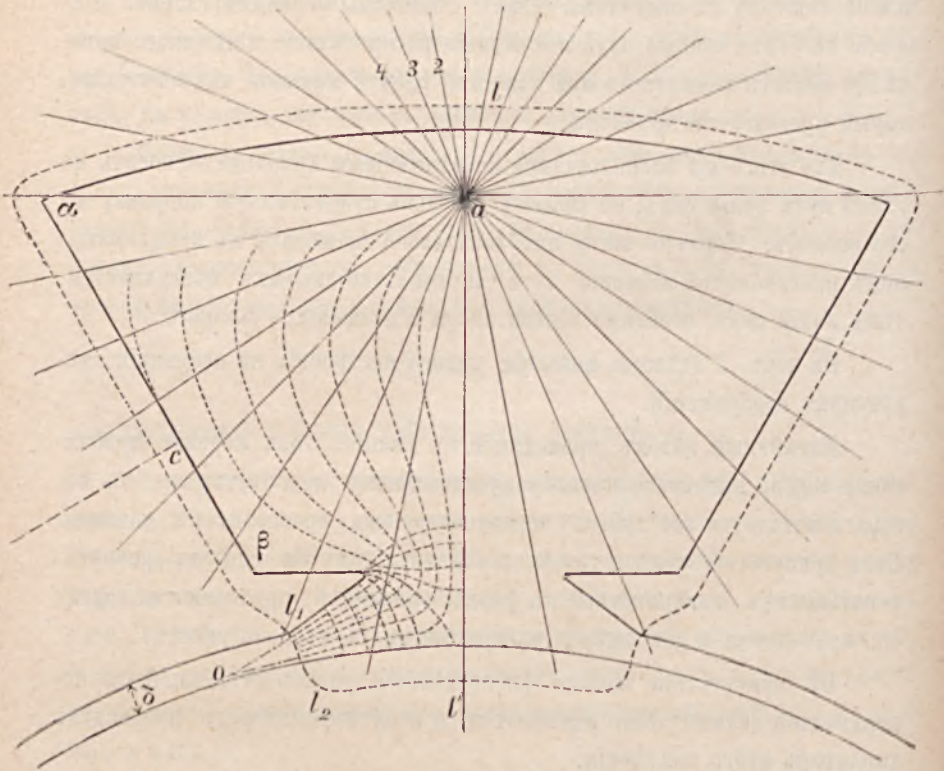
$$f = - \frac{1}{\mu} \frac{dV}{dn},$$

гдѣ  $\mu$  — проницаемость, а  $\frac{dV}{dn}$  — измѣненіе магнитнаго потенциала вдоль нормали къ равнопотенціальной поверхности.

Величина

$$dn = - \frac{dV}{\mu f}$$

даетъ разстоянія, считаемыя по нормали между двумя сосѣдними поверхностями, потенциалы которыхъ отличаются на  $dV$ .



Черт. 3.

Перехождая къ приближеннымъ разсужденіямъ съ конечными величинами, мы можемъ принять  $n$  за разстояніе, считаемое по линіи силъ между двумя поверхностями, на которыхъ разность потенциаловъ  $V$  задана напередъ.

Пусть въ желѣзѣ машины будетъ допущена магнитная индукція  $B$ , а въ воздушномъ слоѣ —  $B_0$ ; тогда для желѣза, если считать отъ плоскости 1 съ потенциаломъ  $V$ , (черт. 3) по линіи силъ, нпр.  $l'$ , слѣ-

дующая равнопотенціальная поверхность, имѣющая потенциал  $V_1 + V_2$ , будетъ находиться на разстояніи

$$n_{12} = \frac{V}{\mu B},$$

въ воздушномъ - же слоѣ  $\delta$  равнопотенціальной поверхности будутъ находиться на разстояніяхъ

$$n_{\delta} = \frac{V}{B_{\delta}}.$$

Такимъ образомъ, если длина линіи силъ  $l'$  въ электромагнитѣ будетъ  $l_m$ , въ якорѣ  $l_a$ , а индукціи въ соответственныхъ частяхъ магнитной цѣпи будутъ  $B_m$  и  $B_a$ , то на протяженіи линіи силъ въ индукторѣ помѣстится число равнопотенціальныхъ плоскостей

$$m_1 = \frac{l_m}{n'},$$

въ якорѣ:

$$m_2 = \frac{l_a}{n''},$$

и въ воздухѣ

$$m_{\delta} = \frac{\delta}{n_{\delta}},$$

гдѣ

$$n' = \frac{V}{\mu B_m}, \quad n'' = \frac{V}{\mu B_a}, \quad \text{и} \quad n_{\delta} = \frac{V}{B_{\delta}}.$$

Послѣдняя величина  $m_{\delta}$  будетъ конечно очень велика сравнительно съ  $m_1$  и  $m_2$ , и магнитное поле будетъ сильно извращено не столько присутствіемъ желѣза, сколько существованіемъ въ машинѣ воздушнаго слоя.

На черт. 3 линіи 1-ая, 2-ая, 17-ая и 32-ая равнопотенціальной поверхности проходятъ въ желѣзѣ машины, всѣ остальные должны проходить въ воздушномъ слоѣ  $\delta$ .

При построеніи магнитнаго поля описываемымъ способомъ необходимо руководствоваться слѣдующими соображеніями: 1) поверхность уровня 2-ая, входи въ желѣзо въ точкѣ  $e$ , почти касательна къ поверхности желѣза, такъ какъ  $tg$  угла, на который измѣняется направленіе

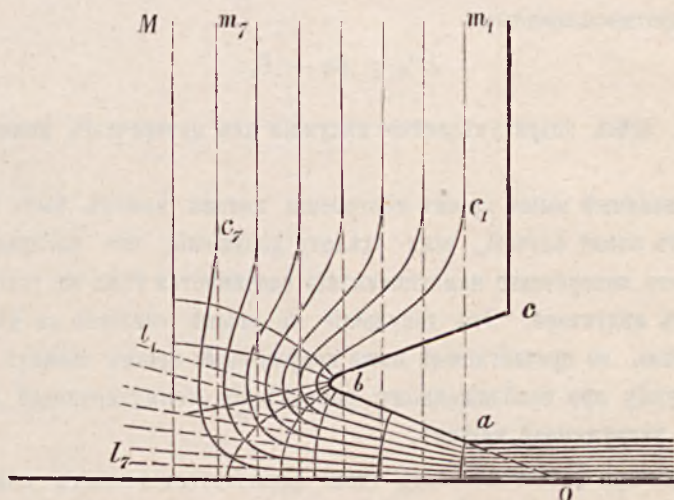
линии силъ, выходящей изъ желѣза въ воздухъ въ точкѣ  $c$ , равенъ  $\mu$ , т. е. близокъ къ прямому; поэтому сосѣднія поверхности 3-я, 4-ая и т. д. идутъ вдоль сердечника электромагнита почти параллельно его поверхности (вдали отъ входящихъ и выступающихъ угловъ), 2) у входящихъ угловъ напряженіе поля ослабѣваетъ, и тамъ равнопотенціальныя поверхности проходятъ далѣе другъ отъ друга, чѣмъ въ другихъ частяхъ поля (углы  $\alpha$  и  $\beta$  на черт. 3) и 3) поверхности должны располагаться возможно правильнѣе въ томъ смыслѣ, чтобы не было не оправдываемыхъ логикой сгущеній ихъ и разрѣженій.

Нанеся пути равнопотенціальныхъ поверхностей, не трудно уже намѣтить и пути линий силъ, руководствуясь тѣмъ, что послѣднія должны пересѣкаться встрѣчающіяся поверхности по нормалямъ.

Было бы труднымъ дѣломъ при расчетѣ машины наносить всѣ равнопотенціальныя поверхности на всемъ ихъ протяженіи; это было бы и бесполезно, такъ какъ за болѣе, или менѣе правильные пути поверхностей можно ручаться лишь вблизи якоря и полюсныхъ концовъ; у предполагаемаго проводника съ токомъ  $a$  онѣ должны идти иначе, такъ какъ на самомъ дѣлѣ онѣ должны сходиться у *двухъ* катушекъ, образующихъ магнитное поле, которыя лишь для упрощенія построенія поля замѣнены однимъ проводникомъ. Какъ бы однако ни были расположены центры, изъ которыхъ расходятся равнопотенціальныя поверхности, если только онѣ далеки отъ якоря и полюсныхъ концовъ, можно считать, что въ области, близкой къ якорю, равнопотенціальныя поверхности имѣютъ форму, близкую къ плоскостямъ, расположеннымъ радіально по отношенію къ центру якоря.

Это соображеніе очень упрощаетъ построеніе поля. На черт. 4 представленъ полюсный конецъ произвольной формы. Воображаемъ въ воздушномъ слое  $\delta$  произвольное число равнопотенціальныхъ поверхностей (на черт. 4 изображено 7). Продолжая край полюснаго конца  $ab$  до пересѣченія линии  $ab$  съ поверхностью якоря (для простоты построенія послѣдняя выпрямлена; иначе слѣдуетъ найти точку  $o$ , какъ пересѣченіе  $ab$  съ касательной къ якорю въ точкѣ лежащей подъ  $a$ ; послѣдній приемъ примѣненъ на черт. 3), проводимъ прямыя  $ol_1, ol_2, \dots$ ; затѣмъ проводимъ на равныхъ разстояніяхъ между нейтральной плоскостью  $M$  и поверхностью полюснаго сердечника прямыя  $mn$ , радіальныя по отношенію къ центру якоря (или параллельныя, если поверх-

ность якоря для простоты выпрямлена). Для помощи возможна еще третья система прямыхъ, проведенная изъ точки, получаемой, какъ пересѣченіе продолженной прямой  $bc$  и нейтральной линіи. Соединяя на глазъ кривыми наши три системы прямыхъ, возможно нанести искомыя равнопотенціальныя поверхности, а слѣдовательно и линіи силъ.



Черт. 4.

Для нахождения напряженія поля въ какой либо точкѣ на поверхности якоря, замѣтимъ, что вслѣдствіе малости величины  $\frac{1}{\mu} \frac{dV}{dn}$  для желѣза возможно считать разность потенціаловъ для любой точки на якорѣ относительно любой точки на полюсѣ индуктора величиной постоянной. На основаніи этого замѣчанія напряженіе вдоль любой линіи силъ, проходящей отъ полюса къ якорю, можно считать обратно пропорціональнымъ ея длинѣ, и если, слѣдовательно, извѣстна индукція въ воздушномъ слѣ  $B_0$ , то найдется, конечно приближенно, и индукція для любой точки на поверхности якоря.

Все вышесказанное относится къ холостому ходу машины. Если

машина нагружена, то распределение поля мѣняется присутствіемъ поперечнаго намагничиванія.

Въ послѣднемъ случаѣ, магнитная индукція въ воздушномъ слоѣ принимаетъ различныя значенія, а именно, подъ концомъ полюса, гдѣ поперечное намагничиваніе усиливаетъ магнитный потокъ, создаваемый индукторомъ, она дѣлается равной

$$B'_z = B_z + B_z,$$

а подъ противоположнымъ

$$B''_z = B_z - B_z;$$

подъ  $B_z$  здѣсь подразумѣвается индукція отъ поперечнаго намагничиванія.

Описанный выше приемъ построения потока можетъ быть примененъ и къ этому случаю, если сдѣлать допущеніе, что распределение потока отъ поперечнаго намагничиванія подчиняется тѣмъ же условіямъ, что и отъ индуктора. Это допущеніе не вполне согласно съ дѣйствительностью, но предлагаемый ниже графическій приемъ можетъ сослужить службу при приближенномъ опредѣленіи коммутлирующей эл.-дв. силы въ нагруженной машинѣ.

Если при холостомъ ходѣ число равнопотенціальныхъ поверхностей въ воздушномъ слоѣ подъ каждымъ полюсомъ равно  $m$ , то въ нагруженной машинѣ у краевъ полюсовъ число поверхностей будетъ:  $\frac{mB'_z}{2B_z}$  — у полюса, гдѣ поперечное намагничиваніе усиливаетъ потокъ машины, и  $\frac{mB''_z}{B_z}$  — у противоположнаго полюса; нейтральная линия перемѣстится къ тому полюсу, у котораго индукція  $B_z$  ослаблена, и займетъ положеніе, опредѣляемое слѣдующими соображеніями. Полное число равнопотенціальныхъ поверхностей подъ обоими соедѣнными полюсами, равное  $2m$  не измѣнится отъ присутствія поперечнаго намагничиванія; какъ и прежде, въ нѣкоторомъ удаленіи отъ концовъ полюсовъ равнопотенціальныя поверхности можно считать плоскостями, радіальными по отношенію къ центру якоря, но изъ этихъ плоскостей большая часть должна быть отнесена къ полюсу, подъ которымъ индукція усилена, и во столько разъ большая, во сколько  $B'_z$  больше  $B''_z$ .

На основаніи сказаннаго, для опредѣленія положенія нейтральной линіи нагруженной машины достаточно раздѣлить разстояніе между полюсами (черт. 3), считаемое по дугѣ якоря прямо пропорціонально величинамъ  $B'_\delta$  и  $B''_\delta$ ; положеніе же нейтральной линіи дастъ возможность выолнить построеніе поля для каждаго полюса приемомъ, изложеннымъ выше.

Варшава, 1 февраля 1903 г.

---

гдѣ

$$R' = + \infty e^{(\omega_{kps} + \omega'_{kps})i}, \quad (65)$$

а

$$\begin{aligned} -2\pi - 2\varphi_k + \Delta < \varphi < +2\pi - 2\varphi_k - \Delta; \\ -\pi - 2\omega_{kps} - 2\omega'_{kps} < \varphi < +\pi - 2\omega_{kps} - 2\omega'_{kps}. \end{aligned} \quad (66)$$

Въ силу ограничений, наложенныхъ на величину  $\omega'_{kps}$ , областямъ (62) и (66) измѣняемости переменнаго  $\varphi$  принадлежитъ общая область  $\Pi_{kps}$ . Можно доказать, что въ этой послѣдней

$$\zeta_{kps} = \zeta'_{kps}. \quad (67)$$

Для этой цѣли надо повторить почти буквально то, что было изложено при установлении равенства (38) главы I. Изъ точки  $t = 0$ , какъ центра, опишемъ окружность (чер. 8) радиусомъ, длина котораго больше разстоянія точки  $o$  отъ точки  $q_k$ . Пусть точки встрѣчи этой окружности съ векторами  $q_k R_\alpha$  и  $q_k R'$  будутъ соответственно  $K$  и  $K_1$ . Тогда прежде всего будемъ имѣть по теоремѣ Коши:

$$\int_{q_k}^K \theta_1(t) dt + \int_K^{K_1} \theta_1(t) dt + \int_{K_1}^{q_k} \theta_1(t) dt = 0. \quad (68)$$

Станемъ теперь радиусъ окружности безгранично увеличивать. Такъ какъ, въ виду представленія (54) функций  $\omega(\nu; x^2)$ , для всѣхъ значеній  $|t|$ , большихъ нѣкотораго положительнаго числа, въ области  $\Pi_{kps}$  имѣетъ мѣсто:

$$\left| \theta_1(t) \right| < \frac{1}{|t|^\sigma}, \quad (69)$$

гдѣ  $\sigma$  есть положительное число, большее единицы, то можемъ написать въ предѣлѣ, когда радиусъ окружности станетъ безгранично большимъ:

$$\begin{aligned} \lim. \int_{q_k}^K \theta_1(t) dt + \lim. \int_K^{K_1} \theta_1(t) dt + \\ + \lim. \int_{K_1}^{q_k} \theta_1(t) dt = 0. \end{aligned} \quad (70)$$



Но имѣемъ:

$$(71) \quad \lim. \int_{q_k}^K \theta_1(t) dt = \int_{q_k}^{R_\alpha} \theta_1(t) dt;$$

$$\lim. \int_{K_1}^{q_k} \theta_1(t) dt = \int_{R'}^{q_k} \theta_1(t) dt;$$

$$\lim. \int_K^{K_1} \theta_1(t) dt = o.$$

Въ силу равенствъ (71), соотношеніе (70) приведется къ виду:

$$(72) \quad \int_{q_k}^{R_\alpha} \theta_1(t) dt + \int_{R'}^{q_k} \theta_1(t) dt = o,$$

или:

$$(72') \quad \int_{R'}^{q_k} \theta_1(t) dt - \int_{R_\alpha}^{q_k} \theta_1(t) dt = o.$$

Напишемъ теперь интегралы  $\zeta_{1kps}$  и  $\zeta'_{1kps}$  слѣдующимъ образомъ:

$$(73) \quad \begin{aligned} \zeta_{1kps} &= \\ &= \left(1 - e^{2\pi A_k i}\right) \int_{R_\alpha}^{q_k} \theta_1(t) dt + \int_{q_k(a_k)} \theta_1(t) dt; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \zeta'_{1kps} &= \\ &= \left(1 - e^{2\pi A_k i}\right) \int_{R'}^{q_k} \theta_1(t) dt + \int_{q_k(a_k)} \theta_1(t) dt, \end{aligned}$$

гдѣ  $\int_{q_k(a_k)} \theta_1(t) dt$  представляетъ интегралъ отъ  $\theta_1(t) dt$ , взятый по окружности  $q_k s_k s'_k q_k$ . Изъ соотношеній (73), на основаніи результата (72'), заключаемъ о справедливости равенства (67). Проведемъ далѣе изъ точки  $a_k$  векторъ безконечной длины  $a_k R''$ , параллельный вектору  $a_k R'$ . Интегралъ отъ  $\theta_1(t) dt$ , взятый по пути  $R''(a_k)$  при условіи, что въ началѣ  $R''$  пути интеграціи аргументы переменныхъ  $t, t - a_1, \dots, t - a_m$  равны  $\omega_{kps} + \omega'_{kps}$ , назовемъ такъ:

$$\eta'_{1kps} = \int_{K''}^{(\alpha_k)} \theta_1(t) dt. \quad (74)$$

Такъ какъ пути интеграціи въ интегралахъ (64) и (74) имѣютъ общіе начало и конецъ  $K'$  (или  $K''$ ), то по известной теоремѣ изъ теоріи функцій комплекснаго переменнаго заключаемъ, что

$$\eta'_{1kps} = \zeta'_{1kps}. \quad (75)$$

А посему въ области  $\Pi_{kps}$  имѣеть мѣсто;

$$\eta'_{1kps} = \zeta_{1kps}. \quad (76)$$

Значить,  $\eta'_{1kps}$  и  $\zeta_{1kps}$  представляютъ взаимныя продолженія. Повернувъ далѣе векторъ  $a_k$   $K''$  въ томъ же направленіи около точки  $a_k$  на уголъ, величина котораго  $\omega_{kps}$  меньше  $\frac{\pi}{2}$  и величины угла  $K'' a_k a_s$ , мы такимъ же образомъ получимъ новое продолженіе интеграла  $\zeta_{1kps}$  и т. д. Такимъ процессомъ мы будемъ получать все новыя и новыя продолженія интеграла  $\zeta_{1kps}$ , пока вращающійся векторъ не придетъ въ совпаденіе съ векторомъ  $a_k + \infty e^{\alpha_{ks}i}$ , гдѣ черезъ  $\alpha_{ks}$  обозначена величина угла наклоненія вектора  $a_k a_s$  къ вектору  $a_k + \infty$ . При этомъ область продолженія интеграла  $\zeta_{1kps}$  опредѣляется такъ:

$$\begin{aligned} -2\pi - 2\varphi_k + \Delta < \varphi < +2\pi - 2\varphi_k - \Delta; \\ -\pi - 2\alpha_{ks} + \varepsilon < \varphi < \pi - 2\omega_{kps}, \end{aligned} \quad (77)$$

гдѣ  $\varepsilon$  какой угодно малости положительная величина, отличная отъ нуля. Точно также при помощи вращенія вектора  $a_k$   $K_\alpha$  около точки  $a_k$  по стрѣлкѣ часовъ до совпаденія его съ векторомъ  $a_k + \infty e^{\alpha_{kp}i}$ , гдѣ  $\alpha_{kp}$  есть величина угла, образованнаго векторами  $a_k a_p$  и  $a_k + \infty$ , можемъ еще продолжить интеграль  $\zeta_{1kps}$ . При этомъ область продолженія его опредѣлится неравенствами:

$$\begin{aligned} -2\pi - 2\varphi_k + \Delta < \varphi < +2\pi - 2\varphi_k - \Delta; \\ -\pi - 2\omega_{kps} < \varphi < \pi - 2\alpha_{kp} - \varepsilon. \end{aligned} \quad (78)$$

Соединяя области (77) и (78) вмѣстѣ, получимъ полную область продолженія интеграла  $\zeta_{1kps}$ :

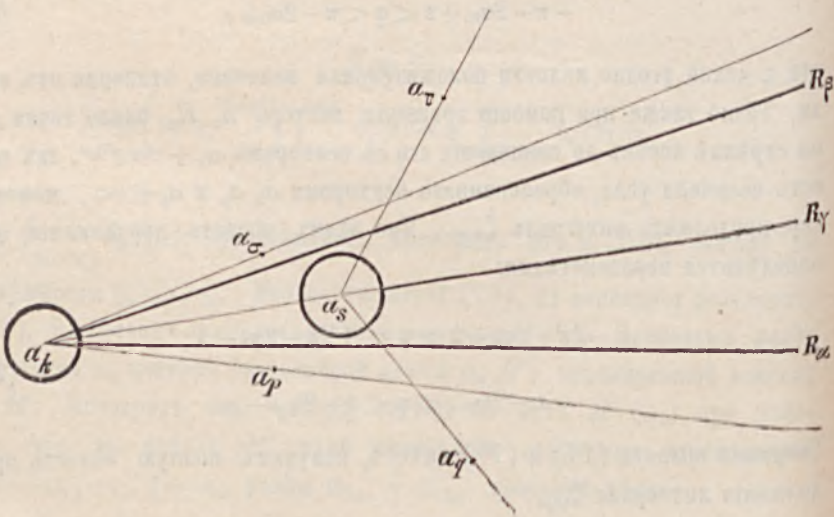
$$(79) \quad \begin{aligned} -2\pi - 2\varphi_k + \Delta < \varphi < +2\pi - 2\varphi_k - \Delta; \\ -\pi - 2\alpha_{ks} + \varepsilon < \varphi < +\pi - 2\alpha_{kp} - \varepsilon. \end{aligned}$$

Такимъ же образомъ можно продолжить и интегралъ  $\zeta_{2kps}$  (61). При чемъ полная область его продолженія изобразится неравенствами:

$$(80) \quad \begin{aligned} -2\varphi_k + \Delta < \varphi < +4\pi - 2\varphi_k - \Delta; \\ +\pi - 2\alpha_{ks} + \varepsilon < \varphi < +3\pi - 2\alpha_{kp} - \varepsilon. \end{aligned}$$

Введемъ теперь новый символъ  $Z_{1kps}$ . Пусть онъ представляетъ совокупность вышеуказанныхъ продолженій интеграла  $\zeta_{1kps}$ , и назовемъ его *функцией перваго рода, принадлежащей къ углу  $\alpha_s, \alpha_k, \alpha_p$* . Обозначимъ черезъ  $Z_{1kps}$  другой символъ, представляющій совокупность вышеозначенныхъ продолженій интеграла  $\zeta_{2kps}$ , и назовемъ его *функцией втораго рода, принадлежащей къ углу  $\alpha_s, \alpha_k, \alpha_p$* . Область, выдѣляемую условиями (79), назовемъ  $\Sigma_{1kps}$ , а область, выдѣляемую неравенствами (80), обозначимъ черезъ  $\Sigma_{2kps}$ . Функция  $Z_{1kps}$  извѣстна во всей области  $\Sigma_{1kps}$ , а  $Z_{2kps}$  во всей области  $\Sigma_{2kps}$  измѣняемости  $\varphi$ . Но эти функции можно продолжить внѣ указанныхъ областей. Для этой цѣли отыщемъ линейныя соотношенія между этими функциями. Остановимся предварительно на функцияхъ перваго рода. Вообразимъ два послѣдовательныхъ угла:  $\alpha_s, \alpha_k, \alpha_p$  и  $\alpha_\sigma, \alpha_k, \alpha_s$ ,

Чер. 9.



