

53

ЖЕЛѢЗНОДОРОЖНАЯ

12/624/19
1 B23

ТУННЕЛЬНЫЯ

АВТОГРАФ
ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА
Дата 2007

СООРУЖЕНИЯ

62362

Ч. I.

СОВѢЩАНІЕ
по
ОПЫТНО-СТРОИТЕЛЬНОМУ ДѢЛУ
ПОГАШЕНО
Складъ техническихъ документовъ
№
Инв. №

Соч. инж. П. С. В. И. Вендровскаго.



БИБЛИОТЕКА СОВѢЩАНІЯ
по ОПЫТНО-СТРОИТЕЛЬНОМУ ДѢЛУ
ПОГАШЕНО
Инв. № 147
По подписи 19 Сир.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типо-Литографія С. Н. Цѣпова, Забалканскій пр., 18.
1903.

1975

БИБЛИОТЕКА
Вендровскаго
Института инженеровъ
железнодорожнаго
транспорта

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Желѣзныя дороги связываютъ промышленные центры странъ, увеличиваютъ сношенія между ними и съ удивительною быстротою расширяютъ потребности, проявляя необходимость устройства новыхъ путей сообщенія.

Направленіе послѣднихъ опредѣляется, въ большинствѣ случаевъ, выгодами отъ коммерческихъ предпріятій, предоставляя технику рѣшать, часто, весьма сложные вопросы о найвыгоднѣйшемъ способѣ обхода естественныхъ препятствій.

Торговое движеніе Сибири и восточной Азіи, вѣроятно, въ недалекомъ будущемъ призоветъ русскихъ инженеровъ къ сооруженію горныхъ желѣзныхъ дорогъ въ условіяхъ болѣе трудныхъ, чѣмъ встрѣченныя при такихъ же работахъ въ Швейцаріи.

Точное знакомство съ работами по постройкѣ туннелей, въ виду вышесказаннаго, становится настоятельною необходимостью для русскихъ инженеровъ.

Авторъ

ОГЛАВЛЕНІЕ:

I часть.

- 1) Обзоръ свѣдѣній по геологіи верхнихъ частей земной коры и краткое описаніе нѣкоторыхъ природныхъ туннелей.
- 2) Обзоръ работъ по сооруженію туннелей въ Европѣ.
- 3) Обзоръ работъ по сооруженію туннелей въ Америкѣ и въ Азіи.
- 4) Важнѣйшія физическія явленія при сооруженіи существующихъ туннелей.
- 5) Конструктивныя особенности горныхъ желѣзныхъ дорогъ.
- 6) Краткій обзоръ достоинствъ металлическихъ цѣпей и канатовъ.

II часть.

- 1) Буровыя машины.
- 2) Водяные насосы.
- 3) Воздушные насосы.
- 4) Подъемныя машины и приспособленія.
- 5) Склады запасныхъ принадлежностей и мастерскія.
- 6) Рабочіе пути сообщенія, станціи и административныя постройки.
- 7) Краткія свѣдѣнія о примѣненіи электричества при туннельныхъ работахъ.
- 8) Замѣчанія о содержаніи рабочихъ, машинъ и принадлежностей.
- 9) Способы устройства крѣпей и порядокъ распредѣленія работъ.

III часть.

- 1) Производство изысканій.
- 2) Разработка проекта и оцѣнка стоимости работъ.
- 3) Производство работъ въ случаѣ пересѣченія напластованій: А) по линіи изъ уклона;
Б) по линіи изъ поперечнаго залеганія;
В) неправильнаго расположенія.
- 4) Производство работъ при встрѣчѣ:
А) сдвиговъ и обваловъ;
Б) плывуновъ сползней.
- 5) Отдѣлка и оборудованіе туннелей.
- 6) Администрація работъ и сравнительная стоимость послѣднихъ.
- 7) Общія замѣчанія объ эксплуатаціи туннелей и горныхъ желѣзныхъ дорогъ.
- 8) Намѣченныя горныя желѣзныя дороги въ Россіи.

I. Обзоръ свѣдѣній по геологіи верхнихъ частей земной коры и краткое описаніе нѣкоторыхъ природныхъ туннелей и пещеръ.

Въ физическомъ мірѣ, какъ и въ жизни народовъ настоящее представляетъ поперечный разрѣзъ во времени, по одну сторону котораго лежитъ неизвѣстное будущее, по другую же — поучительное прошлое („Зюссъ“ „Das Antlitz der Erder“).

Геологическія изслѣдованія приводятъ къ убѣжденію, что первозданные остовы материковъ и глубины океановъ не претерпѣвали абсолютныхъ перемѣщеній, хотя верхнія части земной коры различно и массивно видоизмѣнялись.

Въ 4 эпохахъ образованія земной коры усматривается слѣдующая характеристика:

1) Кенезойская (послѣтретичная и третичная), — совмѣщаетъ признаки жизни человѣка, грубые известняки, торфъ, магнитъ, янтарь, осадки соли, оолиты и т. п.

2) Мезозойская (мѣловая, юрская, тріасовая), — совмѣщаетъ признаки млекопитающихъ и птицъ, мѣлъ, литографскій песчаникъ, плотные известняки, бурый уголь, желѣзняки, темныя глины и т. п.

3) Палеозойская (каменноугольная, девонская, силлурійская), — совмѣщаетъ признаки рыбъ и насѣкомыхъ, мраморъ, сѣру, нефть, разные металлич. руды, каменный уголь, антрацитъ и т. п.

4) Архейская (гуронская, лаврентьевская), — совмѣщаетъ граниты, діориты, діабазы, лабрадоръ, графитъ, алмазы, самородные металлы, слюдяныя, тальковыя и т. п. породы.

Средняя плотность породъ, слагающихъ верхнюю часть земной коры, не превышаетъ 2,5; законъ возрастанія плотности съ глубиною до сего времени не опредѣленъ; по мнѣнію большинства ученыхъ плотность центральныхъ массъ земного шара около 10,5.

Неравномѣрность распредѣленія массы земной коры связана съ явленіями, на которыя слѣдуетъ обратить особое вниманіе при постройкахъ въ горныхъ областяхъ.

Совмѣстно съ суточными измѣненіями магнитныхъ элементовъ (наклоненія, склоненія и напряженія), происходятъ внезапныя колебанія магнитной стрѣлки, не совпадающія съ атмосферными бурями.

Таковыя колебанія земного магнетизма обнаруживаются гальваническими токами въ телеграфныхъ проволокахъ, прерывающимися, не рѣдко, корреспонденцію по нимъ.

Поясъ постоянной температуры въ различныхъ мѣстахъ находится на разной глубинѣ въ предѣлахъ отъ 0,5 до 15 саж., въ зависимости отъ расположенія пластовъ, ихъ сланцеватости и др. причинъ.

Съ глубиною и съ увеличеніемъ давленія, температура верхнихъ пластовъ, вообще говоря, увеличивается, соотвѣтственно орографическимъ особенностямъ мѣстности, въ среднемъ на 1° Ц. черезъ каждые 15 до 25 саж. глубины.

Наблюденія въ альпійскихъ туннеляхъ доказываютъ охлаждающее вліяніе горныхъ вершинъ на внутреннюю температуру земной коры, а въ особенности, если вершины покрыты постояннымъ снѣгомъ или ледниками.

Вслѣдствіе таковой и др. причинъ глубина пояса постоянной температуры въ горныхъ областяхъ значительно измѣняется на близкихъ разстояніяхъ.

Степень возвышенія температуры на глубинѣ геологическихъ напластованій опредѣляетъ предѣлъ, до котораго возможна работа человѣка въ подземныхъ нѣдрахъ; напр.: въ золото-серебряныхъ мѣсторожденіяхъ невады имѣется температура нижняго этажа пластовъ 47° Ц., невыносимая для рабочихъ.

Въ жел. дорожныхъ туннеляхъ возвышеніе вершинъ надъ проходомъ не можетъ быть больше 2 верстъ, вообще говоря, такъ какъ температура нѣдръ окажется, по всей вѣроятности, выше возможнаго для работъ предѣла (около 50° Ц.)

Материковые склоны горныхъ кражей, обыкновенно, выпуклые, пологіе, длинные, съ складчатымъ залеганіемъ пластовъ, безъ выходовъ вулканическихъ породъ; противоположные же склоны крутые, вогнутые, со спутаннымъ залеганіемъ напластованій, съ выходами древнихъ вулканическихъ породъ и съ вулканами.

Основные горы воспроизведены дислокаціею, складками или сдвигами, какъ пластовыхъ, такъ и кристаллическихъ массивовъ.

Ч. № 1.
Въ горной области, обнаруживающей слѣды вулканической дѣятельности, ни одинъ вулканъ, прекратившій изверженія, не долженъ считаться на вѣки потухшимъ, такъ какъ онъ можетъ вновь пробудиться, при образованіи какихъ либо крупныхъ перемѣщеній въ земной корѣ.

Нахождение древнихъ вулканическихъ образований (туфовъ) встрѣчается, не рѣдко, далеко за предѣлами вулканическихъ областей.

Основные горныя породы четырехъ типовъ гранита (Si 72⁰/₀), сіенита (Si 63⁰/₀), діабазы (Si 54⁰/₀) и оливина (Si 45⁰/₀), съ которыми ассоціируются, въ послѣдовательномъ порядкѣ, цинкъ, ртуть, платина и другія металлическія руды. Табл. № 1.

Т. № 1.

Типы основныхъ горныхъ породъ.	О к и с и.						
	Si.	Al.	Fe.	Ca.	Mg.	K.	Na.
Среднее для каждаго типа.							
I.	76	14	3	1,5	0,3	4	4
II.	64	17	6	3	1,3	3,5	4
III.	52	18	10	9	5	1,9	3
IV.	45	8	12	6	28	0,5	1

Кавказскіе потухшіе вулканы, Эльбрусь, Казбекъ, Бабадагъ и др., а также Демавентъ въ Персіи представляютъ многочисленныя выходы ангезита и долерита, нисколько не измѣняющіе господствующаго паденія и простиранія основныхъ пластовъ горныхъ породъ.

Горы въ окрестностяхъ Эрзерума состоятъ изъ осадочныхъ известняковъ и змѣвиковъ, надъ которыми расположены вулканическія породы.

Такое же сложеніе вулкана Паландакена, въ кратерѣ котораго известняки превращены въ мраморъ, алебастръ и хлоритовые сланцы, а также структура изолированныхъ горъ Пятигорскаго округа.

Подобное вышеобозначенному преобразование основныхъ породъ (напр. гранита въ роговики) обнаруживается, на разстояніи до 2 верстъ отъ вулканическихъ жилъ, на Кавказѣ въ долинѣ р. Баксана, въ окрестностяхъ Шахъ-дага, С.-Готтарда, на Уралѣ, въ Тянь-шанѣ, въ Карпатахъ и т. п.

Вулканы расположены на трещинахъ сдвиговъ и изломовъ горныхъ кряжей.

Въ виду значительныхъ измѣненій въ структурѣ земной коры, необходимо въ горныхъ областяхъ избѣгать построекъ на

рыхлыхъ наносахъ, покрывающихъ тонкимъ слоемъ массивныя породы; а также—на крутыхъ косогорахъ.

Въ таковыхъ областяхъ, сдвиги, оползни, оплывы и обвалы, не рѣдко, достигаютъ громадныхъ размѣровъ, въ особенности по линіи простиранія пластовъ.

Въ Россіи отмѣчается пять областей съ наибольшими явленіями вышеобозначенныхъ дислокацій земной коры: Кавказъ, Туркестанъ, Забайкалье, Алтай и Камчатка, сосѣдніе съ относительно новыми и массивными горными кряжами.

Подобныя дислокаціи происходятъ, иногда, въ Крыму на протяженіи отъ Алушты до Евпаторіи, а также, на высокихъ берегахъ рр. Волги, Оки, Днѣпра и др.

На Кавказѣ, Уралѣ, въ Туркестанѣ и въ Малой Азіи замѣчаются, чаще всего, горизонтальныя дислокаціи горныхъ массивовъ (складки, сдвиги); въ Байкальской и Алтайской областяхъ—вертикальные сбросы.

Тѣ и другія формы дислокаціи свойственны всѣмъ породамъ но легче распознаются въ осадочныхъ, болѣе или менѣе горизонтальныхъ слояхъ.

Дислокаціи въ земной корѣ вызываются, главнымъ образомъ, растяженіемъ, давленіемъ, сгибаніемъ и скручиваніемъ каменныхъ породъ.

Тщательное изученіе характера напластованій земной коры въ особенности важно при сооруженіи подпорныхъ стѣнъ фундаментовъ, при выборѣ найвыгоднѣйшихъ откосовъ въ желѣзнодорожныхъ выемкахъ или насыпяхъ и пр.

Въ горизонтальныхъ пластахъ и въ массивныхъ породахъ, уголъ откоса долженъ быть тѣмъ круче, чѣмъ пласты толще и менѣе подвержены вывѣтриванію; при томъ, откосъ слѣдуетъ отдѣлывать лѣстницеобразно, съ высотой каждой ступени не меньше толщины пласта.

На склонѣ по направленію паденія пластовъ, если послѣднія падаютъ круче естественнаго откоса грунта, то необходимо срѣзывать напластованія до откоса болѣе пологого, чѣмъ естественный; если же уголъ паденія пластовъ меньше угла естественнаго откоса, то обдѣлку послѣдняго возможно вести лѣстницеобразно, какъ при горизонтальныхъ напластованіяхъ.

При крутомъ паденіи пластовъ откосъ по плоскости залеганія представляетъ достаточную устойчивость. Противоположный откосъ дѣлается съ уклономъ, дополнительнымъ до 90° къ углу паденія напластованій и круче 45° лишь въ исключительныхъ случаяхъ.

Горные кряжи образовались, вообще говоря: 1) складками земной коры (Тянь-шань, Гималаи, Альпы, Карпаты, Кавказскій

кряжъ, частью Уралъ и пр.); 2) сдвигами и сбросами въ системахъ напластованій (Ханганъ въ Монголіи, Абиссинскія, Скандинавскія, Алтайскія горы, частью Уралъ и пр.); 3) накопленіемъ каменныхъ массъ (большинство вулканическихъ кряжей, Аппаллахскія горы Америки и пр.).

Слѣдуетъ различать въ горныхъ кряжахъ—подножье, склоны, линіи водораздѣла и переваль.

Вогнутые склоны кряжей отличаются крутизною, сложностью строенія, разнообразными сбросами и сдвигами; выпуклые же — меньшею крутизною, болѣе простымъ строеніемъ пластовъ и параллельными въ нихъ складками.

Вогнутые склоны обращены въ сторону, откуда проявилось, вслѣдствіе уменьшенія земного ядра, горизонтальное давленіе на каменные массивы, вызвавшее дислокаціи въ послѣднихъ и образованіе горныхъ кряжей.

Клинажъ въ горныхъ напластованіяхъ перпендикуляренъ къ направленію вышеобозначеннаго горизонтальнаго давленія.

Наблюденія надъ измѣненіями температуры въ пещерахъ, артезіанскихъ колодцахъ и въ моряхъ приводятъ къ убѣжденію, что потеря внутренней теплоты земного шара происходитъ, главнымъ образомъ, черезъ моря, она выражается тѣмъ, что холодные слои воды, занимающіе болѣе $\frac{2}{3}$ глубины въ тропическихъ моряхъ, утолщаются и температура у морского дна понижается.

Вслѣдствіе постепеннаго охлажденія земной коры, холодная вода все болѣе и болѣе проникаетъ въ сѣверное полушарье, распространяясь даже до среднихъ широтъ.

Вліяніе атмосферы на геопластику земной коры зависитъ отъ состава, влажности, температуры и давленія воздуха; при томъ, таковое вліяніе механическое и химическое.

Механическая дѣятельность атмосферы выражается четырьмя процессами: разрушеніемъ, переносомъ, шлифованіемъ и отложеніемъ породъ; химическая же дѣятельность ея проявляется, главнымъ образомъ, въ вывѣтриваніи обнаженныхъ напластованій и образованіями гидратовъ.

