

Р. Р. Витрамъ.

14, 155

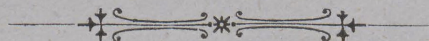
1288 ✓

НИВЕЛИРОВКА

МЕЖДУ

ПУЛКОВОМЪ И КОЛПИНОМЪ

1895 года.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Военная Типографія (въ зданіи Главнаго Штаба).

1898.

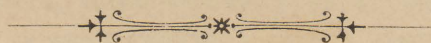
Р. Р. Витрамъ.

НИВЕЛИРОВКА

МЕЖДУ

ПУЛКОВОМЪ И КОЛПИНОМЪ

1895 года.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Военная Типографія (въ зданіи Главнаго Штаба).

1898.

НИВЕЛЛИРОВКА

между Пулковомъ и Колпиномъ 1895 г.

Обширный трудъ С. Д. Рыльке: „Каталогъ высотъ русской нивеллирной сѣти съ 1871 по 1893 годъ, С.-Петербургъ, 1894 г.“ представляетъ первый сборникъ высотъ надъ уровнями Балтійскаго и Чернаго морей всѣхъ пунктовъ, опредѣленныхъ до 1893 года. Линіи, пронивеллированныя въ теченіе этихъ 22 лѣтъ въ Европейской Россіи, достигаютъ весьма значительнаго протяженія въ 12.000 верстъ слишкомъ. Большая часть высотъ этой обширной нивеллирной сѣти опубликована въ Каталогѣ въ первый разъ и представляетъ въ высшей степени цѣнный матеріалъ не только для текущихъ потребностей практики, но давшій уже и въ научномъ отношеніи важные и интересные результаты.

Изданіе Каталога еще ранѣе окончанія проектированной для Россіи нивеллирной сѣти было вызвано неотлагательными практическими требованіями. Самъ авторъ Каталога называетъ поэтому свой трудъ предварительной сводкой результатовъ произведенныхъ по 1893 годъ нивелировокъ и, имѣя въ виду дальнѣйшую обработку сѣти по мѣрѣ ея дальнѣйшаго развитія, онъ помѣстилъ въ Каталогѣ, рядомъ съ уравненными высотами, непосредственно наблюденныя высоты отдѣльныхъ пунктовъ каждой линіи надъ узловыми марками.

Раньше, чѣмъ приступить къ составленію Каталога, С. Д. Рыльке изслѣдовалъ въ двухъ специальныхъ работахъ нѣкоторыя основныя данныя. Связь Кронштадтскаго футштока съ нѣсколькими исходными марками на материкѣ и изслѣдованіе средняго уровня моря по наблюденіямъ на футштокахъ, установленныхъ въ 12 разныхъ портахъ, служатъ предметомъ этихъ трудовъ *). Къ первому относится, между прочимъ, опредѣленіе высоты марки № 1 Гл. Штаба на крыльцѣ Пулковской обсерваторіи и марки № 6 Гл. Штаба на водокачальнѣ въ Колпинѣ. Обѣ марки играютъ въ Каталогѣ весьма важную роль, какъ исходныя, и поэтому всякія пополненія или контрольныя работы, способныя увеличить точность ихъ опредѣленій, не будутъ лишены нѣкотораго значенія. Такихъ дополнительныхъ работъ произведено въ окрестностяхъ Пулкова въ новѣйшее время нѣсколько.

Въ теченіе послѣднихъ семи лѣтъ мнѣ представлялась возможность, при содѣйствіи слушателей Геодезическаго Отдѣленія Академіи Генеральнаго Штаба, а также офицеровъ флота, прикомандированныхъ къ Пулковской обсерваторіи для прохожденія курса практической астрономіи и геодезіи, организовать слѣдующія нивелировочныя работы:

*) Записки В.-Т. Отдѣла Гл. Шт. т. LI и т. LIII.

1. 1890 г. Геометрическая нивелировка отъ Пулкова до Ораніенбаума и связь марки № 173 въ Ораніенбаумѣ съ Кронштадтомъ помощью измѣреній зенитныхъ разстояній. Эта работа описана въ рукописной статьѣ покойнаго геодезиста А. Н. Новгородцева. Главные результаты ея были сообщены С. Д. Рыльке и онъ ими воспользовался при упомянутыхъ изслѣдованіяхъ.

2. 1892 г. Нивелировка между Ораніенбаумомъ и С.-Петербургомъ и связь марки въ Ораніенбаумѣ съ футштокомъ въ Кронштадтѣ. Эта работа, при которой были заложены постоянныя марки на всѣхъ станціонныхъ зданіяхъ отъ С.-Петербурга до Ораніенбаума, описана мною и опубликована въ 1894 году *).

3. 1894 г. Нивелировка между Пулковомъ и Лиговомъ. Эта работа была произведена, впервые въ Россіи, нивелиромъ французской системы, по способу г. Лаллемана. Она обработана и описана флота лейтенантомъ А. А. Родіоновымъ **), который на основаніи названныхъ трехъ нивелировокъ вывелъ вѣроятнѣйшую высоту Пулковской марки надъ нулемъ Кронштадтскаго футштока, которую слѣдуетъ принять теперь какъ наиболѣе точную.

4. 1895 г. Нивелировка между Пулковомъ и Колпиномъ, произведенная при участіи флота лейтенанта А. М. Бухтѣева въ 1895 году, даетъ болѣе точное опредѣленіе высоты Колпинской марки надъ уровнемъ моря, чѣмъ оно могло быть получено С. Д. Рыльке по имѣющимся въ его распоряженіи даннымъ.

Описаніе послѣдней работы и выводъ разности высотъ Пулково—Колпино составляетъ главный предметъ настоящей статьи. Пользуясь выведенной А. А. Родіоновымъ высотой Пулковской марки надъ нулемъ Кронштадтскаго футштока, мы получимъ высоту Колпинской марки надъ этимъ нульпунктомъ, а отсюда и высоту ея надъ среднимъ уровнемъ Финскаго залива у Кронштадта. При этомъ мы увидимъ, что нашъ результатъ для Колпинской марки весьма близко согласуется съ принятымъ въ „Каталогѣ“ числомъ, несмотря на то, что: 1) высота Пулковской марки, 2) средній уровень у Кронштадтскаго футштока и 3) разность высотъ Пулково—Колпино приняты С. Д. Рыльке нѣсколько иначе, чѣмъ нами.

Относительно перваго пункта не трудно видѣть, что въ выводѣ С. Д. Рыльке (см. Записки В.-Т. О., т. II, стр. 445 и 446) вкралась маленькая ошибка вычисленія, по исправленіи которой получается для Пулковской марки надъ маркою въ Ораніенбаумѣ величина близкая къ числу, принятому А. А. Родіоновымъ.

Средній уровень у Кронштадтскаго футштока былъ изслѣдованъ весьма подробно А. Р. Бонсдорфомъ ***), а затѣмъ и самимъ С. Д. Рыльке ****) при предположеніи, что средній годовой уровень у Кронштадта зависитъ отъ вѣковаго поднятія материка. Но новѣйшее изслѣдованіе этого вопроса, произведенное В. Е. Фусомъ *****) показало, что для вывода такого вѣковаго измѣненія имѣющійся до сихъ поръ рядъ наблюденій не достаточенъ. Наблюденія, которыми В. Е. Фусъ могъ пользоваться, обнимаютъ 55 лѣтъ.