гдѣ значки  $\sigma$  и  $\rho$  берутся изъ ряда:  $0, 1, 2, \dots, 2n$  (чер. 9), а значки  $k$  и  $s$  изъ ряда:  $1, 2, 3, \dots, 2n$  (кромѣ  $n+k$ ). Мы предварительно разсмотримъ случай, когда на векторѣ  $a_k + \infty e^{2ks^i}$  изъ точекъ  $a_1, a_2, \dots, a_{2n}$  лежатъ только  $a_k$  и  $a_s$ . Что же касается до векторовъ  $a_k + \infty e^{2ks^i}$  и  $a_k + \infty e^{2ks^i}$ , гдѣ  $\alpha_{ks}$  есть величина угла наклопенія вектора  $a_k a_\sigma$  къ вектору  $a_k + \infty$ , то на нихъ допускаются и другія изъ этихъ точекъ; между ними можетъ быть и точка  $a_0 = o$ . Предполагаемъ, что внутри угла  $a_\tau a_s a_q$ , гдѣ значки  $\tau$  и  $q$  берутся изъ ряда:  $0, 1, 2, \dots, 2n$ , нѣтъ особыхъ конечныхъ точекъ функціи  $\theta(t)$ . Полагаемъ, что въ началахъ  $R_\alpha, R_\beta$  и  $R_\gamma$  безконечной длины петель  $R_\alpha(a_k), R_\beta(a_k)$  и  $R_\gamma(a_s)$  аргументы переменныхъ  $t, t - a_1, \dots, t - a_{2n}$  соответственно таковы:

$$\begin{aligned} argt &= arg(t - a_1) = \dots = arg(t - a_{2n}) = \omega_{kps}; \\ argt &= arg(t - a_1) = \dots = arg(t - a_{2n}) = \omega_{ks\sigma}; \\ argt &= arg(t - a_1) = \dots = arg(t - a_{2n}) = \omega_{sq\tau}. \end{aligned} \quad (81)$$

Тогда будемъ имѣть:

$$\begin{aligned} Z_{kps} &= \int_{R_\alpha}^{(a_k)} \theta_1(t) dt; \\ Z_{ks\sigma} &= \int_{R_\beta}^{(a_k)} \theta_1(t) dt; \\ Z_{sq\tau} &= \int_{R_\gamma}^{(a_s)} \theta_1(t) dt. \end{aligned} \quad (82)$$

Предположимъ, что каждая изъ разностей:  $\omega_{kps} - \omega_{ks\sigma}$ ,  $\omega_{kps} - \omega_{sq\tau}$  и  $\omega_{ks\sigma} - \omega_{sq\tau}$  по своему числовому значенію меньше  $\frac{\pi}{2}$ . Тогда, областямъ измененія переменнаго  $\varphi$  въ интегралахъ (82) принадлежить общая область  $S_k$ . Въ этой послѣдней между означенными интегралами существуетъ линейная зависимость, на обнаруженіи которой мы сейчасъ и остановимся. Будемъ подъ  $R_\alpha R_\gamma$  и  $R_\gamma R_\beta$  разумѣть весьма далекія линіи съ безконечно удаленными точками  $R_\alpha, R_\beta$  и  $R_\gamma$ . Тѣ же самыя линіи, взятая только въ обратныхъ направленіяхъ, назовемъ

такъ:  $R_\gamma R_\alpha$  и  $R_\beta R_\gamma$ . Тогда, какъ можно видѣть изъ чертежа 9, не измѣняя значенія интеграла  $\int_{R_\beta}^{(a_k)} \theta_1(t) dt$ , мы можемъ изобразить его слѣдующимъ образомъ:

$$\begin{aligned}
 & \int_{R_\beta}^{(a_k)} \theta_1(t) dt = \\
 & = \int_{R_\beta}^{R_\gamma} \theta_1(t) dt + \int_{R_\gamma}^{(a_s)} \theta_1(t) dt + e^{2\pi A_s i} \int_{R_\gamma}^{R_\alpha} \theta_1(t) dt + \\
 & + e^{2\pi A_s i} \int_{R_\alpha}^{(a_k)} \theta_1(t) dt + e^{2\pi(A_s + A_k) i} \int_{R_\alpha}^{R_\gamma} \theta_1(t) dt + \\
 (83) \quad & + e^{2\pi(A_s + A_k) i} \int_{R_\gamma}^{(a_s)} \theta_1(t) dt + e^{2\pi A_k i} \int_{R_\gamma}^{R_\beta} \theta_1(t) dt,
 \end{aligned}$$

гдѣ

$$(84) \quad \int_{R_\gamma}^{(a_s)} \theta_1(t) dt = -e^{-2\pi A_s i} \int_{R_\gamma}^{(a_s)} \theta_1(t) dt.$$

Удаляя линіи  $R_\alpha R_\gamma$  и  $R_\gamma R_\beta$  всѣми ихъ точками въ безконечность, получимъ въ предѣлахъ:

$$\begin{aligned}
 (85) \quad & \lim. \int_{R_\alpha}^{R_\gamma} \theta_1(t) dt = \lim. \int_{R_\gamma}^{R_\alpha} \theta_1(t) dt = \\
 & = \lim. \int_{R_\beta}^{R_\gamma} \theta_1(t) dt = \lim. \int_{R_\gamma}^{R_\beta} \theta_1(t) dt = 0.
 \end{aligned}$$

Въ виду формулы (84) и равенствъ (85), соотношеніе (83) обратится тогда въ слѣдующее:

$$\begin{aligned}
 & \int_{R_\beta}^{(a_k)} \theta_1(t) dt = \\
 (86) \quad & = e^{2\pi A_s i} \int_{R_\alpha}^{(a_k)} \theta_1(t) dt + \left(1 - e^{2\pi A_k i}\right) \int_{R_\gamma}^{(a_s)} \theta_1(t) dt,
 \end{aligned}$$

или, въ силу обозначеній (82):

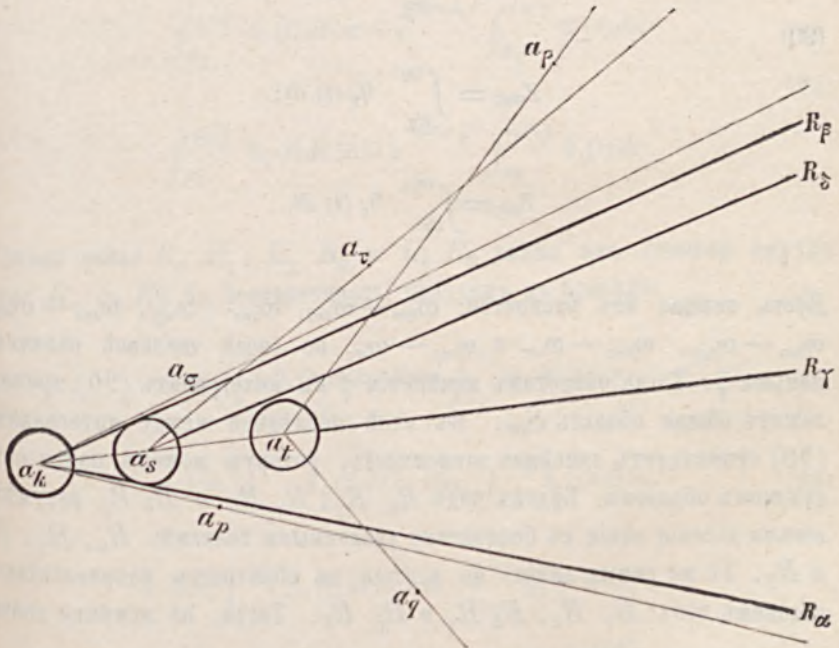
$$Z_{1ks\sigma} = e^{2\pi A_s i} Z_{1kps} + \left(1 - e^{2\pi A_k i}\right) Z_{1sq\tau}. \quad (87)$$

Соотношеніе (87) сохраняетъ силу во всей области, общей областямъ  $\Sigma_{1kps}$ ,  $\Sigma_{1ks\sigma}$  и  $\Sigma_{1sq\tau}$ . Точно также въ области, общей областямъ  $\Sigma_{2kps}$ ,  $\Sigma_{2ks\sigma}$  и  $\Sigma_{2sq\tau}$ , имѣетъ мѣсто равенство:

$$Z_{2ks\sigma} = e^{2\pi A_s i} Z_{2kps} + \left(1 - e^{2\pi A_k i}\right) Z_{2sq\tau}. \quad (88)$$

Въ предыдущемъ мы предполагали, что на векторѣ  $a_k + \infty e^{a_k s i}$  изъ точекъ  $a_1, a_2, \dots, a_{2n}$  лежатъ только двѣ точки:  $a_k$  и  $a_s$ . Теперь допустимъ, что на этомъ векторѣ лежитъ большее ихъ число. Ради простоты чертежа и выкладокъ, предположимъ, что на означенномъ векторѣ лежатъ таковыхъ три точки:  $a_k, a_s$  и  $a_l$  (чер. 10).

Чер. 10.



Предположимъ, что внутри угловъ:  $a_p, a_k, a_s$ ,  $a_s, a_k, a_\sigma$ ,  $a_l, a_s, a_\tau$  и  $a_q, a_l, a_\rho$  нѣтъ особыхъ конечныхъ точекъ функции  $\theta(t)$ . Полагаемъ,

что въ началахъ  $R_\alpha$ ,  $R_\beta$ ,  $R_\gamma$  и  $R_\delta$  петель:  $R_\alpha (a_k)$ ,  $R_\beta (a_k)$ ,  $R_\gamma (a_l)$  и  $R_\delta (a_l)$  соответственно имѣютъ мѣсто:

$$\begin{aligned}
 \text{arg} t &= \text{arg} (t - a_1) = \dots = \text{arg} (t - a_{2n}) = \omega_{kps}; \\
 \text{arg} t &= \text{arg} (t - a_1) = \dots = \text{arg} (t - a_{2n}) = \omega_{ks\sigma}; \\
 \text{arg} t &= \text{arg} (t - a_1) = \dots = \text{arg} (t - a_{2n}) = \omega_{lq\rho}; \\
 \text{arg} t &= \text{arg} (t - a_1) = \dots = \text{arg} (t - a_{2n}) = \omega_{sl\tau}.
 \end{aligned}
 \tag{89}$$

Тогда будемъ имѣть:

$$\begin{aligned}
 Z_{ikps} &= \int_{R_\alpha}^{(a_k)} \theta_1(t) dt; \\
 Z_{ks\sigma} &= \int_{R_\beta}^{(a_k)} \theta_1(t) dt; \\
 Z_{lq\rho} &= \int_{R_\gamma}^{(a_l)} \theta_1(t) dt; \\
 Z_{sl\tau} &= \int_{R_\delta}^{(a_l)} \theta_1(t) dt.
 \end{aligned}
 \tag{90}$$

Пусть каждая изъ разностей:  $\omega_{kps} - \omega_{ks\sigma}$ ,  $\omega_{kps} - \omega_{lq\rho}$ ,  $\omega_{kps} - \omega_{sl\tau}$ ,  $\omega_{ks\sigma} - \omega_{lq\rho}$ ,  $\omega_{ks\sigma} - \omega_{sl\tau}$  и  $\omega_{lq\rho} - \omega_{sl\tau}$  по своей числовой величинѣ меньше  $\frac{\pi}{2}$ . Тогда областямъ измѣненія  $\varphi$  въ интегралахъ (90) принадлежитъ общая область  $S_{ksl}$ . Въ этой послѣдней между интегралами (90) существуетъ линейная зависимость, которую можемъ найти слѣдующимъ образомъ. Будемъ подъ  $R_\alpha$ ,  $R_\gamma$ ,  $R_\gamma$ ,  $R_\delta$  и  $R_\delta$ ,  $R_\beta$  разумѣть весьма далекія линіи съ бесконечно удаленными точками:  $R_\alpha$ ,  $R_\gamma$ ,  $R_\delta$  и  $R_\beta$ . Тѣ же самыя линіи, но взятыя въ обратныхъ направленіяхъ, назовемъ такъ:  $R_\gamma$ ,  $R_\alpha$ ,  $R_\delta$ ,  $R_\gamma$  и  $R_\beta$ ,  $R_\delta$ . Тогда, не измѣняя значенія интеграла  $\int_{R_\alpha}^{(a_k)} \theta_1(t) dt$ , можемъ изобразить его въ слѣдующей формѣ:

$$\begin{aligned}
 & \int_{R_a}^{(a_k)} \theta_1(t) dt = \\
 & = \int_{R_a}^{R_\gamma} \theta_1(t) dt + \int_{R_\gamma}^{(\bar{a}_t)} \theta_1(t) dt + e^{-2\pi A_t i} \int_{R_\gamma}^{R_\delta} \theta_1(t) dt + \\
 & + e^{-\pi A_t i} \int_{R_\delta}^{(\bar{a}_k)} \theta_1(t) dt + e^{-\pi(A_s + A_t) i} \int_{R_\delta}^{R_\beta} \theta_1(t) dt + \\
 & + e^{-2\pi(A_s + A_t) i} \int_{R_\beta}^{(a_k)} \theta_1(t) dt + e^{-2\pi(A_s + A_t - A_k) i} \int_{R_\beta}^{R_\delta} \theta_1(t) dt + \\
 & + e^{-2\pi(A_s + A_t - A_k) i} \int_{R_\delta}^{(a_s)} \theta_1(t) dt + e^{-2\pi(A_t - A_k) i} \int_{R_\delta}^{R_\gamma} \theta_1(t) dt + \\
 & + e^{-2\pi(A_t - A_k) i} \int_{R_\gamma}^{(a_t)} \theta_1(t) dt + e^{-\pi A_k i} \int_{R_\gamma}^{R_a} \theta_1(t) dt,
 \end{aligned} \tag{91}$$

гдѣ

$$\begin{aligned}
 \int_{R_\gamma}^{(\bar{a}_t)} \theta_1(t) dt & = -e^{-2\pi A_t i} \int_{R_\gamma}^{(a_t)} \theta_1(t) dt; \\
 \int_{R_\delta}^{(\bar{a}_k)} \theta_1(t) dt & = -e^{-2\pi A_s i} \int_{R_\delta}^{(a_s)} \theta_1(t) dt.
 \end{aligned} \tag{92}$$

Удаляя линіи  $R_a$ ,  $R_\gamma$ ,  $R_\gamma$ ,  $R_\delta$  и  $R_\delta$ ,  $R_\beta$  всёми ихъ точками внутри угла  $R_a$   $a_k$   $R_\beta$  въ безконечность, получимъ въ предѣлѣ:

$$\begin{aligned}
 \lim. \int_{R_a}^{R_\gamma} \theta_1(t) dt & = \lim. \int_{R_\gamma}^{R_a} \theta_1(t) dt = \\
 & = \lim. \int_{R_\gamma}^{R_\delta} \theta_1(t) dt = \lim. \int_{R_\delta}^{R_\gamma} \theta_1(t) dt = \\
 & = \lim. \int_{R_\delta}^{R_\beta} \theta_1(t) dt = \lim. \int_{R_\beta}^{R_\delta} \theta_1(t) dt = 0.
 \end{aligned} \tag{93}$$

Въ виду равенствъ (92) и (93), соотношеніе (91) представится тогда слѣдующимъ образомъ:



$$\begin{aligned}
 & \int_{R_\alpha}^{(\alpha_k)} \theta_1(t) dt = \\
 = & e^{-\pi A_t i} \left[ \left( e^{2\pi A_k i} - 1 \right) \int_{R_\gamma}^{(\alpha_t)} \theta_1(t) dt + e^{-2\pi A_s i} \left( e^{2\pi A_k i} - 1 \right) \int_{R_\delta}^{(\alpha_s)} \theta_1(t) dt + \right. \\
 (94) \quad & \left. + e^{-2\pi A_s i} \int_{R_\beta}^{(\alpha_k)} \theta_1(t) dt \right],
 \end{aligned}$$

или, въ силу обозначеній (90):

$$\begin{aligned}
 & Z_{1kps} = \\
 = & e^{-\pi A_t i} \left[ \left( e^{2\pi A_k i} - 1 \right) Z_{1kq\rho} + e^{-2\pi A_s i} \left( e^{2\pi A_k i} - 1 \right) Z_{1st\tau} + \right. \\
 (95) \quad & \left. + e^{-2\pi A_s i} Z_{1ks\sigma} \right].
 \end{aligned}$$

Соотношеніе (95) сохраняетъ силу во всей области, общей областямъ:  $\Sigma_{1kps}$ ,  $\Sigma_{1kq\rho}$ ,  $\Sigma_{1st\tau}$  и  $\Sigma_{1ks\sigma}$ . Равнымъ образомъ во всей области, общей областямъ  $\Sigma_{2kps}$ ,  $\Sigma_{2kq\rho}$ ,  $\Sigma_{2st\tau}$  и  $\Sigma_{2ks\sigma}$ , имѣеть мѣсто равенство:

$$\begin{aligned}
 & Z_{2kps} = \\
 = & e^{-2\pi A_t i} \left[ \left( e^{2\pi A_k i} - 1 \right) Z_{2kq\rho} + e^{-2\pi A_s i} \left( e^{2\pi A_k i} - 1 \right) Z_{2st\tau} + \right. \\
 (96) \quad & \left. + e^{-2\pi A_s i} Z_{2ks\sigma} \right].
 \end{aligned}$$

Формулы (87) и (95), (88) и (96) могутъ служить также для продолженія функций обоихъ родовъ. Если, напр., въ случаѣ соотношенія (87) области  $\Sigma_{1kps}$  и  $\Sigma_{1st\tau}$  содержатъ такую общую область  $\Sigma'$ , которая выходитъ изъ области  $\Sigma_{1kps}$ , то функция  $Z_{1kps}$  въ области  $\Sigma'$  имѣеть своимъ продолженіемъ функцию  $e^{-2\pi A_s i} Z_{1kps} + e^{-2\pi A_s i} (e^{2\pi A_k i} - 1) Z_{1st\tau}$ . Точно также, если въ случаѣ соотношенія (88) областямъ  $\Sigma_{2kps}$  и  $\Sigma_{2st\tau}$  принадлежитъ такая общая область  $\Sigma''$ , которая не содержится въ области  $\Sigma_{2kps}$ , то функция  $Z_{2kps}$  въ области  $\Sigma''$  имѣеть своимъ продолженіемъ функцию  $e^{-2\pi A_s i} Z_{2kps} + e^{-2\pi A_s i} (e^{2\pi A_k i} - 1) Z_{2st\tau}$ .

§ 4.

Объ асимптотическомъ представленіи интеграла  $\zeta_{1kps}$  (61) для весьма большихъ значеній  $|x|$ .

Займемся теперь разысканіемъ асимптотическаго представленія интеграла  $\zeta_{1kps}$  (61) для весьма большихъ значеній  $|x|$ . Принимая во вниманіе составъ (54) функціи  $\omega(\nu; xt^2)$ , представимъ  $\zeta_{1kps}$  слѣдующимъ образомъ:

$$\begin{aligned} \zeta_{1kps} &= \\ &= 2A (V\bar{x})^{-\nu-\frac{1}{2}} \int_{+\infty\sigma_{kps}}^{(a_k)} e^{-2tV\bar{x}} t^{-\nu-\frac{3}{2}} (t^2-a_1^2)^{A_1-1} \dots (t^2-a_n^2)^{A_n-1} dt \\ &\int_{-\infty}^{(0)} e^{\tau} \tau^{\nu-\frac{1}{2}} \left(1 - \frac{\tau}{4tV\bar{x}}\right)^{\nu-\frac{1}{2}} d\tau, \end{aligned} \quad (97)$$

гдѣ

$$\sigma_{kps} = e^{\omega_{kps} i}. \quad (97')$$

Преобразуемъ интегральное выраженіе (97) при помощи подстановки:

$$t = a_k + \eta. \quad (98)$$

Будемъ имѣть:

$$\begin{aligned} \zeta_{1kps} &= \\ &= 2A (V\bar{x})^{-\nu-\frac{1}{2}} e^{-2a_k V\bar{x}} \int_{+\infty\sigma_{kps}}^{(0)} e^{-2\eta V\bar{x}} \eta^{A_k-1} d\eta \int_{-\infty}^{(0)} e^{\tau} \tau^{\nu-\frac{1}{2}} \Phi\left(\eta, \frac{\tau}{V\bar{x}}\right) d\tau, \end{aligned} \quad (99)$$

гдѣ:

$$\begin{aligned} \Phi\left(\eta, \frac{\tau}{V\bar{x}}\right) &= \\ &= (\eta+a_k)^{-\nu-\frac{1}{2}} (\eta+2a_k)^{A_k-1} \left[(\eta+a_k)^2-a_1^2\right]^{A_1-1} \dots \left[(\eta+a_k)^2-a_{k-1}^2\right]^{A_{k-1}-1} \\ &\left[(\eta+a_k)^2-a_{k+1}^2\right]^{A_{k+1}-1} \dots \left[(\eta+a_k)^2-a_n^2\right]^{A_n-1} \left(1 - \frac{\tau}{4(\eta+a_k)V\bar{x}}\right)^{\nu-\frac{1}{2}}. \end{aligned} \quad (100)$$

Функцию  $\Phi\left(\eta, \frac{\tau}{\sqrt{x}}\right)$  разлагаемъ въ рядъ Тэйлора-Коши по степенямъ переменныхъ  $\eta$  и  $\frac{\tau}{\sqrt{x}}$ . Имѣемъ:

$$(101) \quad \Phi\left(\eta, \frac{\tau}{\sqrt{x}}\right) = \sum_{p=0}^m \sum_{q=0}^p \frac{A_{p-q, q}^{(k)} \eta^{p-q} \tau^q}{(\sqrt{x})^q} + R_m^{(k)},$$

гдѣ

$$(102) \quad A_{p-q, q}^{(k)} = \frac{1}{(p-q)! q!} \frac{\partial^p \Phi(u, v)}{\partial u^{p-q} \partial v^q},$$

$u=0 \quad v=0$

а  $R_m^{(k)}$  остаточный членъ разложенія.

Сумма (101), продолженная въ безконечность, равномерно и абсолютно сходится для всѣхъ значений  $\eta$  и  $\frac{\tau}{\sqrt{x}}$ , удовлетворяющихъ условіямъ:

$$(103) \quad |t| \leq r_1; \quad \left| \frac{\tau}{\sqrt{x}} \right| \leq \rho_1,$$

гдѣ  $r_1$  и  $\rho_1$  суть нѣкоторые положительные числа, отличныя отъ нуля<sup>1)</sup>. Внеся въ интеграль (99) на мѣсто функции  $\Phi\left(\eta, \frac{\tau}{\sqrt{x}}\right)$  ея представленіе (101), получимъ:

$$(104) \quad \zeta_{1kps} = 2A(\sqrt{x})^{-\nu-\frac{1}{2}} e^{-\alpha_k \sqrt{x}} \left[ \sum_{p=0}^m \sum_{q=0}^p \frac{A_{p-q, q}^{(k)} \bar{\Gamma}(\nu+q+\frac{1}{2})}{(\sqrt{x})^q} P_{km} + J_{km} \right],$$

<sup>1)</sup> См., напр., É. Picard: *Traité d'Analyse*, t. II, Paris, 1893, p. 237—240.

гдѣ

$$P_{km} = \int_{+\infty\sigma_{kps}}^{(o)} e^{-2\eta\sqrt{x}} \eta^{A_k+p-q-1} d\eta; \quad (105)$$

$$J_{km} = \int_{+\infty\sigma_{kps}}^{(o)} e^{-2\eta\sqrt{x}} \eta^{A_k-1} d\eta \int_{-\infty}^{(o)} e^{-\tau} \tau^{p-\frac{1}{2}} K_m^{(k)} d\tau.$$

Вычислимъ сперва интегралъ  $P_{km}$ . Полагаемъ въ немъ:

$$2\eta\sqrt{x} = \eta_1. \quad (106)$$

Будемъ имѣть:

$$P_{km} = \frac{1}{(2\sqrt{x})^{A_k+p-q}} \int_{+\infty\sigma'_{kps}}^{(o)} e^{-\eta_1} \eta_1^{A_k+p-q-1} d\eta_1, \quad (107)$$

гдѣ

$$\sigma'_{kps} = \omega_{kps} + \frac{\varphi}{2}. \quad (108)$$

Но

$$\varphi = -2\omega_{kps} + \beta_{kps}; \quad (109)$$

при чемъ

$$|\beta_{kps}| < \pi. \quad (110)$$

А потому можемъ написать:

$$P_{km} = \frac{1}{(2\sqrt{x})^{A_k+p-q}} \int_{+\infty\sigma''_{kps}}^{(o)} e^{-\eta_1} \eta_1^{A_k+p-q} d\eta_1, \quad (111)$$

гдѣ

$$\sigma''_{kps} = e^{\frac{\beta_{kps}i}{2}} \quad (111')$$

Далѣе, полагаемъ въ интегралѣ (111):

$$\eta_1 = -\eta'_1. \quad (112)$$

Найдемъ:

$$P_{km} = \frac{(-1)^{p+q} e^{\pi A_k i}}{(2\sqrt{x})^{A_k+p-q}} \int_{-\infty\sigma''_{kps}}^{(o)} e^{\eta'_1} \eta'^{A_k+p-q-1} d\eta'_1. \quad (113)$$

Принимая во внимание тождество (105) главы I, представимъ  $P_{km}$  въ видѣ:

$$\begin{aligned}
 P_{km} &= \frac{(-1)^{p+q} e^{\pi A k i}}{(2\sqrt{x})^{A k+p-q}} \int_{-\infty}^{(o)} e^{\gamma t} \eta^{A k+p-q-1} d\eta = \\
 (114) \quad &= \frac{(-1)^{p+q} e^{\pi A k i} \bar{\Gamma}(A k+p-q)}{(\sqrt{x})^{A k+p-q}}.
 \end{aligned}$$

Перейдемъ теперь къ вычисленію интеграла  $J_{km}$  (105). Обозначимъ черезъ  $p'$  и  $q'$  два взаимно простыхъ цѣлыхъ положительныхъ числа, отношеніе  $\frac{p'}{q'}$  которыхъ меньше  $\frac{1}{2}$ . Впредь мы будемъ разсматривать только такія значенія  $|x|$ , которыя удовлетворяютъ условію (59), а также неравенствамъ:

$$(115) \quad |x|^{\frac{p'}{q'} - \frac{1}{2}} < \rho'; \quad \gamma |x|^{\frac{p'}{q'} - \frac{1}{2}} < 1,$$

гдѣ  $\rho'$  есть наименьшее изъ чиселъ  $\rho_1$  и  $\rho_2$ , а

$$(115') \quad \gamma = \frac{1}{2r_1} + \frac{1}{\rho_1}.$$

Пусть будетъ далѣе:

$$(116) \quad S = |x|^{\frac{p'}{q'}}; \quad r = |r| e^{\omega k p i},$$

гдѣ

$$(117) \quad 0 < |r| < r_1.$$

Тогда интегралъ  $J_{km}$  можемъ представить слѣдующимъ образомъ:

$$\begin{aligned}
 J_{km} &= \\
 (118) \quad &= \left(1 - e^{\pi A k i}\right) K_{km} + \left(1 + e^{2\pi v i}\right) K'_{km} + J'_{km};
 \end{aligned}$$

при чемъ

$$\begin{aligned}
 K_{km} &= - \int_r^{+\infty} e^{2kps} e^{-2\eta\sqrt{x}} \eta^{A_k-1} d\eta \int_{-\infty}^{(0)} e^{\tau} \tau^{y-\frac{1}{2}} R_m^{(k)} d\tau; \\
 K'_{km} &= - \int_r^{(0)} e^{-2\eta\sqrt{x}} \eta^{A_k-1} d\eta \int_{-S}^{-\infty} e^{\tau} \tau^{y-\frac{1}{2}} R_m^{(k)} d\tau; \\
 J'_{km} &= \int_r^{(0)} e^{-2\eta\sqrt{x}} \eta^{A_k-1} d\eta \int_{-S}^{(0)} e^{\tau} \tau^{y-\frac{1}{2}} R_m^{(k)} d\tau.
 \end{aligned} \tag{119}$$

Остановимся предварительно на вычисленіи интеграла  $K_{km}$ . Полагаемъ въ немъ:

$$\eta = r + \eta_1 e^{\omega_{kps} i}; \quad \tau = -\tau'. \tag{120}$$

Найдемъ:

$$\begin{aligned}
 K_{km} &= \\
 &= - e^{\pi(\nu+\frac{1}{2})i + A_k \omega_{kps} i - 2r\sqrt{x}} \int_0^{+\infty} e^{-2e^{\omega_{kps} i} \eta_1 \sqrt{x}} \left( |r| + \eta_1 \right)^{A_k-1} d\eta_1 \\
 &\quad \int_{+\infty}^{(0)} e^{-\tau'} \tau'^{y-\frac{1}{2}} \bar{R}_m^{(k)} d\tau',
 \end{aligned} \tag{121}$$