Таковая же дѣятельность воды, но съ болѣе рѣзкими послѣдствіями отъ нея.

Объемъ водъ морей составляетъ $\frac{1}{780}$ объема,—масса ихъ $\frac{1}{4540}$ массы земли.

Поглощаемость газовъ атмосферою и водою прямо пропорціональна давленію при одинаковыхъ другихъ условіяхъ.

Слѣдуетъ принимать, что нѣтъ абсолютно непроницаемыхъ горныхъ породъ, какъ усматривается во многихъ рудникахъ.

Мало проницаемыми оказываются жирныя глины, плотные мергеля, известняки, стекловидныя породы и пр.

Въ природѣ нѣтъ вполне нерастворимыхъ минераловъ, за исключеніемъ развѣ алмаза, графита и платины.

Работа атмосферы и воды въ жидкомъ и твердомъ состояніи столь велика, что, для большихъ рѣкъ и ледниковъ, среднее количество минеральныхъ наносовъ составляетъ почти $\frac{1}{8000}$ расхода воды; для малыхъ таковое отношеніе увеличивается.

Изслѣдованіе горныхъ хребтовъ явственно показываетъ, что нѣкоторые изъ нихъ, уничтожились уже на половину противъ первоначальныхъ размѣровъ; это необходимо принимать во вниманіе, проектируя искусственныя сооруженія въ гористыхъ мѣстностяхъ.

Правильное сужденіе о вѣроятныхъ геологическихъ измѣненіяхъ области должно быть обосновано на точномъ изученіи рельефа ея и климатическихъ дѣятелей.

Рельефъ мѣстности опредѣляется, надлежаще исполненными, геодезическими работами и геологическими изслѣдованіями.

Относительно климатическихъ дѣятелей полезно замѣтить нижеизложенное.

Главный источникъ теплоты въ земной корѣ—солнце; внутренняя температура земного шара очень мало вліяетъ на верхнія его напластованія.

Количество теплоты, получаемое землею отъ солнца не менѣе 2.800,000 мил. паровыхъ силъ въ минуту; причемъ, наибольшее суточное ея количество получаетъ южный полюсъ, въ январѣ мѣс., наибольшее же годовое—экваторіальныя области; вообще же говоря, сѣверное полушаріе теплѣе южнаго въ низшихъ географическихъ широтахъ.

Распределеніе теплоты на поверхности земли зависитъ, главнымъ образомъ, отъ теплопроводности воздуха, наибольшей на высокихъ горахъ, наименьшей надъ пространствами, покрытыми водою.

По многочисленнымъ наблюденіямъ въ разныхъ горныхъ странахъ, среднее уменьшеніе температуры съ высотой равно 1° Ц. (и не больше $1,5^{\circ}$) на 200 м. высоты, при нѣкоторыхъ лишь отъ сего исключеніяхъ, вызываемыхъ частными причинами. Табл. № 2.

Направленіе воздушныхъ токовъ—отъ области высокаго къ области низкаго давленія; сила ихъ зависитъ отъ разности давленія на единицу разстоянія, въ сторону движенія воздуха и перпендикулярно къ мѣстнымъ линіямъ равныхъ среднихъ барометрическихъ высотъ (изобаръ).

Отклоненіе вѣтровъ отъ сего направленія, вправо на сѣверномъ и влѣво на южномъ полушаріи, выражается формулою Сте-

фенсона $\operatorname{tg} d = \frac{2 \times 10 \operatorname{sn} \phi}{k}$, гдѣ 10 = угловой скорости движенія земли = 0,000073, ϕ = геогр. широтъ мѣста, k = коэффиціенту тренія, претерпѣваемаго воздухомъ = 0,00012 въ горныхъ раіонахъ.

Вслѣдствіе тренія, скорость вѣтра уменьшается почти вдвое у подошвы горъ, усиливаясь среди дня.

Температура и влажность воздуха съ высотой мѣста уменьшаются подъ высокими широтами скорѣе, чѣмъ подъ низкими.

Абсолютная влажность на высотѣ 6400 м. составляетъ $\frac{1}{10}$ всего количества пара въ атмосферѣ, при наблюдаемой температурѣ. Табл. № 3.

Таблица среднихъ температуръ № 2.

Мѣстность.	Географическая широта.	Абсолютная высота въ метрахъ.	Годъ.	Температура по Цельсію.		Разница.	Суточные колебанія температуръ.	
				Самая низкая	Самая высокая.		Средняя.	Максимальная.
				М ѣ с я ц ѣ .				
Якутскъ . .	62°1'	160	11,2	42,8 янв.	18,8 іюль.	61,6	6,7	11,7
Николаевскъ-на Амурѣ .	53°8'	—	2,5	22,9 "	16,4 "	39,3	—	—
Енисейскъ .	58°27'	80	2,2	25,3 "	20,0 "	45,3	—	—
С - ть Бер-нардъ . .	45°50'	2478	1,8	9,0 "	6,2 "	15,2	4,7	7,8
Барнаулъ .	53°20'	140	0,4	19,4 "	19,6 "	39,0	8,3	10,6
Симплонъ .	46°15'	2008	0,4	7,5 "	9,2 "	16,7	—	—
Риги-Кульмъ	47°3'	1784	1,8	5,5 "	9,4 авг.	14,9	—	—
Меранъ . .	46°40'	310	11,7	0,3 "	21,8 іюль.	21,5	5,2	11,0
Севастополь.	44°37'	40	12,1	1,9 "	23,2 "	21,3	—	—
Тифлисъ . .	41°41'	457	12,6	0,5 "	24,3 "	23,8	7,6	10,1
Суэцъ . . .	29°58'	—	20,8	13,1 февр.	28,4 "	15,3	11,7	14,3
Багдадъ . .	33°21'	—	23,3	9,7 янв.	34,9 "	25,2	13,3	16,0

Т. № 3.

Количество воды, выпадающей въ теченіе года, въ видѣ дождя и снѣга, въ сантиметрахъ.

Ялта	46	Ташкентъ (Средн. Азія)	31
Владикавказъ (Сѣв. Кавказ.)	85	Кяхта	26
Алагиръ " "	99	Лэ (Западн. Тибетъ)	7
Сухумъ-Кале (Зап. Кавказ.)	128	Нерчинскій заводъ	39
Поти и Редутъ-Кале (Зап. Кавк.) . . .	164	Лахоръ (Пенджабъ) } Индія	53
Кутаисъ (Зап. Кавказ.)	179	Марри (С.-З. Гималаи) }	135
Тифлисъ " "	49	Суэцъ (Египетъ)	6
Александрополь (Эриванск. губ.) . . .	33	Алжирское плоскогорье	42
Баку (прибр. Каспійск. мор.)	24	Гибралтаръ (Перин. полуостр.) . . .	76
Ленькоранъ (прибр. Касп. мор.) . . .	130	Ауезъ (Австр. Альпы)	197
Богословскъ (Уралъ)	40	Лугано (Швейцарія)	157
Нижнетагильскъ (Уралъ)	48	С. Бернаръ "	119
Екатеринбургъ "	36	Готеборгъ (Швеція)	83
Златоустъ "	48	Эдинбургъ (Шотландія)	59
Барнаулъ (Западн. Сиб.)	24	Городъ Соленого озера, Утахъ . . .	55
Семипалатинскъ (Кирг. степи)	21	С. Франциско (Штаты Тихаго океана)	55
Акмолинскъ " "	24	Капшгадтъ (Южная Африка)	61
Вѣрный (Средн. Азія)	51		

Необходимо обратить особое вниманіе на характеръ образованія и на силу мѣстныхъ муссоновъ, циклоновъ и антициклоновъ, свойственныхъ гористымъ областямъ, въ среднихъ и высшихъ широтахъ обоихъ полушарій.

Они, не рѣдко, простираются до высотъ въ 4000 м. и являются одновременно въ небольшихъ другъ отъ друга разстояніяхъ; напр. мистраль въ Пиренеяхъ и Альпахъ, бора въ Балканахъ, на Кавказѣ и въ горахъ восточной Сибири, а также—фены (снѣго-ѣды) въ Альпахъ, Аппеннинахъ, въ Закавказьѣ и въ Тянь-Шанѣ.

Дѣйствіемъ таковыхъ вѣтровъ объясняется перемѣщеніе въ горахъ наносовъ, а также снѣжныхъ лавинъ и ледниковъ, сопровождаемое образованіемъ, иногда, опасныхъ наводненій.

На крутыхъ склонахъ горъ, кромѣ вышеуказанныхъ вѣтровъ, образуются вертикальные токи воздуха, часто значительной силы, сопровождаемые обильными осадками влаги (въ видѣ тумана, облаковъ, дождя, крупы, снѣга или града), а также—скопленіемъ, на высокихъ отвѣсныхъ возвышеніяхъ, песчаныхъ наносовъ, съ наклономъ плотныхъ навѣтренныхъ откосовъ въ 5° и до 12° .

При быстро возникающихъ циклонахъ, давленіе атмосферы значительно понижается, производя иногда ужасныя разрушенія; напр., сила циклона на островѣ Кубѣ въ 1847 г. равнялась 60 мил. паровыхъ силъ, т. е. въ 15 разъ превосходила расчетную работу водяныхъ, паровыхъ и другихъ машинъ на земномъ шарѣ.

На высокихъ горахъ механическое разрушеніе даже плотныхъ базальтовыхъ и гранитныхъ массъ происходитъ весьма энергично, вслѣдствіе рѣзкихъ перемѣнъ температуры.

Способствуютъ сему: влажность, шероховатость, пористость, неоднородность и темный цвѣтъ породъ; пористые камни разсыпаются въ порошокъ, сланцеватые расщепляются по направленію сланцеватости, плотные распадаются по трещинамъ въ куски неправильной формы.

Лучшими для сооруженій слѣдуетъ считать камни, обладающіе малою теплоемкостью, напр., мраморъ, мелкозернистые плотные песчаники свѣтлыхъ цвѣтовъ, сланцеватыя породы, бетонные массивы и т. п.

Ради уменьшенія вредныхъ воздѣйствій, необходимо очищать камни не только отъ деревьевъ, но и отъ мелкой растительности (травъ, плѣсени).

Разрушеніе каменныхъ породъ происходитъ также отъ измѣненія химическаго ихъ состава, черезъ прибавленіе, потерю или обмѣнъ составныхъ частей, подъ вліяніемъ атмосферы, влажности, электричества и пр. природныхъ дѣятелей; кромѣ того, въ зависимости—отъ климатическихъ особенностей мѣста, условій залеганія пластовъ и отношеній ихъ къ сосѣднимъ породамъ.

Способствуютъ разрушенію камней: 1) присутствіе въ нихъ полевого шпата, извести, черной магнезіальной слюды, известковой роговой обманки; 2) присутствіе трещинъ, взаимно перпендикулярныхъ; 3) сосѣдство породъ, выдѣляющихъ кислоты или соли минераловъ съ большимъ химическимъ сродствомъ къ составной части камня.

Вышесказанное поясняется нѣсколькими характерными примѣрами.

Гранитъ разрушается легче, если содержитъ олигоклазъ и биогитъ въ крупныхъ зернахъ; при томъ, разрушеніе начинается въ мѣстахъ соприкасанія слюды къ полевому шпату; въ гранитной дресвѣ листочки слюды находятся всегда изолированными.

Исключительно граниты съ значительнымъ содержаніемъ ортоклаза разрушаются, постепенно, по всей массѣ во внутрь, безъ образованія дресвы или груса.

Остатокъ отъ выщелачиванія ортоклаза представляетъ или чистый бѣлый каолинъ, или—при содержаніи въ гранитѣ желѣза—желтую глину.

Слюда въ остаткѣ дастъ, съ мелкими ея листочками, охристо-желтую жирную глину, перемѣшанную съ пескомъ, полученнымъ отъ разрушенія кварцевыхъ кристалловъ.

Порфиръ распадается часто на отдѣльные вертикальные или наклонные столбы; въ остаткѣ, отъ выщелачиванія, имѣется смѣсь землистаго кремнезема, съ охристо-желтымъ каолиномъ и съ известью, если въ составѣ порфира находится олигоклазъ.

Основные сложныя каменные породы даютъ продуктами разрушенія известковый, даломитовый или желѣзный шпатъ, а также силикаты магнезій, отъ выщелачиванія таковыхъ получаются, чаще всего, глины съ различными примѣсями.

Глины, содержащія въ себѣ известковыя желѣзистыя или кремневыя частицы, съ теченіемъ времени теряютъ оныя, бурѣютъ и пріобрѣтаютъ пористое сложеніе (лессы), чистыя глины мало измѣняются.

Пласты тѣхъ и другихъ, не рѣдко, достигаютъ мощности больше 100 ф. въ толщину.

Относительно рельефа горныхъ склоновъ и вершинъ полезно еще замѣтить нижеизложенное.

Каждой каменной породѣ свойственна опредѣленная крутизна склоновъ, въ зависимости отъ климатическихъ условій мѣстности; отступленіе отъ сего предѣла можетъ быть только на непродолжительное время и на небольшомъ протяженіи.

Отвѣсныя склоны встрѣчаются рѣдко и недавняго происхожденія; при томъ, только въ горизонтальныхъ или слабо наклоненныхъ напластованіяхъ плотныхъ песчанниковъ, известняковъ, гнейсовъ и доломитовъ; напр.,—въ Желѣзныхъ Воротахъ Бухары; въ Дарьяльскихъ Воротахъ долины рѣки Терека, въ Чертовыхъ Воротахъ долины р. Черекъ и т. п.

Формы горныхъ вершинъ группируются по тремъ типамъ: 1) округленная, почти гладкая, образующаяся въ мелко кристаллическихъ однородныхъ массивахъ (базальтахъ, трахитахъ); такая же съ столбообразными возвышеніями въ крупнокристаллическихъ однородныхъ породахъ (порфирахъ, гранитахъ); подобная же съ иглообразными возвышеніями въ неоднородныхъ кристаллическихъ массивахъ; 2) пирамидальная съ незначительными зазубринами, образующаяся въ сланцеватыхъ горахъ; 3) терассообразная съ каррами, указывающая, что горный хребетъ состоитъ

изъ наносныхъ напластованій мягкаго песчаника, известняка, мергеля и т. п. породъ, или же изъ вулканическихъ массивовъ, залегающихъ среди осадочныхъ породъ.

Нѣкоторыя осадочныя породы кварцитовъ и известняковъ образуютъ формы горныхъ вершинъ, похожія на гранитныя или гнейсовыя столбы; напр., — т. н. Сіамскіе близнецы въ Колорадо, Бальные залы въ Альпахъ, известняковыя и кварцитовыя столбы въ Южномъ Уралѣ, въ Альпахъ и т. п.

По степени водопроницаемости; горныя породы или легко проницаемыя, или трудно проницаемыя; въ послѣднемъ случаѣ, нерѣдко, происходитъ насыщеніе пластовъ водою, т. е. образованіе плывуновъ.

Таковыя напластованія встрѣчаются во многихъ мѣстахъ на незначительной глубинѣ; причемъ, наблюдается плосковыпуклое очертаніе поверхностей водораздѣловъ.

Значительное разстояніе плывуновъ отъ поверхности земли всегда связано съ образованіемъ подземныхъ пустотъ, т. е. вызываетъ образованіе въ земной корѣ сдвиговъ, обваловъ, а иногда землетрясеній.

Тщательное изслѣдованіе геологическаго строенія области дастъ указанія мѣстъ, въ которыхъ плывуны находятся на незначительной глубинѣ, т. е. пунктовъ, въ которыхъ легче всего устроить или выходы, или поглощающіе артезіанскіе колодцы для грунтовыхъ водъ.

Послѣдній способъ водоотводовъ въ гористыхъ мѣстахъ предпочтительнѣе, замедляя разрушеніе напластованій грунта.

Разрушительная сила водъ горныхъ рѣкъ увеличивается присутствіемъ въ ней значительнаго количества захваченныхъ на пути твердыхъ частицъ.

Не бесполезно упомянуть, что образованіе рытвинъ среди горъ представляетъ нѣкоторыя особенности.