*) Записки по Гидрографіи, 1894 г., выпускъ XV.

**) Записки по Гидрографіи, 1895 г., выпускъ XVI.

***) „Fennia“, 1891. 4.

****) Записки В.-Т. Отдѣла, т. LIII.

*****) Записки по Гидрографіи, 1896 г., выпускъ XVII.

Выводя коэффициентъ годоваго измѣненія уровня по всѣмъ 55-лѣтнимъ наблюденіямъ, В. Е. Фусъ получаетъ для него $+0.011 \pm 0.010$ дюйма. Съ другой стороны, отбрасывая только наблюденія первыхъ четырехъ лѣтъ, гдѣ случайно преобладалъ высокій уровень, для того же коэффициента получается -0.009 дюйма. Поэтому В. Е. Фусъ не считаетъ возможнымъ придать найденному коэффициенту какого либо значенія и перерѣшаетъ еще разъ всѣ 55 уравненій, считая уровень постояннымъ. Найденнымъ имъ результатомъ мы и воспользуемся.

Наконецъ, разность высотъ Пулково—Колпино могла быть опредѣлена С. Д. Рыльке только косвеннымъ путемъ, пользуясь нивелиръ-теодолитной нивелировкой 1873 г. *), произведенной г. Оедотовымъ между Пулковомъ и вокзаломъ Николаевской желѣзной дороги въ С.-Петербургѣ, и результатами геометрическихъ нивелировокъ по Николаевской желѣзной дорогѣ 1873, 1874 и 1876 годовъ **). Желаніе замѣнить это опредѣленіе болѣе точнымъ, получаемымъ по кратчайшему пути, главнымъ образомъ вызвало нашу работу 1895 года.

Нивелировка наша была произведена при содѣйствіи В.-Т. Отдѣла, отъ котораго были получены необходимыя денежныя средства, шесть человѣкъ нижнихъ чиновъ для прислуги и три чугунныя марки. Эти марки, обыкновеннаго типа, съ надписью „1895 г.“, были нами заложены на вокзалѣ въ Царскомъ Селѣ, на оградѣ церкви въ слободѣ Москвская Славянка и наконецъ въ Колпинѣ, на зданіи вокзальной станціи.

О необходимости заложенія новой марки въ Колпинѣ нужно сказать нѣсколько словъ. При осмотрѣ Колпинской водокачальни передъ началомъ работъ оказалось, что заложенная въ этомъ мѣстѣ въ 1873 году марка № 6 пропала. Но на сторонѣ зданія, обращенной къ полотну дороги, гдѣ по сохранившемуся у производителя работъ 1873 года, г. Оедотова, чертежу должна была находиться марка № 6, сохранилось маленькое правильное четырехугольное отверстіе въ кирпичной стѣнѣ. Не подлежало никакому сомнѣнію, что марка № 6 находилась раньше дѣйствительно въ этомъ мѣстѣ. Новая чугунная марка, такихъ же размѣровъ какъ и прежняя, какъ разъ входила въ это отверстіе и потому можно было съ полной увѣренностью возстановить мѣсто старой марки, съ ошибкою развѣ въ 2 или 3 миллиметра. Это мѣсто находится на незначительной высотѣ надъ почвою. По совѣту служащихъ на станціи я заложилъ новую марку не на старомъ мѣстѣ, но вертикально надъ нимъ, приблизительно на полтора метра выше. Это было сдѣлано въ виду того, что на этой высотѣ новая марка вѣроятно надолго сохранится, между тѣмъ какъ съ прежняго мѣста она легко можетъ опять исчезнуть. Разность высотъ между мѣстомъ старой марки № 6 и новой, снабженной надписью „Нивелировка Гл. Шт. 1895 г.“, была конечно тщательно измѣрена и будетъ ниже приведена.

Нашъ нивелиръ, рейки и башмаки, съ которыми работали въ 1895 году и которыми тоже была произведена нивелировка 1890 года, отъ Пулкова до Ораніенбаума, принадлежатъ геодезической обсерваторіи Николаевской Академіи Генеральнаго Штаба. Они изготовлены въ 1889 г. въ мастерской Военно-Топографическаго Отдѣла. Чертежи,

*) Записки В.-Т. Отдѣла, т. XXXVIII, стр. 229.

**) Записки В.-Т. Отдѣла, т. XXXVIII, стр. 223.

приложенные къ статьѣ С. Д. Рыльке: Геометрическія нивелировки и т. д. Выпускъ I, т. XLIV Записокъ, изображаютъ приборъ совершенно тождественный съ нашимъ.

Опредѣленія высотъ самыхъ марокъ производились помощью вспомогательной рейки слѣдующимъ образомъ. Въ центрахъ чугунныхъ марокъ были просверлены узкія, довольно глубокія дырочки. Вспомогательная складная рейка въ одинъ метръ длиною была тоже просверлена какъ разъ въ срединѣ штриха, заканчивающаго метръ. Помощью тонкой стальной шпильки, которая протыкалась черезъ вспомогательную рейку, она легко привѣшивалась къ чугуннымъ маркамъ. Нуль рейки находился такимъ образомъ всегда ровно на одинъ метръ ниже центра марки. Этотъ приемъ оказался весьма удобнымъ и практичнымъ. Для временнаго прекращенія работы рейка вѣшалась на небольшіе желѣзные болтики, вбитые въ телеграфные или верстовые столбы. Вспомогательная рейка раздѣлена, точно также какъ и большія рейки, съ обѣихъ сторонъ на сантиметры и на двухсотыя части сажени и отсчеты брались по ней въ такомъ же порядкѣ, какъ и по большимъ рейкамъ.

Способы изслѣдованія нивелира, его сѣтки нитей, коэффициента дальномѣра, цѣны дѣленія уровня и т. д. не отличались ни въ чемъ отъ приемовъ, описанныхъ въ упомянутой выше брошюрѣ: Нивелировка между Кронштадтомъ и С.-Петербургомъ.

Для изслѣдованія длины реекъ мы пользовались этотъ разъ стальнымъ метромъ, работы Бамберга, специально предназначеннымъ для сравненій реекъ. Описаніе этого масштаба послѣдуетъ ниже.

1. Изслѣдованіе нивелира.

Уровень, непосредственно прикрѣпленный къ трубѣ, выписанъ отъ Штутгартскаго механика Тесдорфа. Онъ отличается совершенствомъ отдѣлки. Чувствительность его не велика, цѣна одного дѣленія около 8". Имъ былъ замѣненъ старый уровень работы Керна съ цѣною дѣленія около 2"5. Такая излишняя чувствительность крайне неудобна и отзывается весьма невыгодно на скорости работы. При малѣйшемъ вѣтрѣ, на примѣръ, или нѣкоторой зыбкости почвы, пузырекъ успокоивался весьма медленно, или даже обнаруживалъ постоянное перемѣщеніе въ нѣкоторыхъ предѣлахъ. Чувствительность новаго уровня вполне соответствовала оптической силѣ трубы и точности отсчетовъ реекъ. При среднемъ разстояніи реекъ отъ инструмента около 35 сажень или 75 метровъ, наклонность въ 2"7 или $\frac{1}{3}$ одного дѣленія уровня соответствуетъ только поправкѣ въ 1 милл., т. е. величинѣ, равной предѣльной точности при отсчетахъ реекъ. Уровень былъ два раза изслѣдованъ на экзаменаторѣ Пулковской обсерваторіи, при чемъ равномерность кривизны его оказалась весьма удовлетворительной. Два ряда наблюденій дали для цѣны одного полудѣленія: $1\frac{1}{2}'' = 4.01$ и $1\frac{1}{2}'' = 3.97$. Въ среднемъ принято:

$$1\frac{1}{2}'' = 4.0$$

Далѣе были произведены передъ началомъ нивелировки опредѣленія коэффициента μ дальномѣра и фактора k несимметричности сѣтки нитей. Такъ какъ три нити нивел-