гдѣ

$$\begin{aligned}
 \bar{R}_m^{(k)} &= \\
 &= \phi \left( r + \eta_1 e^{\omega_{kps} i} \cdot \frac{-\tau'}{\sqrt{x}} \right) - \sum_{p=0}^m \sum_{q=0}^p \frac{(-1)^q A_{p-q,q}^{(k)}}{(\sqrt{x})^q} \left( r + e^{\omega_{kps} i} \eta_1 \right)^{p-q} \tau'^q. \tag{122}
 \end{aligned}$$

Считая  $\delta$  весьма малымъ положительнымъ числомъ, отличнымъ отъ нуля, напишемъ  $K_{km}$  такъ:

$$\begin{aligned}
 K_{km} &= \\
 &= e^{\pi(\nu+\frac{1}{2})i + A_k \omega_{kps} i - 2r\sqrt{x}} \left[ \Lambda_{km} + \left( 1 + e^{2\pi\nu i} \right) M_{km} \right], \tag{123}
 \end{aligned}$$

гдѣ

$$\Lambda_{km} = - \int_0^{+\infty} e^{-2e} \omega_{kps} i \gamma_1 V \bar{x} \left( |r| + \gamma_{11} \right)^{A_k - 1} d\gamma_{11} \int_{\delta(o)} e^{-\tau'} \tau'^{\nu - \frac{1}{2}} \bar{R}_m^{(k)} d\tau'; \quad (124)$$

$$M_{km} = \int_0^{+\infty} e^{-2e} \omega_{kps} i \gamma_1 V \bar{x} \left( |r| + \gamma_{11} \right)^{A_k - 1} \int_{\delta} e^{-\tau'} \tau'^{\nu - \frac{1}{2}} \bar{R}_m^{(k)} d\tau';$$

при чемъ  $\delta(o)$  означаетъ окружность, описанную изъ точки  $\tau' = 0$  радиусомъ, равнымъ  $\delta$ . Пусть на этой окружности положеніе точекъ опредѣляется такъ:

$$\tau' = \delta e^{\vartheta i} \quad (125)$$

Тогда интеграль  $\Lambda_{km}$  изобразимъ слѣдующимъ образомъ:

$$\begin{aligned} \Lambda_{km} &= \\ &= -i \delta^{\nu + \frac{1}{2}} \int_0^{+\infty} e^{-2e} \omega_{kps} i \gamma_1 V \bar{x} \left( |r| + \gamma_{11} \right)^{A_k - 1} d\gamma_{11} \\ &\int_0^{2\pi} e^{-\delta e^{-\vartheta i} + (\nu + \frac{1}{2}) \vartheta i} \bar{R}_m^{(k)} d\vartheta. \end{aligned} \quad (126)$$

Отсюда находимъ:

$$\left| \Lambda_{km} \right| < \delta^{\nu + \frac{1}{2}} \int_0^{+\infty} e^{-2\gamma_1 V \bar{\rho} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \left( |r| + \gamma_{11} \right)^{A_k - 1} d\gamma_{11} \int_0^{2\pi} e^{-\delta \cos \vartheta - \nu \vartheta} \left| \bar{R}_m^{(k)} \right| d\vartheta, \quad (127)$$

гдѣ

$$A_k = A'_k + i A''_k. \quad (128)$$

Обозначимъ черезъ  $\Lambda_{km}^{(ps)}$  наибольшее значеніе функціи  $e^{-\gamma_1 V \bar{\rho} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \left( |r| + \gamma_{11} \right)^{A'_k - 1} e^{-\delta \cos \vartheta - \nu \vartheta} \left| \bar{R}_m^{(k)} \right|$  въ области интеграціи въ интегралѣ правой части неравенства (127), а также для вѣсхъ разсматриваемыхъ значеній  $\rho$  и  $\varphi$ . Число  $\Lambda_{km}^{(ps)}$ , очевидно, конечно. Тогда, на основаніи неравенства (127), можемъ написать:

$$|\Lambda_{km}| < \frac{2\pi\delta^{\nu'+\frac{1}{2}} \Lambda_{km}^{(ps)}}{V\bar{\rho} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}. \quad (129)$$

Обратимся теперь къ интегралу  $M_{km}$  (124). Имѣемъ прежде всего:

$$|M_{km}| < \int_0^{+\infty} e^{-2V\bar{\rho} \tau_1 \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} (|r| + \tau_1)^{A'_{k-1}} d\tau_1 \quad (130)$$

$$\int_{\delta}^{+\infty} e^{-\tau'} \tau'^{\nu'-\frac{1}{2}} |\bar{R}_m^{(k)}| d\tau'.$$

Пусть будетъ  $M_{km}^{(ps)}$  наибольшее значеніе функціи  $e^{-V\bar{\rho} \tau_1 \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} (|r| + \tau_1)^{A'_{k-1}} e^{\frac{\tau'}{2}} \tau'^{\nu'-\frac{1}{2}} |\bar{R}_m^{(k)}|$  въ области интеграціи въ интегралѣ правой части неравенства (130), а также для всѣхъ разсматриваемыхъ значеній  $\rho$  и  $\varphi$ . Очевидно, что число  $M_{km}^{(ps)}$  конечно. Тогда будемъ имѣть:

$$|M_{km}| < M_{km}^{(ps)} \int_0^{+\infty} e^{-V\bar{\rho} \tau_1 \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} d\tau_1 \int_{\delta}^{+\infty} e^{\frac{\tau'}{2}} d\tau' = \quad (131)$$

$$= \frac{2 M_{km}^{(ps)} e^{-\frac{\delta}{2}}}{V\bar{\rho} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}.$$

Далѣе изъ соотношенія (123) находимъ:

$$|K_{km}| < e^{-\pi\nu'' - A_k'' \omega_{kps} - 2|r|V\bar{\rho} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \left[ |\Lambda_{km}| + \left(1 + e^{-2\pi\nu''}\right) |M_{km}| \right]. \quad (132)$$

Принимая во вниманіе результаты (129) и (131), на основаніи неравенства (132) заключаемъ:



$$(133) \quad |K_{km}| < \frac{2e^{-\pi\nu'' - A_k'' \omega_{kps} - 2|r|\sqrt{\rho} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}}{V \bar{\rho} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \left[ \pi \delta^{\nu'} + \frac{1}{2} \Lambda_{km}^{(ps)} + \left(1 + e^{-2\pi\nu''}\right) e^{-\frac{\delta}{2}} M_{km}^{(ps)} \right].$$

Множитель при  $\frac{e^{-2|r|\sqrt{\rho} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}}{V \bar{\rho} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}$  в правой части неравенства (133) назовем  $K_{km}^{(ps)}$ . Тогда это неравенство перенишем в следующем образе:

$$(134) \quad |K_{km}| < \frac{K_{km}^{(ps)} e^{-2|r|\sqrt{\rho} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}}{V \bar{\rho} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}.$$

Отсюда находим:

$$(135) \quad K_{km} = \frac{\lambda_{km}^{(ps)} K_{km}^{(ps)} e^{-2|r|\sqrt{\rho} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}}{V \bar{\rho} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}},$$

где

$$(135') \quad 0 < |\lambda_{km}^{(ps)}| < 1.$$

Вычислим далее интеграл  $K'_{km}$  (119). Полагаем в нем:

$$(136) \quad 2\eta V \bar{x} = \eta_1 e^{\frac{\beta_{kps} i}{2}}; \quad \tau = -S - \tau'.$$

Получим:

$$(137) \quad K'_{km} = - \frac{e^{\pi(\nu + \frac{1}{2})i + \frac{A_k \beta_{kps}}{2}} (-S)^{\nu - \frac{1}{2}} \int_{\Delta_1}^{(0)} e^{-\eta_1} e^{\frac{\beta_{kps} i}{2}} \eta_1^{A_k - 1} d\eta_1}{(2V \bar{x})^{A_k}}$$

$$\int_0^{+\infty} e^{-\tau'} \left(1 + \frac{\tau'}{S}\right)^{\nu - \frac{1}{2}} R_{km}^{(k)} d\tau',$$

гдѣ

$$R_{1m}^{(k)} = \varphi \left( \frac{\eta_1 e^{\frac{\beta_{kps} i}{2}}}{2\sqrt{x}}, -\frac{S+\tau'}{\sqrt{x}} \right) -$$

$$- \sum_{p=0}^m \frac{1}{(2\sqrt{x})^p} \sum_{q=0}^p (-2)^q e^{\frac{(p-q)\beta_{kps} i}{2}} A_{p-q,q}^{(k)} \eta_1^{p-q} (S+\tau')^q, \quad (138)$$

а

$$\Delta_1 = 2r \sqrt{x} e^{-\frac{\beta_{kps} i}{2}}. \quad (139)$$

Пусть будетъ  $\delta_1$  постоянное положительное число, не превосходящее наименьшаго изъ разсматриваемыхъ значений переменнаго числа  $\Delta_1$ . Тогда интеграль (137) можемъ изобразить такъ:

$$K'_{km} =$$

$$= - \frac{e^{\pi(\nu+\frac{1}{2})i} + \frac{A_k \beta_{kps} i}{2} - S}{(2\sqrt{x})^{A_k}} S^{\nu-\frac{1}{2}} \left[ N_{km} + \left( e^{2\pi A_k i} - 1 \right) R_{km} \right], \quad (140)$$

гдѣ

$$N_{km} = \int_{\delta_1(0)} e^{-\gamma_1} e^{\frac{\beta_{kps} i}{2}} \eta_1^{A_k-1} d\eta_1 \int_0^{+\infty} e^{-\tau'} \left( 1 + \frac{\tau'}{S} \right)^{\nu-\frac{1}{2}} R_{1m}^{(k)} d\tau';$$

(141)

$$R_{km} = \int_{\delta_1}^{\Delta_1} e^{-\gamma_1} e^{\frac{\beta_{kps} i}{2}} \eta_1^{A_k-1} d\eta_1 \int_0^{+\infty} e^{-\tau'} \left( 1 + \frac{\tau'}{S} \right)^{\nu-\frac{1}{2}} R_{1m}^{(k)} d\tau';$$

при чемъ  $\delta_1(0)$  означаетъ окружность, описанную изъ точки  $\eta_1=0$  радиусомъ, равнымъ  $\delta_1$ . Пусть на этой окружности точки опредѣляются такъ:

$$\eta_1 = \delta_1 e^{\theta i}. \quad (142)$$

Тогда изъ перваго изъ соотношеній (141) найдемъ:

$$(143) |N_{km}| < \delta_1^{A'_k} \int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 \cos(\theta + \frac{\beta_{kps}}{2}) - A'_k \theta} d\theta \int_0^{+\infty} e^{-\tau'} \left(1 + \frac{\tau'}{S}\right)^{\nu' - \frac{1}{2}} |\overline{R}_{im}^{(k)}| d\tau',$$

гдѣ  $\overline{R}_{i,m}^{(k)}$  есть функція  $R_{i,m}^{(k)}$  послѣ замѣны въ ней  $\eta_{i1}$  черезъ  $\delta_1 e^{\theta i}$ .

Назовемъ  $N_{km}^{(ps)}$  наибольшее значеніе функціи  $e^{-\delta_1 \cos(\theta + \frac{\beta_{kps}}{2}) - A'_k \theta}$

$\left(1 + \frac{\tau'}{S}\right)^{\nu' - \frac{1}{2}} e^{-\frac{\tau'}{2}} |\overline{R}_{im}^{(k)}|$  въ области интеграціи въ интегралѣ правой

части неравенства (143), а также для разсматриваемыхъ значеній  $\rho$  и  $\varphi$ .

Число  $N_{km}^{(ps)}$ , очевидно, конечно. Будемъ имѣть:

$$(144) |N_{km}| < \delta_1^{A'_k} N_{km}^{(ps)} \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^{+\infty} e^{-\frac{\tau'}{2}} d\tau' = 4\pi \delta_1^{A'_k} N_{km}^{(ps)}.$$

Далѣе, на основаніи второго изъ равенствъ (141) имѣемъ:

$$(145) |R_{km}| < \int_{\delta_1}^{\Delta_1} e^{-\gamma_{i1} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \eta_{i1}^{A'_k - 1} d\eta_{i1} \int_0^{+\infty} e^{-\tau'} \left(1 + \frac{\tau'}{S}\right)^{\nu' - \frac{1}{2}} |\overline{R}_{im}^{(k)}| d\tau'.$$

Пусть  $R_{km}^{(ps)}$  будетъ наибольшее значеніе функціи  $e^{-\frac{\gamma_{i1}}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \eta_{i1}^{A'_k - 1} e^{-\frac{\tau'}{2}}$

$\left(1 + \frac{\tau'}{S}\right)^{\nu' - \frac{1}{2}} |\overline{R}_{im}^{(k)}|$  въ области интеграціи въ интегралѣ правой части

неравенства (145).  $R_{km}^{(ps)}$  представляетъ функцію  $\rho$  и  $\varphi$ , конечную для

всѣхъ разсматриваемыхъ значеній этихъ переменныхъ. Въ силу неравенства (145), можемъ тогда написать:

$$(146) |R_{km}| < R_{km}^{(ps)} \int_{\delta_1}^{\Delta_1} e^{-\frac{\gamma_{i1}}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} d\eta_{i1} \int_0^{+\infty} e^{-\frac{\tau'}{2}} d\tau' =$$

$$= \frac{4 R_{km}^{(ps)}}{\cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \left[ e^{-\frac{\delta_1}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} - e^{-\frac{\Delta_1}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \right].$$

Изъ соотношенія (140) находимъ:

$$|K'_{km}| < \frac{e^{-\pi\nu'' + A'_k \frac{\varphi - \beta_{kps}}{2} - S}}{2^{A'_k} (V\rho)^{A'_k}} S^{\nu' - \frac{1}{2}} \left[ |N_{km}| + \left(1 + e^{-2\pi A'_k}\right) |R_{km}| \right]. \quad (147)$$

Принимая во внимание результаты (144) и (146), на основании неравенства (147) заключаемъ:

$$|K'_{km}| < 4 \frac{e^{-\pi\nu'' + A'_k \frac{\varphi - \beta_{kps}}{2} - S}}{2^{A'_k} (V\rho)^{A'_k}} S^{\nu' - \frac{1}{2}} \left[ \pi \partial_1^{A'_k} N_{km}^{(ps)} + \right. \\ \left. + \left(1 + e^{-2\pi A'_k}\right) \frac{R_{km}^{(ps)}}{ccs^{\frac{\beta_{kps}}{2}}} \left( e^{-\frac{\gamma_1}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} - e^{-\frac{\Delta_1}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \right) \right]. \quad (148)$$

Предположимъ, что  $K'_{km}^{(ps)}$  представляетъ наибольшее значеніе множителя при  $\frac{e^{-S} S^{\nu' - \frac{1}{2}}}{(V\rho)^{A'_k}}$ , стоящаго въ правой части неравенства (148), для всѣхъ разсматриваемыхъ значеній  $\rho$  и  $\varphi$ . Будемъ имѣть:

$$|K'_{km}| < \frac{K'_{km}^{(ps)} e^{-S} S^{\nu' - \frac{1}{2}}}{(V\rho)^{A'_k}}. \quad (149)$$

Отсюда заключаемъ:

$$K'_{km} = \frac{u_{km}^{(ps)} K'_{km}^{(ps)} e^{-S} S^{\nu' - \frac{1}{2}}}{(V\rho)^{A'_k}}, \quad (150)$$

гдѣ

$$0 < |u_{km}^{(ps)}| < 1. \quad (150')$$

Остается теперь вычислить интегралъ  $J'_{km}$  (119). При помощи подстановокъ:

$$2\eta\sqrt{x} = \tau_1 e^{\frac{\beta_{kps} \tau}{2}}; \tau = -\tau' \quad (151)$$

приведемъ этотъ интегралъ къ виду:

$$(152) \quad J'_{km} = \frac{e^{\pi(\nu+\frac{1}{2})i+A_k \frac{\beta_{kps}i}{2}}}{(2\sqrt{x})^{A_k}} \int_{\Delta_1} e^{-\gamma_1 e^{\frac{\beta_{kps}i}{2}}} \eta_1^{A_{k-1}} d\eta_1 \int_S^{(o)} e^{-\tau'} \tau'^{\nu-\frac{1}{2}} R_{2m}^{(k)} d\tau',$$

гдѣ

$$(153) \quad R_{2m}^{(k)} = \sum_{p=m+1}^{\infty} \frac{1}{(2\sqrt{x})^p} \sum_{q=0}^p (-2)^{p,q} A_{p-q}^{(k)} e^{\frac{(p-q)\beta_{kps}i}{2}} \eta_1^{p-q} \tau'^q.$$

Пусть для разсматриваемыхъ значений  $|x|$  имѣеть мѣсто неравенство:  $\Delta_1 > S$ . Тогда интегралъ  $J'_{km}$  можемъ представить въ формѣ:

$$(154) \quad J'_{km} = \frac{e^{\pi(\nu+\frac{1}{2})i+A_k \frac{\beta_{kps}i}{2}}}{2^{A_k}(\sqrt{x})^{A_k}} \left[ G'_{km} + \left(1 - e^{2\pi A_k i}\right) G_{km} \right],$$

гдѣ

$$(155) \quad G_{km} = - \int_S^{\Delta_1} e^{-\gamma_1 e^{\frac{\beta_{kps}i}{2}}} \eta_1^{A_{k-1}} d\eta_1 \int_S^{(o)} e^{-\tau'} \tau'^{\nu-\frac{1}{2}} R_{2m}^{(k)} d\tau';$$

$$G'_{km} = \int_S^{(o)} e^{-\gamma_1 e^{\frac{\beta_{kps}i}{2}}} \eta_1^{A_{k-1}} d\eta_1 \int_S e^{-\tau'} \tau'^{\nu-\frac{1}{2}} R_{2m}^{(k)} d\tau'.$$

Вычислимъ сперва интегралъ  $G'_{km}$ . Пусть  $\delta'$  будетъ постоянное положительное число, не превосходящее наименьшаго изъ значений перемѣннаго числа  $S$ . Тогда можно будетъ написать:

$$(156) \quad G'_{km} = - \int_S^{\Delta_1} e^{-\gamma_1 e^{\frac{\beta_{kps}i}{2}}} \eta_1^{A_{k-1}} d\eta_1 \int_{\delta'(o)} e^{-\tau'} \tau'^{\nu-\frac{1}{2}} R_{2m}^{(k)} d\tau' + \left(1 + e^{2\pi\nu i}\right) \int_S^{\Delta_1} e^{-\gamma_1 e^{\frac{\beta_{kps}i}{2}}} \eta_1^{A_{k-1}} d\eta_1 \int_{\delta'}^S e^{-\tau'} \tau'^{\nu-\frac{1}{2}} R_{2m}^{(k)} d\tau',$$

гдѣ черезъ  $\delta'(o)$  обозначена окружность радиуса  $\delta'$ , описанная изъ точки  $\tau'=o$ , какъ изъ центра. Полагая въ первомъ изъ интеграловъ (156):

$$(157) \quad \eta_1 = \eta' + S; \quad \tau' = \delta' e^{\frac{\beta_{kps}i}{2}},$$

а во второмъ:

$$\eta_1 = \eta' + S, \quad (157')$$

получимъ:

$$\begin{aligned} G_{km} = & \\ = -i \delta'^{\nu+\frac{1}{2}} S^{\nu-\frac{1}{2}} e^{-S e^{\frac{\beta_{kps} i}{2}}} \int_0^{\Delta_2} e^{-\eta' e^{\frac{\beta_{kps} i}{2}}} \left(1 + \frac{\eta'}{S}\right)^{A_k-1} d\eta' & \\ & \int_0^{2\pi} e^{-\delta' e^{\frac{\beta_{kps} i}{2}} + (\nu+\frac{1}{2})\theta' i} \overline{R}_{2m}^{(k)} d\theta' + \\ & + \left(1 + e^{2\pi\nu i}\right) S^{\nu-\frac{1}{2}} e^{-S e^{\frac{\beta_{kps} i}{2}}} \int_0^{\Delta_2} e^{-\eta' e^{\frac{\beta_{kps} i}{2}}} \left(1 + \frac{\eta'}{S}\right)^{A_k-1} d\eta' \\ & \int_0^S e^{-\tau' e^{\nu-\frac{1}{2}} i} \overline{R}_{2m}^{(k)} d\tau', \end{aligned} \quad (158)$$

гдѣ

$$\Delta_2 = \Delta_1 - S, \quad (158')$$

$\overline{R}_{2m}^{(k)}$  есть  $R_{2m}^{(k)}$  послѣ замѣны  $\eta_1$  черезъ  $\eta' + S$  и  $\tau'$  черезъ  $\delta' e^{\theta' i}$ , а  $\overline{R}_{2m}^{(k)}$  есть  $R_{2m}^{(k)}$  послѣ замѣны  $\eta_1$  предъ  $\eta' + S$ .

Изъ неравенства (158) находимъ:

$$\begin{aligned} & |G_{km}| \\ < S^{\nu-\frac{1}{2}} e^{-S \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \left[ \delta'^{\nu+\frac{1}{2}} \int_0^{\Delta_2} e^{-\eta' \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \left(1 + \frac{\eta'}{S}\right)^{A_k-1} d\eta' \right. \\ & \left. \int_0^{2\pi} e^{-\delta' \cos \theta' - \nu' \theta' i} \left| \overline{R}_{2m}^{(k)} \right| d\theta' + \right. \\ & \left. + \left(1 + e^{-2\pi\nu i}\right) \int_0^{\Delta_2} e^{-\eta' \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \left(1 + \frac{\eta'}{S}\right)^{A_k-1} d\eta' \int_0^S e^{-\tau' e^{\nu-\frac{1}{2}} i} \left| \overline{R}_{2m}^{(k)} \right| d\tau' \right], \end{aligned} \quad (159)$$

Назовемъ  $S_{km}$  наибольшее значеніе функціи  $e^{-\frac{\eta'}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \left(1 + \frac{\eta'}{S}\right)^{A_k-1} e^{-\delta' \cos \theta' - \nu' \theta' i} \left| \overline{R}_{2m}^{(k)} \right|$  въ области интеграціи въ первомъ изъ интеграловъ правой части неравенства (159); а черезъ  $\overline{S}_{km}$  обозначимъ наибольшее значеніе функціи  $e^{-\frac{\eta'}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \left(1 + \frac{\eta'}{S}\right)^{A_k-1} e^{-\frac{\tau'}{2} \tau'^{\nu-\frac{1}{2}} i} \left| \overline{R}_{2m}^{(k)} \right|$  въ области интеграціи во второмъ интегралѣ правой части того же самаго неравенства.  $S_{km}$  и  $\overline{S}_{km}$  суть функціи  $\rho$  и  $\varphi$ , конечныя для разсматриваемыхъ значеній этихъ переменныхъ. Будемъ тогда имѣть:

$$(160) \quad \left\langle \frac{4 \left( 1 - e^{-\frac{\Delta_2 \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}}{2} \right) S^{\nu' - \frac{1}{2}} e^{-S \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}}{\cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \right\rangle |G_{km}| \left[ \pi \delta_1^{\nu' + \frac{1}{2}} S_{km} + \left( 1 + e^{-2\pi \nu'} \right) \right.$$

$$\left. \left( e^{-\frac{\delta_1' \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}{2}} - e^{-\frac{S}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \right) \overline{S_{km}} \right].$$

Пусть  $\overline{G_{km}}$  будетъ наибольшее значеніе множителя при  $\frac{S^{\nu' - \frac{1}{2}} e^{-S \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}}{\cos \frac{\beta_{kps}}{2}}$

въ правой части неравенства (160) при разсматриваемыхъ значеніяхъ  $\rho$  и  $\varphi$ . Будемъ имѣть:

$$(161) \quad |G_{km}| < \frac{\overline{G_{km}} S^{\nu' - \frac{1}{2}} e^{-S \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}}{\cos \frac{\beta_{kps}}{2}}.$$

Отсюда находимъ:

$$(162) \quad G_{km} = \nu_{km} \frac{\overline{G_{km}} S^{\nu' - \frac{1}{2}} e^{-S \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}}{\cos \frac{\beta_{kps}}{2}},$$

гдѣ  
(162')

$$0 < |\nu_{km}| < 1.$$

Займемся, наконецъ, вычисленіемъ послѣдняго изъ разсматриваемыхъ интеграловъ, а именно:  $G'_{km}$  (155). Напишемъ его предварительно слѣдующимъ образомъ:

$$(163) \quad \begin{aligned} G'_{km} = & \left( 1 + e^{2\pi \nu i} \right) \left( 1 - e^{2\pi A_k i} \right) \int_{\delta_1}^S e^{-\eta_1 e^{\frac{\beta_{kps} i}{2}}} \eta_1^{A_k - 1} d\eta_1 \int_{\delta_1}^S e^{-\tau' \tau^{\nu - \frac{1}{2}}} R_{2m}^{(k)} d\tau' - \\ & - \left( 1 - e^{2\pi A_k i} \right) \int_{\delta_1}^S e^{-\eta_1 e^{\frac{\beta_{kps} i}{2}}} \eta_1^{A_k - 1} d\eta_1 \int_{\delta_1(0)}^S e^{-\tau' \tau^{\nu - \frac{1}{2}}} R_{2m}^{(k)} d\tau' - \\ & - \left( 1 + e^{2\pi \nu i} \right) \int_{\delta_1(0)}^S e^{-\eta_1 e^{\frac{\beta_{kps} i}{2}}} \eta_1^{A_k - 1} d\eta_1 \int_{\delta_1}^S e^{-\tau' \tau^{\nu - \frac{1}{2}}} R_{2m}^{(k)} d\tau' + \\ & + \int_{\delta_1(0)}^S e^{-\eta_1 e^{\frac{\beta_{kps} i}{2}}} \eta_1^{A_k - 1} d\eta_1 \int_{\delta_1(0)}^S e^{-\tau' \tau^{\nu - \frac{1}{2}}} R_{2m}^{(k)} d\tau', \end{aligned}$$

гдѣ  $\delta_1$  представляетъ положительное постоянное число, не превосходящее наименьшаго изъ значеній переѣннаго числа  $S$ , а  $\delta_1(0)$  означаетъ