Во многихъ мѣстахъ обломки породъ предохраняютъ поверхность отъ разрушенія, способствуя образованію отдѣльныхъ столбовъ или пирамидъ.

Чѣмъ разнообразнѣе породы склона, тѣмъ запутаннѣе и сложнѣе рельефъ рытвинъ въ горизонтальной и въ вертикальной проеціяхъ.

Горизонтальная проеція представляетъ всегда опредѣленную правильную кривую, если рытина совершенно сформирована.

По всюду замѣчается отступленіе рытвинъ къ вершинѣ горнаго склона, углубленіе ихъ, образованіе воронокъ и осажденіе наносовъ въ нижней части потоковъ, а также — прерывы водораздѣловъ въ верховьяхъ.

Въ бурныхъ горныхъ потокахъ механическая работа на

СИБИРСКАЯ

Болдирского
института
железнодорожного

вогнутыхъ склонахъ особенно сильна и производить глубокіе омуты.

Сила переноса потоками твердыхъ частицъ зависитъ отъ скорости и массы движущихся водъ; скорость теченія уменьшается съ увеличеніемъ несомыхъ водою наносовъ.

Опытъ показалъ, что различныя частицы грунта переносятся при слѣдующихъ скоростяхъ теченія водъ:

крупный иль при скорости	$1\frac{1}{2}$	ф. въ секунду			
мелкій песокъ „	„	$\frac{3}{4}$	„	„	„
крупный „	„	1	„	„	„
мелкія гальки „	„	2	„	„	„
гальки все въ дюймъ „	„	4	„	„	„
плоскія гальки при „	„	5	„	„	„
камни въ $1\frac{1}{2}$ куб. ф. при „	„	9	„	„	„
„ „ 3 „ „ „ „	„	14	„	„	„

При крутомъ уклонѣ паденія, встрѣчая на своемъ пути обломки твердыхъ породъ, вода приводитъ таковыя во вращательное движеніе и сверлитъ ^{или} дно, иногда, на $1\frac{1}{2}$ фут. въ годъ, что особенно типично проявляется на терассахъ плоскогорій, состоящихъ изъ сложныхъ породъ.

Впадины въ стѣнахъ старыхъ рывинныхъ склоновъ указываютъ на прежнее положеніе горизонта высокихъ водъ потока, русло котораго формируется, главнымъ образомъ, работою водъ во время половодья; при послѣднемъ, количество водъ больше межениаго отъ 2 до нѣсколькихъ сотъ разъ.

Уничтоженіе лѣсовъ внѣ рывинныхъ склоновъ ведетъ къ увеличенію размывовъ, связанныхъ, нерѣдко, съ опустошительными послѣдствіями.

По наблюденіямъ на Кавказѣ и въ Швейцаріи, формированіе рывинъ выражается повтореніемъ процессовъ: 1) протачиванія, 2) расширенія, 3) ^{за}выполненія наносами и 4) унесенія наносовъ съ вторичнымъ протачиваніемъ, какъ пояснено черт. № 2.

Рывины дождливаго склона въ горномъ краѣ всегда разнообразно расчленены и значительной глубины, доходящей, иногда, до 500 саж. (въ скалистыхъ горахъ С. Америки).

Долины горныхъ областей раздѣляются, относительно направленія, на продольныя, поперечныя и діагональныя; относительно же складчатыхъ дислокацій на антиклинальныя, синклинальныя, изоклинальныя и долины разрыва.

Слѣдуетъ принимать во вниманіе, при изученіи гористыхъ мѣстностей, дѣйствіе водопадовъ. Разрушительная сила падающихъ водъ достигаетъ, нерѣдко, до 96 пуд., въ исключительныхъ же случаяхъ даже до 200 пуд. на квад. футъ. При изслѣдованіи

дѣйствія водопадовъ полезно имѣть въ виду, что наименьшая пологость откосовъ, безъ разрушенія ихъ водопадами, должна быть:

для песка	въ	$1\frac{1}{2}$	м.м.	діаметромъ	1° ;
тоже	"	1	"	"	5° ;
тоже	"	3	"	"	7° ;
для галекъ	"	"	"	"	10° ;
" валуновъ	"	"	"	"	20° .

Сила притяженія солнца и луны оказываетъ замѣтное дѣйствіе на поверхность океановъ и вызываетъ въ нихъ подъемъ водъ на высоту до 10 саж. въ количествѣ, иногда, до 100 мил. куб. саж. Слѣдуетъ предполагать вліяніе таковой же силы на подземные горные бассейны и потоки, въ особенности—при одновременномъ прохожденіи обоихъ свѣтилъ черезъ меридіанъ мѣста (въ полнолуны и новолуны).

Томсонъ и др. указываютъ, что сила ^исолнечнаго и луннаго притяженія вліяютъ на состояніе твердой земной оболочки даже въ томъ случаѣ, если послѣдняя по твердости равна стали или стеклу.

Разсматриваемое вліяніе выражается, главнымъ образомъ, возбужденіемъ значительной живой силы въ горныхъ массахъ, способствующей ихъ сдвигамъ и внутреннимъ деформаціямъ. Интенсивность и характеръ послѣднихъ зависитъ, однакоже, отъ многочисленныхъ физическихъ дѣятелей, измѣняющихся, для одной и той же мѣстности, въ разные періоды времени.

Распредѣленіе воды и суши на земной поверхности измѣнялось и измѣняется. Современные материки были одинъ или нѣсколько разъ морскимъ дномъ. На террасахъ горныхъ покатоостей встрѣчаются, на различной высотѣ, наносныя напластованія, съ остатками морской фауны и флоры древнихъ геологическихъ эпохъ.

Всѣ осадочныя системы представляютъ несомнѣнные признаки пребыванія моря въ мѣстахъ образованія оныхъ.

Настоящее распредѣленіе воды и суши установилось нѣсколько тысячелѣтій тому назадъ и просуществуетъ еще долго; оно подвержено измѣненіямъ, вѣроятная быстрота которыхъ можетъ быть опредѣлена послѣ тщательнаго изученія мѣстной природы. При возведеніи искусственныхъ сооружений въ гористыхъ областяхъ необходимо отличать признаки древнихъ деформацій отъ новѣйшихъ мѣстныхъ измѣненій геопластики.

Вѣрнѣйшій методъ опредѣленія послѣднихъ состоитъ въ сравненіи съемокъ и нивелировокъ, произведенныхъ въ разные

періоды времени, а также въ изученіи историческихъ данныхъ относительно мѣстности.

Присовокупляется нѣсколько общихъ свѣдѣній изъ ледниковой геологіи.

Образованіе льда происходитъ или отъ пониженія температуры, или отъ преобразованія снѣга подѣ влияніемъ прониканія замерзающей воды, въ связи съ давленіемъ. Почвенный ледъ образуется внутри земной коры изъ воды, циркулирующей въ горныхъ породахъ.

Высота снѣговой линіи на горныхъ вершинахъ не постоянна, особенно въ областяхъ среднихъ и высшихъ широтъ; она измѣняется подѣ влияніемъ не только атмосферной температуры, но и направленія вѣтровъ орографіи горъ, а также—положенія склоновъ относительно солнца; напр., снѣговая линія южнаго склона Кавказскаго хребта на 300 до 450 м. ниже, чѣмъ таковыя же сѣвернаго склона. Табл. № 4.

Снѣгъ, накопляющійся въ высокихъ областяхъ, не остается въ нихъ вѣчно; онъ опускается внизъ ледниковыми потоками и лавинами, дающими, при растаиваніи, объемъ воды равный $\frac{1}{12}$ объема снѣга или льда.

Направленіе паденія зимнихъ лавинъ, вообще, неопредѣленно; весеннія скатываются по направленію осыпей вывѣтриванія. Необходимо имѣть въ виду предохраненіе отъ нихъ сооруженій, возводимыхъ по сосѣдству съ снѣговыми областями горъ. На Кавказѣ ледники развиты преимущественно на пространствѣ между Эльбрусомъ (5660 м.), Казбекомъ (5043 м.) и Пасисъ-ига въ верховьяхъ Ріона (2200 м.).

Общая площадь ледниковъ Эльборуса около 55, Казбека около 50 кв. верстъ. Снѣговая линія на сѣверномъ склонѣ находится на высотѣ отъ запада къ востоку 3.300—3.900 м.; на южномъ—2.900—3.500 м. Ниже всѣхъ спускается ледникъ Казбека—Калчидонъ (1.700 м.). Самый большой Кавказскій ледникъ Билинги (2.428 м.), на Боготскомъ горномъ хребтѣ, отдѣляющемъ Андійскій Койсу отъ Аварскаго.

Съ Арарата спускается Аргурскій ледникъ (2.776 м.). Развитие Кавказскихъ ледниковъ не соотвѣтствуетъ абсолютной высотѣ хребта, вслѣдствіе крутизны горъ и долинъ; общая ихъ площадь меньше ледника горы Монблана, имѣющаго около 260 кв. верстъ.

На Уралѣ ледниковъ нѣтъ, не смотря на низкую среднюю температуру года.

Въ общемъ, слѣдуетъ замѣтить, что количество и величина ледниковыхъ потоковъ, а также лавинъ больше въ періоды развитія ледниковъ и меньше при ихъ сокращеніи, что повторяется въ не большіе промежутки времени; при томъ уклонъ поверх-

Высоты снѣговой линіи въ различныхъ областяхъ земного шара.

Области, горы.	Географическая широта.	Высота снѣговой линіи надъ уровнемъ моря въ метр.	Средняя годовая температура у снѣжной линіи.	Высота нижняго конца ледниковъ въ метрахъ.	Средняя годовая температура у нижняго конца ледник.	Степень оледенѣнія.
I. Сѣверный полярный поясъ.						
Сѣв. Уралъ . . .	68°47'	1460	—	—	—	Безъ ледниковъ.
Скалистыя горы (С. Амер.) (гора Гукера 5105) . .	52°	са 3000	—	са 2000	—	Одинъ ледникъ.
Скалистыя горы (С. Амер.) . . .	49°—52°	2050	—	1400	—	Весьма небольшое оледенѣніе.
Скалистыя горы (С. Амер.) (Wind-River-Range) . .	43°	3800	—	—	—	Три маленькихъ ледника.
Алтай, N склонъ.	51°	2200	—	1250	—	Слаб. оледенѣніе.
Татра (Венгрія) .	49°10'	2180	—	2115	—	Мал. ледники.
Альпы, Тирольскіе.	47°	2820	—3,8°	1550	—0,4°	
„ Высокій Тауернъ	47°	2860	—3,4°	1700	—	Много большихъ ледниковъ.
Альпы, Швейцар. Центр. А	47°	2750—2800	—2,8°	983—1000	+65,5°	
Альпы, Монбланъ.	46°45'	2860—3100	—	1100	—	
Кавказъ, N. Wг. S склонъ	43°	2920—3730	+4,3°	1700	—	Много ледниковъ.
Кавказъ, N. Wг. N склонъ	43°	3300—3900	—	2000	—	
Кавказъ, Юго-В. часть	41°	4300	—2,4°	3100	—	Мало ледниковъ.
Арабатъ (Арменія).	39°42'	4250—4300	—	3090	—	Одинъ ледникъ.
Тавръ (Перед. Азія)	37°20'	2925—3250	—	—	—	Нѣтъ ледниковъ.
Эльбурсъ - Демавендъ (Персія) .	36°	4300	—	2900	—	Фирновые ледники.
Ливанъ (Передн. Азія)	34°18'	2960	—	—	—	Нѣтъ ледниковъ.
Юго-В. Тибетъ .	30°	5700—6000	—	—	—	Большое оледенѣніе.
Гималаи, Nсклонъ	30°—32°	5500	—	—	—	Мало ледниковъ.
„ S „	—	6000	—	—	—	Оледенѣніе.
Анды Боливіи, O.	16°	4850—5040	—	—	—	Безъ ледниковъ.
„ „ W.	16°	5620	—	—	—	
„ Перу . . .	19°47'	5650	—	—	—	

ности большихъ ледниковъ (не больше 10°) превосходить уклонъ ложа и зависеть отъ скорости движенія и интенсивности таянія льда.

Скорость движенія пластичныхъ, но не вязкихъ ледниковыхъ массъ отъ 20 до 50 саж. въ годъ; она почти въ 10 разъ меньше по краямъ и по дну ледника; притомъ больше лѣтомъ, чѣмъ зимою. Положеніе массъ, движущихся съ наибольшею скоростью, обнаруживается на поверхности ледника не большимъ сводообразнымъ валомъ. Вслѣдствіе не перпендикулярности элементовъ кривой максимальнаго давленія къ элементамъ максимальнаго вытягиванія, въ ледниковыхъ массахъ происходитъ образованіе трещинъ (шир. до 15 с.) и рубчатостей на поверхности послѣднихъ, подобно наблюдаемому при оползняхъ и обвалахъ наносныхъ землянистыхъ массъ.

Поперечныя трещины ледника, закрытыя, обыкновенно, на поверхности снѣгомъ, образуютъ дугообразные ряды, выпуклые въ сторону его теченія.

Механическія особенности ледниковъ, по изслѣдованіямъ Мозеля,—опредѣляются слѣдующими данными:

а) коэффициентъ линейнаго расширенія льда, при температурѣ до 27° , на каждый градусъ 0,00005;

б) сопротивленіе вытягиванію при 0° равно 7 до 8 кил. на кв. сант.;—вслѣдствіе сего, столбъ льда въ 100 саж. высоту раздавливаетъ свое основаніе;

в) внутренняя температура состарѣвшагося ледника удерживается постоянно около 0° ;

г) давленіе ледниковыхъ массъ на препятствія столь значительна иногда, что преодолеваетъ сопротивленіе перемѣщенію каменныхъ валуновъ въ миллионъ пудовъ. Расходъ воды въ ледниковыхъ ручьяхъ достигаетъ не рѣдко 150 куб. ф. въ секунду, отличается непостоянствомъ и зависитъ отъ времени дня и года, а также отъ состоянія погоды, орографическаго характера мѣста и пр.



Описаніе нѣкоторыхъ природныхъ туннелей.

Огромныя и разнообразныя массы веществъ, отлагаемыхъ минеральными источниками на поверхность земли, указываютъ, что въ нѣдрахъ земной коры, образуются пустоты весьма значительныхъ размѣровъ.

Таковыя пустоты (пещеры) издревле тревожили воображеніе людей своею таинственностью, порождая, почти у всѣхъ народовъ, поэтическія легенды о подземныхъ обитателяхъ: драконахъ, фавнахъ, феяхъ, кобольтахъ и т. п., что, какъ будто, подтверждалось выносимыми изъ пещеръ остатками неизвѣстныхъ существъ.

Новѣйшая геологія признала пещеры лишь сокровищницами остатковъ доисторическаго человѣка и окружавшаго его міра.

Если отверстія, выводящія воду изъ пещеръ, засоряются, то въ ней образуются нерѣдко огромныя озера; напр.: въ графствѣ Эдмондсонъ, въ южной части Кентукки, подземное царство, съ системою рѣкъ и озеръ, занимаетъ около 650 кв. километровъ.

Гумбольдтъ разсматриваетъ, по формѣ, три типа пещеръ, а именно: 1) трещинообразныя, 2) туннелеобразныя (сквозныя) и 3) сводовыя.

Однако-же, большинство пещеръ смѣшаннаго типа,—т. е., представляютъ отдѣльныя пустоты со сводчатыми потолками, соединяющіяся крутыми, а иногда отвѣстными каналами; напр. пещеры: Гайленрейтеръ во Франконіи,—Трофонія (въ Крыму) вблизи Ливадіи,—Фингалова (въ Шотландіи) на островѣ Стаффъ,—Голубой гротъ (въ Италіи) на островѣ Капри,—Торгартенова—на западномъ берегу Норвегіи, длиною въ 1.000 футовъ,—Кэстль-тонская (въ Англіи) въ Дербиширѣ, длиною въ 2.550 футовъ,—Адельсбергская въ Краннѣ, длиною около 8.500 футовъ.