лира находятся не на равныхъ разстояніяхъ другъ отъ друга, то къ ариѳметическому среднему отсчетовъ π_1 и π_3 (въ дѣленіяхъ рейки) на крайнихъ нитяхъ должна быть прибавлена поправка k ($\pi_3 - \pi_1$) для приведенія къ средней нити. Зная фокусное разстояніе f трубы, разстояніе D середины инструмента отъ реекъ можетъ быть опредѣлено по разностямъ $\pi_3 - \pi_1$ помощью коэффициента дальномѣра μ посредствомъ выраженія

$$D = \frac{3}{2}f + \mu(\pi_3 - \pi_1)$$

Для нашего нивеллира $f = 373$ мм., $\frac{3}{2}f = 0.56$ м. Величины μ и k опредѣлялись изъ цѣлаго ряда опытовъ, при которыхъ рейки ставились на разныхъ разстояніяхъ отъ инструмента. Не останавливаясь на всѣхъ подробностяхъ этихъ опытовъ, приведемъ здѣсь только соотвѣтствующіе каждому разстоянію результаты. Всегда отсчитывались черныя стороны реекъ, раздѣленные на сантиметры, и красныя стороны, раздѣленные на полусотыя части сажени.

D	μ		k	
	Черн.	Крас.	Черн.	Крас.
25 ^м	198.1	198.2	—0.030	—0.025
50	197.5	197.1	—0.028	—0.027
75	197.0	198.1	—0.027	—0.028
100	197.2	197.5	—0.029	—0.031
Сред.	197.4	197.7	—0.028	—0.028

Въ среднемъ мы приняли

$$\mu = 197.5$$

$$k = -0.028$$

Для исправленія отсчетовъ за наблюденную наклонность b , въ полудѣленіяхъ уровня, имѣемъ выраженіе

$$\Delta b = (\mu \cdot \Pi + \frac{3}{2}f) \sin \frac{\tau}{2} \cdot b$$

гдѣ $\Pi = \pi_3 - \pi_1$. Π и f должны быть выражены для черныхъ сторонъ реекъ въ сантиметрахъ, для красныхъ въ двухсотыхъ частяхъ сажени, тогда и поправки Δb получаются въ тѣхъ же единицахъ.

Введя численныя значенія для μ , f и $\frac{\tau}{2} = 4''0$ имѣемъ

$$\Delta b = \{0.00383 \Pi + 0.00109\} \cdot b$$

или

$$\Delta b = \{0.00383 \Pi + 0.00102\} \cdot b$$

для сантиметровъ и полусотокъ. Второй членъ этой формулы очень малъ, не составляя даже при значительныхъ наклонностяхъ болѣе 0.01 см. = 0.1 мм. Слѣдовательно, положивъ

$$B = 0.00383 \Pi + 0.00105$$

поправка за наклонность будетъ для обѣихъ сторонъ

$$\Delta b = b \cdot B$$

Величина B бралась изъ слѣдующей таблицы по аргументу Π .

Π	B	Π	B
10	0.038	50	0.191
20	0.077	60	0.230
30	0.115	70	0.268
40	0.153	80	0.306

Если оптическая ось трубы не параллельна оси уровня, а уклоняется отъ нея на уголъ i (положительный, если при играющемъ уровнѣ оптическая ось смотритъ внизъ), то разность высотъ двухъ смежныхъ реекъ, непосредственно выведенная изъ отсчетовъ, нуждается въ поправкѣ, если разстоянія передней и задней реекъ отъ нивеллира не строго равны. Обозначая разности отсчетовъ на крайнихъ нитяхъ для передней рейки черезъ Π , для задней черезъ Σ , то эта поправка, выраженная въ дѣленіяхъ реекъ, равна $\mu \operatorname{tg} i (\Sigma - \Pi)$. Нивелиръ ставился впрочемъ всегда настолько точно по серединѣ между рейками, что эти поправки почти никакого вліянія на результатъ не имѣли. Если тѣмъ не менѣе факторъ $\mu \operatorname{tg} i$ опредѣлялся каждый день, то это дѣлалось больше для того, чтобы убѣждаться въ постоянствѣ инструмента. Въ самомъ дѣлѣ ежедневныя опредѣленія фактора $\mu \operatorname{tg} i$ обнаруживали вполнѣ удовлетворительное постоянство инструмента. Уголъ i мѣнялся за все время только въ предѣлахъ — 6" и — 31". Опредѣленія фактора $\mu \operatorname{tg} i$ производились по возможности всегда во время наиболѣе спокойныхъ изображеній. Приведемъ здѣсь всѣ полученные опредѣленія его.

$\mu \cdot \operatorname{tg} i$		$\mu \cdot \operatorname{tg} i$	
29 Мая . . .	— 0.016	9 Юня . . .	— 0.013
4 Юня . . .	— 0.022	10 " . . .	— 0.014
6 " . . .	— 0.031	12 " . . .	— 0.030
6 " . . .	— 0.024	13 " . . .	— 0.021
8 " . . .	— 0.006	14 " . . .	— 0.020

Это сравнительное постоянство угла между уровнемъ и оптической осью нивеллира свидѣтельствуетъ о хорошей отдѣлкѣ инструмента, въ которомъ окулярная трубка при

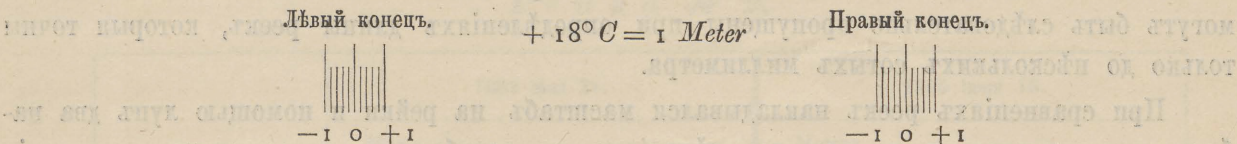
вывинчиваніи и ввинчиваніи имѣла весьма плавное и точное движеніе. Для вычисленія небольшихъ поправокъ, требуемыхъ въ случаяхъ, гдѣ нивелиръ стоялъ не точно въ срединѣ между рейками, мы пользовались средней величиною $\mu \operatorname{tg} i = -0.020$. Судя по согласію отдѣльныхъ опредѣленій, каждому изъ нихъ должна быть приписана вѣроятная ошибка въ ± 0.005 .

2. Изслѣдованіе длины реекъ.