окружность, описанную из точки  $o$ , как центра, радиусомъ, равнымъ  $\delta_1$ . Полагая, что для точекъ этой окружности

$$\tau' = \eta_{11} = \delta_1 e^{i\theta_1} \quad (164)$$

соотношение (163) приведемъ къ слѣдующему виду:

$$\begin{aligned} G'_{km} = & \\ = & \left(1 + e^{2\pi\nu i}\right) \left(1 - e^{2\pi A_k i}\right) \int_{\delta_1}^S e^{-\gamma_1 e^{\frac{\beta_{kps} i}{2}}} \eta_{11}^{A_k-1} d\eta_{11} \int_{\delta_1}^S e^{-\tau' \tau'^{\nu-\frac{1}{2}}} R_{2m}^{(k)} d\tau' - \\ & - i \delta_1^{\nu+\frac{1}{2}} \left(1 - e^{2\pi A_k i}\right) \int_{\delta_1}^S e^{-\gamma_1 e^{\frac{\beta_{kps} i}{2}}} \eta_{11}^{A_k-1} d\eta_{11} \\ & \int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 e^{i\theta_1} + (\nu+\frac{1}{2})i\theta_1} R_{2m}^{(k)} d\theta_1 - \end{aligned} \quad (165)$$

$$\begin{aligned} & - i \delta_1^{A_k} \left(1 + e^{2\pi\nu i}\right) \int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 e^{i\theta_1} \left(\delta_1 + \frac{\beta_{kps}}{2}\right)^i + A_k i \theta_1} d\theta_1 \int_{\delta_1}^S e^{-\tau' \tau'^{\nu-\frac{1}{2}}} R_{2m}^{(k)} d\tau' - \\ & - \delta_1^{A_k + \nu + \frac{1}{2}} \int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 e^{i\theta_1} \left(\delta_1 + \frac{\beta_{kps}}{2}\right)^i + A_k i \theta_1} d\theta_1 \int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 e^{i\theta_1} + (\nu+\frac{1}{2})i\theta_1} R_{2m}^{(k)} d\theta_1. \end{aligned}$$

Изъ соотношенія (165) имѣемъ:

$$\begin{aligned} & |G'_{km}| \\ < & \left(1 + e^{-2\pi\nu''}\right) \left(1 + e^{-2\pi A_k''}\right) \int_{\delta_1}^S e^{-\gamma_1 \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \eta_{11}^{A_k-1} d\eta_{11} \\ & \int_{\delta_1}^S e^{-\tau' \tau'^{\nu-\frac{1}{2}}} |R_{2m}^{(k)}| d\tau' + \end{aligned} \quad (166)$$



$$+ \delta_1^{\nu'+\frac{1}{2}} \left( 1 + e^{-2\pi A''_k} \right) \int_{\delta_1}^S e^{-\gamma_1 \cos \frac{\beta_k p s}{2}} \gamma_1^{A'_k-1} d\gamma_1$$

$$\int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 \cos \theta_1 - \nu'' \theta_1} |R_{2m}^{(k)}| d\theta_1 +$$

(166)

$$+ \delta_1^{A'_k} \left( 1 + e^{-2\pi \nu''} \right) \int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 \cos \left( \theta_1 + \frac{\beta_k p s}{2} \right) - A''_k \theta_1} d\theta_1 \int_{\delta_1}^S e^{-\tau' \tau'^{\nu'-\frac{1}{2}}} |R_{2m}^{(k)}| d\tau' +$$

$$+ \delta_1^{A'_k + \nu' + \frac{1}{2}} \int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 \cos \left( \theta_1 + \frac{\beta_k p s}{2} \right) - A''_k \theta_1} d\theta_1 \int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 \cos \theta_1 - \nu'' \theta_1} |R_{2m}^{(k)}| d\theta_1.$$

Но имѣемъ:

$$\left| R_{2m}^{(k)} \right| < \sum_{p=m+1}^{\infty} \frac{1}{(V\rho)^p} \sum_{b=0}^p \left| A_{p-q,q}^{(k)} \right| \left| \frac{\gamma_1}{2} \right|^{p-q} \left| \tau' \right|^q$$

(167)

$$< \mu \sum_{p=m+1}^{\infty} \frac{1}{(V\rho)^p} \sum_{q=0}^p \left| \frac{\gamma_1}{2r_1} \right|^{p-q} \left| \frac{\tau'}{\rho_1} \right|^q,$$

гдѣ  $\mu$  представляет наибольшее значеніе функціи  $|\Phi(u, v)|$  для всѣхъ значеній  $u$  и  $v$ , удовлетворяющихъ условіямъ:

$$(168) \quad |u| = r_1; \quad |v| = \rho_1.$$

Такъ какъ въ областяхъ интеграціи въ интегралахъ правой части неравенства (166) имѣютъ мѣсто:

$$(169) \quad |\gamma_1| \leq S; \quad |\tau| \leq S,$$

то, въ виду второго изъ условій (115), можемъ написать:

$$(170) \quad \frac{1}{(V\rho)} \left( \frac{|\gamma_1|}{2r_1} + \frac{|\tau'|}{\rho_1} \right) < 1.$$

Но тогда справедливо неравенство:

$$\begin{aligned} & \sum_{p=m+1}^{\infty} \frac{1}{(V\bar{\rho})^p} \sum_{q=0}^p \left| \frac{\eta_1}{2r_1} \right|^{p-q} \left| \frac{\tau'}{\rho_1} \right|^q \\ & < \sum_{p=m+1}^{\infty} \left( \frac{|\eta_1|}{2r_1 V\bar{\rho}} + \frac{|\tau'|}{\rho_1 V\bar{\rho}} \right)^p \\ & \leftarrow \frac{\left( \frac{|\eta_1|}{2r_1} + \frac{|\tau'|}{\rho_1} \right)^{m+1}}{(V\bar{\rho})^{m+1} \left[ 1 - \frac{\gamma}{\rho^{\frac{1}{2}} - \frac{p'}{q'}} \right]} \end{aligned} \quad (171)$$

Сопоставляя результаты (167) и (171), заключаемъ:

$$\left| R_{2m}^{(k)} \right| < \frac{\mu \left( \frac{|\eta_1|}{2r_1} + \frac{|\tau'|}{\rho_1} \right)^{m+1}}{(V\bar{\rho})^{m+1} \left[ 1 - \frac{\gamma}{\rho^{\frac{1}{2}} - \frac{p'}{q'}} \right]} \quad (172)$$

Замѣнивъ въ неравенствѣ (166) функцию  $|R_{2m}^{(k)}|$  ея верхней границей (172), получимъ:

$$\begin{aligned} & |G'_{km}| \\ & < \frac{\mu}{(V\bar{\rho})^{m+1} \left[ 1 - \frac{\gamma}{\rho^{\frac{1}{2}} - \frac{p'}{q'}} \right]} \left[ \left( 1 + e^{-2\pi v''} \right) \left( 1 + e^{-2\pi A_k''} \right) \right. \\ & \int_{\delta_1}^S e^{-\eta_1 \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \eta_1^{A_k-1} d\eta_1 \int_{\delta_1}^S e^{-\tau'} \tau'^{v'} - \frac{1}{2} \left( \frac{\eta_1}{2r_1} + \frac{\tau'}{\rho_1} \right)^{m+1} d\tau' + \\ & \left. + \delta_1^{v'} + \frac{1}{2} \left( 1 + e^{-2\pi A_k''} \right) \int_{\delta_1}^S e^{-\eta_1 \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \eta_1^{A_k-1} d\eta_1 \right] \end{aligned} \quad (173)$$

$$\int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 \cos \theta_1 - \nu'' \theta_1} \left( \frac{\gamma_{11}}{2r_1} + \frac{\delta_1}{\rho_1} \right)^{m+1} d\theta_1 +$$

$$+ \delta_1 \left( 1 + e^{-2\pi \nu''} \right) \int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 \cos \left( \theta_1 + \frac{\beta_{kps}}{2} \right) - A'_k \theta_1} d\theta_1$$

(173)

$$\int_{\delta_1}^S e^{-\tau' \nu' - \frac{1}{2} \left( \frac{\delta_1}{2r_1} + \frac{\tau'}{\rho_1} \right)^{m+1}} d\tau' + \gamma_1^{m+1} \delta_1^{A'_k + \nu' + m + \frac{3}{2}}$$

$$\int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 \cos \left( \theta_1 + \frac{\beta_{kps}}{2} \right) - A'_k \theta_1} d\theta_1 \int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 \cos \theta_1 - \nu'' \theta_1} d\theta_1 \Big].$$

По имѣемъ:

$$\int_{\delta_1}^S e^{-\gamma_{11} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \gamma_{11}^{A'_k - 1} d\gamma_{11} \int_{\delta_1}^S e^{-\tau' \nu' - \frac{1}{2} \left( \frac{\gamma_{11}}{2r_1} + \frac{\tau'}{\rho_1} \right)^{m+1}} d\tau'$$

$$< \int_{\delta_1}^{+\infty} e^{-\gamma_{11} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \gamma_{11}^{A'_k - 1} d\gamma_{11} \int_{\delta_1}^{+\infty} e^{-\tau' \nu' - \frac{1}{2} \left( \frac{\gamma_{11}}{2r_1} + \frac{\tau'}{\rho_1} \right)^{m+1}} d\tau';$$

(174)

$$\int_{\delta_1}^S e^{-\gamma_{11} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \gamma_{11}^{A'_k - 1} \left( \frac{\gamma_{11}}{2r_1} + \frac{\delta_1}{\rho_1} \right)^{m+1} d\gamma_{11} < \int_{\delta_1}^{+\infty} e^{-\gamma_{11} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \gamma_{11}^{A'_k - 1}$$

$$\left( \frac{\gamma_{11}}{r_1} + \frac{\delta_1}{\rho_1} \right)^{m+1} d\gamma_{11};$$

$$\int_{\delta_1}^S e^{-\tau' \nu' - \frac{1}{2} \left( \frac{\delta_1}{2r_1} + \frac{\tau'}{\rho_1} \right)^{m+1}} d\tau' < \int_{\delta_1}^{+\infty} e^{-\tau' \nu' - \frac{1}{2} \left( \frac{\delta_1}{2r_1} + \frac{\tau'}{\rho_1} \right)^{m+1}} d\tau'.$$

Въ виду неравенствъ (174), на основаніи неравенства (173) можемъ написать:

$|G'_{km}|$

$$< \frac{\mu}{(V\rho)^{m+1}} \left[ 1 - \frac{\gamma}{\rho^{\frac{1}{2}} \frac{p'}{q'}} \right] \left[ \left( 1 + e^{-2\pi v''} \right) \left( 1 + e^{-2\pi A'_k} \right) \right].$$

$$\int_{\delta_1}^{+\infty} e^{-\gamma_1 \cos \frac{\beta k p s}{2}} \gamma_1^{A'_k - 1} d\gamma_1 \int_{\delta_1}^{+\infty} e^{-\tau'} \tau'^{v' - \frac{1}{2}} \left( \frac{\gamma_1}{2r_1} + \frac{\tau'}{\rho_1} \right)^{m+1} d\tau' +$$

$$+ \delta_1^{v' + \frac{1}{2}} \left( 1 + e^{-2\pi A'_k} \right) \int_{\delta_1}^{+\infty} e^{-\gamma_1 \cos \frac{\beta k p s}{2}} \gamma_1^{A'_k - 1} \left( \frac{\gamma_1}{2r_1} + \frac{\delta_1}{\rho_1} \right)^{m+1} d\gamma_1$$

$$\int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 \cos \theta_1 - v'' \theta_1} d\theta_1 +$$

(175)

$$+ \delta_1^{A'_k} \left( 1 + e^{-2\pi v''} \right) \int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 \cos \left( \theta_1 + \frac{\beta k p s}{2} \right) - A'_k \theta_1} d\theta_1 \int_{\delta_1}^{+\infty} e^{-\tau'} \tau'^{v' - \frac{1}{2}}$$

$$\left( \frac{\delta_1}{2r_1} + \frac{\tau'}{\rho_1} \right)^{m+1} d\tau' +$$

$$+ \gamma^{m+1} \delta_1^{A'_k + m + v' + \frac{3}{2}} \int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 \cos \left( \theta_1 + \frac{\beta k p s}{2} \right) - A'_k \theta_1} d\theta_1 \int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 \cos \theta_1 - v'' \theta_1} d\theta_1 \Big].$$

Далѣ, пусть  $F'_{km}$  представляет наибольшее значеніе функціи

$$e^{-\frac{\gamma_1 \cos \frac{\beta k p s}{2}}{2}} \gamma_1^{A'_k - 1} e^{-\frac{\tau'}{2}} \tau'^{v' - \frac{1}{2}} \left( \frac{\gamma_1}{2r_1} + \frac{\tau'}{\rho_1} \right)^{m+1}$$

при измѣняемости каждаго изъ

переменныхъ  $\gamma_1$  и  $\tau'$  отъ  $\delta_1$  до  $+\infty$ ;  $f'_{km}$  наибольшее значеніе функціи

$$e^{-\frac{\gamma_1 \cos \frac{\beta k p s}{2}}{2}} \gamma_1^{A'_k - 1} \left( \frac{\gamma_1}{2r_1} + \frac{\delta_1}{\rho_1} \right)^{m+1}$$

при измѣняемости  $\gamma_1$  отъ  $\delta_1$  до  $+\infty$ ;

$\bar{f}'_{km}$  — такое же значеніе функціи  $e^{-\frac{\tau'}{2}} \left( \frac{\delta_1}{2r_1} + \frac{\tau'}{\rho_1} \right)^{m+1} \tau'^{v' - \frac{1}{2}}$  при измѣ-

няемости  $\tau'$  отъ  $\delta_1$  до  $+\infty$ ; наконецъ,  $l_{km}$  и  $\bar{l}_{km}$  представляютъ соответ-

ственно наибольшія значенія функцій  $e^{-\delta_1 \cos(\theta_1 + \frac{\beta_{kps}}{2}) - A'_k \theta_1}$  и  $e^{-\delta_1 \cos \theta_1 - \nu'' \theta_1}$  для всѣхъ значеній  $\theta_1$ , содержащихся въ границахъ  $0 \leq \theta_1 \leq 2\pi$ . Тогда можемъ написать:

$$\int_{\delta_1}^{+\infty} e^{-\gamma_1 \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \gamma_1^{A'_k - 1} d\gamma_1 \int_{\delta_1}^{+\infty} e^{-\tau'} \tau'^{\nu' - \frac{1}{2}} \left( \frac{\gamma_1}{2r_1} + \frac{\tau'}{\rho_1} \right)^{m+1} d\tau' \\ < \frac{4 F_{km}}{\cos \frac{\beta_{kps}}{2}} e^{-\frac{\delta_1}{2} \left( 1 + \cos \frac{\beta_{kps}}{2} \right)} ;$$

$$\int_{\delta_1}^{+\infty} e^{-\gamma_1 \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \gamma_1^{A'_k - 1} \left( \frac{\gamma_1}{2r_1} + \frac{\delta_1}{\rho_1} \right)^{m+1} d\gamma_1 < \frac{2 f_{km}}{\cos \frac{\beta_{kps}}{2}} e^{-\frac{\delta_1 \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}{2}} ;$$

(176)

$$\int_{\delta_1}^{+\infty} e^{-\tau'} \tau'^{\nu' - \frac{1}{2}} \left( \frac{\delta_1}{2r_1} + \frac{\tau'}{\rho_1} \right)^{m+1} d\tau' < 2 \bar{f}_{km} e^{-\frac{\delta_1}{2}} ;$$

$$\int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 \cos(\theta_1 + \frac{\beta_{kps}}{2}) - A''_k \theta_1} d\theta_1 < 2\pi \bar{l}_{km} ;$$

$$\int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 \cos \theta_1 - \nu'' \theta_1} d\theta_1 < 2\pi \bar{l}_{km} .$$

Принимая во вниманіе неравенства (175) и (176), можемъ написать:

$$(177) \quad |G'_{km}| \\ < \frac{4\mu}{(V\rho)^{m+1} \left[ 1 - \frac{\gamma}{\rho^{\frac{1}{2}}} \frac{\nu'}{\rho'} \right]} \left[ \left( 1 + e^{-2\pi A''_k} \right) \left( 1 + e^{-2\pi \nu''} \right) e^{-\frac{\delta_1}{2} \left( 1 + \cos \frac{\beta_{kps}}{2} \right)} \right] \frac{F_{km} +}{\cos \frac{\beta_{kps}}{2}}$$

$$+ \pi \delta_1^{v'+\frac{1}{2}} \left( 1 + e^{-2\pi A'_k} \right) \frac{e^{-\frac{\delta_1}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} f_{km} \bar{l}_{km}}{\cos \frac{\beta_{kps}}{2}} +$$

$$+ \pi \delta_1^{A'_k} e^{-\frac{\delta_1}{2}} \left( 1 + e^{-2\pi v''} \right) \bar{f}_{km} l_{km} + \pi^2 \gamma^{m+1} \delta_1^{A'_k + v' + m + \frac{3}{2}} \Big].$$

Пусть теперь будетъ:

$$T_{km} =$$

$$= \frac{4\mu}{1 - \frac{\gamma}{\rho^{\frac{1}{2}} - \rho'}} \left[ \left( 1 + e^{-2\pi A'_k} \right) \left( 1 + e^{-2\pi v''} \right) e^{-\frac{\delta_1}{2} \left( 1 + \cos \frac{\beta_{kps}}{2} \right)} \frac{F_{km} +}{\cos \frac{\beta_{kps}}{2}} + \right.$$

$$+ \pi \delta_1^{v'+\frac{1}{2}} e^{-\frac{\delta_1}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \left( 1 + e^{-2\pi A'_k} \right) \frac{f_{km} \bar{l}_{km} +}{\cos \frac{\beta_{kps}}{2}} +$$

$$+ \pi \delta_1^{A'_k} e^{-\frac{\delta_1}{2}} \left( 1 + e^{-2\pi v''} \right) \bar{f}_{km} l_{km} +$$

$$\left. + \pi^2 \gamma^{m+1} \delta_1^{A'_k + v' + m + \frac{3}{2}} \right].$$

Тогда неравенство (177) перенишемъ такъ:

$$|G'_{km}| < \frac{T_{km}}{(V\rho)^{m+1}}.$$

Отсюда заключаемъ, что

$$G'_{km} = \frac{v'_{km} T_{km}}{(Vx)^{m+1}},$$

гдѣ

$$(181) \quad 0 < |v'_{km}| < 1.$$

Въ силу результатовъ (162) и (181), соотношеніе (154) напишется слѣдующимъ образомъ:

$$(182) \quad \begin{aligned} J'_{km} &= \\ &= \frac{e^{\frac{A_k \beta_{kps} i}{2} + \pi(v + \frac{1}{2}) i}}{2^{A_k} (\sqrt{x})^{A_k + m + 1}} \left[ v'_{km} T_{km} + \right. \\ &\quad \left. + \left( 1 - e^{2\pi A_k i} \right) v_{km} \bar{G}_{km} (\sqrt{x})^{m+1} S^{v' - \frac{1}{2}} e^{\frac{-S \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}{2}} \frac{\beta_{kps}}{\cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \right]. \end{aligned}$$

Принимая теперь во вниманіе соотношенія (135), (150) и (182), равенство (118) можемъ представить въ слѣдующей формѣ:

$$(183) \quad \begin{aligned} J_{km} &= \\ &= \delta_{km}^{(ps)} + \frac{v'_{km} e^{\frac{A_k \beta_{kps} i}{2} + \pi(v + \frac{1}{2}) i} T_{km}}{2^{A_k} (\sqrt{x})^{A_k + m + 1}}, \end{aligned}$$

гдѣ функція  $\delta_{km}^{(ps)}$  обладаетъ такимъ свойствомъ:

$$(184) \quad \lim_{x \rightarrow +\infty e^{2\pi i}} (\sqrt{x})^k \delta_{km}^{(ps)} = 0,$$

при любомъ цѣломъ положительномъ  $k$ , если  $\varphi = \arg x$  не выходитъ изъ области, опредѣляемой неравенствами (62). Введемъ далѣе обозначеніе:

$$(185) \quad \frac{\alpha_{km}^{(ps)}}{2^{A_k} (\sqrt{x})^{A_k + m}} = e^{-\pi A_k i} \left[ \delta_{km}^{(ps)} + \frac{v'_{km} e^{\frac{A_k \beta_{kps} i}{2} + \pi(v + \frac{1}{2}) i} T_{km}}{2^{A_k} (\sqrt{x})^{A_k + m + 1}} \right].$$

Будемъ имѣть:

$$J_{km} = \frac{e^{\pi A_k i} \alpha_{km}^{(ps)}}{2^{A_k} (Vx)^{A_k+m}}. \quad (186)$$

Въ виду результатовъ (114) и (186), соотношеніе (104) приведемъ къ слѣдующему виду:

$$\zeta_{kps} = \frac{e^{\pi A_k i} A(V\bar{x})^{-\nu-A_k-\frac{1}{2}} e^{-2\sigma_k V\bar{x}}}{2^{A_k-1}}. \quad (187)$$

$$\left[ \sum_{p=0}^m \frac{(-1)^p}{(2V\bar{x})^p} \sum_{q=0}^p (-2)^q A_{p-q,q}^{(k)} \Gamma(\nu+q+\frac{1}{2}) \bar{\Gamma}(A_k+p-q) + \frac{\alpha_{km}^{(ps)}}{(V\bar{x})^m} \right].$$

Легко обнаружить, что функція  $\alpha_{km}^{(ps)}$  съ возрастаніемъ  $|x|$ , начиная съ нѣкотораго значенія этого модуля, равномерно стремится къ нулю, если  $\varphi = \arg x$  содержится въ границахъ (62). Обозначимъ для этой цѣли черезъ  $\varepsilon$ :

$$\varepsilon = \frac{1}{r^n/\rho}, \quad (188)$$

гдѣ  $n > 2$ . Тогда можно будетъ выбрать такое положительное число  $R_1$ , что для  $\rho \geq R_1$  въ разсматриваемой области измѣненія переменнаго  $\varphi$  имѣютъ мѣсто неравенства:

$$\left| e^{-\pi A_k i} 2^{A_k} (V\bar{x})^{A_k+m} \delta_{km}^{(ps)} \right| < \frac{\varepsilon}{2}; \quad (189)$$

$$\frac{e^{\pi(A_k''-\nu'')-A_k''\frac{\beta_{kps}}{2}} T_{km}}{V\bar{\rho}} < \frac{\varepsilon}{2}.$$



На основаніи соотношенія (185) заключаемъ тогда:

$$(190) \quad |\alpha_{km}| < \epsilon.$$

А посему высказанное положеніе справедливо и, при томъ, для всякаго конечнаго  $m$ . Въ виду этого, интегралъ  $\zeta_{2kps}$  для весьма большихъ значеній  $|x|$  въ области, опредѣляемой неравенствами (62), можетъ быть асимптотически представленъ такъ:

$$(191) \quad \zeta_{2kps} \sim e^{\frac{\pi A_k t}{2^{A_k-1}}} A (V\bar{x})^{-\nu-A_k-\frac{1}{2}} \frac{e^{-2\sigma_k V\bar{x}}}{e} \sum_{p=0}^{\infty} \frac{(-1)^p}{(2V\bar{x})^p} \sum_{q=0}^p (-2)^q A_{p-q}^{(k)} \Gamma(\nu+q+\frac{1}{2}) \Gamma(A_k+p-q).$$

### § 5.

*Объ асимптотическомъ представленіи интеграла  $\zeta_{2kps}$  (61) для весьма большихъ значеній  $|x|$ .*

Анализъ, при помощи котораго мы перешли въ предыдущемъ параграфѣ отъ соотношенія (97) къ соотношенію (187), а потомъ къ асимптотическому равенству (181), применимъ также къ изысканію асимптотическаго представленія интеграла  $\zeta_{2kps}$  (61) для весьма большихъ значеній  $|x|$ . Припимая во вниманіе составъ (57) функціи  $\omega$ ,  $(\nu; at^2)$ , напишемъ  $\zeta_{2kps}$  въ слѣдующей формѣ:

$$(192) \quad \zeta_{2kps} = 2B (V\bar{x})^{-\nu-\frac{1}{2}} \int_{+\infty\sigma_{1ps}}^{(a_k)} e^{+\pi V\bar{x}} t^{-\nu-\frac{1}{2}} (t^2-a_1^2)^{A_1-1} \dots (t^2-a_n^2)^{A_n-1} dt$$

$$\int_{-\infty}^{(a_0)} e^{\frac{\tau}{4t} V\bar{x}} t^{-\nu-\frac{1}{2}} \left(1 + \frac{\tau}{4t V\bar{x}}\right)^{\nu-\frac{1}{2}} d\tau.$$

Пользуясь же подстановкой (98), представим  $\zeta_{2kps}$  так:

$$\begin{aligned} \zeta_{2kps} &= \\ &= 2B(\sqrt{x})^{-\nu-\frac{1}{2}} e^{+2\sigma_k \sqrt{x}} \int_{+\infty \sigma_{kps}}^{(0)} e^{+2\eta \sqrt{x}} \eta^{A_k-1} d\eta \\ &\int_{-\infty}^{(0)} e^{\tau} \tau^{\nu-\frac{1}{2}} \Phi\left(\eta, -\frac{\tau}{\sqrt{x}}\right) d\tau, \end{aligned} \quad (193)$$

гдѣ

$$\begin{aligned} \Phi\left(\eta, -\frac{\tau}{\sqrt{x}}\right) &= \\ &= \sum_{p=0}^m \sum_{q=0}^p \frac{(-1)^q A_{p-q,q}^{(k)} \eta^{p-q} \tau^q}{(\sqrt{x})^q} + \rho_m^{(k)}; \end{aligned} \quad (194)$$

при чемъ  $\rho_m^{(k)}$  получается формально изъ  $R_m^{(k)}$  (101) при помощи замѣны  $\tau$  на  $-\tau$ . Замѣтимъ, что рядъ (194), продолженный въ безконечность, равномерно и абсолютно сходится для значений  $\eta$  и  $\frac{\tau}{\sqrt{x}}$ , удовлетворяющихъ условіямъ (103). Внеся въ интегралъ (193) на мѣсто функціи  $\Phi\left(\eta, -\frac{\tau}{\sqrt{x}}\right)$  ея выраженіе (194), будемъ имѣть:

$$\begin{aligned} \zeta_{2kps} &= \\ &= 2B(\sqrt{x})^{-\nu-\frac{1}{2}} e^{+2\sigma_k \sqrt{x}} \\ &\left[ \sum_{p=0}^m \sum_{q=0}^p \frac{(-1)^q A_{p-q,q}^{(k)} \Gamma(\nu+q+\frac{1}{2}) P_{km}}{(\sqrt{x})^q} + \bar{J}_{km} \right], \end{aligned} \quad (195)$$