Наибольшихъ размѣровъ природныя пещеры образуются въ доломитахъ, известнякахъ и гипсовыхъ напластованіяхъ; напр.: Антипаросная пещера (въ Греціи) на островѣ Антипаросъ, длиною 1.300 ф., шириною 100 ф. и вышиною 80 ф.; гроты Дарахъ въ Алжирѣ, въ которыхъ помѣщалось цѣлое племя Уладъ-ріахъ съ своими стадами; пещера Гуачаро (въ Америкѣ) въ провинціи

Кумани, длиною около 5.000 ф., шириною около 200 ф. и вышиною около 100 ф.; Мамонтова пещера (въ Америкѣ) въ Кентукки на Зеленой рѣкѣ, длиною около 16 верстъ съ галлереями, составляющими въ совокупности не менѣе 250 верстъ, при наибольшей высотѣ около 500 ф.; лессовыя пещеры Сѣв. Китая и Монголіи, имѣющія постоянно миллионное населеніе.

Изслѣдованія пещеръ показали, что многія изъ нихъ были населены животными и доисторическими людьми, отъ которыхъ, кромѣ скелетовъ, остались костяныя и каменныя орудія, очаги и прочее.

Большинство пещеръ оказываютъ температуру, равную средней годовой температурѣ мѣстности.

Ледъ въ пещерахъ можетъ образоваться только въ такихъ мѣстностяхъ, гдѣ температура, въ теченіе продолжительнаго времени, понижается до 0° , причемъ, массивъ горы, заключающей пещеру, достаточно охлаждается; съ другой стороны, лѣтняя температура должна быть сравнительно высока, чтобы вызвать тягу отъ горы во внутрь пещеры.

Вообще говоря, чѣмъ холоднѣе зима и жарче лѣто, тѣмъ климатическія условія благопріятнѣе для пониженія температуры въ пещерахъ, что и замѣчается въ полосѣ между 45° и 55° с. ш.

Весною, лѣтомъ, иногда, и осенью струя холоднаго воздуха вытекаетъ изъ горы во внутрь пещеры; въ октябрѣ и январѣ наблюдается періодъ равновѣсія воздуха; въ ноябрѣ и декабрѣ теченіе воздуха отъ пещеры во внутрь горныхъ трещинъ.

Проточною водою стѣны пещеръ во многихъ мѣстахъ все солѣе и болѣе разрушаются до предѣла, при которомъ потолокъ не выдерживаетъ груза, выше лежащихъ каменныхъ массъ и проваливается, вызывая оползни, обвалы или сотрясенія въ послѣднихъ.

Характеристика подобныхъ разрушеній весьма интересна для строителя въ горныхъ областяхъ, тѣмъ болѣе, что катастрофы совершаются чрезвычайно быстро; напр.: неправильность каменоломныхъ работъ на склонѣ горы Чингель въблизи Эльма (въ Швейцаріи) вызвала обвалъ въ долину Зегрифъ, опустошившій площадь въ кв. километръ—(въ 1881 г.); неосторожность въ производствѣ туннельныхъ работъ въблизи Кауба и Ленда (въ долину Рейна) сопровождалась разрушеніемъ возведенныхъ построекъ (въ 1875—76 г.г.) и т. п.

А. объ англійскихъ городскихъ туннеляхъ.

(Съ чертежами на листѣ).

Замѣтка объ англійскихъ городскихъ туннеляхъ для желѣзныхъ дорогъ даетъ общую характеристику таковыхъ работъ, произведенныхъ въ Англіи въ послѣдніе 30 лѣтъ.

Устройство подземной желѣзной дороги было примѣнено въ первый разъ въ Англіи для участка Paddington - Earrington, въ 1863 г. (черт. 2).

Большая часть сего участка проходитъ подъ широкими улицами, на глубинѣ 10'; въ мѣстахъ же, гдѣ встрѣтились дома, пройдено вблизи поверхности улицъ открытыми выемками.

До 1882 года были построены четыре другихъ подземныхъ участка Столичной желѣзной дороги, а именно: Morgate-Keusington, Norgate-Algate, Aldgate-Tower, Mensionkause-Tower; притомъ, приемы постройки подвергались значительнымъ усовершенствованіямъ.

Названные участки проходятъ отчасти открыто, между бетонными стѣнками, отчасти подъ домами, площадями и надъ водостоками.

Стѣны и обратные своды туннелей устроены изъ бетона, своды изъ кирпича на цементномъ растворѣ; поверхъ бетонной забутки сводовъ асфальтовая покрывка, двумя слоями, толщиною въ 0,012 м. каждый.

Для подземныхъ построекъ въ Англіи примѣняется чаще всего бетонъ, который дешевле кирпичной кладки при незначительной разницѣ въ вѣсѣ, куб. футъ послѣдней въ Лондонѣ вѣситъ 124 фунта, бетона же 135 фунт. Размѣры лондонскаго кирпича $9'' \times 4\frac{1}{2}'' \times 3''$. Отвердѣвающий въ 48 часовъ бетонъ составляется изъ 1 части портландскаго цемента, 2 частей песку и 4 частей песчаного гравія.

При сложныхъ профиляхъ туннеля предпочитается кирпичная кладка, бутовая же очень рѣдко примѣняется для подземныхъ работъ.

Въ туннеляхъ подъ улицами и надъ водостоками стѣны толщиной 1,219 м., своды—0,686 м.; — подъ домами же сдѣланы утолщенія стѣнъ и сводовъ, соотвѣтственно на 50°/о и 30°/о означенныхъ размѣровъ. Подъ полотномъ дороги устроена водоотводная труба, вдѣланная на половину въ обратный бетонный сводъ туннеля, который, вообще, толщиной 0,610 м.

Отводъ воды изъ прилегающихъ къ туннелю домовъ производится, обыкновенно, черезъ одну или двѣ боковыя трубы, служащія притомъ для провѣтриванія подземныхъ проходовъ.

Пониженіе туннельнаго прикрытія, гдѣ требуется, достигнуто устройствомъ или эллиптическихъ сводовъ, или невысокихъ кирпичныхъ сводиковъ между потолочными желѣзными балочками, высотой не болѣе 25".

Ходъ работъ, обыкновенно, слѣдующій: разрываютъ улицу въ ночное время и поверхъ ямы укладываютъ досчатый помостъ на поперечинахъ (12" \times 12"), отстоящихъ другъ отъ друга на 4'; помостъ составляется изъ двухъ рядовъ досокъ, продольныхъ (12" \times 4") и поперечныхъ (10" \times 3"); послѣднія располагаются радіально въ мѣстахъ переломовъ или на перекресткахъ улицъ; по заклиненіи помоста съ боковъ, шахта углубляется, съ укрѣпленіемъ стѣнокъ досчатою обшивкою и поперечными распорками; подъ каждую поперечину подводятся подпорки; когда начальная шахта готова, роютъ по бокамъ рвы на глубину, равную высотѣ туннеля, въ которыхъ производится каменная кладка стѣнъ и сводовъ.

Порядокъ производства работъ слѣдующій: по оси спроектированнаго прохода отмѣчаются участки длиною въ 2 или 3 сажени, за №№ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и т. д.; земляныя и каменные работы производятся одновременно на участкахъ 1 и 7, 2 и 4, 3 и 6, наконецъ въ 5; по возведеніи опоръ устраиваются своды съ забуткою; внутреннее земляное ядро вырывается лишь по окончаніи всѣхъ каменныхъ работъ.

Земля и строительные матеріалы поднимаются и спускаются помощью поворотныхъ крановъ.

Бетонныя стѣнки выводились не много выше проектной высоты, по истеченіи сутокъ снимался верхній слой, не выказавшій стремленія окрѣпнуть.

Стѣны прилегающихъ къ туннелю домовъ поддерживаются столбами, верхъ которыхъ, до глубины 3,914 ф. отъ подошвы, кирпичный на цементномъ растворѣ, низъ же, до глубины обратнаго свода, бетонный.

Мидлэндская желѣзная дорога построила, въ теченіи четырехлѣтія, отъ 1865 до 1868 г., туннель для двухъ путей, вблизи главнаго вокзала.

При развитіи грузоваго движенія оказалось необходимымъ проложить другіе два пути въ новомъ туннелѣ, который соединялся бы со старымъ въ открытой выемкѣ, огражденной стѣнами изъ кирпича и бетона.

Работы по устройству новаго туннеля начались въ апрѣлѣ мѣсяцѣ 1881 г. и были окончены въ февралѣ мѣсяцѣ 1884 г.

Длина туннеля 1445,82 м., часть его длиною 213,94 м. построенная открыто, была перекрыта впоследствии сводомъ.

Ось туннеля искривлена въ южной оконечности по дугѣ радиуса 3218,6 м., на протяженіи 441,53 м. Разстояніе между осями стараго и новаго туннелей 15,2 м. у сѣвернаго и 40,2 м. у южнаго входа. Уклонъ пути почти 0,006.

Работы производились съ обоихъ концовъ туннеля и на шести промежуточныхъ между ними мѣстахъ, при шести круглыхъ шахтахъ, діаметромъ каждая въ 10' и глубиною отъ 23,77 до 31,7 м. Въ разстояніяхъ отъ сѣвернаго входа 79,46 м. и отъ южнаго 184,87 м. были устроены первыя крайнія шахты; четыре среднихъ находятся въ 187,04, 442,56, 716,14, 1025,94 м. отъ сѣверной шахты.

Возлѣ каждой изъ названныхъ шахтъ, въ 18 до 40 м. отъ нихъ, были устроены малые колодцы діаметромъ 5', до подошвы туннеля, для переноса къ мѣсту подземныхъ работъ направляющихъ линій, назначенныхъ на поверхности. По окончаніи работъ малые колодцы были заполнены, шахты же остались для провѣтриванія туннеля.

Очертаніе поперечнаго сѣченія образовано сопряженіемъ 10 окружностей; центръ дуги обратнаго свода въ ключѣ, радиусъ ея 8,001 м.; радиусъ ключевой дуги 3,429 м., быковыхъ же, послѣдовательно, 5,029, 7,925, 2,756; послѣдній соотвѣтствуетъ сопряженіямъ стѣнокъ съ обратнымъ сводомъ.

Во время производства работъ были, устроены лѣса, обыкновенной англійской системы изъ круглаго лѣса, но распорки, подкосы, схватки и ключевые лежни были взяты брусчатыми; притомъ, послѣдніе остались въ каменной кладкѣ ключевой забутки.

Своды и стѣны туннеля изъ краснаго кирпича, облицовка же изъ синяго, болѣе прочнаго.

Вся толщина стѣнъ и сводовъ 0,914 м.; притомъ, на облицовку приходится 0,343 м.; послѣдняя связана съ кладкою тычковыми кирпичами. Таковою же кладкою обложены стѣнки шахтъ, при толщинѣ 0,343 м.

Каменная кладка велась отдѣльными участками, по 3,734 м. каждый; средняя арка строилась послѣ того, когда арки двухъ смежныхъ участков спокойно осѣли.

Ниши, ведущія къ боковому водоотводу, устроены въ разстояніи другъ отъ друга 10,058 м. по длинѣ туннеля; по оси его, подъ полотномъ дороги находится второй полукруглый водоотводъ.

Шпалы укладываются на слоѣ гравія, толщиною въ 0,614 м., подъ которымъ имѣется слой кирпичнаго балласта въ 0,300 м., прикрывающій глиняную забутку обратнаго свода; отъ подошвы рельсовъ до обратнаго свода 1,601 м., по оси путей.

Стоимость погоннаго метра въ металлическихъ рубляхъ:	
туннеля съ нормальнымъ сѣченіемъ	580 р.
частей его подъ шахтами	698 »
шахтъ сѣченіемъ въ 10'	580 »
шахтъ сѣченіемъ въ 5', съ заполненіемъ	136 »

На сколько оживленно движеніе по вышеупомянутымъ подземнымъ участкамъ желѣзныхъ дорогъ можно видѣть изъ статистическихъ данныхъ за послѣдніе 15 лѣтъ, указывающихъ, что, въ среднемъ, выводѣ проѣзжаетъ по нимъ суточно около 7500 пассажировъ въ оба конца, т. е. что въ обращеніи бываетъ нерѣдко 6 паръ пассажирскихъ поѣздовъ.

Въ послѣднее 20-тилѣтіе было построено въ Англіи нѣсколько замѣчательныхъ туннелей подъ рѣками.

Ниже изложены краткія свѣдѣнія о наиболѣе выдающихся постройкахъ этой категоріи.

Одинъ изъ самыхъ многочисленныхъ городовъ, Ливерпуль, соединенъ съ лежащимъ на противоположномъ берегу рѣки Мерсея городомъ Биркенгидомъ посредствомъ туннеля, длиною въ 1,598 м. между входными шахтами, при ширинѣ рѣки въ 1080 м. (Чер. 1).

Какъ на обоихъ берегахъ, такъ и подъ Мерсеемъ залегаютъ пласты краснаго песчаника новой формаціи, наклонные къ Ливерпулю; лишь на небольшомъ протяженіи, со стороны послѣдняго, встрѣчены были прослойки красной глины; хотя въ меньшей степени, чѣмъ глина, но и красный песчаникъ водопроницаемъ; количество воды, скопившейся въ туннелѣ со стороны Ливерпуля, доходило до 22900 куб. м., у противоположнаго же берега до 19600 куб. м. въ сутки.

Глубина названной рѣки при среднемъ стояніи высокихъ водъ, въ самой глубокой части ея надъ туннелемъ, 24 мет.

Устройство моста оказалось невыгоднымъ, такъ какъ пришлось бы дать опорамъ весьма значительную высоту, для пропуска морскихъ кораблей при высокихъ водахъ.

На обоихъ берегахъ устроены подземныя станціи, отъ коихъ туннель спускается уклонами въ 0,033; средняя часть его, по на-

правленію отъ Ливерпуля, состоитъ изъ подъема въ 0,001, длиною 400 м., и ската въ 0,001, длиною 280 м.

Сѣченіе туннеля образовано четырьмя круговыми дугами; возвышеніе ключа надъ подошвами рельсовъ двухъ проложенныхъ въ туннелѣ путей = 7,01 м.; чистое отверстіе въ плоскости пять свода 7,924 м.

Производство работъ было начато одновременно съ двухъ концовъ, устройствомъ двухъ круглыхъ шахтъ на каждомъ берегу.

Глубина водокачальныхъ шахтъ была 52,1 и 53,5 м., проходныхъ же 28,7 м.; стѣнки первыхъ обдѣланы желѣзомъ въ нижнихъ частяхъ, обильныхъ водою, на высоту 15,2 и 7,6 м. Обдѣлка остальныхъ частей стѣнокъ тѣхъ и другихъ шахтъ кирпичная.

Параллельно средней части туннеля, подъ обратнымъ сводомъ, устроена водоотводная труба, діам. 2,44 м., продолжающаяся отъ туннеля къ Биркенгидскому берегу, со скатомъ въ 0,002, и къ другому, со скатами въ 0,004, на протяженіи 280 м., и — въ 0,002 дальше до водокачальныхъ шахтъ.

Дно послѣднихъ было ниже фундамента трубы на 3,66 м.; отъ такового углубленія проходила вторая труба діам. 1,68 м., отводившая воду, — въ случаѣ чрезмѣрнаго ея накопленія, — къ запасной машинѣ.

Работы велись по обыкновенному англійскому методу; пробивалась штольня высотой въ 1,8 м. и шириною въ 2,4 м., которую расширили до надлежащаго сѣченія, на протяженіи 9 или 12 м., послѣдовательно.

Вода отводилась изъ туннеля въ трубу посредствомъ каналовъ діам. 80 мм.; до пробивки новаго канала, между мѣстомъ для него и смежнымъ былъ оставляемъ на днѣ туннеля порогъ, съ уклономъ въ сторону водоотводнаго канала; порогъ при обдѣлкѣ стѣнъ выламывался.