Рейки сравнивались со стальнымъ метромъ Бамберга, принадлежащимъ геодезической обсерваторіи въ Пулковѣ. Этотъ масштабъ состоитъ изъ стального квадратнаго стержня, нѣсколько длиннѣе одного метра. На одной сторонѣ у самаго края вдѣланы двѣ серебряныя пластинки съ дѣленіями. На каждой изъ нихъ два миллиметра раздѣлены черезъ 0.2 мм. Разстояніе между средними штрихами этихъ пластинокъ равно одному метру, а именно, по надписи, награвированной на масштабѣ, при температурѣ $+18^{\circ}$ Цельсія. Кромѣ того, весь масштабъ раздѣленъ на сантиметры, прямо на стали. По небольшому термометру, шарикъ котораго вдѣланъ въ самый масштабъ на другой грани его, можно опредѣлить температуру его. На той же грани масштаба награвированы имя фабриканта и номеръ масштаба:

Carl Bamberg, Friedenau № 5495

Если масштабъ положить передъ собою для прочтенія этихъ надписей, то дѣленія расположены такимъ образомъ:



Штрихи на серебряныхъ пластинкахъ нѣсколько толсты, если ихъ разсматривать въ сильно увеличивающій микроскопъ. Но для сравненія реекъ, гдѣ употреблялись только луны, они какъ разъ соотвѣтствуютъ цѣли. Десятыя доли одного промежутка, т. е. 0.02 мм. отбѣиваются довольно удобно и точно и опредѣленія длины реекъ производятся помощью такого масштаба съ вполне удовлетворительною точностью и скоростью.

Желая получить провѣрку длины масштаба Бамберга, я обратился зимою 1895 г. въ Главную палату мѣръ и вѣсовъ съ просьбою о сличеніи его съ однимъ изъ нормальныхъ метровъ палаты. Благодаря готовности, съ которой эта просьба была исполнена, я могъ, при выводѣ длинъ реекъ, уже воспользоваться изслѣдованіями, произведенными надъ метромъ Бамберга въ этомъ образцовомъ учрежденіи. Вотъ результаты сличеній съ международнымъ метромъ Главной палаты.

Разстояніе между нулевыми штрихами метра было опредѣлено тремя разными наблюдателями и по тремъ весьма согласнымъ рядамъ найдено:

$$M_B = 1 \text{ метръ} - 15.7^{\mu} = 999.9843^{\text{мм}} \text{ при } 18.183^{\circ} \text{ С.}$$

Принимая коэффициентъ расширенія стали $k = 0.000011$, получаемъ:

$$M_B = 1 \text{ метръ} - 17.8^{\mu} = 999.9822 \text{ при } 18^{\circ}00 \text{ C.}$$

и масштабъ равенъ одному метру при температурѣ $19^{\circ}62 \text{ C.}$ Поправка термометра при масштабѣ мала, меньше $0^{\circ}1$.

Одновременно были опредѣлены разстоянія отдѣльныхъ штриховъ отъ нулевыхъ. На шкалахъ только средніе штрихи обозначены цифрами 0; остальные штрихи назовемъ $-1.0, -0.8, \dots, -0.2, +0.2, \dots, +0.8, +1.0$, какъ показано на чертежѣ. Разстоянія ихъ отъ нулевыхъ штриховъ выражены въ слѣдующей табличкѣ въ микронахъ.

Лѣвый конецъ.				Правый конецъ.			
	μ		μ		μ		μ
-1.0	999.6	$+1.0$	993.6	-1.0	999.8	$+1.0$	1001.2
-0.8	802.7	$+0.8$	797.6	-0.8	799.6	$+0.8$	798.5
-0.6	598.0	$+0.6$	596.2	-0.6	600.5	$+0.6$	601.1
-0.4	400.2	$+0.3$	400.2	-0.4	403.0	$+0.4$	403.4
-0.2	199.6	$+0.2$	199.3	-0.2	201.0	$+0.2$	202.0

Вѣроятная ошибка каждаго изъ этихъ чиселъ около ± 0.5 .

Отсюда видно, что ошибки дѣленія только разъ достигаютъ величины 0.006 мм. и могутъ быть слѣдовательно пропущены при опредѣленіяхъ длины реекъ, которыя точны только до нѣсколькихъ сотыхъ миллиметра.

При сравненіяхъ реекъ накладывался масштабъ на рейки и помощью лупъ два наблюдателя отсчитывали по тонкимъ дѣленіямъ на серебряныхъ пластинкахъ разстоянія между сравниваемыми штрихами реекъ. На красныхъ сторонахъ реекъ, раздѣленныхъ на полусотки, 281 дѣленіе близко равно 3 метрамъ. Для удобства сравненія наносились на этихъ сторонахъ помощью тонкой иглы вспомогательные штрихи, приблизительно на разстояніи одного метра одинъ отъ другаго. Послѣдовательными накладываніями масштаба получалась для нихъ такимъ образомъ длина 281 дѣленія, между тѣмъ какъ для черныхъ сторонъ опредѣлялась прямо длина 300 дѣленій.

На черныхъ сторонахъ реекъ привинчены противъ нуля и противъ концовъ отдѣльныхъ метровъ четыре маленькихъ серебряныхъ кружка, съ тонкими, нанесенными на нихъ крестами. Сравненія разстояній между этими штрихами съ масштабомъ конечно значительно точнѣе, чѣмъ сравненія масштаба непосредственно съ дѣленіями реекъ. Такъ какъ четыре серебряныхъ пластинки привинчены къ рейкамъ немного въ сторонѣ отъ отсчитываемыхъ дѣленій, опредѣленія ихъ разстояній другъ отъ друга не дадутъ собственно длины отдѣльныхъ метровъ реекъ, но зато по такимъ сравненіямъ очень точно и удобно констатируются измѣненія длинъ реекъ, могущія произойти во время полевыхъ работъ. Сравненіе масштаба прямо съ дѣленіями нѣсколько менѣе точно. Приходится отсчитывать

положеніе, относительно шкалъ масштаба, двухъ краевъ тонкихъ штриховъ, которыми оканчивается каждая черная или красная клѣтка дѣленій. Ширина ихъ колеблется отъ 0.5 до 0.6 мм. и края не такъ хорошо очерчены и не такъ удобно отсчитываются какъ тонкіе штрихи на серебряныхъ кружкахъ. Если приходится работать при не совсѣмъ удачномъ освѣщеніи, то при этомъ возможны систематическія ошибки въ нѣсколько сотыхъ миллиметра.

Полныя опредѣленія длины реекъ были произведены лейтенантомъ Бухтѣевымъ и мною два раза, до начала и послѣ окончанія полевой работы. Приведемъ здѣсь въ сокращенной формѣ результаты нашихъ сличеній, гдѣ все уже выражено въ международной мѣрѣ.

Рейка № 1.

	1895 Мая 31.			1895 Юня 16.		
	Между кружк.	Черная стор.	Красная стор.	Между кружк.	Черная стор.	Красная стор.
1-й метръ . .	мм. 1000.21	мм. 1000.90	мм. 1000.19	мм. 1000.17	мм. 1000.83	мм. 1000.16
2-й " . .	1001.44	1001.23	1000.09	1001.42	1001.24	999.99
3-й " . .	1000.22	1000.44	1000.70	1000.15	1000.35	1000.58
Сумма . .	3001.87	3002.57 = 300 дѣл.	3000.98 = 281 дѣл.	3001.74	3002.42 = 300 дѣл.	3000.73 = 281 дѣл.

Рейка № 2.