гдѣ

$$\bar{P}_{km} = \int_{+\infty \sigma_{kps}}^{(0)} e^{+2\eta \sqrt{x}} \eta^{A_k+p-q-1} d\eta;$$

(196)

$$\bar{J}_{km} = \int_{+\infty \sigma_{kps}}^{(o)} e^{+2\gamma_1 V \bar{x}} \gamma_1^{A_k-1} d\eta \int_{-\infty}^{(o)} e^{\tau \nu - \frac{1}{2} \rho_m^{(k)}} d\tau.$$

При помощи подстановки (106) интеграль  $\bar{P}_{km}$  приведемъ къ виду:

$$(197) \quad \bar{P}_{km} = \frac{1}{(2Vx)^{A_k+p-q}} \int_{+\infty \sigma_{kps}}^{(o)} e^{\gamma_1 \eta} \gamma_1^{A_k+p-q-1} d\eta,$$

гдѣ

$$(198) \quad \sigma_{kps} = e^{(\omega_{kps} + \frac{\varphi}{2})i};$$

при чемъ

$$(199) \quad \varphi = \text{arg} x = 2\pi - 2\omega_{kps} + \beta_{kps},$$

гдѣ  $\beta_{kps}$  удовлетворяетъ условію (110). Принимая тогда во вниманіе тождество (105) главы I, можемъ написать:

$$(200) \quad \bar{P}_{km} = \frac{\bar{\Gamma}(A_k+p-q)}{(2Vx)^{A_k+p-q}}.$$

Сохранимъ за символами  $r$  и  $S$  тотъ же смыслъ, какой имъ придавался въ предыдущемъ параграфѣ. Тогда интеграль  $\bar{J}_{km}$  можно изобразить слѣдующимъ образомъ:

$$(201) \quad \bar{J}_{km} = \left(1 - e^{2\pi A_k i}\right) \bar{K}_{km} + \left(1 + e^{2\pi \nu i}\right) \bar{K}'_{km} + \bar{J}'_{km},$$

гдѣ

$$\bar{K}_{km} = - \int_r^{+\infty \sigma_{kps}} e^{+2\gamma_1 V \bar{x}} \gamma_1^{A_k-1} d\eta \int_{-\infty}^{(o)} e^{\tau \nu - \frac{1}{2} \rho_m^{(k)}} d\tau;$$

$$\bar{K}'_{km} = - \int_r^{(o)} e^{+2\gamma Vx} \gamma^{4k-1} d\gamma \int_{-S}^{-\infty} e^{\tau} \tau^{\nu-\frac{1}{2}} \rho_m^{(k)} d\tau; \quad (202)$$

$$\bar{J}'_{km} = \int_r^{(o)} e^{+2\gamma Vx} \gamma^{4k-1} d\gamma \int_{-S}^{(o)} e^{\tau} \tau^{\nu-\frac{1}{2}} \rho_m^{(k)} d\tau.$$

При вычислении интегралов  $\bar{K}_{km}$ ,  $\bar{K}'_{km}$  и  $\bar{J}'_{km}$  надо поступать такъ же, какъ это мы дѣлали съ интегралами  $K_{km}$ ,  $K'_{km}$  и  $J'_{km}$  (119). При помощи подстановокъ (120) представимъ интегралъ  $\bar{K}_{km}$  въ формѣ:

$$\begin{aligned} \bar{K}_{km} &= \\ &= - e^{\pi(\nu+\frac{1}{2})i + 4k\omega_{kp}i + 2rVx} \int_0^{+\infty} e^{+2e^{\omega_{kp}i} \gamma Vx} (|r| + \gamma_{11})^{4k-1} d\gamma_{11} \end{aligned} \quad (203)$$

$$\int_{+\infty}^{(o)} e^{-\tau'} \tau'^{\nu-\frac{1}{2}} \rho_m^{-(k)} d\tau',$$

гдѣ

$$\begin{aligned} \rho_m^{-(k)} &= \\ &= \psi\left(r + \gamma_{11} e^{\omega_{kp}i}, \frac{\tau'}{Vx}\right) = \sum_{p=0}^m \sum_{q=0}^p A_{p-q,q}^{(k)} \frac{(r + e^{\omega_{kp}i} \gamma_{11})^{p-q} \tau'^q}{(Vx)^q}. \end{aligned} \quad (204)$$

Далѣе, имѣемъ

$$\begin{aligned} \bar{K}_{km} &= \\ &= e^{\pi(\nu+\frac{1}{2})i + 4k\omega_{kp}i + 2rVx} \left[ \bar{\Lambda}_{km} + \left(1 + e^{2\pi\nu i}\right) \bar{M}_{km} \right], \end{aligned} \quad (205)$$

гдѣ

$$\Lambda_{km} = - \int_0^{+\infty} e^{+2\tau} \frac{\omega_{kps} i}{\gamma_0 V \bar{x}} \left( |r| + \eta_{11} \right)^{A_k - 1} d\eta_{11} \int_{\delta(0)} e^{-\tau'} \tau'^{\nu - \frac{1}{2}} \rho_m^{-(k)} d\tau';$$

(206)

$$\bar{M}_{km} = \int_0^{+\infty} e^{+2\tau} \frac{\omega_{kps} i}{\gamma_0 V \bar{x}} \left( |r| + \eta_{11} \right)^{A_k - 1} d\eta_{11} \int_{\delta}^{+\infty} e^{-\tau'} \tau'^{\nu - \frac{1}{2}} \rho_m^{-(k)} d\tau'.$$

Замѣтимъ, что съ  $\delta$  и  $\delta(0)$  мы соединяемъ тотъ же смыслъ, какъ и съ таковыми же символами въ интегралахъ (124). Далѣе, имѣя въ виду подстановку (125), изъ перваго изъ соотношеній (206) находимъ:

$$|\bar{\Lambda}_{km}| < \delta^{\nu + \frac{1}{2}} \int_0^{+\infty} e^{-2\eta_{11} V \bar{\rho} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \left( |r| + \eta_{11} \right)^{A_k - 1} d\eta_{11}$$

(207)

$$\int_0^{2\pi} e^{-\delta \cos \vartheta - \nu'' \vartheta} \left| \rho_m^{-(k)} \right| d\vartheta$$

$$< \frac{2\pi \delta^{\nu + \frac{1}{2}} \bar{\Lambda}_{km}^{(ps)}}{V \bar{\rho} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}},$$

гдѣ  $\bar{\Lambda}_{km}^{(ps)}$  представляетъ наибольшее значеніе функціи  $e^{-\eta_{11} V \bar{\rho} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \left( |r| + \eta_{11} \right)^{A_k - 1} e^{-\delta \cos \vartheta - \nu'' \vartheta} \left| \rho_m^{-(k)} \right|$  въ области интеграціи въ интегралѣ правой части неравенства (207), а также для всѣхъ значеній  $\rho$  и  $\varphi$ , удовлетворяющихъ условіямъ (58), (59) и (115). Число  $\bar{\Lambda}_{km}^{(ps)}$ , очевидно, конечно. Точно также имѣемъ:

$$|\bar{M}_{km}| < \int_0^{+\infty} e^{-2\eta_{11} V \bar{\rho} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \left( |r| + \eta_{11} \right)^{A_k - 1} d\eta_{11} \int_{\delta}^{+\infty} e^{-\tau'} \tau'^{\nu - \frac{1}{2}} \left| \rho_m^{-(k)} \right| d\tau'$$

(208)

$$< \frac{2 \bar{M}_{km}^{(ps)} e^{-\frac{\delta}{2}}}{V \bar{\rho} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}},$$

гдѣ  $\overline{M}_{km}^{(ps)}$  означаетъ наибольшее значеніе функціи  $e^{-\eta_1 \sqrt{\rho} \cos \frac{\beta kps}{2}}$ .

$(r + \eta_1)^{A'k-1} e^{-\frac{\tau'}{2}} \tau'^{\nu'-\frac{1}{2}} \left| \overline{\rho}_m^{(-k)} \right|$  въ области интеграціи въ интегралѣ правой части неравенства (208), а также для всѣхъ разсматриваемыхъ значеній  $\rho$  и  $\varphi$ . Принимая во вниманіе результаты (207) и (208), на основаніи соотношенія (203) заключаемъ:

$$|K_{km}| < \frac{\overline{K}_{km}^{(ps)} e^{-2|r| \sqrt{\rho} \cos \frac{\beta kps}{2}}}{\sqrt{\rho} \cos \frac{\beta kps}{2}}, \quad (209)$$

гдѣ

$$\begin{aligned} \overline{K}_{km}^{(ps)} &= \\ &= 2 e^{-\pi \nu' - A'_k \omega kps} \left[ \pi \delta^{\nu'+\frac{1}{2}} \Lambda_{km}^{(-ps)} + \left( 1 + e^{-2\pi \nu''} \right) e^{-\frac{\delta}{2}} M_{km}^{(ps)} \right]. \end{aligned} \quad (209')$$

Въ виду неравенства (209), имѣемъ:

$$\overline{K}_{km} = \frac{\overline{\lambda}_{km}^{(-ps)} \overline{K}_{km}^{(-ps)} e^{-2|r| \sqrt{\rho} \cos \frac{\beta kps}{2}}}{\sqrt{\rho} \cos \frac{\beta kps}{2}}, \quad (210)$$

гдѣ

$$0 < \left| \overline{\lambda}_{km}^{(-ps)} \right| < 1. \quad (210')$$

Пользуясь далѣе подстановками:

$$2\eta \sqrt{x} = -\eta_1 e^{\frac{\beta kps}{2}}; \quad \tau = -S - \tau', \quad (211)$$

приведемъ интеграль  $\overline{K}_{km}^{(-ps)}$  къ виду:

$$\begin{aligned} \bar{K}'_{km} &= \\ &= - \frac{e^{\pi(\nu+\frac{1}{2})t+A_k\left(\pi+\frac{\beta_{kps}}{2}\right)t-S}}{(2\sqrt{x})^{A_k}} S^{\nu-\frac{1}{2}} \int_{\Delta_1}^{(o)} e^{-\gamma_\rho e^{\frac{\beta_{kps}t}{2}}} \eta_{11}^{A_k-1} d\eta_{11} \end{aligned} \quad (212)$$

$$\int_0^{+\infty} e^{-\tau'} \left(1 + \frac{\tau'}{S}\right)^{\nu-\frac{1}{2}} \rho_{1m}^{(k)} d\tau',$$

гдѣ

$$\begin{aligned} \rho_{1m}^{(k)} &= \Phi \left( \frac{-\eta_{11} e^{\frac{\beta_{kps}t}{2}}}{2\sqrt{x}}, \frac{S+\tau'}{\sqrt{x}} \right) - \\ &- \sum_{p=0}^m \frac{(-1)^p}{(2\sqrt{x})^p} \sum_{q=0}^p (-2)^q A_{p-q,q}^{(k)} e^{\frac{\beta_{kps}(p-q)t}{2}} \eta_{11}^{p-q} (S+\tau')^q. \end{aligned} \quad (212')$$

Далѣе, представимъ  $\bar{K}'_{km}$  въ слѣдующей формѣ:

$$\bar{K}'_{km} = \frac{e^{\pi(\nu+\frac{1}{2})t+A_k\left(\pi+\frac{\beta_{kps}}{2}\right)t-S}}{(2\sqrt{x})^{A_k}} S^{\nu-\frac{1}{2}} \left[ \bar{N}_{km} + \left( e^{2\pi A_k t} - 1 \right) \bar{R}_{km} \right]. \quad (213)$$

гдѣ

$$\bar{N}_{km} = \int_{\delta_1(o)} e^{-\gamma_\rho e^{\frac{\beta_{kps}t}{2}}} \eta_{11}^{A_k-1} d\eta_{11} \int_0^{+\infty} e^{-\tau'} \left(1 + \frac{\tau'}{S}\right)^{\nu-\frac{1}{2}} \rho_{1m}^{(k)} d\tau'; \quad (214)$$

$$\bar{R}_{km} = \int_{\delta_1}^{\Delta_1} e^{-\gamma_\rho e^{\frac{\beta_{kps}t}{2}}} \eta_{11}^{A_k-1} d\eta_{11} \int_0^{+\infty} e^{-\tau'} \left(1 + \frac{\tau'}{S}\right)^{\nu-\frac{1}{2}} \rho_{1m}^{(k)} d\tau'.$$

Замѣтимъ, что символы  $\delta_1$  и  $\delta_1(o)$  имѣютъ тотъ же смыслъ, какъ и въ выраженіяхъ (141). Пользуясь подстановкой (142), изъ перваго изъ соотношеній (214) найдемъ:

$$|\bar{N}_{km}| < \delta_1^{A'_k} \int_0^{2\pi} e^{-\delta_1 \cos(\theta + \frac{\beta_{kps}}{2}) - A'_k \theta} d\theta \int_0^{+\infty} e^{-\tau'} \left(1 + \frac{\tau'}{S}\right)^{\nu' - \frac{1}{2}} \left| \rho_{1m}^{(k)} \right| d\tau' \quad (215)$$

$$< 4\pi \delta_1^{A'_k} \bar{N}_{km}^{(ps)},$$

где  $\bar{N}_{km}^{(ps)}$  есть наибольшее значение функции  $e^{-\delta_1 \cos(\theta + \frac{\beta_{kps}}{2}) - A'_k \theta} \left(1 + \frac{\tau'}{S}\right)^{\nu' - \frac{1}{2}} e^{-\frac{\tau'}{2}} \left| \rho_{1m}^{(k)} \right|$  в области интеграции в интеграле правой части неравенства (215), а также для всех рассматриваемых значений  $\rho$  и  $\varphi$ . Далее из второго из соотношений (214) имеем:

$$|\bar{R}_{km}| < \int_{\delta_1}^{\Delta_1} e^{-\gamma_1 \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \eta_{11}^{A'_k - 1} d\eta_{11} \int_0^{+\infty} e^{-\tau'} \left(1 + \frac{\tau'}{S}\right)^{\nu' - \frac{1}{2}} \left| \rho_{1m}^{(k)} \right| d\tau' \quad (216)$$

$$< \frac{4 \bar{R}_{km}^{(ps)} \left[ e^{-\frac{\delta_1}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} - e^{-\frac{\Delta_1}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \right]}{\cos \frac{\beta_{kps}}{2}},$$

где  $\bar{R}_{km}^{(ps)}$  представляет наибольшее значение функции  $e^{-\frac{\eta_{11}}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \eta_{11}^{A'_k - 1} e^{-\frac{\tau'}{2}} \left(1 + \frac{\tau'}{S}\right)^{\nu' - \frac{1}{2}} \left| \rho_{1m}^{(k)} \right|$  в области интеграции в интеграле правой части неравенства (216).  $\bar{R}_{km}^{(ps)}$  есть функция  $\rho$  и  $\varphi$ , конечная для всех рассматриваемых значений этих переменных. В виду результатов (215) и (216), на основании соотношения (213) заключаем:

$$|\bar{K}'_{km}| < \frac{\bar{K}_{km}^{(ps)} e^{-s} S^{\nu' - \frac{1}{2}}}{(V\rho)^{A'_k}}, \quad (217)$$



гдѣ

$$\begin{aligned} \bar{K}_{km}^{(ps)} &= \\ &= \frac{4 e^{-\pi\nu'' + A_k''} e^{-\frac{\pi + \varphi - \beta_{kps}}{2}}}{2^{A'_k}} \left[ \pi \delta_1 A'_k \bar{N}_{km}^{(ps)} + \right. \end{aligned}$$

(218)

$$\left. \left( 1 + e^{-\pi A_k''} \right) \frac{\bar{R}_{km}^{(ps)}}{\cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \left( e^{-\frac{\delta_1}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} - e^{-\frac{\Delta_1}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \right) \right].$$

Изъ соотношенія (217) находимъ:

$$(219) \quad \bar{K}_{km}^{(ps)} = \frac{\bar{u}_{km}^{(ps)} \bar{K}_{km}^{(ps)} e^{-S} S^{\nu' - \frac{1}{2}}}{(V \rho)^{A'_k}},$$

гдѣ

$$(219') \quad 0 < \left| \bar{u}_{km}^{(ps)} \right| < 1.$$

Обратимся теперь къ интегралу  $\bar{J}_{km}$  (202). При помощи подстановокъ:

$$(220) \quad 2\eta \sqrt{x} = -\eta_1 e^{\frac{\beta_{kps} t}{2}}; \quad \tau = -\tau'$$

этотъ интеграль представимъ въ формѣ:

$$(221) \quad \bar{J}_{km} = \frac{e^{A_k \left( \pi + \frac{\beta_{kps}}{2} \right) i + \pi \left( \nu + \frac{1}{2} \right) i}}{(2Vx)^{A_k}} \int_{\Delta_1}^{(o)} e^{\eta_1 e^{\frac{\beta_{kps} t}{2}} \eta_1^{A_k - 1}} d\eta_1$$

$$\int_S^{(o)} e^{-\tau'} \tau'^{\nu - \frac{1}{2}} \rho_{2m}^{(k)} d\tau';$$

при чемъ

$$(222) \quad \rho_{2m}^{(k)} = \sum_{p=m+1}^{\infty} \frac{(-1)^p}{(2Vx)^p} \sum_{q=0}^p (-2)^q A_{p-q}^{(k)} e^{\frac{(p-q)\beta_{kps} t}{2}} \eta_1^{p-q} \tau'^q.$$

Далѣе, представимъ  $\bar{J}'_{km}$  слѣдующимъ образомъ:

$$\bar{J}'_{km} = \frac{e^{A_k \left( \pi + \frac{\rho_{kps}}{2} \right) i + \pi \left( \nu + \frac{1}{2} \right) i}}{(2\sqrt{x})^{A_k}} \left[ \bar{G}''_{km} + \left( 1 - e^{-2\pi A_k i} \right) \bar{G}'_{km} \right], \quad (223)$$

гдѣ

$$\bar{G}'_{km} = - \int_S^{\Delta_1} e^{-\gamma_{1i} e^{\frac{\rho_{kps} i}{2}}} \gamma_{1i}^{A_k - 1} d\gamma_{1i} \int_S^{(o)} e^{-\tau'} \tau'^{\nu - \frac{1}{2}} \rho_{2m}^{(k)} d\tau'; \quad (224)$$

$$\bar{G}''_{km} = \int_S^{(o)} e^{-\gamma_{1i} e^{\frac{\rho_{kps} i}{2}}} \gamma_{1i}^{A_k - 1} d\gamma_{1i} \int_S^{(o)} e^{-\tau'} \tau'^{\nu - \frac{1}{2}} \rho_{2m}^{(k)} d\tau'.$$

Вычисленіе интеграловъ (224) производится такъ же, какъ интеграловъ (155). Поэтому мы ограничимся указаніемъ только результатовъ.

Назовемъ  $S'_{1m}$  наибольшее значеніе функціи  $e^{-\frac{\gamma'_{1i} \cos \frac{\rho_{kps}}{2}}{S}} \left( 1 + \frac{\tau'}{S} \right)^{A_k - 1} e^{-\gamma'_{1i} \cos \frac{\rho_{kps}}{2} - \nu' \frac{\rho_{kps}}{2}} \left| \rho_{2m}^{(k)} \right|$  при измѣняемости переменныхъ  $\gamma'_{1i}$  и  $\tau'$  въ границахъ:

$$0 \leq \gamma'_{1i} \leq \Delta_2; \quad 0 \leq \tau' \leq 2\pi. \quad (225)$$

Точно также пусть  $\bar{S}_{1km}$  означаетъ таковое же значеніе функціи  $e^{-\frac{\gamma'_{1i} \cos \frac{\rho_{kps}}{2}}{S}} \left( 1 + \frac{\tau'}{S} \right)^{A_k - 1} e^{-\frac{\tau'}{2} \tau'^{\nu - \frac{1}{2}}} \left| \rho_{2m}^{(k)} \right|$  для всѣхъ значеній  $\gamma'_{1i}$  и  $\tau'$ , содержащихся въ границахъ:

$$0 \leq \gamma'_{1i} \leq \Delta_2; \quad 0 \leq \tau' \leq S. \quad (226)$$

При этомъ  $\rho_{2m}^{(k)}$  представляетъ  $\rho_{2m}^{(k)}$  послѣ замѣны  $\gamma_{1i}$  черезъ  $\gamma'_{1i} + S$  и  $\tau'$  черезъ  $\tau' e^{\frac{\rho_{kps}}{2}}$ , а  $\rho_{2m}^{(k)}$  есть  $\rho_{2m}^{(k)}$  послѣ замѣны  $\gamma_{1i}$  черезъ  $\gamma'_{1i} + S$ .

Тогда можемъ написать:

$$\begin{aligned}
 & \left| \overline{G'_{km}} \right| \\
 & < S^{\nu'-\frac{1}{2}} e^{-S \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \left[ \delta'^{\nu'+\frac{1}{2}} \int_0^{\Delta_2} e^{-\eta' \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \left(1 + \frac{\eta'}{S}\right)^{A'_{k-1}} d\eta' \right. \\
 & \quad \left. \int_0^{2\pi} e^{-\delta' \cos \vartheta' - \nu' \vartheta'} \left| \rho_{2m}^{-(k)} \right| d\vartheta' \right. \\
 (227) \quad & \left. + \left(1 + e^{-2\pi\nu''}\right) \int_0^{\Delta_2} e^{-\eta' \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \left(1 + \frac{\eta'}{S}\right)^{A'_{k-1}} d\eta' \int_{\delta'}^S e^{-\tau' \tau'^{\nu'-\frac{1}{2}}} \left| \rho_{2m}^{-(k)} \right| d\tau' \right] \\
 & < G_{1km} S^{\nu'-\frac{1}{2}} e^{-S \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \frac{\beta_{kps}}{\cos \frac{\beta_{kps}}{2}},
 \end{aligned}$$

гдѣ

$$\begin{aligned}
 & G_{1km} = \\
 (228) \quad & = 4 \left[ \pi \delta'^{\nu'+\frac{1}{2}} S_{1km} \left(1 - e^{-\frac{\Delta_2}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}\right) + \overline{S}_{1km} \left(1 - e^{-\frac{\Delta_2}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}\right) \right. \\
 & \left. \left(1 + e^{-2\pi\nu''}\right) \left( e^{\frac{\delta'}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} - e^{-\frac{S}{2} \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \right) \right].
 \end{aligned}$$

При этомъ  $\delta'$  и  $\Delta_2$  имѣютъ тотъ же смыслъ, какъ и въ неравенствѣ (160). Изъ неравенства (227) находимъ:

$$(229) \quad \overline{G'_{km}} = \overline{v}_{km} G_{1km} \frac{e^{-S \cos \frac{\beta_{kps}}{2}} S^{\nu'-\frac{1}{2}}}{\frac{\beta_{kps}}{\cos \frac{\beta_{kps}}{2}}},$$

гдѣ

$$(229') \quad 0 < |\overline{v}_{km}| < 1.$$

Замѣтимъ, что  $G_{1km}$  представляетъ функцію  $\rho$  и  $\varphi$ , конечную для разсматриваемыхъ значений этихъ переменныхъ. Для значений модуля интеграла  $\overline{G'_{km}}$  находимъ ту же самую верхнюю границу, какую мы нашли въ предыдущемъ параграфѣ для значений  $|G'_{km}|$ , а именно:

$$(230) \quad \left| \overline{G'_{km}} \right| < \frac{T'_{km}}{(V\rho)^{m+1}}.$$

Отсюда находимъ:

$$G'_{km} = \frac{\bar{v}'_{km} T'_{km}}{(Vx)^{m+1}}, \quad (231)$$

гдѣ

$$0 < |\bar{v}'_{km}| < 1. \quad (231')$$

Въ виду результатовъ (229) и (231), представимъ соотношеніе (223) въ формѣ:

$$\begin{aligned} \bar{J}'_{km} &= \\ &= \frac{e^{A_k \left( \pi + \frac{\beta_{kps}}{2} \right)^i + \pi \left( \nu + \frac{1}{2} \right)^i} \left[ \bar{v}'_{km} T'_{km} + \right. \\ &+ \left. \left( 1 - e^{-2\pi A_k i} \right) \bar{v}_{km} G'_{1km} (Vx)^{m+1} S^{\nu' - \frac{1}{2}} \frac{e^{-S \cos \frac{\beta_{kps}}{2}}}{\cos \frac{\beta_{kps}}{2}} \right]. \end{aligned} \quad (232)$$

Принимая теперь во вниманіе соотношенія: (210), (219) и (232), изобразимъ равенство (201) слѣдующимъ образомъ:

$$\begin{aligned} \bar{J}_{km} &= \\ &= \bar{\delta}_{km}^{(ps)} + \frac{\bar{v}'_{km} e^{A_k \left( \pi + \frac{\beta_{kps}}{2} \right)^i + \pi \left( \nu + \frac{1}{2} \right)^i} T_{km}}{2^{A_k} (Vx)^{A_k + m + 1}}; \end{aligned} \quad (233)$$

при чемъ функція  $\bar{\delta}_{km}^{(ps)}$  обладаетъ свойствомъ:

$$\begin{aligned} \lim (Vx)^k \bar{\delta}_{km}^{(ps)} &= 0, \\ x &= +\infty e^{i\epsilon} \end{aligned} \quad (234)$$

при любомъ положительномъ  $k$ , если  $\varphi = \text{arg} x$  не выходитъ изъ области, определяемой неравенствами (63). Введемъ далѣе обозначеніе:

$$(235) \quad \bar{\delta}_{km}^{(ps)} + \frac{\bar{v}'_{km} e^{A_k \left( \pi + \frac{\beta_{kps}}{2} \right) i + \pi \left( \nu + \frac{1}{2} \right) i}}{2^{A_k} (V \bar{x})^{A_k + m + 1}} T_{km} = \frac{\beta_{km}^{(ps)}}{2^{A_k} (V \bar{x})^{A_k + m}}$$

и, значитъ:

$$(235') \quad = 2^{A_k} (V \bar{x})^{A_k + m} \bar{\delta}_{km}^{(ps)} + \frac{\bar{v}'_{km} e^{A_k \left( \pi + \frac{\beta_{kps}}{2} \right) i + \pi \left( \nu + \frac{1}{2} \right) i}}{V \bar{x}} T_{km}.$$

Въ силу результатовъ (200), (233) и (235), напомнимъ равенство (195) въ такой формѣ:

$$\zeta_{2kps} = \frac{B(V \bar{x})^{-\nu - A_k - \frac{1}{2}} e^{+2a_k V \bar{x}}}{2^{A_k - 1}}.$$

$$(236) \quad \left[ \sum_{p=0}^m \frac{1}{(2V \bar{x})^p} \sum_{q=0}^p (-2)^q A_{p-q,q}^{(k)} \Gamma \left( \nu + q + \frac{1}{2} \right) \bar{\Gamma} (A_k + p - q) + \frac{\beta_{km}^{(ps)}}{(V \bar{x})^m} \right].$$

Обнаружимъ, что функция  $\beta_{km}^{(ps)}$  съ возрастаніемъ  $|x|$ , начиная съ нѣкотораго значенія, равномерно стремится къ нулю, если  $\varphi$  не выходитъ изъ области (63). Въ самомъ дѣлѣ, пусть  $\varepsilon$  означаетъ  $\frac{1}{n^{\frac{1}{\rho}}}$ , гдѣ  $n > 2$ . Тогда можно подобрать такое положительное число  $R_1$ , что для  $\rho \equiv R_1$  въ разсматриваемой области измѣненія  $\text{arg} x$  будутъ имѣть силу неравенства:

$$\left| 2^{A_k} (\sqrt{x})^{A_k+m} \bar{\sigma}_{km}^{(ps)} \right| < \frac{\varepsilon}{2}; \quad (237)$$

$$\frac{e^{A_k \left( \pi + \frac{\beta_{kps}}{2} \right) i + \pi \left( \nu + \frac{1}{2} \right) i} T_{km}}{\sqrt{\rho}} < \frac{\varepsilon}{2}.$$

Но тогда, въ виду опредѣленія (235') функціи  $\bar{\rho}_{km}^{(ps)}$ , будемъ имѣть:

$$\left| \bar{\rho}_{km}^{(ps)} \right| < \varepsilon. \quad (238)$$

А это означаетъ, что высказанное положеніе дѣйствительно справедливо. Полученный результатъ имѣетъ мѣсто для всякаго конечнаго  $m$ . А посему можемъ написать асимптотическое равенство:

$$\zeta_{2kps} \infty \infty_B \frac{(\sqrt{x})^{-\nu-A_k-\frac{1}{2}} e^{+2\alpha_k \sqrt{x}}}{2^{A_k-1}}. \quad (239)$$

$$\sum_{p=0}^{\infty} \frac{1}{(2\sqrt{x})^p} \sum_{q=0}^p (-2)^q A_{p-q}^{(k)} \bar{\Gamma} \left( \nu + q + \frac{1}{2} \right) \bar{\Gamma} (A_k + p - q).$$

§ 6.