Стѣны и сводъ туннеля обложены кирпичною кладкою на цементномъ растворѣ, у береговъ четырьмя, подъ русломъ рѣки шестью ^{улами} ~~стѣнами~~ ^{лами}, толщиной каждое въ 0,148 м.; два наружныхъ кольца изъ синяго клинкера, внутреннія же изъ обыкновеннаго краснаго кирпича; кольца связаны между собою тычковыми кирпичами и штучными камнями; растворъ для кладки 1 на 2; въ стѣнахъ устроены ниши; обратный кирпичный сводъ тоже толщиной въ 0,457 или въ 0,684 м., соотвѣтственно толщинѣ стѣнъ.

Въ мѣстахъ утолщенія каменной обдѣлки, на протяженіи около 8 м. устраивался обратный сводъ съ частями стѣнъ, до высоты 2,13 м., — остальная часть скалы оставалась безъ отдѣлки.

Къ выступамъ скалы придѣлывались плотно сколоченныя ворота, для предохраненія мѣста работъ отъ наводненій.

Часть туннеля подъ ложемъ рѣки пришлось обдѣлывать весьма скоро, участками не длиннѣе 3,6 м.

Обѣ туннельныя станціи устраивались въ пластахъ значительной твердости, но ломкихъ и обильныхъ влагою; Ливерпульская станція строилась по бельгійскому способу, т. е. кладка свода велась прежде, чѣмъ стѣны; станція и туннель освѣщены электричествомъ и первыя снабжены гидравлическими подъемными машинами.

Свѣжій воздухъ накачивается въ туннель черезъ проходныя, отработанный же удаляется черезъ водокачальныя шахты.

Водоотводная труба круглой формы, діам. 2,438 м. въ береговыхъ частяхъ, подъ поломъ же туннеля въ средней части 2,134 м. переходъ одного діаметра къ другому произведенъ на протяженіи 3,058 м. и лишь въ верхней части трубы.

Каменная обдѣлка состоитъ изъ трехъ колецъ, на цементномъ растворѣ; наружное кольцо изъ синяго клинкера, два внутреннихъ изъ обыкновеннаго краснаго кирпича; толщина кладки 0,343 м.

Подъ каменною трубою находится вторая желѣзная, уложенная до обдѣлки водоотводной штольни, отъ которой по длинѣ отдѣляется дубовыми прокладками; труба по сторонамъ залита бетономъ; діам. ея отъ 0,457 до 0,608 м., толщина стѣнокъ 25 мм. Вблизи Ливерпульскаго берега стѣны круглой штольни оказались весьма влажными; вслѣдствіе значительнаго притока воды было необходимо вести кладку подъ защитою досчатой опалубки прибитой къ дубовымъ кольцамъ, расклиненнымъ и расположеннымъ черезъ каждые 1,372 м.; доски опалубки 2" толщиной и шириною въ 6"; каменная кладка этой части штольни состояла изъ двухъ кирпичныхъ колецъ.

Въ мѣстахъ съ обильными ключами позади каменной кладки, вода отводилась отъ мѣста производства работъ посредствомъ глиняныхъ трубокъ, вставленныхъ въ отверстія ключей; по отвердѣніи раствора трубки замѣнялись деревянными пробками и притекавшая вода уходила въ желѣзную трубу; напоръ въ водоподъ стѣнокъ, измѣренный манометромъ, оказался равнымъ давленію отъ водянаго столба высотой 18,2 м. въ Ливерпульскомъ и 11,9 м. въ Биркенгидскомъ концѣ штольни.

Вышеизложенный пріемъ производства работъ въ штольнѣ былъ измѣненъ на небольшомъ протяженіи, гдѣ оказалось болѣе удобнымъ обдѣлать ее желѣзомъ; въ таковой части были примѣнены для буренія машины Бомона, которыми пробиваются вполне гладкія штольни съ круглымъ сѣченіемъ.

Вообще же буреніе производилось машинами, въ коихъ рѣзцы передвигаются посредствомъ винтообразнаго вала; нарѣзка винта

соотвѣтствуетъ твердости пласта и тѣмъ мельче, чѣмъ больше твердость каменныхъ породъ; во время работы рѣзцы вращаются вмѣстѣ съ валомъ; послѣдній приводится въ движеніе сжатымъ воздухомъ, при давленіи отъ 2,45 до 2,8 атмосферъ, — сѣченіе поршня машины въ 305 мм. и ходъ его 457 мм.

Въ каждой водокачальной штольнѣ работало 5 насосовъ, при дѣйствіи трехъ машинъ, двухъ компоундъ—дифференціаль-ныхъ и одной Вульфа,—съ противовѣсами.

Главные размѣры нижеслѣдующіе:

для насосовъ, діаметръ поршня отъ 0,508 до 1,016 м.				
ходъ	„	„	1,524 „	4,572 „
для машинъ, діаметръ поршня	„	0,508 „	1,524 „	
ходъ	„	„	1,829 „	3,962 „

Кромѣ того, въ проходныхъ шахтахъ работало 6 насосовъ, при 6 локобиляхъ разныхъ системъ, съ давленіемъ въ котлѣ отъ 4,55 до 5,6 атм.

Главные размѣры локобилей:

діаметръ цилиндра отъ 0,216 до 0,305 м.

ходъ поршня „ 0,305 „ 0,406 „

предѣлъ качанія діаметра 1,524 м.

Вышеозначенными машинами поднимались и спускались люди, лошади и матеріалы.

По окончаніи работъ въ туннелѣ были устроены вентиляторы.

Работы по устройству Мерсейскаго туннеля были начаты въ 1879 и окончены въ 1884 г. Въ шесть рабочихъ дней пробуравливалось не болѣе 30 мет.

Въ первый годъ эксплуатаціи туннеля было провезено 26 мил. пассажировъ и 45 мил. пуд. грузовъ.

Въ исторіи туннельнаго дѣла постройка Севернскаго подземнаго прохода представляетъ выдающійся примѣръ успѣшной борьбы инженернаго искусства съ природными препятствіями.

Между Уэльсомъ и берегомъ Южной Англіи находится продолговато-воронкообразная Бристольская бухта, подходящая къ устью рѣки Северна; послѣднее расположено въ долинѣ съ крутыми скалистыми покатостями. Во время морскихъ приливовъ массы проточной воды задерживаются и затопляютъ долину, въ которой складываются иль и другіе наносы.

До 1879 года существовалъ въ этой мѣстности единственный путь сообщенія, дорога, расположенная въ 19 верстахъ отъ теперешняго туннеля; она устроена на мостахъ съ высокими опорами; общее протяженіе 1269 м. занято: двумя желѣзными мостами, каждый отв. 99,7 м., пятью по 51,2 м., 13 по 41 м., однимъ

пролетомъ въ 40,8 м. и двухплечевымъ поворотнымъ мостомъ въ 60 м. длиною.

Рѣшено было устроить туннель длиною въ 7,262 килом., для сокращенія дороги между Бристолемъ и весьма промышленнымъ южнымъ Уэльсомъ.

Геологическія развѣдки и прорытіе въ 1873 г. пробной шахты глубиною 61,2 м. опредѣлили, что самые обильные водою ключи встрѣчаются въ мергеловомъ пластѣ. Нижняя часть пробной шахты изогнута, съ уклономъ въ $\frac{1}{8}$.

Работы по устройству водоотводной штольни начались въ 1877 г. отъ углубленной старой шахты, какъ водокачалной, и отъ вновь прорытой проходной глуб. 91,7 м.; штольнѣ было дана вся проектная ширина туннеля, при уклонѣ пола въ 0,01 и при высотѣ въ 2,13 м.

Въ 1881 г. оказалось необходимымъ прорыть вторую водоотводную штольню ниже первой, въ разстояніи 3411 метровъ отъ начала штольни; притокъ воды достигъ 55000 куб. м. въ сутки и работы въ южной части на время пріостановились.

Прорытіе четвертой шахты, Уэльской, дало возможность возобновить работы съ сѣвернаго конца, гдѣ было пройдено 511,1 м., при наибольшемъ суточномъ притокѣ воды въ 3053 куб. м.; хотя по установкѣ водоподъемныхъ машинъ надлежащей силы оказалось возможнымъ выкачивать 50000 кул. м. воды, но осушеніе штольни и окончаніе ея было достигнуто лишь подъ защитою воротъ, прикрѣпленныхъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ водолазами, работавшими подъ давленіемъ столба воды въ 15,1 м. Соединеніе штольней послѣдовало въ 1881 г.

Четыре другихъ шахты, устроенныя вблизи Западной желѣзной дороги и обдѣланныя сначала деревомъ, послужили для увеличенія фронта работъ; въ послѣдствіи онѣ были обдѣланы камнемъ.

Бодяной ключъ, затоплявшій штольню, былъ заглушенъ каменнымъ столбомъ толщиною 2,13 м. внизу и 1,83 м. вверху, при высотѣ его 2,74 м. и ширинѣ 2,44 м.

Вторая водоотводная штольня круглаго сѣченія, внут. діам. 1,524 м., была прорыта съ помощью новыхъ шахтъ, устроенныхъ въ разстояніяхъ 609,9 м. отъ лѣваго берега и 3081,5 м. отъ праваго; работы велись съ обоихъ концовъ также подъ защитою воротъ, поставленныхъ на мѣстѣ наибольшаго притока воды; полная длина штольни 3,7 килом.

Во второй штольнѣ устроена водопроводная труба, соединенная мѣстами съ туннелемъ; толщина каменной обдѣлки ея 0,343 м.

Кирпичная обдѣлка туннеля—на цементномъ растворѣ,—съ примѣненіемъ войлочной покрывки свода въ особенно влажныхъ

мѣстахъ; толщина кладки измѣняется отъ береговъ къ серединѣ и равна 0,457, 0,571 и 0,686 м.

Длина туннеля 7,262 м. при ключевой высотѣ 7,468 и наибольшей ширинѣ 7,925 м.; по серединѣ его пола устроена полукруглая каменная труба, діам. 1,066 м.; по бокамъ — черезъ промежутки въ 20,12 м., ниши, шириною 1,829 и высотой 0,914 м. каждая.

Работы по обдѣлкѣ туннеля были окончены въ 1886 г.

Относительно производства работъ не безъинтересно замѣтить нижеслѣдующее:

При буреніи шахтъ, черезъ 1,5 или 1,8 м., задѣлывались досчатые ребра; на которыя опиралась каменная кладка, изъ сянго кирпича, толщиной 0,457 м.

Расположеніе шахтъ:

Гринлэндская діаметромъ	3,048 м.,	по оси туннеля,
Уэльская входная „	5,486 „	„ „ „ „
„ водокач. „	4,572 „	на 13,7 м. влѣво отъ оси,
Южныя, стар. входная	4,572 „	по оси туннеля,
„ новая „	5,486 „	„ „ „ „
„ старая водокач.	5,486 „	на 15,9 м. влѣво отъ оси,
„ новая „	5,486 „	„ 11,8 „ вправо
Западной дороги I „	4,572 „	по оси туннеля,
„ „ II „	4,572 „	на 13,7 м. влѣво отъ оси,
„ „ III „	4,572 „	по оси туннеля,
„ „ IV „	4,572 „	„ „ „ „

Обдѣлка туннеля велась отдѣльными участками длиною отъ 3,7 до 7,3 м. сплывавшимися посредствомъ ступенчатыхъ выступовъ; при встрѣчѣ ключей вода отводилась съ помощью желѣзныхъ трубокъ, діам. 10 или 25 мм., которыя замѣнялись деревянными пробками по отвердѣніи раствора; въ таковыхъ мѣстахъ кладка производилась подъ защитою покрывки изъ листовъ волнистаго желѣза.

Части туннеля въ слабыхъ породахъ обдѣлывались прежде сводомъ, а затѣмъ съ боковъ; сводъ подпирался обрѣзками бревенъ, черезъ промежутки въ 2,29 м.; послѣдніе задѣлывались послѣ осадки свода.

Кружала состояла изъ главныхъ балокъ, діам. отъ 0,38 до 0,61 м., съ 1 или 2 поперечинами и съ 4 подкосами; верхнія балки помѣщались съ внѣшней стороны свода и оставались въ кладкѣ; стѣны туннеля не нуждались въ деревянной обдѣлкѣ.

Разстояніе между смежными балками было около 0,76 м.; онѣ располагались такъ, чтобы каждая въ новомъ кольцѣ кладки на-

ходила себѣ опорное мѣсто въ старомъ, между двумя задѣланными въ него балками.

Досчатые ребра для кладки свода опирались на стѣны или на деревянные подпорки, при надлежащемъ расклиненіи въ опорныхъ мѣстахъ.

Въ разстояніяхъ 8,223 и 7,881 килом. отъ начала туннельной линіи были встрѣчены расщелины, черезъ которыя протекала вода во время приливовъ; щели были задѣланы съ поверхности грунта, посредствомъ наполненныхъ глиною мѣшковъ, поверхъ которыхъ былъ утрамбованъ слой, въ 1,2 м. толщиною, суглинка со щебнемъ.

Размѣры водокачальныхъ машинъ, работавшихъ при постройкѣ Севернскаго туннеля, слѣдующіе:

Діам. сѣченія цилиндровъ	отъ 0,301 до 1,905 м.
Ходъ поршней	„ 0,610 „ 3,048 „
Діам. сѣченія поршней насосовъ	„ 0,203 „ 0,889 „
Ходъ ихъ	„ 2,134 „ 3,048 „
Произведеніе площади сѣченія поршня на ходъ его, P	отъ 0,79 до 1,702 куб. м.
Число ходовъ въ минуту, n	отъ 6 до 12.
Обыкновенное значеніе Pn	„ 0,28 „ 10,21.

$Pn = 10,21$ соотвѣтствовала одноцилиндричной балансирной машинѣ, размѣры коей,—по вышеоказанному,—1,905, 3,048, 0,889, 2,743, 1,702,—съ насосомъ одиночнаго дѣйствія.

Замѣтимъ, что Pn выражаетъ теоретическое количество воды, поднимаемой насосомъ въ минуту; практически берется не болѣе $0,8 Pn$; для 12 насосовъ, работавшихъ при Севернскомъ туннелѣ,— $0,8 Pn = 0,8 \times 71,72 = 57,38$; въ дѣйствительности получалось, въ среднемъ, 37,9 куб. м. въ минуту, т. е. 54,500 куб. м., въ 24 часа, при неполномъ дѣйствіи насосовъ.

Кромѣ насосовъ въ шахтѣ III Западной желѣзной дороги былъ примѣненъ, для выкачиванія воды, приборъ инженера Шенка, посредствомъ котораго вода поднималась на высоту 30,5 м. при давленіи воздуха въ 4,2 атм.

Въ штольняхъ были уложены на желѣзныхъ поперечинахъ пути, шириною каждый 0,533 м., какъ для перемѣщеній буровыхъ машинъ, такъ и для подвоза и отвоза разныхъ матеріаловъ.

Буреніе производилось 52 машинами системы Гиша и 2 Дарлингтона; длина буровыхъ скважинъ 60 см.; средній суточный ходъ работъ былъ отъ 1,7 до 3,8 м.; средній мѣсячный расходъ топлива, употребляемаго для взрывовъ, не превосходилъ 2300 килогр.

Направленіе въ штольняхъ опредѣлялось посредствомъ полыхъ трубокъ и веревочныхъ отвѣсовъ съ парафиновыми лампоч-

ками, снабженными двойными коническими крышками; геодезическія работы снаружѣ велись обыкновеннымъ порядкомъ; ошибка въ направленіи оказалось только на 25 см., при визированіи подѣ землею черезъ 4 точки.

Черезъ промежутки въ 200 м. устанавливались электрическія лампы въ 1000 свѣчей каждая, системы Бруша; часть же туннеля съ концовъ была освѣщена керосиновыми и парафиновыми лампочками, въ 14 свѣчей каждая, подвѣшенными черезъ 7,2 и 10 м.

Работы велись ежедневно отъ 6 час. утра до 10 час. вечера; кромѣ годовыхъ праздничныхъ дней, всѣ остальные считались рабочими.

Во всѣхъ шахтахъ работали непрерывно воздушные насосы съ резервуарами для сжатого воздуха, которымъ вентилировались подземные проходы; давленіе пара насосныхъ машинъ не превосходило 4,2 атм.