	1895 Мая 31.			1895 Юня 16.		
	Между кружк.	Черная стор.	Красная стор.	Между кружк.	Черная стор.	Красная стор.
1-й метръ . .	мм. 1000.19	мм. 1000.69	мм. 1000.20	мм. 1000.17	мм. 1000.58	мм. 1000.19
2-й " . .	1000.69	1000.46	999.99	1000.67	1000.39	999.90
3-й " . .	1001.44	1000.83	1000.18	1001.41	1000.75	1000.09
Сумма . .	3002.32	3001.98 = 300 дѣл.	3000.37 = 281 дѣл.	3002.25	3001.72 = 300 дѣл.	3000.18 = 281 дѣл.

Изъ этихъ чиселъ видно, что въ промежутокъ времени отъ 31 Мая до 16 Юня произошло незначительное сокращеніе обѣихъ реекъ. По сравненіямъ между кружками, рейки сократились на:

	Рейка № 1.	Рейка № 2.
1-й метръ	мм — 0.04	мм — 0.02
2-й "	— 0.02	— 0.02
3-й "	— 0.07	— 0.03

По сравненіямъ черныхъ и красныхъ сторонъ имѣемъ нѣсколько большія сокращенія:

<i>Рейка № 1.</i>		<i>Рейка № 2.</i>	
Черн. ст.	Красн. ст.	Черн. ст.	Красн. ст.
мм	мм	мм	мм
1-й метръ	— 0.07	— 0.11	— 0.01
2-й „	+ 0.01	— 0.07	— 0.09
3-й „	— 0.09	— 0.08	— 0.09

При допущеніи, что разности, полученныя по болѣе точнымъ сравненіямъ между кружками, выражаютъ дѣйствительныя укороченія реекъ въ разсматриваемый промежутокъ времени, то сравненія отдѣльныхъ метровъ на черныхъ и красныхъ сторонахъ, произведенныя 31 Мая и 16 Іюня, отличаются на слѣдующія величины:

<i>Рейка № 1.</i>		<i>Рейка № 2.</i>	
Черн. ст.	Красн. ст.	Черн. ст.	Красн. ст.
мм	мм	мм	мм
1-й метръ	— 0.03	— 0.09	+ 0.01
2-й „	+ 0.03	— 0.05	— 0.07
3-й „	— 0.02	— 0.05	— 0.06
Сумма	— 0.02	— 0.19	— 0.12

Здѣсь сказывается маленькая систематическая разность двухъ опредѣленій, которая будетъ исключена только отчасти, если принять среднее. Поэтому вывести вѣроятную ошибку принимаемыхъ длинъ реекъ было бы нѣсколько гадательно. Но такъ какъ опредѣляемыя разности высотъ не превышаютъ въ нашемъ случаѣ 60 метровъ, то ожидаемая ошибка результата будетъ не болѣе 2^{мм}, если допустимъ, что наши рейки въ 3 метра длины опредѣлены съ точностью до 0.1^{мм}.

При обработкѣ приняты среднія изъ опредѣленій 31 Мая и 16 Іюня.

<i>Рейка № 1.</i>	<i>Рейка № 2.</i>	<i>Рейка № 1.</i>	<i>Рейка № 2.</i>
Черн. ст.	Черн. ст.	Красн. ст.	Красн. ст.
мм	мм	мм	мм
300 дѣл. = 3002.50	3001.85	281 дѣл. = 3000.86	3000.28
см	см	см	см
1 „ = 1.000833	1.000617	1 „ = 1.067922	1.067715

Хотя обѣ рейки не точно одинаковой длины, но при допущеніи, что на протяженіи двухъ смежныхъ стоянокъ, профиль мѣстности имѣетъ приблизительно одинъ и тотъ же уклонъ, можно пользоваться средними длинами ихъ, т. е. числами:

для черныхъ сторонъ 1 дѣл. = 1.000725^{см}
 „ красныхъ „ 1 дѣл. = 1.067818

Если, слѣдовательно, непосредственно найденныя высоты H_0 будутъ сначала выражены въ дѣленіяхъ черныхъ и красныхъ сторонъ, то переходъ къ международнымъ сантиметрамъ производится исправленіемъ величинъ H_0 на:

$$+ \frac{1}{1379} H_0 \text{ для черныхъ и } + \left(\frac{1}{15} + \frac{1}{868.8} \right) H_0 \text{ для красныхъ дѣленій.}$$

Замѣтимъ еще, что одно дѣленіе на черныхъ сторонахъ равно 1.06704 дѣленія красныхъ сторонъ. Такъ какъ послѣднія раздѣлены на двухсотыя части сажени, то отношеніе ихъ къ дѣленіямъ черныхъ сторонъ должно быть 1.06679. Близкое равенство этихъ отношеній свидѣтельствуетъ о тщательности, съ которой рейки были изготовлены въ мастерской Отдѣла.

Наши рейки № 1 и № 2 служили уже раньше при нивелировкѣ Пулково—Ораніенбаумъ въ 1890 году и были изслѣдованы точно также въ 1897 году. Не безынтересно сопоставленіе результатовъ этихъ опредѣленій.

Въ 1890 году сравнивались рейки съ мѣднымъ масштабомъ № 68 Военно-Топографическаго Отдѣла. Этотъ масштабъ былъ нами изслѣдованъ помощью пятифутовой мѣры Troughton-Simms'a, длина которой дана въ „Дугѣ меридіана“ В. Я. Струве.

Въ 1897 году сличенія были произведены точно также какъ и въ 1895 году помощью стального метра Бамберга. Вотъ результаты этихъ трехъ опредѣленій, по которымъ можно убѣдиться въ хорошемъ постоянствѣ длинъ, даже за семь лѣтъ.

Годъ опредѣле- нія.	Рейка № 1.		Рейка № 2.	
	Черная ст.	Красная ст.	Черная ст.	Красная ст.
	300 дѣл. = мм.	281 дѣл. = мм.	300 дѣл. = мм.	281 дѣл. = мм.
1890	3002.79	3000.85	3001.93	3000.43
1895	3002.50	3000.86	3001.85	3000.28
1897	3002.48	3001.06	3001.62	3000.42

Уклоненія отдѣльныхъ опредѣленій имѣютъ чисто случайный характеръ и даютъ за величину вѣроятной ошибки каждаго числа $\pm 0.09^{\text{мм}}$, чѣмъ высказанное выше предположеніе вполне оправдывается.

Ошибки дѣленій этихъ реекъ были еще въ 1890 году изслѣдованы, при чемъ опредѣлялись ошибки каждаго десятого дѣленія, какъ для черныхъ, такъ и для красныхъ сторонъ. Онѣ вообще малы, всѣ меньше $0.5^{\text{мм}}$ и также свидѣтельствуютъ о совершенствѣ отдѣлки реекъ.

Наша вспомогательная рейка, въ 1 метръ длины, которая служила для заложения временныхъ болтовъ или для опредѣленія постоянныхъ марокъ, сравнивалась тоже съ

метромъ Бамбера. Приведемъ здѣсь величину одного дѣленія черной и красной стороны, по опредѣленіямъ 1895 и 1897 годовъ. Въ 1890 году этой рейки еще не было.

Вспомогательная рейка

1 дѣленіе =

Годъ	Черная ст.	Красная ст.
	см.	см.
1895	1.0009	1.0682
1897	1.0009	1.0679

Вспомогательная рейка только рѣдко употребляется, а потому мы никакой чувствительной ошибки не сдѣлаемъ, считая длину ея дѣленій равной дѣленіямъ реекъ № 1 и № 2.

3. Нивелировка отъ Пулкова до Колпина.