Объ асимптотическихъ представленіяхъ функцій  $Z_{1kps}$  и  $Z_{2kps}$  и ихъ продолженій. Замѣчаніе о нуляхъ этихъ функцій. Объ одномъ свойствѣ остаточныхъ членовъ  $\alpha_{km}^{(ps)}$  и  $\beta_{km}^{(ps)}$ . О возможности дифференцировать по переменному  $x$  асимптотическія представленія функцій  $Z_{1kps}$  и  $Z_{2kps}$  и ихъ продолженій.

Обнаружимъ предварительно справедливость слѣдующаго положенія: Функция  $Z_{1kps}$  въ области (79) можетъ быть представлена асимптотически такъ:

$$Z_{1kps} \sim S_{1k}; \quad (240)$$

а функция  $Z_{2kps}$  въ области (80) имѣетъ такое асимптотическое представленіе:

$$Z_{2kps} \sim S_{2k}, \quad (241)$$

гдѣ черезъ  $S_{1k}$  и  $S_{2k}$  обозначены соответственно правыя части асимптотическихъ равенствъ (191) и (239).

Остановимся сперва на доказательствѣ первой части положенія. Разсмотримъ для этой цѣли интегралъ  $\eta'_{1kps}$  (74), представляющій продолженіе интеграла  $\zeta_{1kps}$ . При помощи подстановки (98) этотъ интегралъ приведется къ слѣдующему виду:

$$\begin{aligned} \eta'_{1kps} &= \\ &= 2 A (\sqrt{x})^{-\nu-\frac{1}{2}} e^{-2a_k \sqrt{x}} \int_{+\infty \bar{\sigma}_{kps}}^{(0)} e^{-2\eta \sqrt{x}} \eta^{A_k-1} d\eta \end{aligned} \quad (242)$$

$$\int_{-\infty}^{(0)} e^{\tau} \tau^{\nu-\frac{1}{2}} \Phi\left(\eta, \frac{\tau}{\sqrt{x}}\right) d\tau,$$

гдѣ

$$\bar{\sigma}_{kps} = e^{(\omega_{kps} + \omega'_{kps})i}. \quad (242')$$

Оперируя надъ интеграломъ (242) буквально такъ, какъ это мы дѣлали съ интеграломъ (99), придемъ къ слѣдующему результату:

$$\begin{aligned} \eta'_{1kps} &= \\ &= \frac{e^{\pi A_k i} A (\sqrt{x})^{-\nu-A_k-\frac{1}{2}} e^{-2a_k \sqrt{x}}}{2^{A_k-1}} \end{aligned} \quad (243)$$

$$\left[ \sum_{p=0}^m \frac{(-1)^p}{(2\sqrt{x})^p} \sum_{q=0}^p (-2)^q A_{p-q}^{(k)} \bar{\Gamma}(\nu+q+\frac{1}{2}) \bar{\Gamma}(A_k+p-q) + \frac{\alpha_{km}^{(ps)}}{(\sqrt{x})^m} \right].$$

При этомъ функція  $\alpha_{km}^{-(ps)}$  съ возрастаніемъ  $|x|$ , начиная съ пѣкотораго значенія этого модуля, равномерно стремится къ нулю, если  $\varphi = \arg x$  не выходитъ изъ области, опредѣляемой неравенствами (66). Такъ какъ въ области  $\Pi_{kps}$  сохраняется сила равенство (76), то, приравнивая правыя части соотношеній (187) и (243), придемъ къ результату:

$$\alpha_{km}^{-(ps)} = \alpha_{km}^{(ps)}. \quad (244)$$

А посему функціи  $\alpha_{km}^{-(ps)}$  и  $\alpha_{km}^{(ps)}$  представляютъ взаимныя продолженія. Въ силу этого, изъ равенства (243) заключаемъ:

$$\eta'_{1kps} \infty S_{1k}. \quad (245)$$

Это асимптотическое равенство имѣетъ мѣсто для всѣхъ значеній  $\arg x$ , заключенныхъ въ границахъ (66). Разсуждая въ томъ же направленіи надъ каждымъ двумя послѣдовательными продолженіями интеграла  $\zeta_{1kps}$ , въ концѣ концовъ убѣдимся, что всѣ эти продолженія имѣютъ своимъ асимптотическимъ представленіемъ  $S_{1k}$ ; другими словами, имѣетъ мѣсто равенство (240). Разсуждая такимъ же образомъ надъ каждымъ двумя послѣдовательными продолженіями интеграла  $\zeta_{2kps}$ , докажемъ справедливость асимптотическаго равенства (241).

Пользуясь теперь результатами § 3, можно найти асимптотическія представленія и для продолженій функцій  $Z_{1kps}$  и  $Z_{2kps}$ . Такъ, если (въ случаѣ чер. 9) области  $\Sigma_{1ks\sigma}$  и  $\Sigma_{1sq\tau}$  содержатъ область  $\Sigma'$ , которая выходитъ изъ области  $\Sigma_{1kps}$ , то продолженіе функціи  $Z_{1kps}$  въ области  $\Sigma'$ , или  $\bar{Z}_{1kps}$ , имѣетъ слѣдующее асимптотическое представленіе:

$$\bar{Z}_{1kps} \infty e^{-2\pi A_s i} S_{1k} + e^{-2\pi A_s i} \left( e^{-2\pi A_k i} - 1 \right) S_{1s}. \quad (246)$$

Равнымъ образомъ, если областямъ  $\Sigma_{2ks\sigma}$  и  $\Sigma_{2sq\tau}$  принадлежитъ область  $\Sigma''$ , не содержащаяся въ области  $\Sigma_{2kps}$ , то продолженіе функціи  $Z_{2kps}$  въ области  $\Sigma''$ , или  $\bar{Z}_{2kps}$ , асимптотически можетъ быть представлено такъ:

$$\bar{Z}_{2kps} \infty e^{-2\pi A_s i} S_{2k} + e^{-2\pi A_s i} \left( e^{-2\pi A_k i} - 1 \right) S_{2s}. \quad (247)$$



Далѣ, пусть (въ случаѣ чер. 10) областямъ  $\Sigma_{1ks\sigma}$ ,  $\Sigma_{1t\rho}$  и  $\Sigma_{1st\tau}$  принадлежитъ область  $S'$ , не содержащаяся въ области  $\Sigma_{1kps}$ . Назовемъ черезъ  $\bar{Z}_{1kps}$  продолженіе функции  $Z_{1kps}$  въ области  $S'$ . Тогда можемъ написать:

$$\begin{aligned} \bar{Z}_{1kps} \infty \\ \infty e^{-2\pi A_t i} \left[ \left( e^{2\pi A_k i} - 1 \right) S_{1t} + e^{-2\pi A_s i} \left( e^{2\pi A_k i} - 1 \right) S_{1s} + \right. \\ (248) \\ \left. + e^{-2\pi A_s i} S_{1k} \right]. \end{aligned}$$

Предположимъ также, что областямъ  $\Sigma_{2ks\sigma}$ ,  $\Sigma_{2t\rho}$  и  $\Sigma_{2st\tau}$  принадлежитъ общая область  $S''$ , выходящая изъ области  $\Sigma_{2kps}$ . Обозначимъ черезъ  $\bar{Z}_{2kps}$  продолженіе функции  $Z_{2kps}$  въ области  $S''$ . Будемъ имѣть:

$$\begin{aligned} \bar{Z}_{2kps} \infty \\ \infty e^{-2\pi A_t i} \left[ \left( e^{2\pi A_k i} - 1 \right) S_{2t} + e^{-2\pi A_s i} \left( e^{2\pi A_k i} - 1 \right) S_{2s} + \right. \\ (249) \\ \left. + e^{-2\pi A_s i} S_{2k} \right]. \end{aligned}$$

Изъ асимптотическихъ равенствъ (240) и (241) слѣдуетъ, что

$$\begin{aligned} Z_{1kps} = \bar{A} (V\bar{x})^{-\nu - A_k - \frac{1}{2}} e^{-2\alpha_k V\bar{x}} \left[ 1 + \varepsilon_{1kps}^0 \right]; \\ (250) \\ Z_{2kps} = \bar{B} (V\bar{x})^{-\nu - A_k - \frac{1}{2}} e^{+2\alpha_k V\bar{x}} \left[ 1 + \varepsilon_{2kps}^0 \right], \end{aligned}$$

гдѣ

$$\overline{A} = \frac{e^{\pi A_k i} A_{o,o}^{(k)} A \overline{\Gamma}(A_k) \overline{\Gamma}(\nu + \frac{1}{2})}{2^{A_k - 1}}; \quad (251)$$

$$\overline{B} = \frac{A_{o,o}^{(k)} B \overline{\Gamma}(A_k) \overline{\Gamma}(\nu + \frac{1}{2})}{2^{A_k - 1}}.$$

Замѣтимъ, что функція  $\varepsilon_{1kps}^{\circ}$  съ возрастаніемъ  $|x|$ , начиная съ нѣкотораго значенія этого модуля, равномерно стремится къ нулю, если  $\varphi$  не выходитъ изъ области, опредѣляемой неравенствами (79). Такимъ же свойствомъ обладаетъ и функція  $\varepsilon_{2kps}^{\circ}$ , если  $\varphi$  содержится въ области (80). Обозначимъ далѣе черезъ  $R_o$  такое положительное число, чтобы для  $|x| \geq R_o$  имѣло мѣсто въ рассматриваемой области измѣняемости переменнаго  $\varphi$ :

$$|\varepsilon_{1kps}^{\circ}| < 1. \quad (252)$$

Тогда при такихъ значеніяхъ  $|x|$  можемъ написать:

$$|1 + \varepsilon_{1kps}^{\circ}| > 1 - |\varepsilon_{1kps}^{\circ}| > 0. \quad (253)$$

Значитъ для рассматриваемыхъ значеній переменнаго  $x$  функція  $1 + \varepsilon_{1kps}^{\circ}$  не можетъ обратиться въ нуль. А такъ какъ функція  $(\sqrt{x})^{-\nu - A_k - \frac{1}{2}}$   $e^{-\alpha_k \sqrt{x}}$  изъ рассматриваемыхъ значеній  $x$  можетъ обратпться въ нуль только для  $x = +\infty e^{\varphi i}$ , то мы можемъ высказать такое положеніе: функція  $Z_{1kps}$  въ области (79) въ смежности съ точкой  $x = \infty$  не имьетъ нулей. Такимъ же образомъ можно обнаружить, что и функція  $Z_{2kps}$  въ области (80) въ смежности съ точкой  $x = \infty$  не имьетъ нулей. Въ самомъ дѣлѣ, обозначимъ черезъ  $R_1^{\circ}$  такое положительное число, что для  $|x| \geq R_1^{\circ}$  въ рассматриваемой области измѣняемости переменнаго  $\varphi$  сохраняетъ силу неравенство:

$$|\varepsilon_{2kps}^{\circ}| < 1. \quad (254)$$

Значитъ, для разсматриваемыхъ значенийъ переменнаго  $x$  функция  $1 + \varepsilon_{2kps}^0$  не обращается въ нуль. Что же касается до функции  $(\sqrt{x})^{-\nu - A_k - \frac{1}{2}} e^{+\alpha_k \sqrt{x}}$ , то изъ разсматриваемыхъ значенийъ  $x$  она можетъ обратиться въ нуль только для  $x = +\infty e^{\varphi i}$ . А посему высказанное положеніе справедливо.

Остановимся теперь на доказательствѣ слѣдующаго положенія: *функция  $x^n \frac{d^n \alpha_{km}^{(ps)}}{dx^n}$ , гдѣ  $n$  есть любое цѣлое положительное число, съ безграничнымъ возрастаніемъ  $|x|$ , начиная съ нѣкотораго значенія этого модуля, равномерно стремится къ нулю, если  $\varphi$  не выходитъ изъ области (62). Этимъ же свойствомъ обладаетъ и функция  $x^n \frac{d^n \beta_{km}^{(ps)}}{dx^n}$ , если  $\varphi$  содержится въ области (63).*

Обнаружимъ сперва справедливость первой части положенія. Изъ соотношенія (186) находимъ:

$$(255) \quad \alpha_{km}^{(ps)} = 2^{A_k} e^{-\pi A_k i} (\sqrt{x})^{A_k + m} J_{km},$$

или, въ виду второго изъ соотношеній (105):

$$(256) \quad \alpha_{km}^{(ps)} = 2^{A_k} e^{-\pi A_k i} (\sqrt{x})^{A_k + m} \int_{+\infty \sigma_{kps}}^{(0)} e^{-2\eta \sqrt{x}} \eta^{A_k - 1} d\eta \int_{-\infty}^{(0)} e^{\tau} \tau^{\nu - \frac{1}{2}} R_m^{(k)} d\tau.$$

Взявъ производную по  $x$  отъ обѣихъ частей равенства (256), получимъ:

$$(257) \quad \begin{aligned} \frac{d\alpha_{km}^{(ps)}}{dx} &= \frac{m + A_k}{2x} \alpha_{km}^{(ps)} - \\ &- 2^{A_k} e^{-\pi A_k i} (\sqrt{x})^{A_k + m - 1} \int_{+\infty \sigma_{kps}}^{(0)} e^{-2\eta \sqrt{x}} \eta^{A_k} d\eta \int_{-\infty}^{(0)} e^{\tau} \tau^{\nu - \frac{1}{2}} R_m^{(k)} d\tau + \\ &+ 2^{A_k} e^{-\pi A_k i} (\sqrt{x})^{m + A_k} \int_{+\infty \sigma_{kps}}^{(0)} e^{-2\eta \sqrt{x}} \eta^{A_k - 1} d\eta \int_{-\infty}^{(0)} e^{\tau} \tau^{\nu - \frac{1}{2}} \frac{dR_m^{(k)}}{dx} d\tau. \end{aligned}$$

Но имѣемъ:

$$\frac{dR_m^{(k)}}{dx} = - \frac{\tau}{2x} \frac{dR_m^{(k)}}{d\tau} \quad (258)$$

Въ виду формулы (258), соотношеніе (257) представимъ слѣдующимъ образомъ:

$$\begin{aligned} \frac{d\alpha_{km}^{(ps)}}{dx} &= \frac{m+A_k}{2x} \alpha_{km}^{(ps)} - \\ &- 2 \frac{e^{-\pi A_k i}}{e^{A_k}} (Vx)^{m+A_k-1} \int_{+\infty\sigma_{kps}}^{(0)} e^{-2\eta Vx} \eta^{A_k} d\eta \int_{-\infty}^{(0)} e^{\tau} \tau^{\nu-\frac{1}{2}} R_m^{(k)} d\tau - \\ &- 2 \frac{e^{-\pi A_k i}}{e^{A_k-1}} (Vx)^{m+A_k} \int_{+\infty\sigma_{kps}}^{(0)} e^{-2\eta Vx} \eta^{A_k-1} d\eta \int_{-\infty}^{(0)} e^{\tau} \tau^{\nu+\frac{1}{2}} \frac{dR_m^{(k)}}{d\tau} d\tau. \end{aligned} \quad (259)$$

Далѣе, при помощи интегрированія по частямъ убѣждаемся въ справедливости слѣдующихъ равенствъ:

$$\begin{aligned} &\int_{+\infty\sigma_{kps}}^{(0)} e^{-2\eta Vx} \eta^{A_k} d\eta \int_{-\infty}^{(0)} e^{\tau} \tau^{\nu-\frac{1}{2}} R_m^{(k)} d\tau = \\ &= \frac{A_k}{2Vx} \int_{+\infty\sigma_{kps}}^{(0)} e^{-2\eta Vx} \eta^{A_k-1} d\eta \int_{-\infty}^{(0)} e^{\tau} \tau^{\nu-\frac{1}{2}} R_{2m}^{(k)} d\tau + \\ &+ \frac{1}{2Vx} \int_{+\infty\sigma_{kps}}^{(0)} e^{-2\eta Vx} \eta^{A_k} d\eta \int_{-\infty}^{(0)} e^{\tau} \tau^{\nu-\frac{1}{2}} \frac{dR_m^{(k)}}{d\eta} d\tau; \\ &\int_{-\infty}^{(0)} e^{\tau} \tau^{\nu+\frac{1}{2}} \frac{dR_m^{(k)}}{d\tau} d\tau = \\ &= - \int_{-\infty}^{(0)} e^{\tau} \tau^{\nu+\frac{1}{2}} R_m^{(k)} d\tau - (\nu+\frac{1}{2}) \int_{-\infty}^{(0)} e^{\tau} \tau^{\nu-\frac{1}{2}} R_m^{(k)} d\tau. \end{aligned} \quad (260)$$

Принимая во вниманіе формулы (260), а также обозначеніе (256), представимъ соотношеніе (259) слѣдующимъ образомъ:

$$(261) \quad x \frac{d\alpha_{km}^{(ps)}}{dx} = \frac{m + \nu + \frac{1}{2}}{2} \alpha_{km}^{(ps)} + \frac{\gamma_{km}^{(ps)}}{2},$$

гдѣ

$$(262) \quad \begin{aligned} & \gamma_{km}^{(ps)} = \\ & = 2^{A_k} e^{-\pi A_k i} (Vx)^{A_k+m} \int_{+\infty \sigma_{kps}}^{(o)} e^{-2\eta Vx} \tau_i^{A_k-1} d\tau_i \end{aligned}$$

$$\int_{-\infty}^{(o)} e^{\tau} \tau^{\nu-\frac{1}{2}} T_m^{(k)} d\tau;$$

при чемъ

$$(263) \quad T_m^{(k)} = \tau R_m^{(k)} - \eta \frac{dR_m^{(k)}}{d\eta}.$$

Въ виду состава (263) функции  $T_m^{(k)}$ , къ интегралу  $\gamma_{km}^{(ps)}$  дословно прихлѣняется процессъ разсужденій, при помощи котораго мы вычислили въ § 4 интегралъ  $\alpha_{km}^{(ps)}$  (256). Не желая поэтому повторять выкладокъ, мы выскажемъ лишь слѣдующее заключеніе: функция  $\gamma_{km}^{(ps)}$  съ возрастаніемъ  $|x|$ , начиная съ пѣкотораго значенія этого модуля, равномерно стремится къ нулю, если  $argx$  не выходитъ изъ границъ (62). Далѣе такимъ же путемъ находимъ:

$$(264) \quad x \frac{d\delta_{km}^{(ps)}}{dx} = \frac{m + \nu + \frac{1}{2}}{2} \delta_{km}^{(ps)} + \frac{\delta_{km}^{(ps)}}{2},$$

гдѣ

$$(265) \quad \begin{aligned} & \delta_{km}^{(ps)} = \\ & = 2^{A_k} e^{-\pi A_k i} (Vx)^{A_k+m} \int_{+\infty \sigma_{kps}}^{(o)} e^{-2\eta Vx} \tau_i^{A_k-1} d\tau_i \int_{-\infty}^{(o)} e^{\tau} \tau^{\nu-\frac{1}{2}} T_{1m}^{(k)} d\tau; \end{aligned}$$

при чемъ

$$T_{,m}^{(k)} = \tau T_m^{(k)} - \gamma \frac{dT_m^{(k)}}{d\gamma}. \quad (266)$$

Въ силу состава (266) функции  $T_{,m}^{(k)}$ , для вычисления интеграла  $\delta_{km}^{(ps)}$  приѣмается дословно тотъ же процессъ разсуждений, какъ и для вычисления  $\alpha_{km}^{(ps)}$  и  $\gamma_{km}^{(ps)}$ ; при чемъ получается тотъ же результатъ: функция  $\delta_{km}^{(ps)}$  съ безграничнымъ возрастаніемъ  $|x|$ , начиная съ нѣкотораго значенія этого модуля, равномерно стремится къ нулю, если  $\varphi$  содержится въ области (62). Потомъ найдемъ:

$$x \frac{d\delta_{km}^{(ps)}}{dx} = \frac{m+\nu+\frac{1}{2}}{2} \delta_{km}^{(ps)} + \bar{\delta}_{km}^{(ps)}, \quad (267)$$

гдѣ функция  $\bar{\delta}_{km}^{(ps)}$  обладаетъ вышеуказаннымъ свойствомъ функций  $\alpha_{km}^{(ps)}$ ,  $\gamma_{km}^{(ps)}$  и  $\bar{\delta}_{km}^{(ps)}$ . Продолжая оперировать въ томъ же направленіи, мы получимъ какое-угодно число равенствъ, аналогичныхъ соотношеніямъ (261), (264) и (267). На основаніи равенства (261) заключаемъ, что функция  $x \frac{d\alpha_{km}^{(ps)}}{dx}$  съ возрастаніемъ  $|x|$ , начиная съ нѣкотораго значенія этого модуля, равномерно стремится къ нулю, если  $argx$  не выходитъ изъ границъ (62). Далѣе, взявъ производную по  $x$  отъ обѣихъ частей равенства (261) и принимая во вниманіе соотношеніе (264), будемъ имѣть:

$$x^2 \frac{d^2\alpha_{km}^{(ps)}}{dx^2} = \frac{m+\nu-\frac{3}{2}}{2} x \frac{d\alpha_{km}^{(ps)}}{dx} + \frac{m+\nu+\frac{1}{2}}{4} \gamma_{km}^{(ps)} + \frac{\delta_{km}^{(ps)}}{4}. \quad (268)$$

Отсюда заключаемъ, что тѣмъ же свойствомъ обладаетъ функция  $x^2 \frac{d^2\alpha_{km}^{(ps)}}{dx^2}$ . Взявъ потомъ производную отъ обѣихъ частей соотношенія (268) и имѣя въ виду равенство (267), получимъ результатъ, изъ котораго будемъ въ правѣ сдѣлать выводъ, что этимъ свойствомъ обладаетъ функция  $x^3 \frac{d^3\alpha_{km}^{(ps)}}{dx^3}$ . Такимъ же путемъ можемъ убѣдиться, что

тракуемымъ свойствомъ обладаютъ функція  $x^4 \frac{d^4 \alpha_{km}^{(ps)}}{dx^4}$ ,  $x^5 \frac{d^5 \alpha_{km}^{(ps)}}{dx^5}$  и т. д. Примѣняя буквально тотъ же самый процессъ разсужденій къ интегралу:

$$(269) \beta_{km}^{(ps)} = 2^{A_k} (\sqrt{x})^{A_k+m} \int_{+\infty \mp kps}^{(0)} e^{+2\gamma \sqrt{x}} \gamma_i^{A_k-1} d\gamma_i \int_{-\infty}^{(0)} e^{\tau \sqrt{x} - \frac{1}{2}} \rho_m^{(k)} d\tau,$$

обнаружимъ справедливость также второй части положенія.