Спускъ въ штольни и подъемъ изъ нихъ вагончиковъ и рабочихъ производился посредствомъ платформъ, склепанныхъ изъ листового и уголкового желѣза; пространство, образуемое двойнымъ днищемъ платформы, наполнялось, при спускѣ ея, водою, для равновѣсія и уменьшенія сотрясеній; на одной платформѣ можно было помѣщать 30 человекъ или 4 вагончика.

Вблизи южнаго конца туннеля были устроены кирпичный заводъ, мастерскія, склады и 200 домовъ для рабочихъ.

Красный кирпичъ приготовлялся изъ синяго горючаго сланца, синій же или коричневый клинкеръ — изъ глинистаго сланца угольной формаціи.

Мѣсячный расходъ угля былъ около 2630 тоннъ для всѣхъ машинъ.

Подходная линія желѣзной дороги къ туннелю съ юга, длиною въ 3,319 килом., прошла въ насыпи 1,4 кил., остальное протяженіе въ выемкѣ, при уклонѣ въ 0,01; сѣверная же — длиною 1,685 килом., — на протяженіи 0,819 килом. въ выемкѣ и до конца въ насыпи, при уклонѣ въ 0,011.

Западная желѣзная дорога пересѣкается съ туннелемъ въ насыпи, на разстояніи 2,786 килом. отъ начала послѣдней.

Часть оси Севернскаго туннеля, отъ 3,020 до 4,211 килом., изогнута по дугѣ круга діам. 2414 м.; длина кривой 1251, 2м., уголъ тангенсовъ $29^{\circ}41'49''$.

Б. О швейцарскихъ туннеляхъ.

Монъ-сенискій туннель.

Гора Сенись (6.770' надъ ур. Средиз. моря) представляетъ плоскогорье, окруженное вершинами, высотой до 11.400', заходящими за границу вѣчныхъ снѣговъ.

По геологическому строенію Альпы однохарактерны, въ особенности на общей границѣ Швейцаріи, Франціи и Итали.

Встрѣчаемая въ нихъ формаціи приводятся къ 3-мъ группамъ: 1) обыкновеннаго антрацита съ примѣсью кварцевыхъ породъ; 2) оолитовъ; 3) плотнаго антрацита съ метаморфическими и сланцевыми породами.

Въ такомъ порядкѣ формаціи распредѣлены въ массѣ горъ по направленіямъ сверху внизъ.

Разстояніе отъ Тюрэна до Бардонэша (отстоящаго отъ южнаго входа въ большой сенискій туннель на $1\frac{1}{2}$ версты) равно 82 вер. по горной желѣзной дорогѣ. На такомъ протяженіи послѣдняя имѣетъ: 26 тоннелей, длиною въ сложности 7,6 вер. 15 большихъ путепроводовъ и 5 промежуточныхъ станцій (Мэна, Шомонъ, Зальбертранъ, Уль, Боляръ).

Разность уровней оконечныхъ точекъ (Тюрэна и Бардонэша) равна 388,5 саж.; средній подъемъ означенной дороги — 0,0205, наибольшій—0,030.

Нѣкоторыя данныя указаны на планѣ и профили (черт. рис. 1, 2, 3, 5 и 6).

Пройдя черезъ монъ-сенискій туннель, линія желѣзной дороги направляется къ Сень-Мишелю, соединяясь съ путями въ Парижъ, Ліонъ, Женеву и др.

На протяженіи 20 верстъ сѣверной вѣтви дороги имѣется: 11 тоннелей, въ сложности длиною 1.493 саж., и 4 станціи (Фурно, Моданъ, Ла-Празъ и Сень-Мишель).

Разность горизонтовъ оконечныхъ ея точекъ (Фурно и Сень-Мишель) равна 209 саж., уклонъ средній—0,021, наибольшій—0,030.

Іосифъ Мэдайль (1832 г.) первый возымѣлъ мысль о проведеніи туннеля между Бардонэшемъ и Моданомъ, но лишь послѣ смерти сего замѣчательнаго и несчастнаго ученаго великая идея его осуществилась.

Въ 1845 году пьемонтское правительство поручило произвести необходимыя изысканія бельгійскому инженеру Мозъ и геологу А. Зизмонди, европейскимъ знаменитостямъ своего времени. Спустя 4 года былъ представленъ подробный проектъ туннеля съ уклономъ 0,0188 къ Модану и длиною въ 5.501,4 саж.

Для спуска въ равнины проектировалось 9 склоновъ, въ 3,8 вер. каждый.

Вмѣсто пара было предложено воспользоваться, при постройкѣ и эксплуатаціи новаго пути, водою ручьевъ, пересѣкающихъ его направлениіе.

Работы по пробивкѣ туннеля полагалось вести съ помощью постоянной гидравлической машины, установленной въ начальныхъ штольняхъ.

Осуществленію сего проекта помѣшали финансовыя затрудненія въ 1848—1849 гг.

Въ 1856 г., коммисія изъ инженеровъ: Гранди, Граттони и Соммелъе—принялась за разсмотрѣніе старыхъ проектовъ и выработку по нимъ новаго, наиболѣе подходящаго къ экономическимъ соображеніямъ и многочисленнымъ даннымъ, собраннымъ за истекшее время.

Подъ руководствомъ сихъ инженеровъ осуществилась идея, которою, по истинѣ, можетъ гордиться человѣчество.

Въ 1857 году 31 августа была взорвана первая мина собственноручно королемъ Сардиніи.

Первою заботою технической дирекціи работъ было устройство дорогъ и каналовъ, проводившихъ воду (изъ ручья Мезеле съ южной,—изъ Арка съ сѣверной стороны) къ туннелю, начатому съ двухъ концовъ; а также постройка мастерскихъ, конторъ, складовъ, жилыхъ помѣщеній и т. п.

Въ 1858 году, инженерами Борелли и Копелло, были окончены геодезическіе работы, обезпечившія успѣшную встрѣчу двухъ штольнъ, начатыхъ обыкновенными способами буренія.

Въ январѣ 1861 года были пущены въ дѣло усовершенствованныя пневматическія машины для буренія—со стороны Бардонѣша, а спустя два года—со стороны Фурно.

Въ 1870 г. 21 декабря, минеры Франціи и Италіи соединили свои штольни; оставалось уширеніе послѣдней части туннеля и сооруженіе въ немъ желѣзнаго пути.

17 сентября 1871 года прошли отъ Тюрѣна первые три поѣзда при рукоплесканіяхъ народа, собравшагося встрѣчать и порадоваться знаменательному событію прогресса человѣческихъ знаній.

Устроенный туннель оказался длиною въ 5.732,29 саж. (11 вер. 232,29 саж.).

Высота южного входа въ туннель равна 605,21 саж. (надъ поверхностью Средиземнаго моря), сѣвернаго же 543,09 саж. Также высота для самой возвышенной части туннеля равна 606,65 саж. для вершины горы 734,45 саж. расстояние отъ подошвы рельсовъ въ кулижнѣнной части прохода до поверхности земли по отвѣсу, 1,034 с фут.

По направленію отъ Бардоннаша до Фурно, Монте-сеніескій туннель имѣетъ слѣдующее:

Уклоны	Вѣличина уклоновъ	Длина въ саж.	Подъемы и скаты въ саж.
Подъемъ	0,0005	374,80	0,18740
Подъемъ	0,0010	1,030,93	1,32750
Подъемъ	0,0005	1,218,37	0,60918
Плоская (ху. см. часть)	0,0000	187,50	0,00000
Скатъ	0,0250	1,540,69	30,8188
Скатъ	0,0250	1,380,00	31,7400
Въ сложности —	—	5,732,29	Ср. см. $\frac{62,558}{2,120,69}$ 0,0294

Въ поперечномъ сѣченіи онъ устроенъ для 2-хъ путей; периметръ сѣченія свода представляетъ кривую о семи центрахъ, причѣмъ имѣется:

- а) высоту отъ подошвы рельсовъ до вѣточа свода. 19'8"
- б) ширину въ плоскости подошвы рельсовъ. 25'8"
- в) наибольшую ширину въ разстояніи 4-хъ фут. отъ означенной плоскости. 26'3"

По обѣимъ сторонамъ путей устроены тротуары, шириною въ 2'3" каждый.

Для удобства вентилляціи работы велись по прямолинейному направленію, но затѣмъ прорыты были на концахъ туннеля двѣ вѣтви, изъ которыхъ южная — длиною 113 саж., сѣверная — 162,4 саж., въ сложности — 280,4 саж.

Въ означенныхъ развѣтвленіяхъ проложены желѣзные пути, два же прямолинейныхъ конца прохода остаются открытыми, ради вентилляціи.

Вся длина криволинейныхъ путей 567,36 саж.; причѣмъ южный 354,88 саж. съ наибольшимъ подъемомъ 0,03, сѣверный 212,48 саж. со скатомъ 0,023; длина прямой 5,453 саж.; дѣйстви- тельное протяженіе по оси путей туннеля 6.020,36 саж., присоеди- нивъ къ сему 269,20 саж. прямыхъ концовъ, получилась пол- ная длина подземныхъ переходовъ, по оси путей 6.289,65 саж.;

между тѣмъ, длина означенныхъ переходовъ, по ихъ осямъ, равна $5.732,29 + 280,40 = 6.012,69$ саж. Черт. рис. 3 и 4.

Слѣдующая табличка даетъ понятіе о качествѣ грунта, пересѣченнаго туннелемъ.

По направленію отъ Модана до Бардонэша.

Профиль внѣшняя.	Профиль внутренняя.	НАЗВАНІЕ ГРУНТА.
831 саж.	982 саж.	Плотная земля.
249 »	182 »	Кварцовыя породы.
140 »	164 »	Плотные сланцы и доломиты.
4.512 »	4.404 »	Слоистые сланцы.
5.732 саж.	5.732 саж.	Длина профили.

339,6 саж. съ южной стороны и 431,5 саж. съ сѣверной были прорыты обыкновенными способами, остальные 4.961,19 саж. пробуровлены съ помощью машинъ.

Вблизи города Бардонэша, возлѣ ручья Рошмолль были устроены мастерскія съ жилищами для рабочихъ и складами матеріаловъ. Отъ нихъ, на протяженіи 375 саж., шла дорога къ туннелю, по берегу названнаго ручья, соединявшаяся со вторыми мастерскими, назначенными для ремонта буровыхъ инструментовъ.

Главный складъ пороха былъ помѣщенъ почти при сліяніи ручья Мэлезэ съ Мордовиномъ.

Вода перваго изъ нихъ къ мастерскимъ проводилась по каналу, длиною 1.406 саж. и среднею шириною въ 4', прикрытому на всемъ протяженіи сводиками или каменными плитами.

Означенный каналъ проходилъ подъ многими ручьями и пересѣкалъ Мердовинъ по мосту-водопроводу.

Кромѣ сего, были устроены гидравлическія сооруженія для приѣма, очищенія и отвода воды, которой расходъ въ среднемъ былъ 35 куб. фут. въ секунду.

Отъ сѣверной стороны туннеля мастерскія расположились возлѣ ручья Шармэ, вблизи города Фурно, въ разстояніи 1.166 саж. отъ Модана и раздѣлялись тоже на два отдѣленія: первое—внизу, по рѣкѣ Аркѣ и по дорогѣ къ туннелю; второе—по откосу горы у начальнаго мѣста работъ, на 49,6 саж. выше водъ Арка.

Каналъ отъ мѣста сліянія ручья Шармэ съ Аркомъ шелъ параллельно послѣднему, на протяженіи 300 саж., до высоты расположенія водоспуска (20' надъ горизонтомъ водъ этой рѣки); ниже

спуска онъ входилъ въ сливной каналъ, шириною 9 до 10 саж., *устроенный* на глубинѣ 20' отъ поверхности земли.

Наименьшій расходъ воды, доставлявшей для работъ означеннымъ путемъ, былъ 212 куб. фут. въ секунду.

Второй каналъ отъ ручья Шармэ доставлялъ воду для вентиляціонныхъ машинъ.

Слишкомъ сильный подъемъ туннеля съ сѣверной стороны не позволялъ ограничиться устройствомъ простого или центробѣжнаго вентиляторовъ, какими пользовались въ южной штольнѣ.

Въ Фурно, съ такою же цѣлью, введены были нагнетательныя машины, приводившіяся въ движеніе паденіемъ столба воды съ высоты 32,8 саж.

Часть давленія воды изъ ручья Шармэ расходовалась на движеніе рабочихъ станковъ малыхъ мастерскихъ.

Для соединенія мастерскихъ, расположенныхъ въ долинѣ и на скатѣ горы, была устроена автоматическая плоскость (при разности горизонтовъ въ 49 саж.).

По ней двигались два вагона-тендера, соединенные желѣзнымъ канатомъ, переброшеннымъ черезъ блокъ; верхній вагонъ, при нагруженіи его водою, опускался и поднималъ нижній—съ матеріалами и другими грузами.

Крѣпкій тормазъ, прикрѣпленный къ блоку, регулировалъ движеніе вагоновъ.

Привожу краткое описаніе механизмовъ, служившихъ для производства работъ.

Со стороны Бардонэша имѣлось въ мастерскихъ 10 насосовъ-сифоновъ, распределенныхъ на двѣ группы такъ, что каждая изъ нихъ, а даже каждый насосъ, могли дѣйствовать врознь или совместно съ другими, смотря по потребности.

Насосъ-сифонъ проходитъ однимъ концомъ въ воздушную камеру, сообщаясь вторымъ—съ водохранилищемъ.

Питательный клапанъ его открывается при наполненіи воздухомъ верхняго колѣна.

Клапанъ, проводящій изъ послѣдняго въ нижнее колѣно, рассчитанъ на меньшее давленіе, чѣмъ такой же,—закрывающій проходъ въ воздушную камеру.

Степень давленія, соотвѣтственная второму клапану, опредѣляется требуемою упругостью сжатого воздуха.

Движеніе клапановъ регулировалось малою пневматическою машиною, постоянная же упругость воздуха камеры удерживалась сохраненіемъ опредѣленнаго горизонта воды (регуляціоннымъ горизонтомъ), съ помощью давленія столба воды, сообщавшагося съ камерою давленія.

Въ послѣднюю входила желѣзная труба, проводившая воду

отъ питательнаго канала, снабженнаго регуляціоннымъ резервуаромъ, вмѣстимостью 12,25 куб. саж., а расположеннаго на 9,3 саж. выше камеры давленія.

Разстояніе между горизонтами воды регуляціоннаго резервуара и камеры давленія было равно 12,75 саж., то же въ послѣдней и въ воздушной камерѣ—12,25 саж.

Сжатый воздухъ проводился отъ колокола желѣзною трубою, слѣдовавшей къ туннелю по направленію временной дороги, и прикрѣпленной къ каменнымъ столбамъ.

Условія водоснабженія мастерскихъ со стороны Фурно оказались менѣе благопріятными.

Ручей Шармэ не обилень водою, рѣка же Арка (протекающая у подошвы горы, пересѣкаемой туннелемъ), даетъ, во всякое время года, значительное количество воды, но съ паденіемъ не больше 20 фута,—что недостаточно.

Вслѣдствіе сего обстоятельства оказалось необходимымъ поднимать насосами воду, на высоту 12,25 саж., въ резервуаръ, изъ котораго она распредѣлялась съ соотвѣтственнымъ паденіемъ для дѣйствія нагнетательныхъ насосовъ.

Таковой приемъ веденія работъ приводилъ къ большой потерѣ денегъ и силъ, что побудило къ примѣненію, въ послѣдствіи, способа, стоившаго вътрое дешевле, а не требовавшаго паденія воды съ высоты въ 12,25 саж.

Приборъ, названный гидropневматическимъ насосомъ, состоялъ изъ горизонтальнаго цилиндра, сообщавшагося съ двумя вертикальными цилиндрами, отчасти наполненными водою.

Водяные столбы цилиндровъ раздѣлялись поршнемъ, прямолинейнымъ движеніемъ котораго производилось, поочередно, ихъ повышеніе и пониженіе съ сжатіемъ или расширеніемъ воздуха, наполнявшаго верхнія части цилиндровъ.