Послѣ заложенія чугунныхъ марокъ въ Царскомъ Селѣ, Московской Славянкѣ и Колпинѣ, изслѣдованія нивелира и сравненія реекъ А. М. Бухтѣевъ и я приступили къ самой нивелировкѣ 3 Іюня. Въ этотъ и въ слѣдующій день мы только вышли отъ марки на крыльцѣ обсерваторіи на шоссе, гдѣ заложили временную марку и вернулись къ маркѣ. Сильные дожди не позволили начать работу раньше 5 Іюня. Далѣе работали 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13 и 14 Іюня, при чемъ было сдѣлано 37, 46, 48, 40, 48, 49, 46, 33 и 59 стоянокъ. Такимъ образомъ приходится на километръ — всего пронивелировано около 44 километровъ — около 9 стоянокъ, или, другими словами, среднее разстояніе реекъ отъ инструмента было около 54 метровъ. При ровной мѣстности мы ставили рейки обыкновенно на разстояніи 65 метровъ, но особенно на пути изъ Пулкова до Царскаго Села имѣются мѣста съ сильнымъ уклономъ, гдѣ пришлось ограничиться гораздо меньшими разстояніями.

За исключеніемъ трехъ дней, когда намъ мѣшали дожди и вѣтеръ, погода стояла вообще благоприятная. Если тѣмъ не менѣе въ среднемъ пронивелировано только 5 километровъ въ сутки, то это объясняется лишь тѣмъ, что мы почти всегда ночевали въ Пулковѣ, отчего число рабочихъ часовъ въ день конечно значительно уменьшалось.

Нивелиръ ставился всегда по возможности точно въ середину между рейками. Это достигалось проще и скорѣе всего помощью длинной бичевки, по которой разстоянія инструмента отъ задней и передней реекъ измѣрялись. Такъ какъ этотъ приѣмъ не требуетъ лишнихъ рабочихъ или лишняго времени, то слѣдуетъ его признать вполне удобнымъ и практичнымъ. Желанное равенство разстоянія достигается быстрѣе и точнѣе, чѣмъ безъ употребленія бичевы, когда реечники должны отсчитывать разстояніе шагами, а наблюдатель, производя предварительные отсчеты дальномѣрныхъ нитей, обыкновенно долженъ исправлять мѣсто передней рейки.

При расположеніи наблюдений и порядка отсчетов мы придерживались программы, принятой при работах В.-Т. Отдѣла и подробно изложенной въ инструкціи Полковника Д. Д. Геденова *). При выводѣ разности высотъ для каждой стоянки нивеллира мы точно также поступали такъ, какъ это предлагается въ упомянутой инструкціи. Если отсчеты на трехъ нитяхъ для задней рейки обозначимъ черезъ δ_1 δ_2 δ_3 , а для передней черезъ π_1 π_2 π_3 , среднее изъ отсчитанныхъ наклонностей въ полудѣленіяхъ уровня b_σ и b_π , а разности отсчетовъ на крайнихъ нитяхъ черезъ $\Sigma = \delta_3 - \delta_1$, и черезъ $\Pi = \pi_3 - \pi_1$, то разность высотъ h двухъ смежныхъ реекъ будетъ:

$$h = \frac{1}{3} [(\delta_1 - \pi_1) + (\delta_2 - \pi_2) + (\delta_3 - \pi_3)] + (b_\sigma - b_\pi) V + \frac{2}{3} k \cdot (\Sigma - \Pi)$$

гдѣ k выше выведенный коэффициентъ несимметричности сѣтки. Вслѣдствіе весьма близкаго равенства разстояній послѣдній членъ всегда малъ, рѣдко достигая 0.01 дѣленія. Вычисления производились по этой формулѣ въ полѣ немедленно послѣ окончанія отсчетовъ. Чтобы получить хорошій и независимый контроль для этихъ вычислений, исполненныхъ конечно весьма торопливо, дома выводились тѣже разности высотъ h еще другимъ путемъ.

Если исправить ариѳметическое среднее отсчетовъ на крайнихъ нитяхъ $\frac{1}{2} (\delta_1 + \delta_3)$ и $\frac{1}{2} (\pi_1 + \pi_3)$ на величины $+k\Sigma$ и $+k\Pi$, то полученные числа должны отличаться отъ отсчетовъ на средней нити δ_2 и π_2 только на случайныя ошибки отсчетовъ. Придавъ слѣдовательно величинамъ $\frac{1}{2} (\delta_1 + \delta_3) + k\Sigma$ и $\frac{1}{2} (\pi_1 + \pi_3) + k\Pi$ двойной вѣсъ сравнительно съ δ_2 и π_2 , и исправивъ среднія, взятая съ вѣсами 2 и 1, за наклонности на величины $b_\sigma V$ и $b_\pi V$, получаются исправленные, приведенные къ средней нити отсчеты, разности которыхъ строго должны равняться выше полученному h . Этотъ пріемъ требуетъ записыванія нѣсколько большаго количества цифръ, но результатъ получается почти одинаково быстро, если пользоваться маленькой табличкой для величинъ $k\Sigma$ и $k\Pi$, и во всякомъ случаѣ, а это главное, получается прекрасный контроль для полевыхъ вычислений.

Кромѣ чугунныхъ марокъ въ Царскомъ Селѣ и Московской Славянкѣ были нами опредѣлены при нивелированіи по направленію къ Колпину и обратно, еще пять временныхъ промежуточныхъ пунктовъ, такъ что все разстояніе отъ Пулкова до Колпина можетъ быть раздѣлено на 8 участковъ. Изъ пяти временныхъ пунктовъ четыре были прочные желѣзные болтики, вбитые въ телеграфные столбы или зданія, а пятый—гранитный цоколь верстового столба у скрещенія Варшавской желѣзной дороги съ шоссе изъ Пулкова въ Царское Село. Для краткости мы въ слѣдующемъ обозначимъ отдѣльныя марки и временныя точки просто номерами, а именно:

- № 1 Марка Главнаго Штаба въ Пулковѣ.
- № 2, 3, 4 Временныя точки.
- № 5 Марка Главнаго Штаба (1895) на Царско-сельскомъ вокзалѣ.
- № 6 Временная точка.
- № 7 Марка Главнаго Штаба (1896) на оградѣ церкви въ Московской Славянкѣ.
- № 8 Временная точка.
- № 9 Марка Главнаго Штаба (1895) на водокачальнѣ Колпинскаго вокзала.

*) Т. XXXIX Записокъ В.-Т. Отдѣла.

Восемь участковъ между ними обозначимъ цифрами I, II, ... VIII. Приведемъ сначала непосредственно наблюденныя, въ дѣленіяхъ реекъ, разности высотъ для отдѣльныхъ участковъ. Для исправленія за непараллельность оптической оси нивеллира и оси уровня выписаны суммы разностей $\Sigma - \Pi$ для каждаго участка, въ дѣленіяхъ черныхъ сторонъ. Кромѣ того показано число стоянокъ n и разстоянія s въ километрахъ для всѣхъ участковъ.