Докажемъ теперь, что асимптотическія равенства (191) и (239) можно дифференцировать по  $x$  любое число разъ. Будемъ исходить изъ соотношенія (187). Взявъ отъ обѣихъ его частей производную  $n$ -го порядка по  $x$ , получимъ:

$$\begin{aligned} \frac{d^n \zeta_{kps}}{dx^n} &= \frac{A e^{\pi A_k i}}{2^{A_k-1}} \sum_{s=0}^n [n]_s \vartheta_{ks} x^{-s} \\ & \left[ \sum_{p=1}^m \frac{(-1)^p \left(\frac{p}{2}\right)_s}{(2\sqrt{x})^p} \sum_{q=0}^p (-2)^q A_{p-q,q}^{(k)} \Gamma(A_k+p-q) \bar{\Gamma}(v+q+\frac{1}{2}) + \right. \\ (270) \quad & \left. + \frac{1}{(\sqrt{x})^m} \sum_{p=0}^s [s]_p \left(-\frac{m}{2}\right)_p x^{s-p} \frac{d^{s-p} \alpha_{km}^{(ps)}}{dx^{s-p}} \right], \end{aligned}$$

гдѣ

$$(271) \quad \vartheta_{ks} = \frac{d^{n-s} \left[ (\sqrt{x})^{-\nu-A_k-\frac{1}{2}} e^{-2\sigma_k \sqrt{x}} \right]}{dx^{n-s}}.$$

Такъ какъ по доказанному  $x^{s-p} \frac{d^{s-p} \alpha_{km}^{(ps)}}{dx^{s-p}}$  съ возрастаніемъ  $|x|$ , начиная съ нѣкотораго значенія этого модуля, равномерно стремится къ нулю, если  $argx$  не выходитъ изъ границъ (62), то, при одинаковыхъ условіяхъ, тѣмъ же свойствомъ обладаетъ и сумма  $\sum_{k=0}^s [s]_p \left(-\frac{m}{2}\right)_p$

$x^{s-p} \frac{d^{s-p} \alpha_{km}^{(ps)}}{dx^{s-p}}$  при любомъ конечномъ  $m$ . А посему можемъ написать:

## О СУТОЧНОМЪ ХОДѢ метеорологическихъ элементовъ въ Варшавѣ.

В. Эренфейхта.

---

Въ 1896 году мною были вычислены и въ протоколахъ Варшавскаго Общества Естествоиспытателей напечатаны среднія ежечасныя показанія четырехъ метеорологическихъ элементовъ по кривымъ самопишущихъ приборовъ за 1893—95 г.г. Но при этомъ оказалось, что трехлѣтній періодъ слишкомъ недостаточенъ для вывода правильнаго суточного хода, обуславливаемого дѣйствіемъ солнца. Вліяніе различныхъ возмущающихъ причинъ проявилось очень сильно и обнаружилось между прочимъ въ слѣдующемъ: во первыхъ, суточный ходъ для нѣкоторыхъ мѣсяцевъ получился настолько неправильный, что для вывода суточныхъ максимумовъ и минимумовъ нужно было непосредственные результаты предварительно сгладить; во вторыхъ, среднія значенія элемента для даннаго часа дня измѣнились отъ одного мѣсяца къ другому не непрерывно; въ третьихъ, всѣ суточныя амплитуды въ Іюнь оказались меньше, чѣмъ въ Маѣ и Іюлѣ, между тѣмъ какъ слѣдовало ожидать какъ разъ противнаго вѣдствіе наибольшей инсоляціи въ Іюнь.

Все это побудило меня вывести суточный ходъ метеорологическихъ элементовъ вторично на основаніи шестилѣтнихъ записей, для чего и воспользовался метеорологическими таблицами за 1893—1898 года, изданными метеорологической станціей при Варшавской Астрономической



Обсерваторіи и напечатаннымъ въ „Варшавскихъ Университетскихъ Извѣстіяхъ“.

Ниже помѣщенъ суточный ходъ нѣкоторыхъ метеорологическихъ элементовъ, освобожденный по общепринятому способу отъ годичнаго хода. Далѣе, найдены времена наступленія и величины суточныхъ максимумовъ и минимумовъ; для этой цѣли небольшая часть суточного хода около максимума или минимума была представлена тремя членами интерполиціонной формулы Ганзена

$$e = e_0 + (t - t_0) \Delta e_0 + \frac{1}{2} (t - t_0)^2 \Delta^2 e_0.$$

Здѣсь  $e_0$  обозначаетъ значеніе элемента для времени  $t_0$ , помѣщеннаго въ таблицѣ и ближайшаго къ моменту максимума или минимума; такъ какъ значенія метеорологическихъ элементовъ даны въ таблицѣхъ для начала каждаго часа, а  $t$  выражалось въ часахъ, то разность  $t - t_0$  не могла превзойти по абсолютной величинѣ половину. Далѣе,  $\Delta e_0$  обозначаетъ полусумму двухъ первыхъ разностей, въ которыхъ входитъ  $e_0$ , а  $\Delta^2 e_0$  ихъ полуразность. Время наступленія и величина максимума и минимума опредѣлялись на основаніи предыдущаго выраженія для  $e$  по обычнымъ правиламъ и вычислялись по формуламъ

$$t_m = t_0 - \frac{\Delta e_0}{\Delta^2 e_0},$$

$$e_m = e_0 + \frac{1}{2} \Delta e_0 (t_m - t_0).$$

**Барометръ.** Суточный ходъ барометра выведенъ по записямъ барографа Ришара.

Т А Б Л И Ц А.

(Уклоненія отъ среднихъ суточныхъ для различныхъ мѣсяцевъ въ миллиметрахъ).

	Январь	Февраль	Мартъ	Апрѣль	Май	Іюнь	Іюль	Августъ	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1	-0.01	0.08	0.13	0.13	0.13	0.18	0.17	0.14	0.08	0.04	0.16	0.08
2	-0.01	0.01	0.04	0.04	0.08	0.14	0.12	0.07	0.04	0.00	0.13	0.07
3	-0.02	-0.10	-0.10	-0.04	0.02	0.10	0.06	0.04	-0.02	-0.07	0.05	0.00
4	-0.10	-0.10	-0.17	-0.08	0.01	0.12	0.08	0.00	-0.08	-0.09	-0.05	-0.11
5	-0.18	-0.18	-0.19	-0.08	0.08	0.18	0.13	0.05	-0.09	-0.11	-0.11	-0.20

	Январь	Февраль	Мартъ	Апрель	Май	Июнь	Июль	Августъ	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
6	-0.20	-0.18	-0.16	0.00	0.16	0.24	0.18	0.10	-0.02	-0.10	-0.14	-0.22
7	-0.11	-0.09	-0.05	0.08	0.25	0.31	0.24	0.16	0.08	0.00	-0.10	-0.16
8	0.02	0.01	0.00	0.13	0.25	0.31	0.26	0.20	0.15	0.13	-0.01	-0.07
9	0.17	0.10	0.07	0.18	0.27	0.30	0.25	0.23	0.23	0.22	0.06	0.05
10	0.23	0.16	0.10	0.20	0.26	0.27	0.22	0.24	0.27	0.24	0.13	0.15
11	0.24	0.17	0.11	0.18	0.20	0.22	0.16	0.19	0.25	0.24	0.11	0.14
полдень	0.09	0.09	0.09	0.08	0.12	0.12	0.07	0.11	0.19	0.13	-0.05	0.01
1	-0.11	-0.01	-0.02	0.00	0.01	-0.03	-0.02	0.02	0.07	-0.02	-0.15	-0.14
2	-0.16	-0.13	-0.12	-0.12	-0.14	-0.19	-0.14	-0.11	-0.09	-0.11	-0.26	-0.19
3	-0.12	-0.19	-0.20	-0.24	-0.31	-0.34	-0.25	-0.25	-0.25	-0.20	-0.25	-0.15
4	-0.07	-0.18	-0.22	-0.32	-0.38	-0.43	-0.37	-0.34	-0.33	-0.25	-0.21	-0.10
5	-0.01	-0.12	-0.20	-0.36	-0.45	-0.52	-0.44	-0.40	-0.35	-0.21	-0.11	0.00
9	0.02	0.00	-0.08	-0.29	-0.45	-0.54	-0.45	-0.41	-0.30	-0.10	-0.04	0.04
7	0.05	0.07	0.08	-0.14	-0.33	-0.43	-0.38	-0.29	-0.16	-0.04	0.03	0.08
8	0.06	0.09	0.17	0.05	-0.14	-0.28	-0.25	-0.11	-0.02	0.00	0.09	0.11
9	0.08	0.14	0.20	0.14	0.04	-0.04	-0.04	0.01	0.04	0.06	0.17	0.17
10	0.07	0.16	0.20	0.16	0.08	0.05	0.07	0.08	0.10	0.09	0.19	0.18
11	0.07	0.16	0.19	0.17	0.11	0.12	0.15	0.12	0.12	0.08	0.20	0.17
полночь	0.01	0.14	0.17	0.17	0.14	0.17	0.19	0.13	0.11	0.07	0.18	0.12

## II ТАБЛИЦА.

(Тѣ же уклоненія для различныхъ временъ года).

	Зима	Весна	Лѣто	Осень	Годъ
1	0.05	0.13	0.16	0.09	0.11
2	0.02	0.05	0.11	0.06	0.06
3	-0.04	-0.04	0.07	-0.01	-0.01
4	-0.13	-0.08	0.07	-0.07	-0.04
5	-0.19	-0.06	0.12	-0.10	-0.06
6	-0.20	0.00	0.17	-0.09	-0.03
7	-0.12	0.09	0.24	-0.01	0.05
8	-0.01	0.13	0.26	0.09	0.12
9	0.11	0.17	0.26	0.17	0.18
10	0.18	0.19	0.24	0.21	0.21
11	0.18	0.16	0.19	0.20	0.18
полдень	0.06	0.10	0.10	0.09	0.09
1	-0.09	0.00	-0.01	-0.03	-0.03
2	-0.16	-0.13	-0.15	-0.15	-0.15
3	-0.15	-0.25	-0.28	-0.23	-0.23
4	-0.12	-0.31	-0.38	-0.26	-0.27
5	-0.04	-0.34	-0.45	-0.22	-0.26
6	0.02	-0.27	-0.47	-0.15	-0.22
7	0.07	-0.13	-0.37	-0.06	-0.12
8	0.09	0.03	-0.21	0.02	-0.02
9	0.13	0.13	-0.02	0.09	0.08
10	0.14	0.15	0.07	0.13	0.12
11	0.13	0.16	0.13	0.13	0.14
полночь	0.09	0.16	0.16	0.12	0.13

**III ТАБЛИЦА.**  
(величина и время максимума и минимума).

	НОЧНЫЕ				ДНЕВНЫЕ				Амплитуда.			Суточн. ампл.
	Максимумъ		Минимумъ		Максимумъ		Минимумъ		Ночная	Дневная	Средняя	
	мм	ч	мм	т	мм	т	мм	т				
		ч		ч								
Январь . . . . .	0.08	9.2	-0.21	5.7	0.25	10.6	-0.16	2.1	0.29	0.41	0.35	0.46
Февраль . . . . .	0.16	10.5	-0.20	4.4	0.18	10.6	-0.20	3.4	0.36	0.38	0.37	0.38
Мартъ . . . . .	0.20	9.5	-0.19	4.9	0.11	10.8	-0.22	4.0	0.39	0.33	0.36	0.42
Апрѣль . . . . .	0.17	11.5	-0.08	4.5	0.20	10.0	-0.36	4.0	0.25	0.56	0.40	0.50
Май . . . . .	0.14	12.4	0.00	3.6	0.27	9.2	-0.46	5.5	0.14	0.73	0.43	0.73
Июнь . . . . .	0.18	12.5	0.10	3.2	0.31	7.5	-0.55	5.7	0.08	0.86	0.47	0.86
Июль . . . . .	0.19	12.2	0.06	3.2	0.26	8.2	-0.46	5.6	0.13	0.72	0.42	0.72
Августъ . . . . .	0.15	12.6	0.00	3.9	0.24	9.7	-0.42	5.6	0.15	0.66	0.40	0.66
Сентябрь . . . . .	0.12	11.2	-0.10	4.6	0.27	10.2	-0.35	4.8	0.22	0.62	0.42	0.62
Октябрь . . . . .	0.09	10.2	-0.11	5.2	0.25	10.5	-0.25	3.9	0.20	0.50	0.35	0.50
Ноябрь . . . . .	0.20	10.8	-0.14	5.9	0.13	10.3	-0.27	2.4	0.34	0.40	0.37	0.47
Декабрь . . . . .	0.18	10.0	-0.22	5.8	0.16	10.4	-0.19	2.1	0.40	0.35	0.37	0.40
Зима . . . . .	0.14	10.0	-0.21	5.6	0.10	10.5	-0.17	2.4	0.35	0.36	0.36	0.40
Весна . . . . .	0.16	11.5	-0.08	4.2	0.19	9.9	-0.34	4.8	0.24	0.53	0.38	0.53
Лѣто . . . . .	0.16	12.5	0.06	3.5	0.26	8.5	-0.48	5.7	0.10	0.74	0.42	0.74
Осень . . . . .	0.14	10.5	-0.10	5.2	0.21	10.3	-0.26	3.9	0.24	0.47	0.36	0.47
Годъ . . . . .	0.14	11.2	-0.06	4.9	0.21	10.0	-0.27	4.3	0.20	0.48	0.34	0.48

Разсматривая эти таблицы, мы видимъ, что оба колебанія барометра въ теченіе сутокъ, т. е. оба максимума и оба минимума обозначились хорошо въ каждомъ мѣсяцѣ. Разность между ночнымъ максимумомъ и утреннимъ минимумомъ принята за ночную амплитуду; разность между послѣдующими максимумомъ и минимумомъ за дневную амплитуду. Какъ видно изъ III таблицы, обѣ амплитуды въ теченіе года измѣняются, но ихъ полусумма должна быть, какъ извѣстно, постоянна; предпоследній столбецъ III таблицы указываетъ на то, въ какой степени этотъ законъ оправдывается для Варшавы; изъ него видно, что эта полусумма имѣетъ несомнѣнный годичный ходъ. Изъ III таблицы видимъ, что времена наступленія максимума и минимума барометра въ теченіе года измѣняются и промежутокъ времени отъ утренняго минимума до вечерняго, т. е. продолжительность дневнаго колебанія находится въ тѣсной зависимости

отъ продолжительности дня, какъ это видно изъ слѣдующаго сопоставленія:

IV ТАБЛИЦА.

	Продолжит. дневнаго колеб.	Продолжит. дня.
	ч	
Январь . . .	8.4	8.1
Февраль . . .	11.0	8.9
Мартъ . . .	11.1	12.1
Апрѣль . . .	12.4	14.0
Май . . .	13.9	15.7
Июнь . . .	14.5	16.6
Июль . . .	14.4	16.2
Августъ . . .	13.7	14.6
Сентябрь . . .	12.2	12.6
Октябрь . . .	10.7	10.6
Ноябрь . . .	8.5	8.7
Декабрь . . .	8.3	7.7
Годъ . . .	11.4	12.2

Кромѣ двухъ обычныхъ суточныхъ колебаній барометра наблюдается въ нѣкоторыхъ мѣстахъ зимою послѣ полуночи еще третье колебаніе съ незначительною амплитудою около 0.1 миллиметра. По имѣющимся наблюденіямъ въ Варшавѣ третій максимумъ констатировать трудно. Изъ таблицы I видно, что въ Январѣ дѣйствительно существуетъ нѣкоторая неправильность въ суточномъ ходѣ барометра между 1 и 4 часами ночи, которая можетъ намекнуть на присутствіе тамъ второстепеннаго минимума и максимума, но категорически можно сказать, что третьей суточной осцилляціи барометра съ амплитудою около 0,1 миллим. въ Варшавѣ безусловно нѣтъ. Для ближайшаго рѣшенія этого вопроса слѣдовало бы знать показанія барометра между 12 и 4 часами ночи черезъ каждые полчаса, но соответственные данныя не опубликованы.

Для изученія суточного хода метеорологическихъ элементовъ не только около моментовъ максимума и минимума, но и во всѣхъ деталяхъ представляютъ его иногда интерполяціонною формулою Бесселя

$$e = e_0 + e_1 \sin(t + E_1) + e_2 \sin(2t + E_2) + \dots$$

Для суточного хода барометра формула эта имѣетъ громадное значеніе въ томъ отношеніи, что отдѣльные члены ея, по крайней мѣрѣ пер-

вые два периодических члена имѣютъ несомнѣнно физическое значеніе. Понимая подъ  $b$  ежечасныя уклоненія барометра отъ средней суточной, получаемъ согласно формулъ Бесселя

$$b = b_1 \sin(t + B_1) + b_2 \sin(2t + B_2).$$

Здѣсь подъ  $t$  будемъ понимать время, считаемое отъ мѣстной полуночи и выраженное въ градусахъ, считая по  $15^\circ$  на часъ. На основаніи данныхъ таблицы II для постоянныхъ  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $B_1$  и  $B_2$  получаемъ слѣдующія значенія:

Т А Б Л И Ц А.

(постоянныя Бесселевой формулы для суточного хода барометра).

	$b_1$	$b_2$	$B_1$	$B_2$
Зима . .	0.04	0.14	0	0
Весна . .	0.12	0.19	20.5	137.8
Лѣто . .	0.28	0.17	4.7	126.8
Осень . .	0.08	0.17	23.3	137.4
Годъ . .	0.11	0.17	16.3	137.0

Значеніе  $B_1$  для зимы очевидно мало падежно вѣдѣствіе малости соответственной амплитуды  $b_1$ .

Извѣстно, что полусуточное колебаніе барометра, выражаемое членомъ  $b_2 \sin(2t + B_2)$  очень мало измѣняется по временамъ года и таблица V указываетъ на то, въ какой степени законъ этотъ оправдывается для Варшавы. Мало того, коэффициентъ  $b_2$  почти не зависитъ ни отъ мѣстныхъ условій ни отъ географической долготы, а измѣняется главнымъ образомъ только съ широтой мѣста. Зависимость  $b_2$  отъ широты представляется, напр., по Ханну слѣдующимъ образомъ:

$$b_2 = (0.92 - 0.495 \sin^2\varphi) \cos^2\varphi.$$

Эта формула даетъ, такъ сказать, нормальное распрежденіе  $b_2$  по различнымъ широтамъ; дѣйствительное же значеніе  $b_2$  для данного мѣста будетъ вообще отличаться отъ нормальнаго, такъ какъ законъ о постоянствѣ  $b_2$  лишь приблизительно вѣренъ. Такъ напримѣръ, непосредственно для Варшавы (табл. V) найдено для  $b_2$  значеніе 0.17 милл., полѣдняя же формула даетъ для широты Варшавы значеніе 0.23 милл.

**Термометръ.** Суточный ходъ термометра выведенъ по записямъ термографа Р и ш а р а.

**VI ТАБЛИЦА.**

(уклоненія отъ среднихъ суточныхъ для различныхъ мѣсяцевъ).

	Январь	Февраль	Мартъ	Апрѣль	Маѣ	Юнь	Юль	Августъ	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1	-0.46	-0.73	-1.56	-2.39	3.24	-3.77	-3.50	-3.11	-2.45	-1.35	-0.74	-0.37
2	-0.51	-0.82	-1.74	-2.74	-3.68	-4.21	-3.97	-3.49	-2.68	-1.54	-0.87	-0.44
3	-0.61	-0.95	-1.87	-3.05	-4.07	-4.61	-4.39	-3.89	-2.96	-1.77	-1.03	-0.51
4	-0.78	-1.03	-2.02	-3.34	-4.48	-4.98	-4.76	-4.20	-3.24	-1.99	-1.11	-0.58
5	-0.93	-1.17	-2.21	-3.56	-4.62	-4.95	-4.89	-4.44	-3.51	-2.17	-1.17	-0.62
6	-1.05	-1.26	-2.34	-3.30	-3.60	-3.49	-3.81	-4.21	-3.63	-2.34	-1.21	-0.70
7	-1.18	-1.33	-2.24	-2.44	-2.19	-1.73	-2.35	-2.89	-3.14	-2.36	-1.26	-0.73
8	-1.22	-1.24	-1.74	-1.33	-0.78	-0.31	-0.89	-1.43	-1.79	-1.85	-1.18	-0.74
9	-1.04	-0.80	-0.87	-0.14	0.68	1.19	0.52	0.28	-0.21	-0.85	-0.76	-0.63
10	-0.41	-0.07	0.19	0.92	1.88	2.30	1.83	1.81	1.25	0.25	-0.04	-0.28
11	0.45	0.74	1.20	1.82	2.83	3.24	2.86	2.90	2.56	1.53	0.79	0.29
подень	1.26	1.49	2.08	2.62	3.58	3.82	3.76	3.80	3.34	2.34	1.39	0.80
1	1.66	1.81	2.66	3.12	4.03	4.17	4.08	4.16	3.73	2.82	1.71	1.10
2	1.67	1.83	2.87	3.39	4.25	4.38	4.35	4.46	3.95	2.88	1.74	1.13
3	1.56	1.72	2.99	3.64	4.33	4.44	4.52	4.56	4.12	2.83	1.69	1.06
4	1.20	1.52	2.90	3.64	3.99	4.22	4.33	4.49	4.02	2.60	1.42	0.79
5	0.74	1.12	2.50	3.30	3.50	3.76	3.88	3.88	3.45	1.91	0.95	0.51
6	0.45	0.53	1.57	2.55	2.57	2.81	3.12	2.81	2.03	1.05	0.58	0.35
7	0.20	0.22	0.67	1.42	1.41	1.67	1.92	1.46	0.82	0.54	0.32	0.23
8	0.05	-0.01	0.17	0.44	0.26	0.39	0.61	0.19	-0.01	0.18	0.11	0.15
9	-0.10	-0.21	-0.32	-0.37	-0.72	-0.97	-0.74	-0.90	-0.74	-0.24	-0.13	-0.06
10	-0.17	-0.35	-0.62	-0.87	-1.32	-1.74	-1.44	-1.47	-1.15	-0.51	-0.25	-0.15
11	-0.31	-0.48	-0.97	-1.41	-1.95	-2.46	-2.17	-2.12	-1.65	-0.80	-0.42	-0.27
полночь	-0.40	-0.59	-1.28	-1.92	-2.65	-3.16	-2.92	-2.62	-2.10	-1.10	-0.57	-0.31

**VII ТАБЛИЦА.**

(тѣ же уклоненія для различныхъ временъ года).

	Зима	Весна	Лѣто	Осень	Годъ
1	-0.52	-2.40	-3.46	-1.51	-1.97
2	-0.60	-2.72	-3.89	-1.70	-2.23
3	-0.69	-3.00	-4.30	-1.92	-2.48
4	-0.80	-3.28	-4.65	-2.11	-2.70
5	-0.91	-3.46	-4.76	-2.28	-2.85
6	-1.00	-3.08	-3.84	-2.39	-2.58
7	-1.08	-2.29	-2.32	-2.25	-1.98
8	-1.07	-1.28	-0.88	-1.61	-1.21
9	-0.82	-0.11	0.66	-0.61	-0.22
10	-0.25	1.00	1.98	0.49	0.80
11	0.49	1.95	3.00	1.63	1.77

	Зима	Весна	Лѣто	Осень	Годъ
полдень	1.18	2.76	3.79	2.36	2.52
1	1.52	3.27	4.14	2.75	2.92
2	1.54	3.50	4.40	2.86	3.07
3	1.45	3.65	4.51	2.88	3.12
4	1.17	3.51	4.35	2.68	2.93
5	0.79	3.10	3.84	2.10	2.46
6	0.44	2.23	2.91	1.22	1.70
7	0.22	1.17	1.68	0.56	0.91
8	0.06	0.29	0.40	0.09	0.21
9	-0.12	-0.47	-0.87	-0.37	-0.46
10	-0.22	-0.94	-1.55	-0.64	-0.84
11	-0.35	-1.44	-2.25	-0.96	-1.25
полночь	-0.43	-1.95	-2.90	-1.26	-1.63

### VIII ТАБЛИЦА.

(величина  $\tau$  и время  $t$  максимума и минимума термометра).

	Минимумъ		Восходъ солнца	Максимумъ		Амплитуда
	$\tau$	$t$		$\tau$	$t$	
Январь . . . . .	-1.23	7.7	8.1	1.68	1.6	2.91
Февраль . . . . .	-1.33	6.9	7.3	1.84	1.7	3.17
Мартъ . . . . .	-2.34	6.0	6.2	2.99	3.1	5.33
Апрѣль . . . . .	-3.56	5.0	5.0	3.67	3.5	7.23
Май . . . . .	-4.71	4.6	4.1	4.35	2.7	9.06
Юнь . . . . .	-5.01	4.4	3.7	4.45	2.7	9.46
Юль . . . . .	-4.98	4.6	4.0	4.52	3.0	9.50
Августъ . . . . .	-4.44	5.0	4.8	4.56	3.1	9.00
Сентябрь . . . . .	-3.66	5.7	5.6	4.12	3.1	7.78
Октябрь . . . . .	-2.42	6.5	6.5	2.88	2.0	5.30
Ноябрь . . . . .	-1.26	6.9	7.4	1.74	1.9	3.00
Декабрь . . . . .	-0.75	7.6	8.1	1.13	1.8	1.88
Зима . . . . .	-1.09	7.6	7.8	1.55	1.7	2.64
Весна . . . . .	-3.47	4.8	5.1	3.65	3.0	7.12
Лѣто . . . . .	-4.81	4.6	4.2	4.51	2.9	9.35
Осень . . . . .	-2.39	6.0	6.5	2.89	2.7	5.28
Годъ . . . . .	-2.85	4.9	5.9	3.13	2.7	5.98

Какъ видно изъ VIII таблицы минимумъ температуры въ Варшавѣ совпадаетъ съ моментомъ восхода солнца въ Апрѣль и Октябрь; зимою онъ приходится немного раньше, лѣтомъ и несколько позже восхода солнца.

Но ни въ одинъ мѣсяцъ минимумъ температуры не опережаетъ восхода солнца болѣе, чѣмъ на полчаса. Можетъ поэтому показаться парадоксальнымъ выводъ изъ той же таблицы, что въ среднемъ изъ всѣхъ 12 мѣсяцевъ, т. е. въ суточномъ ходѣ за годъ минимумъ температуры опережаетъ восходъ солнца на цѣлый часъ. Выводъ этотъ представляетъ обычное явленіе и объясняется слѣдующимъ образомъ. Зимой, какъ видно изъ таблицы VII, температура около минимума измѣняется очень медленно, лѣтомъ, напротивъ того, очень быстро. Если поэтому наложить лѣтнюю кривую суточной температуры на зимнюю, то въ среднемъ время наступленія минимума будетъ почти такое, какъ лѣтомъ. Весенняя и осенняя кривыя дѣла сильно не измѣняютъ и въ результатѣ получится, что время наступленія минимума температуры за годъ немного лишь отличается отъ момента минимума для лѣтнихъ мѣсяцевъ (всего на 0,3 часа), между тѣмъ какъ время восхода солнца за годъ равно какъ разъ среднему изъ всѣхъ временъ восхода за 12 мѣсяцевъ. Этимъ и объясняется почему промежутокъ времени между минимумомъ температуры и восходомъ солнца за годъ не согласуется съ арифметической серединой тѣхъ же промежутковъ за 12 мѣсяцевъ.