Поршень горизонтальнаго цилиндра приводился въ движеніе гидравлическими колесами.

Такіе же насосы были устроены и у южной оконечности туннеля, когда оказалась необходимость увеличенія расходуваннаго при работахъ количества сжатого воздуха.

Общее понятіе о буровыхъ машинахъ.

Буровая машина представляетъ желѣзную раму изъ двухъ длинныхъ и крѣпкихъ балокъ, расположенныхъ параллельно другъ къ другу.

Внизу помѣщается буровой цилиндръ съ гнѣздомъ для долота и конецъ трубы, проводящей сжатый воздухъ.

Поступательное движеніе бурава и вращеніе долота происходитъ автоматически въ предѣлахъ самой длинной буравой скважины, измѣняясь въ зависимости отъ большей или меньшей твердости скаль.

Ударъ передается поршнемъ, связаннымъ съ буравымъ стержнемъ и свободно скользящимъ въ цилиндрѣ насоса.

При своемъ колебательномъ движеніи поршень открываетъ и закрываетъ послѣдовательно окна, впускающія и выпускающія сжатый воздухъ.

Заднія сѣченія поршня больше переднихъ; вслѣдствіе сего, при давленіи воздуха, прямо пропорціональномъ поверхности давленія, поступательное движеніе скорѣе возвратнаго, ради усиленія удара бураваго стержня.

Стѣнки цилиндрической камеры обложены спереди и сзади воздушными матрадами, укрѣпленными для большей безопасности каучуковыми подушками.

Въ такой камерѣ поршень совершаетъ свои стремительныя движенія безъ сотрясеній насоса.

Подъ конецъ каждаго прямолинейнаго хода впередъ поршень поворачивается на уголъ въ 60° .

Вращательное движеніе производится съ помощью квадратнаго стержня, вталкиваемого (съ нѣкоторымъ усиліемъ отъ тренія) въ соотвѣтственное гнѣздо въ тѣлѣ поршня, при поступательномъ движеніи послѣдняго, а вынимаемомъ, когда онъ движется назадъ.

На концѣ стержня насажено колесо съ шестью зубцами по окружности, поворачивающееся на одинъ зубецъ при каждомъ ударѣ бурава.

Рядомъ устанавливается переносная маленькая пневматическая машина, напоминающая устройствомъ паровыя.

Стержень ея, расширенный въ цилиндрикѣ, какъ поршень, получаетъ прямолинейное движеніе отъ сжатого воздуха, а передаетъ—вращательное зубчатому колесу, посредствомъ эксцентриковаго шипа въ видѣ пальца.

Весь буравой механизмъ прижимается сзади крѣпкою рессорой, препятствующей ему отодвигаться.

При глубинѣ буравой скважины въ $7\frac{1}{2}$ " рукоятка стержня, снабженная подушкой, ударяетъ въ голову рычага, препятствующаго движенію рессоры, поднимаетъ его; вслѣдствіе сего, послѣдняя подвигаетъ весь приборъ впередъ до тѣхъ поръ, пока рычагъ не встрѣтитъ новаго зубца.

Къ каждому бураву проведена длинная и тонкая металлическая труба, проводящая струю воды къ мѣсту, гдѣ работаетъ долото.

Весь буравой механизмъ занимаетъ пространство въ 7' дли-

ною, 10'' шириною и $1\frac{1}{2}'$ вышиною; можетъ притомъ быть перенесенъ двумя рабочими.

Способъ производства работъ опредѣляется слѣдующимъ извлеченіемъ изъ донесенія строительной комисіи:

„Туннель представляетъ, во время производства работъ, три разнохарактерныя части.

„Въ первой изъ нихъ—всѣ работы вполнѣ закончены.

„Во второй—ведется расширеніе прохода: здѣсь, среди лѣса стоекъ, поддерживающихъ кружала свода и временныя подмостья, минеры работаютъ надъ расширеніемъ сѣченія, каменщики выводятъ стѣны, плотники устраиваютъ новыя кружала и лѣса, другія закрѣпляютъ треснувшую скалу;—всѣ работы подвижутся послѣдовательно за главными, по прорытію штольни, производимыми въ третьей части туннеля.“

„Въ штольнѣ прокладываются два рельсовыхъ пути, идущіе черезъ всѣ части туннеля и удлиняемые постепенно укладкою 7 футовыхъ рельсовъ.

„Буравой механизмъ движется по путямъ и можетъ быть, въ случаѣ надобности, выведенъ вмѣстѣ съ рабочими вагонами къ наружнымъ мастерскимъ.

„Другіе пути, меньшей ширины, расположены параллельно первому, и служатъ для передвиженія малыхъ вагончиковъ съ матеріалами и инструментами.“

„По срединѣ, между рельсами, прорыта широкая канава, постепенно удлиняемая, для укладки желѣзныхъ трубъ, проводящихъ сгущенный воздухъ, воду и свѣтильный газъ; канава сверху закрыта плотно во избѣжаніе поврежденій трубъ отъ взрыва скалъ.“

„Двое дверей, сколоченныхъ изъ толстыхъ досокъ и брусевъ, расположены въ минной части туннеля, вращаясь на крѣпкихъ петляхъ; закрытыя—защищаютъ отъ осколковъ, разбрасываемыхъ взрывомъ; открытыя—даютъ полную свободу занятымъ минерамъ; двери переносятся лишь только работа подвинется впередъ на 30 или 40 саж.“

„Минная камера длиною, обезпечивающею свободу въ дѣйствіяхъ рабочимъ, сѣченіемъ 12' ширины и 8' высоты.“

„Впереди всѣхъ работаетъ 9 или 10 бурильщиковъ, располагаясь, частью противъ середины, частью по периметру и по оси штольни; проходъ расширяютъ одновременно по всѣмъ направленіямъ.“

„Въ распоряженіи каждаго бурильщика двѣ упругія трубы, проводящія одна сгущенный воздухъ, вторая—воду.“

„Кромѣ тѣхъ, въ штольнѣ помѣщаются: начальникъ поста, 4 мастера, 2 минера, 9 рабочихъ для передвиженія буравовъ, 9 рабочихъ при машинахъ, распредѣляющихъ воду и сгущенный воздухъ, 8 рабочихъ въ помощь бурильщикамъ, 5 малолѣтнихъ при

нихъ же и 2 разсылныхъ; всѣ 49 лицъ (или 50), составляютъ рабочій постъ.“

„Работы освѣщаются газомъ, проводимымъ изъ газометра, устроеннаго вблизи ремонтныхъ мастерскихъ.“

„Для каждаго пролома заготовляютъ 80 скважинъ, въ 2 или 3 фута глубиною.“

„Расширеніе периметра производится минными взрывами, слѣдующимъ порядкомъ: по заготовленіи скважинъ, прекращается доступъ наружнаго воздуха; минеры съ своими помощниками замѣщаютъ бурильщиковъ, заряжаютъ мины, удаляются изъ пролома, запираютъ ворота и производятъ взрывъ; затѣмъ, очищается атмосфера струею сгущеннаго воздуха, удлиняется рельсовый путь и освобождается пещера отъ обломковъ.“

„Прежняя артель бурильщиковъ, послѣ очистки, исправленія и установки машинъ въ надлежащее мѣсто для новаго дѣйствія, удаляется на отдыхъ; новая рабочая артель въ означенномъ составѣ, замѣщаетъ прежнюю“.

Таблица хода работъ.

Способъ производства работъ.	По направленію отъ:						Полная работа.	
	Бардонеша.			М о д а н а.			Годи- чная въ метр.	Итого въ метр.
	Годъ.	Длины годовыхъ штольнъ въ метр.	Итого въ метр.	Годъ.	Длины годовыхъ штольнъ въ метр.	Итого въ метр.		
Ручной	1857	27,28	725,00	1857	10,80	921,00	38,08	1.646,00
	1858	257,57		1858	201,93		495,52	
	1859	236,35		1859	132,75		369,10	
	1860	203,80		1860	139,50		343,30	
	—	—		1861	193,00		193,00	
	—	—		1862	243,00		243,00	
Механической	1861	170,00	6.355,25	—	—	4.232,30	170,00	10.587,55
	1862	380,00		—	—		380,00	
	1863	426,00		1863	376,00		802,00	
	1864	621,20		1864	466,65		1.087,85	
	1865	765,30		1865	458,40		1.223,70	
	1866	812,70		1866	212,29		1.024,99	
	1867	824,30		1867	687,81		1.512,11	
	1868	638,60		1868	681,55		1.320,15	
	1869	827,70		1869	603,75		1.431,45	
	1870	889,45		1870	745,85		1.635,30	
	—	—		—	—		—	
Всего по 26 де- кабря 1870 г.	—	—	7.080,25	—	—	5.153,30	—	12.233,55

Личный составъ управленія работъ.

1) Работами завѣдывало техническое управленіе изъ 3-хъ инженеровъ: Гранди, Граттони и Соммелъе.

Мѣстными ихъ представителями были начальники участковъ (сѣвернаго и южнаго) съ своими помощниками (замѣстителями).

На каждомъ участкѣ состояли: старшій механикъ, соотвѣтственное число начальниковъ постовъ по водоснабженію, — мастерскихъ и отдѣленій по внѣшнимъ работамъ; а также начальникъ туннельнаго отдѣленія, съ соотвѣтственнымъ числомъ завѣдующихъ минными постами и рабочими артелями.

2) Техническо-экономическая инспекція работъ, дѣйствовавшая подъ руководствомъ Вальвассори, слѣдила за точностью исполненія условій, опредѣленныхъ конвенціею правительства съ управленіемъ работъ.

3) Число рабочихъ, занятыхъ на каждомъ изъ двухъ участковъ туннеля, было въ зимнее время около 1.500, въ лѣтнее 2.000 человекъ, исключая тѣхъ, которые доставляли строительные матеріалы къ мѣсту потребности въ нихъ.

Принявъ во вниманіе семейства сихъ рабочихъ, по отзыву администраціи, населеніе мѣстности увеличилось вчетверо во время производства описанныхъ работъ.

Вся постройка стоила 75 милліоновъ франковъ; въ среднемъ выводѣ 4.617 франковъ за метръ длины.

Стоимость устройства нормальныхъ мастерскихъ при туннелѣ, по тогдашнимъ цѣнамъ.

1. Отчужденіе 100.000 кв. м. земли	100.000 франк.
2. Проведеніе воды къ мѣсту работъ (трубами, каналами и другими средствами)	250.000 „
3. Помѣщеніе для 9-ти насосовъ	240.000 „
4. Водоемное зданіе, 1.000 кв. м.	25.000 „
5. Ремонтныя мастерскія, 1.600 кв. м.	100.000 „
6. Центральный магазинъ, 300 кв. м.	30.000 „
7. Запасный магазинъ, 240 кв. м.	24.000 „
8. Магазинъ для извести, 250 кв. м.	12.000 „
9. Магазинъ для горючихъ матеріаловъ, 900 кв. метр.	18.000 „
10. Магазинъ для пороху	10.000 „
11. Жилой домъ для завѣдующихъ работами.	150.000 „
12. Помѣщеніе для 1.000 рабочихъ	300.000 „
13. Приемный покой у входа въ туннель	8.000 „

14. Помѣщеніе для (рабочихъ) больныхъ . . .	8.000	франк.
15. Магазинъ для съѣстныхъ припасовъ . . .	40.000	„
16. Стойла для лошадей, 50 шт.	10.000	„
17. Приспособленія для передвиженія матеріаловъ	100.000	„
18. Устройство дороги къ туннелю	45.000	„
19. Ограды	10.000	„
20. Употребленіе газоваго освѣщенія	25.000	„
21. 8 насосовъ и гидравлическихъ двигателей.	480.000	„
22. 5 резервуаровъ	160.000	„
23. Проводъ наружнаго воздуха	60.000	„
24. Разныя принадлежности для машинъ (краны, индикаторы и т. д.)	40.000	„
25. Рабочіе инструменты, ремни, передаточные механизмы и т. д.	140.000	„
26. Буравныя машины, желѣзныя трубы, рельсы, платформы, вагоны и т. п. расходы	600.000	„
Къ сему дополнительныхъ	15.000	„

Всего 3.000.000 франк.

Стоимость проѣзда отъ Тюрэнъ, въ металлическихъ франкахъ.							
до Бардонѣша.	87 килом.	3 ч. ѣзды.	въ I кл.	9,60	въ II кл.	6,70	въ III кл. 4,80
» Модана . .	106 »	3,45 » »	» I »	13,65	» II »	9,75	» III » 7,00
» Женевы . .	308 »	9,30 » »	» I »	42,32	» II »	31,25	» III » 21,90
» Ліона . . .	335 »	12,25 » »	» I »	45,48	» II »	33,75	» III » 23,80
» Парижа . .	800 »	21,25 » »	» I »	102,70	» II »	76,70	» III » 55,15

Порты пролива Ля-Маншь оказывалось возможнымъ соединить (наивыгоднѣйшимъ образомъ) съ центромъ желѣзныхъ дорогъ Италіи линіями, проходившими по территоріи Франціи или же Бельгіи и Пруссіи.

Первый путь, указанный выше, былъ проложенъ черезъ Монъ-сенисскій туннель; второй—параллельно южной границѣ Бельгіи, черезъ Өіонвиль, Мецъ, Страсбургъ, Мюльгаузенъ, Люцернъ, Сень-готардскій туннель къ Милану, опредѣлился короче перваго на 140 верстъ.

Послѣднее обстоятельство вызвало предпріятіе съ цѣлью сокращенія Монъ-сенискаго пути посредствомъ прорытія Симплонскаго и Сэнъ-бернардскаго туннелей и устройства новыхъ желѣзнодорожныхъ линій.

Сэнъ-готардскій туннель.

Концессія на производство работъ по устройству Сэнъ-готардскаго туннеля была одобрена въ началѣ—международная же конвенція—утверждена въ концѣ 1869 года.

Сѣверная подходная къ сему туннелю линія желѣзной дороги идетъ отъ г. Люцерна по берегу Фирвальдштэттерскаго озера, касаясь Цугскаго, и отъ г. Швыца направляется прямо на югъ по долиנѣ рѣки Рейсса; южная же состоитъ изъ двухъ вѣтвей, а именно: первой идущей по мосту черезъ озеро Люгано, къ долинѣ рѣки Тичино и по сей послѣдней къ туннелю; второй—отъ города Галляратъ, по берегу озера Ляго-Маджіоре, къ долинѣ означенной рѣки; обѣ вѣтви соединяются на ст. Каденаццо въ 9 верстахъ отъ г. Беллинцоны, связаннаго рельсовымъ путемъ съ г. Логарно. (Черт. рис. 5 и 6).

Длина туннеля почти 14 верстъ; сѣверное входное отверстіе его возвышается надъ уровнемъ Средиземнаго моря на 519,6 саж., южное на 536,5 саж.

Отъ сѣвернаго входа туннель поднимается на длинѣ 7 верстъ до высоты 539,7 саж. надъ уровнемъ моря, т. е. съ среднимъ подъемомъ въ 0,00582 саж.; затѣмъ, слѣдуетъ скатъ въ 0,0011 саж. на протяженіи 6,89 вер. къ южному входу туннеля; оба раздѣлены площадкою длиною въ 55 саж.

Второй подъемъ былъ увеличинъ вдвое противъ проектнаго, ради избѣжанія пласта, изобилующаго водою.

Туннель устроенъ для двухъ путей; въ поперечномъ сѣченіи имѣетъ ширину 25 фут. на горизонтѣ рельсовъ, а 26¹/₃" на высотѣ 7' отъ ихъ подошвы; возвышеніе ключа надъ плоскостью послѣдней 19¹/₈".

Работы начались, какъ обыкновенно, устройствомъ малой развѣдочной галлерей въ 8' высоты и 8¹/₂' ширины.

Таковая галлерей по направленію вершины свода подвигалась каждый разъ на 100 или 120 саж. впередъ, а затѣмъ производились работы для ея расширенія и укрѣпленія.

Малыя галлерей пробивались съ помощью машинъ, спроектированныхъ инженеромъ Колладономъ для Сенискаго туннеля.