№ марки.	№ участка.	В п е р е д ъ.				Н а з а д ъ.				s километр.
		Черная ст.	Красная ст.	$\Sigma - \Pi$	n	Черная ст.	Красная ст.	$\Sigma - \Pi$	n	
I	I	— 3241.84	— 3037.14	+ 0.6	22	— 3242.22	— 3037.37	— 1.1	22	1.22
2	II	— 34.23	— 32.08	0.0	34	— 34.62	— 32.22	— 0.2	34	2.78
3	III	+ 301.90	+ 283.31	— 3.3	37	+ 303.29	+ 283.95	— 2.3	40	3.84
4	IV	— 1431.23	— 1341.79	+ 0.5	18	— 1431.52	— 1340.81	— 0.4	18	1.86
5	V	— 1354.44	— 1270.15	+ 1.5	30	— 1354.50	— 1268.83	— 2.4	31	3.82
6	VI	— 150.51	— 141.96	— 0.2	14	— 150.45	— 141.26	— 0.4	13	1.52
7	VII	— 97.22	— 90.94	— 0.2	32	— 96.16	— 88.91	+ 1.2	33	4.22
8	VIII	+ 61.64	+ 58.03	+ 3.7	23	+ 61.02	+ 57.97	— 2.5	23	2.68
9										

Принимая факторъ $\mu \text{tg } i = -0.020$ и для перехода къ международной мѣрѣ вышеприведенныя длины реекъ, получимъ тѣ же разности высотъ въ сантиметрахъ. Въ слѣдующей таблицѣ прибавлены для отдѣльныхъ участковъ еще разности черная — красная сторона для направленій впередъ и назадъ и разности впередъ — назадъ для черныхъ и красныхъ сторонъ.

№ участка.	В п е р е д ъ.		Н а з а д ъ.		$\mu - \kappa$		$\nu - \eta$	
	Черная ст.	Красная ст.	Черная ст.	Красная ст.	ν	η	μ	κ
I	м. — 3244.20	см. — 3243.12	см. — 3244.59	см. — 3243.37	— 1.08	— 1.22	+ 0.39	+ 0.25
II	— 34.25	— 34.26	— 34.64	— 34.41	+ 0.01	— 0.23	+ 0.39	+ 0.15
III	+ 302.19	+ 302.59	+ 303.46	+ 303.15	— 0.40	+ 0.31	— 1.27	— 0.56
IV	— 1432.27	— 1432.79	— 1432.56	— 1431.75	+ 0.52	— 0.81	+ 0.29	— 1.04
V	— 1355.45	— 1356.32	— 1355.53	— 1354.93	+ 0.87	— 0.60	+ 0.08	— 1.39
VI	— 150.62	— 151.58	— 150.57	— 150.85	+ 0.96	+ 0.28	— 0.05	— 0.73
VII	— 97.29	— 97.10	— 96.21	— 94.92	— 0.19	— 1.29	— 1.08	— 2.18
VIII	+ 61.61	+ 61.89	+ 61.01	+ 61.85	— 0.28	— 0.84	+ 0.60	— 0.04

При разсмотрѣніи отклоненій мы приходимъ къ слѣдующимъ заключеніямъ. Разности ($\mu - \kappa$) очевидно не зависятъ отъ величины измѣренныхъ разностей высотъ. Правда, для сравнительно короткаго перваго участка съ наибольшимъ уклономъ, отклоненія ($\mu - \kappa$)

велики и имѣютъ одинъ и тотъ же ходъ впередъ и назадъ. Но отклоненія для другихъ участковъ противорѣчатъ возможному здѣсь объясненію, что принятыя нами относительныя длины для черныхъ и красныхъ дѣленій еще нѣсколько ошибочны. Что касается большаго отклоненія для VII участка при ходѣ назадъ, то нужно замѣтить, что въ этотъ день очень сильный вѣтеръ и дождь постоянно мѣшали, отчего не только точность отсчетовъ была меньше обыкновенной, но вѣроятно вѣтеръ вліялъ также на устойчивость штатива и реекъ. Даже башмаки, можетъ быть, менѣе устойчиво сохраняли свою высоту въ размокшемъ грунтѣ. Отчасти могло сказаться въ разностяхъ ($v - n$) вліяніе измѣненій въ инструментѣ и атмосферныхъ условіяхъ. Только въ среднемъ изъ результатовъ по чернымъ и краснымъ сторонамъ будутъ исключены такіа измѣненія, насколько они происходятъ пропорціонально времени.

Во второй группѣ отклоненій ($v - n$) опять для красной стороны замѣчаются сравнительно большія уклоненія и преобладающій здѣсь отрицательный знакъ указываетъ какъ бы на неизвѣстный источникъ систематическаго накопленія ошибокъ. Однако для черной стороны такого накопленія вовсе не замѣтно, а потому существованіе систематическихъ ошибокъ въ нашей нивелировкѣ сомнительно. Взявъ теперь среднія изъ результатовъ по чернымъ и краснымъ сторонамъ для хода впередъ и назадъ, мы выписали въ слѣдующей таблицѣ для всѣхъ участковъ: 1) эти среднія величины v и n , 2) ихъ разности $v - n = v$ 3) разстоянія s отдѣльныхъ участковъ въ километрахъ. Затѣмъ даны для всѣхъ девяти реперовъ высоты h_o и h_n по ходу впередъ и назадъ, надъ исходнымъ пунктомъ — марею въ Пулковѣ, среднія окончательныя высоты $h = \frac{1}{2} (h_o + h_n)$ и наконецъ разстоянія S реперовъ отъ Пулкова.

№ участка.	Впередъ.	Назадъ.	v	s	№ марки.	h_o	h_n	h	S
	см.	см.	см.	к.м.		см.	см.	см.	к.м.
I	—3243.66	—3243.98	+0.32	1.22	2	—3243.66	—3243.98	—3243.82	1.22
II	— 34.26	— 34.52	+0.26	2.78	3	—3277.92	—3278.50	—3278.21	4.00
III	+ 302.39	+ 303.30	—0.91	3.84	4	—2975.53	—2975.20	—2975.37	7.84
IV	—1432.53	—1432.16	—0.37	1.86	5	—4408.06	—4407.36	—4407.71	9.70
V	—1355.88	—1355.23	—0.65	3.82	6	—5763.94	—5762.60	—5763.27	13.52
VI	— 151.10	— 150.71	—0.39	1.52	7	—5915.04	—5913.31	—5914.17	15.04
VII	— 97.20	— 95.57	—1.63	4.22	8	—6012.24	—6008.88	—6010.56	19.26
VIII	+ 61.75	+ 61.43	+0.32	2.68	9	—5950.49	—5947.45	—5948.97	21.94

Въ ряду отклоненій v и теперь отрицательныя величины больше и чаще. Нѣсколько большое расхожденіе для VII участка портитъ главнымъ образомъ—весьма впрочемъ удовлетворительное—согласіе ряда. Но такъ какъ и это отклоненіе по всей вѣроятности случайнаго характера, то мы въ правѣ вывести вѣроятную ошибку нивелировки для одного километра, разсматривая разности двухъ нивелировокъ, туда и обратно, какъ случайныя величины. Тогда получимъ:

$$\left[\frac{vv}{s} \right] = 1.2774$$

и вѣроятныя ошибки простой и двойной нивелировки для одного километра будутъ

$$\rho_1 = \pm 1.91 \text{ мм.}$$

$$\rho_2 = \pm 1.35 \text{ мм.}$$

Высотамъ постоянныхъ марокъ припишемъ вѣроятную ошибку $\rho_2 \sqrt{S}$, гдѣ для S поставимъ 9.70, 15.04 и 21.94 кил.