На основаніи данныхъ таблицъ VII и VIII находимъ слѣдующія разности между средней суточной температурой, полученной изъ 3 записей въ 7 ч. у., 1 ч. д. и 9 ч. в. и истинной средней суточной, подъ которой обыкновенно понимають среднее изъ 24 ежечасныхъ показаній термометра.

### IX ТАБЛИЦА.

(Средн. [24] — средн. [3]).

Январь . . .	—0.13	Июль . . .	—0.33
Февраль . . .	—0.09	Августъ . . .	—0.12
Мартъ . . .	—0.03	Сентябрь . . .	0.05
Апрѣль . . .	—0.10	Октябрь . . .	—0.07
Май . . .	—0.37	Ноябрь . . .	—0.11
Июнь . . .	—0.49	Декабрь . . .	—0.10
Зима . . .	—0.11		
Весна . . .	—0.18		
Лѣто . . .	—0.32		
Осень . . .	—0.04		
Годъ . . .	—0.16		



Таблица IX даетъ приведенія средней суточной температуры, найденной изъ 3 срочныхъ записей въ 7 ч. у., 1 ч. д. и 9 ч. в., къ истинной средней. Извѣстно, что эти приведенія измѣняются правильно отъ одного мѣста къ другому, завися главнымъ образомъ отъ широты мѣста и потому, если эти приведенія найдены непосредственно для двухъ какихъ нибудь станцій, то помощью интерполяціи можно ихъ найти и для такихъ станцій, въ которыхъ нѣтъ самопишущихъ приборовъ. Упомянутые 3 срока наблюдений въ 7 ч. у., 1 ч. д. и 9 ч. в. приняты почти на всѣхъ метеорологическихъ станціяхъ въ Россіи. Если же гдѣ нибудь является возможнымъ записывать температуру только 1 разъ въ сутки, то лучше всего дѣлать это около 8 часовъ вечера, такъ какъ изъ таблицы VI видно, что около 8 часовъ вечера (для Варшавы въ среднемъ около 8½ ч.) температура какъ разъ достигаетъ своего средняго значенія во всѣ мѣсяцы года.

**Гигрометръ.** Суточный ходъ гигрометра выведенъ по записямъ гигрографа Нея, который въ Августѣ 1898 г. былъ замѣненъ гигрографомъ Ришара.

Х ТАБЛИЦА.

(уклоненія относительной влажности отъ средней суточной).

	Январь	Февраль	Мартъ	Апрѣль	Май	Іюнь	Іюль	Августъ	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1	1.0	2.1	4.9	6.8	9.6	11.7	10.7	9.8	8.0	4.6	1.7	1.1
2	1.2	2.4	5.8	8.2	11.0	13.5	12.4	11.0	9.0	5.2	1.8	1.0
3	1.3	2.7	6.3	9.4	12.4	14.7	13.8	12.4	9.9	5.7	2.2	1.0
4	1.4	2.9	6.7	10.4	13.6	15.7	15.1	13.4	10.5	6.1	2.6	1.0
5	1.5	3.1	7.2	11.3	14.5	16.5	16.0	14.2	11.2	6.4	3.0	0.9
6	1.5	3.2	7.6	11.8	13.9	14.5	15.2	14.6	11.8	6.7	3.1	1.0
7	1.6	3.4	8.0	11.3	10.9	9.9	11.7	12.8	12.1	6.8	3.5	1.3
8	1.9	3.3	7.7	8.4	6.0	4.5	6.5	8.7	10.3	6.6	3.6	1.5
9	2.0	2.8	5.9	4.3	0.9	— 1.4	1.4	3.0	5.2	4.6	3.3	1.4
10	1.5	1.7	2.7	— 0.1	— 4.3	— 6.0	— 3.9	— 3.2	— 0.5	1.1	2.0	0.9
11	0.4	— 0.3	— 1.4	— 4.0	— 8.2	— 10.1	— 8.2	— 5.3	— 6.3	— 3.2	— 0.1	0.1
полдень	— 1.3	— 2.4	— 5.0	— 7.1	— 10.8	— 12.1	— 11.3	— 11.9	— 10.1	— 7.0	— 2.5	— 0.8
1	— 2.4	— 4.0	— 8.0	— 9.3	— 12.4	— 13.6	— 13.0	— 13.8	— 12.7	— 9.2	— 3.9	— 1.9
2	— 3.2	— 5.0	— 9.9	— 11.1	— 13.7	— 14.7	— 14.0	— 15.1	— 14.6	— 10.4	— 4.8	— 2.5
3	— 3.4	— 4.9	— 10.8	— 12.2	— 14.3	— 15.0	— 15.2	— 15.7	— 15.7	— 10.6	— 4.9	— 2.5
4	— 2.9	— 4.6	— 10.9	— 12.0	— 14.1	— 15.2	— 15.9	— 16.1	— 15.6	— 9.8	— 4.2	— 2.3
5	— 2.2	— 3.9	— 10.3	— 12.8	— 12.5	— 14.0	— 15.6	— 14.6	— 14.1	— 7.8	— 3.3	— 1.8
6	— 1.2	— 2.7	— 7.9	— 11.2	— 10.8	— 12.1	— 13.6	— 11.7	— 9.9	— 4.7	— 2.3	— 1.0
7	— 0.6	— 1.8	— 4.9	— 7.8	— 7.5	— 8.2	— 9.6	— 7.3	— 5.2	— 2.0	— 1.5	— 0.4
8	0.0	— 0.8	— 2.4	— 3.7	— 2.8	— 2.9	— 3.9	— 2.7	— 1.3	— 0.2	— 0.8	— 0.2

	Январь	Февраль	Мартъ	Апрѣль	Май	Іюнь	Іюль	Августъ	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
9	0.2	— 0.1	0.0	— 0.4	1.1	2.0	0.8	1.6	1.7	1.4	— 0.2	0.2
10	0.4	0.5	1.6	1.8	3.8	5.1	4.0	4.2	3.5	2.4	0.2	0.5
11	0.7	1.0	3.0	3.6	6.0	7.6	6.5	6.3	5.7	3.3	0.6	1.0
полночь	0.8	1.4	4.0	5.2	7.8	9.8	8.9	8.0	6.8	4.0	1.0	1.1

### XI ТАБЛИЦА.

(Тѣ же уклоненія для различныхъ временъ года).

	Зима	Весна	Лѣто	Осень	Годъ
1	1.4	7.1	10.7	4.8	6.0
2	1.5	8.3	12.3	5.3	6.9
3	1.7	9.4	13.6	5.9	7.6
4	1.8	10.2	14.7	6.4	8.3
5	1.8	11.0	15.6	6.9	8.8
6	1.9	11.1	14.8	7.2	8.7
7	2.1	10.1	11.5	7.5	7.8
8	2.2	7.4	6.6	6.8	5.7
9	2.1	3.7	1.0	4.4	2.8
10	1.4	— 0.6	— 4.4	0.9	— 0.7
11	0.1	— 4.5	— 8.9	— 3.2	— 4.1
полдень	— 1.5	— 7.6	— 11.8	— 6.5	— 6.9
1	— 2.8	— 9.9	— 13.5	— 8.6	— 8.7
2	— 3.6	— 11.6	— 14.6	— 9.9	— 9.9
3	— 3.6	— 12.4	— 15.3	— 10.4	— 10.4
4	— 3.3	— 12.6	— 15.7	— 9.9	— 10.4
5	— 2.6	— 11.9	— 14.7	— 8.4	— 9.4
6	— 1.6	— 10.0	— 12.5	— 5.6	— 7.4
7	— 0.9	— 6.7	— 8.4	— 2.9	— 4.7
8	— 0.3	— 3.0	— 3.2	— 0.8	— 1.8
9	0.1	0.2	1.5	1.0	0.7
10	0.5	2.4	4.4	2.0	2.3
11	0.9	4.2	6.8	3.2	3.8
полночь	1.1	5.7	8.9	3.9	4.9

### XII ТАБЛИЦА.

(величина  $h$  и время  $t$  максимума и минимума относ. влажности).

	Максимумъ		Минимумъ		Амплитуда
	$h$	$t$	$h$	$t$	
Январь . . . . .	2.0	8.7	— 3.4	2.8	5.4
Февраль . . . . .	3.5	7.2	— 5.1	2.4	8.6
Мартъ . . . . .	8.0	7.1	— 10.9	3.7	18.9
Апрѣль . . . . .	11.8	6.0	— 13.0	4.4	24.8

	Максимумъ		Минимумъ		Амплитуда
	h	t	h	t	
Май . . . . .	14.5	5.1	-14.3	3.4	28.8
Юни . . . . .	16.6	4.8	-15.3	3.6	31.9
Юль . . . . .	16.0	5.0	-15.9	4.2	31.9
Августъ . . . . .	14.7	5.7	-16.2	3.7	30.9
Сентябрь . . . . .	12.2	6.7	-15.8	3.4	28.0
Октябрь . . . . .	6.8	6.8	-10.6	2.7	17.4
Ноябрь . . . . .	3.6	7.8	- 5.0	2.6	8.6
Декабрь . . . . .	1.5	8.2	- 2.6	2.5	4.1
Зима . . . . .	2.2	8.0	- 3.7	2.5	5.9
Весна . . . . .	11.2	5.6	-12.7	3.7	23.9
Лѣто . . . . .	15.6	5.0	-15.7	3.8	31.3
Осень . . . . .	7.5	6.8	-10.4	3.0	17.9
Годъ . . . . .	8.8	5.3	-10.5	3.5	19.3

Суточный ходъ относительной влажности совершенно противоположенъ съ суточнымъ ходомъ температуры. Таблицы VIII и XII показываютъ, что максимумы относительной влажности запаздываютъ въ сравненіи съ минимумами температуры не болѣе, какъ на  $\frac{1}{2}$ —1 ч.; то же самое надо сказать про минимумы влажности въ сравненіи съ максимумами температуры.

**Анемометръ.** Суточный ходъ направленія и силы вѣтра выведенъ на основаніи записей анемографа Грейнера и Гейсслера, флюгеръ и полушарія котораго помѣщались надъ зданіемъ астрономической обсерваторіи приблизительно на высотѣ 25 метровъотъ поверхности земли. Изъ окончательныхъ результатовъ оказалось, что шестилѣтній періодъ слишкомъ недостаточенъ для вывода суточного хода анемометра на каждый мѣсяць года и потому въ настоящей статьѣ представленъ суточный ходъ направленія и силы вѣтра только для различныхъ временъ года и за годъ.

### XIII ТАБЛИЦА.

(суточный ходъ скорости вѣтра въ метрахъ на секунду).

	Зима	Весна	Лѣто	Осень	Годъ
1	4.57	3.03	2.09	3.04	3.18
2	4.48	3.01	2.07	3.02	3.14

	Зима	Весна	Лѣто	Осень	Годъ
3	4.43	2.97	2.07	2.96	3.11
4	4.59	2.99	2.08	2.96	3.16
5	4.55	3.04	2.06	3.01	3.17
6	4.44	2.98	2.11	2.98	3.13
7	4.55	3.27	2.29	3.08	3.30
8	4.54	3.31	2.44	3.21	3.37
9	4.56	3.59	2.73	3.42	3.57
10	4.76	3.95	3.09	3.57	3.84
11	4.88	4.26	3.37	3.93	4.11
полдень	5.02	4.29	3.50	4.12	4.23
1	5.07	4.40	3.66	4.27	4.35
2	5.01	4.36	3.69	4.27	4.33
3	4.89	4.28	3.63	3.99	4.20
4	4.84	4.23	3.53	3.81	4.10
5	4.68	4.12	3.24	3.48	3.88
6	4.52	3.81	2.99	3.19	3.64
7	4.56	3.45	2.44	3.12	3.42
8	4.62	3.12	2.01	3.10	3.21
9	4.58	2.94	1.90	3.15	3.14
10	4.47	2.97	1.94	3.12	3.13
11	4.42	2.94	1.94	3.14	3.11
полночь	4.44	2.92	2.04	3.12	3.12

Принимая во вниманіе, что анемографъ давалъ среднюю скорость за истекшій часъ, заключаемъ, что главный максимумъ скорости вѣтра приходится въ Варшавѣ въ 1 часъ дня, что же касается до минимума, то онъ приходится ночью; но такъ какъ скорость вѣтра измѣняется ночью очень мало, то и опредѣлить время минимума очень трудно. Таблица XIII указываетъ на 3 второстепенныхъ минимума около 3 и 6 часовъ утра и 11 часовъ вечера, присутствіе которыхъ можно объяснить вліяніемъ разныхъ случайныхъ причинъ, но такъ какъ эти минимумы замѣчаются не только за годъ но и въ каждомъ изъ 4 времени года, то является подозрѣніе, не имѣютъ ли они реального значенія. Для рѣшенія этого вопроса нужно имѣть больше матеріала.

Для опредѣленія суточного хода направленія вѣтра я выбралъ способъ, основанный на вычисленіи равнодѣйствующей скорости вѣтра на каждый часъ. Таблица XIV даетъ предварительно проекціи скоростей на направленія сѣвера и востока, каковы проекціи обозначены соотвѣтственно черезъ N—S и O—W.

ХІV ТАБЛИЦА.

(суточный ходъ проекцій на N и S).

	Зима		Весна		Лѣто		Осень		Годъ	
	N-S	O-W	N-S	O-W	N-S	O-W	N-S	O-W	N-S	O-W
1	-0.77	-1.93	-0.03	-0.36	0.45	-0.97	-0.64	-1.10	-0.25	-1.09
2	-0.75	-1.84	0.05	-0.51	0.42	-0.98	-0.67	-1.13	-0.24	-1.10
3	-0.74	-1.83	0.20	-0.47	0.42	-0.97	-0.56	-1.11	-0.17	-1.09
4	-0.71	-1.91	0.18	-0.48	0.40	-1.03	-0.53	-1.12	-0.16	-1.13
5	-0.66	-1.87	0.20	-0.52	0.42	-1.00	-0.64	-1.14	-0.17	-1.13
6	-0.70	-1.99	0.20	-0.43	0.45	-0.94	-0.70	-1.10	-0.18	-1.12
7	-0.62	-1.82	0.01	-0.58	0.39	-0.99	-0.67	-1.14	-0.22	-1.13
8	-0.72	-1.82	-0.06	-0.48	0.33	-1.13	-0.70	-1.14	-0.29	-1.14
9	-0.94	-1.80	-0.09	-0.59	0.31	-1.13	-0.84	-1.20	-0.39	-1.18
10	-0.94	-1.96	-0.15	-0.52	0.32	-1.31	-0.83	-1.26	-0.40	-1.27
11	-0.97	-1.94	-0.07	-0.51	0.26	-1.37	-0.78	-1.44	-0.39	-1.32
полдень	-0.93	-1.96	-0.11	-0.58	0.35	-1.47	-0.87	-1.49	-0.38	-1.37
1	-0.71	-2.14	-0.18	-0.67	0.35	-1.63	-0.78	-1.54	-0.33	-1.50
2	-0.70	-2.05	0.03	-0.60	0.38	-1.61	-0.77	-1.58	-0.27	-1.48
3	-0.84	-2.08	0.12	-0.60	0.40	-1.58	-0.52	-1.60	-0.21	-1.47
4	-0.77	-1.96	0.23	-0.58	0.62	-1.58	-0.51	-1.42	-0.10	-1.39
5	-0.62	-1.85	0.31	-0.48	0.74	-1.46	-0.43	-1.21	0.00	-1.25
6	-0.61	-1.86	0.20	-0.35	0.78	-1.22	-0.47	-1.17	-0.03	-1.15
7	-0.83	-1.87	0.22	-0.28	0.72	-1.03	-0.55	-1.04	-0.11	-1.05
8	-0.92	-1.92	0.27	-0.30	0.57	-0.82	-0.49	-1.07	-0.15	-1.03
9	-0.85	-1.91	0.05	-0.29	0.42	-0.81	-0.49	-1.03	-0.21	-1.01
10	-0.86	-1.78	0.11	-0.29	0.40	-0.76	-0.46	-1.11	-0.20	-0.98
11	-0.87	-1.83	0.07	-0.41	0.36	-0.85	-0.62	-1.19	-0.27	-1.08
полночь	-0.89	-1.94	0.05	-0.41	0.42	-0.99	-0.61	-1.17	-0.26	-1.13

Въ виду того, что проекціи эти для 4 времени года изменяются не совсемъ правильно, онѣ были предварительно сглажены по формулѣ

$$\bar{p}_i = \frac{p_i + \frac{1}{2}(p_{i-1} + p_{i+1})}{2},$$

гдѣ  $p_{i-1}$ ,  $p_i$ ,  $p_{i+1}$  значенія проекцій для трехъ послѣдовательныхъ часовъ,  $\bar{p}_i$  измененная проекція для средняго часа  $i$ . Суточный же ходъ проекцій за годъ оставленъ безъ измененийъ. Вычисленные послѣ этого значенія величины  $R$  и азимута  $\varphi$  равнодѣйствующей скорости даны въ слѣдующей таблицѣ

ХV ТАБЛИЦА.

(суточный ход величины  $R$  и азимута  $\varphi$  равнодѣйствующей скорости вѣтра;  $\varphi$  считается отъ сѣвера черезъ востокъ).

	Зима		Весна		Лѣто		Осень		Годъ	
	R	$\varphi$	R	$\varphi$	R	$\varphi$	R	$\varphi$	R	$\varphi$
	247. <sup>05</sup> +		280. <sup>06</sup> +		291. <sup>08</sup> +		242. <sup>08</sup> +		259. <sup>05</sup> +	
1	2.07	0.0	0.41	— 9.2	1.07	1.9	1.29	— 2.5	1.12	— 2.4
2	2.01	0.5	0.47	— 1.9	1.07	1.9	1.29	— 2.5	1.13	— 1.8
3	1.99	0.7	0.51	7.8	1.08	1.2	1.26	— 0.2	1.10	1.6
4	2.01	1.8	0.53	10.6	1.09	0.3	1.26	0.2	1.14	2.4
5	2.03	2.9	0.53	11.6	1.08	1.2	1.29	— 2.2	1.14	1.9
6	2.04	3.0	0.51	6.4	1.06	2.1	1.31	— 4.0	1.13	1.4
7	1.98	2.7	0.52	— 6.2	1.08	— 0.7	1.32	— 3.8	1.15	— 0.5
8	1.97	0.1	0.53	— 16.0	1.15	— 4.6	1.36	— 5.2	1.18	— 3.8
9	2.04	— 3.3	0.55	— 21.1	1.21	— 6.5	1.44	— 6.5	1.24	— 7.8
10	2.14	— 3.8	0.54	— 22.3	1.31	— 8.6	1.53	— 5.2	1.33	— 7.0
11	2.17	— 3.5	0.54	— 21.3	1.41	— 9.5	1.63	— 3.1	1.38	— 5.9
полдень	2.19	— 1.5	0.59	— 22.3	1.52	— 9.2	1.70	— 1.6	1.42	— 4.9
1	2.21	2.3	0.65	— 20.4	1.63	— 9.0	1.74	— 0.3	1.54	— 1.9
2	2.21	2.9	0.65	— 10.6	1.65	— 8.5	1.72	2.8	1.50	0.2
3	2.19	1.3	0.62	0.5	1.65	— 6.0	1.65	6.7	1.48	2.4
4	2.10	1.6	0.59	10.8	1.66	— 0.6	1.49	8.0	1.39	6.4
5	1.99	3.2	0.54	18.4	1.60	4.9	1.33	7.0	1.25	10.5
6	1.98	2.7	0.43	22.0	1.45	9.9	1.29	4.6	1.15	10.3
7	2.04	— 0.5	0.38	26.9	1.25	12.4	1.19	1.9	1.06	4.5
8	2.09	— 2.4	0.35	24.0	1.04	11.4	1.16	1.7	1.04	2.2
9	2.07	— 2.3	0.31	11.9	0.92	7.6	1.16	2.8	1.03	— 1.2
10	2.01	— 2.8	0.33	5.1	0.89	5.1	1.22	2.5	1.00	— 1.0
11	2.03	— 2.8	0.39	— 0.2	0.94	2.1	1.30	0.6	1.11	— 2.6
полночь	2.09	— 1.7	0.40	— 5.0	1.04	1.6	1.31	— 0.9	1.16	— 2.5

Суточный ходъ равнодѣйствующей скорости  $R$  вполне аналогиченъ суточному ходу средней скорости вѣтра (таблица XIII) и потому не представляетъ ничего новаго. Въ среднемъ за годъ мы видимъ тотъ же максимумъ около 1 часу дня и тѣ же три второстепенныхъ сомнительныхъ минимума. Если для различныхъ временъ года эти минимумы въ  $R$  отчасти исчезли, то это произошло оттого, что суточный ходъ проекцій вѣтровъ по временамъ года былъ предварительно сглаженъ.

Зато въ суточномъ ходѣ направленія вѣтра бросается въ глаза одна особенность: мы видимъ тамъ два максимума и два минимума, т. е. *два колебанія* въ теченіе сутокъ. Въ нижеслѣдующей таблицѣ даны времена наступленія  $t$  и величины  $\alpha$  минимумовъ и максимумовъ азимута  $\varphi$

направленія вѣтра. Подъ этой таблицей переписана послѣдняя строчка таблицы III, относящейся къ суточному ходу барометра.

ХVІ ТАБЛИЦА.

(величина  $a$  и время наступленія  $t$  максимумовъ и минимумовъ азимута  $\varphi$  направленія вѣтра).

	НОЧНЫЕ				ДНЕВНЫЕ				Амплитуда.			Суточн. ампл.
	Минимумъ		Максимумъ		Минимумъ		Максимумъ		Ночная	Дневная	Средняя	
	$a$	$t$	$a$	$t$	$a$	$t$	$a$	$t$				
Зима . . . . .	-2.8	10 $\frac{1}{2}$	3.0	6	-3.8	10	3.2	5	5.8	7.0	6.4	7.0
Весна . . . . .	-9.8	1	11.6	5	-22.3	10	26.9	7	21.4	49.2	35.3	49.2
Лѣто . . . . .	0.3	4	2.1	6	-9.5	11	12.4	7	1.8	21.9	11.8	21.9
Осень . . . . .	-2.5	1 $\frac{1}{2}$	0.2	4	-6.5	9	8.0	4	2.7	14.5	13.6	14.5
Годъ . . . . .	-2.8	11.5	2.4	4.1	-8.0	9.3	11.0	5.5	5.2	19.0	12.1	19.0
Барометръ												
Годъ . . . . .	0.14	11.2	-0.06	4.9	0.21	10.0	-0.27	4.3	0.20	0.48	0.34	0.48

Сопоставленіе послѣднихъ двухъ строчекъ обнаруживаетъ весьма тѣсную связь между суточнымъ ходомъ направленія вѣтра и барометра: времена наибольшихъ суточныхъ уклоненій направленія вѣтра и барометра въ среднемъ за годъ почти совпадаютъ. Совпаденіе тѣхъ же моментовъ по временамъ года нѣсколько хуже вслѣдствіе того, что, какъ было сказано, суточный ходъ направленія вѣтра для различныхъ временъ года опредѣлился недостаточно точно.

Дальнѣйшую связь между суточнымъ ходомъ направленія вѣтра и барометра увидимъ изъ сопоставленія амплитудъ. Составимъ произведенія  $AR$  амплитуды  $A$  суточного колебанія направленія вѣтра на соотвѣтственную равнодѣйствующую  $R$ ; геометрическое значеніе этого произведенія очевидно; и сопоставимъ въ нижеслѣдующей таблицѣ полученные результаты съ соотвѣстственными амплитудами суточного хода барометра, взятыми изъ таблицы III.

ХVІІ ТАБЛИЦА

(сопоставленіе амплитудъ суточного хода направленія вѣтра и барометра).

	Значенія ΔR для амплитуды:				Амплитуда барометра:			
	Ночной	Дневной	Средней	Суточной	Ночная	Дневная	Средняя	Суточная
Зима . . .	12.0	14.5	13.2	14.5	0.35	0.36	0.36	0.40
Весна . . .	10.6	24.5	17.5	24.5	0.24	0.53	0.38	0.53
Лѣто . . .	2.2	27.2	14.7	27.2	0.10	0.74	0.42	0.74
Осень . . .	3.5	19.5	16.5	19.5	0.24	0.47	0.36	0.47
Годъ . . .	6.3	23.2	14.8	23.2	0.20	0.48	0.34	0.48

Не смотря на неточность суточного хода направленія вѣтра для различныхъ временъ года, мы видимъ полное соотвѣтствіе между амплитудами направленія вѣтра и барометра: въ обоихъ случаяхъ ночныя и дневныя амплитуды почти равны между собою зимою и болѣе всего разнятся лѣтомъ; законъ о постоянствѣ среднихъ амплитудъ въ теченіе года почти съ одинаковою степенью точности оправдывается для обоихъ элементовъ и пр.

Въ виду полной аналогіи между суточнымъ ходомъ обоихъ разсматриваемыхъ элементовъ можно ожидать, что и для направленія вѣтра формула Бесселя имѣетъ физическое значеніе подобно тому, какъ и для барометра.

На основаніи данныхъ таблицы XV суточный ходъ направленія вѣтра за годъ по формулѣ Бесселя представляется слѣдующимъ образомъ

$$\text{Уклоненіе отъ ср. сут.} = 3.957 \sin(t + 162.97) + 5.930 \sin(2t + 301.92) + 0.913 \sin(3t + \dots),$$

или послѣ приведенія направленій къ единицѣ равнодѣйствующей, выраженной въ метрахъ на секунду, т. е. послѣ умноженія ихъ на 1.22, слѣдующимъ образомъ

$$4.35 \sin(t + 162.7) + 6.47 \sin(2t + 301.2) + 0.14 \sin(3t + \dots).$$



Все вышесоставленное кажется вполне оправдываетъ слѣдующій выводъ:

1) *Суточный ходъ направленія вѣтра* въ Варшавѣ имѣетъ *два колебанія*, т. е. даетъ два максимума и два минимума;

2) самая тѣсная связь, которая обнаружена между суточнымъ колебаніемъ направленія вѣтра и барометра въ связи съ повсемѣстнымъ характеромъ двойнаго суточного колебанія барометра приводитъ къ заключенію, что *подмѣченное въ Варшавѣ двойное суточное колебаніе направленія вѣтра имѣетъ не только мѣстный но и болѣе общій характеръ.*

19 Ноября 1902 г.