Какъ уже выше сказано, марка Главнаго Штаба № 6, заложенная въ 1873 году на Колпинской водокачалнѣ, исчезла, но прежнее мѣсто ея въ стѣнѣ зданія было найдено и могло быть восстановлено съ точностью двухъ или трехъ миллиметровъ. Разность высотъ марки 1895 г. и этого мѣста была измѣрена и получено, что марка 1895 г. выше марки 1873 г. на:

$$150.8 \text{ дѣл. черной стороны рейки № 1} = 150.93^{\text{см}}$$

$$141.35 \text{ „ красной „ „ № 1} = 150.95$$

$$\text{Въ среднемъ} = 150.94$$

Вѣроятная ошибка ниже приведенной высоты марки 1873 г. надъ маркою въ Пулковѣ вычислена при допущеніи, что намъ удалось опредѣлить прежнее мѣсто ея съ вѣр. ошиб. ± 3 мм.

4. Результаты и контроли.

На основаніи предыдущихъ данныхъ нами получены слѣдующіе главные результаты:
Высоты надъ маркою № 1 Главнаго Штаба въ Пулковѣ:

Марки	Гл. Шт.	1895 въ	Царскомъ Селѣ	—	$44.0771 \pm 0.0042^{\text{м}}$
„	„	„	1895 „	Московской Славянкѣ	— $59.1417 \pm 0.0052^{\text{м}}$
„	„	„	1895 „	Колпинѣ	— $59.4896 \pm 0.0063^{\text{м}}$
„	„	„	1873 „	Колпинѣ	— $60.9990 \pm 0.007^{\text{м}}$

Для вывода высотъ этихъ четырехъ марокъ надъ среднимъ уровнемъ моря воспользуемся результатомъ А. А. Родіонова, помѣщеннымъ въ его выше упомянутой работѣ. На стр. 98 дана высота марки въ Пулковѣ надъ нулемъ Кронштадтскаго футштока:

$$+ 75.0359 \pm 0.0073^{\text{м}}$$

За высоту нуля футштока надъ среднимъ уровнемъ моря примемъ согласно В. Е. Фусу $+ 0.92$ дюйма или $+ 2.34$ см.

Съ этими данными получаемъ:

Высота надъ среднимъ уровнемъ моря у Кронштадта:

Марки	Гл. Шт.	№ 1 въ	Пулковѣ	$+ 75.0593 \pm 0.0073^{\text{м}}$	или	$35.1800 \pm 0.0034^{\text{саж.}}$
„	„	„	1895 „	Царскомъ Селѣ	$+ 30.9822 \pm 0.0084^{\text{м}}$	„ $14.5212 \pm 0.0039^{\text{саж.}}$
„	„	„	1895 „	Московск. Славянкѣ	$+ 15.9176 \pm 0.0090^{\text{м}}$	„ $7.4605 \pm 0.0042^{\text{саж.}}$
„	„	„	1895 „	Колпинѣ	$+ 15.5697 \pm 0.0096^{\text{м}}$	„ $7.2974 \pm 0.0045^{\text{саж.}}$
„	„	„	1873 „	Колпинѣ	$+ 14.0603 \pm 0.0100^{\text{м}}$	„ $6.5900 \pm 0.0047^{\text{саж.}}$

Для перехода отъ метровъ къ саженимъ принято по Кларку:

$$1 \text{ метръ} = 0.4686956 \text{ саж.}$$

Наиболѣе важное практическое значеніе имѣетъ здѣсь высота Колпинской марки 1873 г., которая служила однимъ изъ исходныхъ пунктовъ въ Каталогѣ С. Д. Рыльке. Имъ принимается для этой высоты:

$$+ 14.0667 \text{ м. или } 6.593 \text{ саж.}$$

Отсюда видно, что благодаря случайной, но весьма счастливой компенсаціи его результатъ весьма близко сходится съ нашимъ числомъ. Оба опредѣленія отличаются всего на 6.4 мм., слѣдовательно вполне согласны въ предѣлахъ приписанной нашему результату вѣроятной погрѣшности.

Въ заключеніе мы приведемъ еще контроль новаго опредѣленія разности высотъ Пулково-Колпино.

Въ 1893 г. по инициативѣ А. А. Тилло была произведена нивелировка въ С.-Петербургѣ, въ которую вошли временной болтикъ на Балтійскомъ вокзалѣ, заложенный мною въ 1892 г., и марка Главнаго Штаба на вокзалѣ Николаевской желѣзной дороги. Результатъ, полученный производителемъ этой связи, С. Б. Шарбе, по сообщенію А. А. Тилло, слѣдующій:

Временной болтикъ на Балтійскомъ вокзалѣ выше разводной площадки у Николаевского моста на $+ 4.6862^{\text{м}}$

Марка Гл. Шт. на вокзалѣ Николаевской желѣзной дороги выше той-же разводной площадки на $+ 10.0352$

Далѣе выписываемъ изъ моей брошюры: „Нивелировка между Кронштадтомъ и С.-Петербургомъ“ слѣдующія данныя:

Марка на Балтійскомъ вокзалѣ ниже временнаго болтика на $- 0.0845^{\text{м}}$

Марка на станціи Лигово выше марки на Балтійскомъ вокзалѣ на . . . $+ 11.4570$

Изъ упомянутаго выше труда А. А. Родіонова (стр. 97) беремъ урavnенную высоту марки въ Пулковѣ надъ маркой въ Лиговѣ $+ 58.1977$

Принимая еще по Каталогу С. Д. Рыльке, что марка Гл. Шт. на вокзалѣ Николаевской желѣзной дороги въ С.-Петербургѣ ниже марки 1873 г. въ Колпинѣ на 1.500 саж. или на $- 3.2004$

можно, сведя всѣ эти данныя и соединяя ихъ съ нашимъ опредѣленіемъ Пулково—Колпино, составить полигонъ: Пулково—Лигово—С.-Петербургъ—Колпино—Пулково.

Лигово ниже Пулково $- 58.1977^{\text{м}}$

Марка на Балтійскомъ вокзалѣ ниже Лигово $- 11.4570$

Временной болтикъ выше марки на Балтійскомъ вокзалѣ	+ 0.0845 ^м
Разводная площадка ниже временнаго болтика	— 4.6862
Марка на Николаевскомъ вокзалѣ выше разводной площадки .	+ 10.0352
Марка 1873 г. въ Колпинѣ выше марки на Николаевск. вокзалѣ	+ 3.2004
Пулково выше марки 1873 г. въ Колпинѣ	+ 60.9990
Сумма	— 0.0218

Слѣдовательно невязка этого полигона, периметръ котораго около 80 километровъ, равна 22 мм. или нѣсколько меньше одного дюйма. Точныя разстоянія нивелировокъ, произведенныхъ г. Шарбе въ С.-Петербургѣ, намъ неизвѣстны, но врядъ ли на много ошибемся, принимая эти разстоянія равными 10 километрамъ. Если даже допустимъ, что вѣроятная ошибка нивелировки въ С.-Петербургѣ и нивелировки отъ С.-Петербурга до Колпина на одинъ километръ равна ± 2 мм., то найденной невязкѣ — 22 мм. нужно приписать вѣроятную ошибку въ ± 15 мм.

Наше изслѣдованіе привело такимъ образомъ къ заключенію, что высота Колпинской марки 1873 г., какъ она принимается С. Д. Рыльке въ Каталогѣ высотъ, вполне точна и не требуетъ никакой поправки.