Буравыя скважины имѣли обыкновенно 3¹/₂ фут. глубины.

Число таковыхъ, зависящее отъ породы и твердости встрѣ-

чаемыхъ скалъ, измѣнялось отъ 16 до 26, на сѣченіе развѣдочной галлерей, равное 1,28 кв. саж.

Когда послѣдняя оказывалась длиною въ 20 или 25 саж., послѣдовательными, въ два или три пріема, взрывами динамита расширяли ее.

По возведеніи свода необходимо утолщалась каменная обдѣлка галлерей на столько, чтобъ разстояніе отъ лотка до ключа было равно 23'.

Съ теченіемъ восьмилѣтняго срока производства работъ были приняты къ дѣлу буравыя машины системъ Дюбуа и Франсуа, Макъ-Кина и Ферру, а также другихъ, усовершенствованныя въ различныхъ отношеніяхъ.

Магазины пороху и динамиту были расположены для безопасности достаточно далеко отъ мѣста производства работъ.

Передняя стѣнка развѣдочной галлерей называется фронтомъ долбленія.

Въ 100 или 120 саж. отъ фронта долбленія въ сторону выхода выламывались скалы, направо и налево отъ оси туннеля, до подлежащей его ширины и выводилась каменная обдѣлка, называемая опалубкою.

Въ разстояніи 100 или 150 саж. другъ отъ друга, на мѣстѣ производства таковой, устроены были колодцы, съ горизонтальнымъ сѣченіемъ въ 100 квадр. футовъ, глубиною до уровня лотка туннеля.

Отъ колодцевъ шли въ обѣ стороны поперечныя штольни.

Во всѣхъ галлерейхъ были уложены узкоколейныя желѣзные пути, по которымъ передвигалось пневматическими локомотивами много вагончиковъ, наполненныхъ матеріалами, инструментами, осколками взорванныхъ скалъ и т. п.

Такимъ распредѣленіемъ работъ достигнуто было значительное ускореніе въ ихъ производствѣ.

Галлерей Сэнь-готардскаго туннеля ежедневно подвигались впередъ на 10 или 12½ футовъ съ каждаго конца, между тѣмъ при прорытіи Сенисскаго туннеля—лишь на 7¼', хотя твердость грунта и обиліе почвенныхъ водъ въ послѣднемъ оказывались меньше, чѣмъ въ первомъ.

Причиною сему было большее развитіе практическихъ свѣдѣній по пробивкѣ грандіозныхъ туннелей.

Сэнь-готардскій туннель пересѣкаетъ слѣдующіе пласты горныхъ породъ, именно: 50% всего протяженія пройдено въ гнейсовыхъ и гранитныхъ скалахъ, 25% въ сланцевыхъ и 25% въ известковыхъ.

Работы начались съ двухъ сторонъ: съ сѣвера, отъ Гашенена, и съ юга, отъ Айролѣ, въ сентябрѣ мѣсяцѣ 1872 года; окончены же—спустя 8 лѣтъ, подъ наблюденіемъ Л. Фавра.

Движеніе буравовъ и локомотивовъ, а также вентиляція, галлерей Сэнь-готардскаго туннеля, производились силою паденія воды, обильныхъ ею ручьевъ и рѣчекъ прилежащей мѣстности.

Такое паденіе воды съ высоты отъ 38 до 76 саж., развивавшее силу до 1.000 паровыхъ лошадей, двигало турбины, соединенныя передаточными механизмами съ насосами.

Сгущеннымъ воздухомъ послѣднихъ исполнялись необходимыя работы для дѣйствія буравыхъ, вентиляціонныхъ и другихъ машинъ.

Обыкновенно съ каждаго конца туннеля было занято 400 рабочихъ, снабженныхъ лампами.

Въ среднемъ выводѣ, необходимо принимать, что количество испорченнаго воздуха въ часъ, отъ дыханія рабочаго и горѣнія его лампы, равно 1,31 куб. саж.; отсюда для 400 рабочихъ въ часъ требуется 524 куб. саж..

Среднее количество динамиту для взрывовъ въ сутки было 18,75 пуд., съ каждой оконечной стороны туннеля, или = 31,25 фунт въ часъ.

Взрывъ одного фунта динамиту портитъ 4 куб. саж. воздуха; почему въ часъ требуется 125 куб. саж. на 400 человѣкъ.

Въ общей сложности расходъ воздуха въ часъ: на человѣка 1,62 куб. саж., для 400—645 куб. саж..

Насосы приготовляли около 800 куб. саж. воздуха, при давленіи въ одну атмосферу.

Означеннымъ объемомъ свѣжаго воздуха, большимъ необходимаго, вытѣснялся испорченный лишь до опредѣленнаго углубленія туннеля: дальше воздушные токи не проникли.

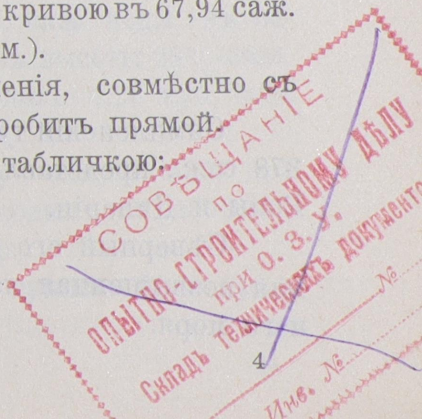
Такое неудобство оказалось возможнымъ устранить съ помощію сильныхъ всасывающихъ насосовъ, устроенныхъ на оконечностяхъ туннеля.

Хотя работы по устройству Сэнь-готардскаго туннеля оказались значительно труднѣе по природнымъ обстоятельствамъ, чѣмъ таковыя же при прорытіи Монъ-сенисскаго туннеля, однако же первыя обошлись почти вдвое дешевле послѣднихъ и были окончены въ срокъ болѣе короткій.

Туннель съ южной стороны оканчивается кривою въ 67,94 саж. (145 м.) длиною, радіуса въ 140,57 саж. (300 м.).

Въ виду удобства вентиляціи и направленія, совмѣстно съ прорытіемъ криволинейнаго отрѣзка, былъ пробитъ прямой.

Ходъ работъ опредѣляется слѣдующею табличкою:



Г О Д Ы.	Количество въ погонныхъ метрахъ.		ИТОГО.
	отъ Гашенена.	отъ Айролѣ.	
1872	18,9 (въ 1 мѣс.)	101,7 (въ 7 мѣс.)	120,6
1873	581,3 (въ 12 мѣс.)	494,3 (въ 12 мѣс.)	1.075,6
1874	1.037,1 » » »	747,4 » » »	1.784,5
1875	1.173,5 » » »	1.255,6 » » »	2.429,1
1876	1.005,7 » » »	1.020,6 » » »	2.026,3
1877	1.230,5 » » »	994,0 » » »	2.224,5
1878	1.309,0 » » »	1.229,9 » » »	2.538,9
1879	1.330,0 » » »	1.120,1 » » »	2.450,1
1880	147,4 (въ 1½ мѣс.)	123,6 (въ 1½ мѣс.)	271,0
Всего прорыто	7.833,4 (въ 86½ мѣс.)	7.087,2 (въ 94½ мѣс.)	14.920,6
Въ 1 мѣсяцъ сред. числомъ.	90,8	75,1	165,9

Стоимость работъ Сэнь-готардскаго туннеля, опредѣленная Кэнывесъ-Тотомъ, равна 47.804.300 мет. фр.; по другимъ она больше на 25⁰/₀.

НАЗВАНІЕ РАБОТЪ.	Количество въ погон. метр.	Цѣна погон. метр. въ метал. фр.	Общая стоимость въ метал. фр.
Проведеніе дополнительнаго туннеля съ южной стороны	145	въ среднемъ 1.500	217.500
Прорытіе главнаго туннеля и водотводнаго канала	14.920	2.800	41.720.000
Огражденіе дороги съ устройствомъ тротуара	14.920	22	327.800
Устройство двойнаго пути	14.920	8	119.200
Каменные работы	14.920	364	5.419.800
Итого	—	—	47.804.300

Симплонскій туннель.

Симплонскій туннель, спроектированный длиною въ 16 верстъ 378 саж., представляетъ проходъ въ водораздѣлѣ долинъ рѣки Роны и Диверіи.

Сѣверный его входъ на 333,1 саж., южный на 322 саж., самая возвышенная часть на 341,6 саж. выше горизонта Средиземнаго моря.

Сѣверная подходная линія проходитъ черезъ цѣпь Юнь, въ юрскихъ горахъ, болѣе благопріятную для ея эксплуатаціи по умѣренности климата, чѣмъ области другихъ горныхъ проходовъ Швейцаріи.

Подъемы туннеля со стороны Роны, на протяженіи 2,7 вер. и скаты къ долинѣ Диверіи, на протяженіи 10,8 верстѣ, не болѣе 0,011 саж. (черт. 5 и 6).

Предварительныя геодезическія работы были произведены весною, въ 1876 году, инженеромъ Ломмелемъ, при помощи базиса длиною въ 10.577 саж., избраннаго въ ронской долинѣ между станціею Григомъ и Гемзеномъ.

Базисъ былъ промѣренъ шесть разъ стальными стержнями и лентами, съ принятіемъ во вниманіе подлежащихъ поправокъ.

Средняя разниа между двумя результатами измѣренія не превышала $3\frac{1}{2}$ дюймовъ.

Сѣтью 23 треугольниковъ было пройдено ко второму базису въ 10.552,64 саж. длиною, измѣренному между Домо и Креволою.

Второй базисъ далъ разницу четырехъ послѣдовательныхъ измѣреній въ среднемъ $12\frac{1}{4}$ дюйм.; по расчету длина его оказалась на $2\frac{3}{4}$ больше опредѣленной измѣреніемъ; возможное вліяніе таковой погрѣшности на длину туннеля равно 1 футу.

Нивеллировочныя данныя для Симплонскаго и Сэнъ-готардскаго туннелей были приняты изъ геодезическихъ работъ коммисіи, производившей, въ 1870 и 1873 гг., измѣреніе дуги меридіана средней Европы, подъ руководствомъ астрономовъ Гирша и Плантамюра.

Геологическія породы, пересѣкаемыя симплонскимъ туннелемъ, идутъ въ слѣдующемъ порядкѣ, по направленію отъ сѣвера къ югу:

1.350 саж.—сланцевыя и известковыя,

2.588 саж.—амфиболическія и гнейсовыя, съ примѣсью известковыхъ,

4.500 саж.—гранитовыя гнейсы.

Направленіе симплонскаго туннеля отстоитъ лишь въ 2 верстахъ отъ р. Роны и проходитъ отъ Брига выше ручья Масса; симъ обезпечена возможность имѣть 10,4 куб. саж. воды въ секунду при паденіи, по мѣстнымъ условіямъ, изъ высоты $23\frac{1}{2}$ саж.

Съ южной стороны р. Диверія доставляетъ 1,36 куб. саж. воды, съ паденіемъ въ $84\frac{1}{3}$ саж.

Означенныя данныя опредѣляютъ рабочую силу въ 3.333 или 3.254 лошадей, т. е. около 2.000 полезныхъ таковыхъ же рабочихъ единицъ, изъ которыхъ каждая въ 75 килогр.

Первый проектъ прорытія симплонскаго туннеля былъ представленъ инженеромъ Вотье въ 1860 г.

Изъ многочисленныхъ затѣмъ послѣдовавшихъ проектовъ наиболѣе выдающимся, по удобоисполнимости, оказался проектъ Л. Фавра, по выгодамъ же для эксплуатаціи—инженера Ломмеля, каковой и отмѣченъ выше.

Согласно проектному расчету стоимость работъ выразилась слѣдующимъ образомъ, а именно:

устройство главнаго туннеля	74.000.000
укладка въ немъ двойного пути	1.300.000
проведеніе сѣвернаго подходнаго пути	675.000
„ южнаго подходнаго пути	15.325.000
устройство желѣзной дороги отъ Гоццано къ Дому съ достройкою туннеля	12.000.000
т. е. въ общей сложности мет. франковъ.	103.300.000

(по другимъ свѣдѣніямъ стоимость больше на 25⁰/₀).

Привожу нѣсколько замѣчаній объ указанной съемкѣ мѣстности съѣтью треугольниковъ, изъ доклада инженера Ломмеля 3 мая 1878 г.

„Сигналы тригонометрической сѣти были устроены такимъ образомъ, чтобы облегчить установку инструментовъ на возвышенныхъ мѣстахъ стоянки и обезпечить провѣрку работъ во время ихъ производства“.

„Каждый сигналъ состоялъ изъ желѣзной полой трубы 4'' въ діаметрѣ, вдѣланной на 6 или 8 дюйм. въ грунтъ, вообще каменный“.

„Для сего выдалбливалось въ послѣднемъ соотвѣтственное углубленіе, которое служило основаніемъ каменной кладки на цементномъ растворѣ, закрѣплявшей сигналъ въ грунтъ“.

„Кладка велась выше поверхности грунта на высоту 3'10'', въ видѣ усѣченнаго конуса съ діаметрами основаній въ 16 и 28 дюймовъ“.

„Между таковымъ массивомъ и его фундаментомъ, а также поверху перваго помѣщались досчатые деревянные щиты круглой формы, насаженные на трубу и сдѣланные между собою и съ кладкою желѣзными полосами, вдѣланными въ нее“.

„Массивъ былъ оштукатуренъ цементомъ; конецъ трубы выступалъ надъ верхнею площадкою массива на нѣсколько дюймовъ; къ нему можно было прикрѣпить второе колѣно трубы съ флагомъ или крышку, съ помощью муфты и винтовъ“.

„Плоская крышка служила подставкою для теодолита, который прикрѣплялся къ ней съ помощью металлическаго стержня, входившаго во втулку инструмента“.

„Концы стержня, немного сплюснутые и обдѣланные, какъ винты, ввинчивались въ верхній деревянный щитъ“.

„Сопротивленіе винтовъ закрѣпы инструмента опредѣляетъ неподвижность его, при вращательныхъ движеніяхъ лимба“.

„Отмѣченный способъ прикрѣпленія теодолита былъ необходимъ, въ виду обстоятельства, что на значительныхъ высотахъ надъ горизонтомъ моря, въ особенности при каменистомъ грунтѣ, обыкновенный способъ установки инструмента не возможенъ“.

„Порывы вѣтра, при пониженной температурѣ воздуха, ежеминутно угрожаютъ опрокинуть и инструментъ, и наблюдателя“.

„Измѣреніе угловъ велось теодолитами, имѣвшими горизонтальные круги въ 7 дюйм. діаметра“.

„Число повтореній измѣреннаго угла было десять“.

„Всѣ повторенія дѣлались слѣва вправо, но послѣ пяти наблюденій труба поворачивалась въ горизонтальной плоскости на уголъ въ 200° (что равняется 180° обыкновеннаго дѣленія круга). Горизонтальные круги теодолитовъ были раздѣлены на 400° каждый“.

„Вліянія рефракціи свѣта и другія поправки принимались во вниманіе лишь по окончаніи всѣхъ наблюденій“.

Сень-Бернардскій туннель.

(Монъ-бланскій).

Въ 1879 году техническимъ директоромъ Симплонской компаніи, инженеромъ Ломмелемъ, была помѣщена въ Лозанской газетѣ записка слѣдующаго содержанія: „линія черезъ Монбланъ, по сравненію съ Симплонской, на протяженіи отъ Калэ до Плезанса, — длиннѣе на 126 верстъ; разница высотъ наиболѣе возвышенныхъ частей означенныхъ туннелей въ 234 саж.; причемъ первый не только выше Симплонскаго, но и требуетъ подходныхъ линій на 110 верстъ длиннѣе; по сему, проведеніе большаго туннеля черезъ Монбланъ будетъ лишнимъ“.

Однако же изыскательныя работы по отношенію послѣдняго выказали противное.

Линія черезъ Плезансъ совпадаетъ съ главнымъ торговымъ путемъ отъ Кале въ сѣверную Италію и на Востокъ; имѣетъ протяженіе, отъ означеннаго порта до Піаченцы, лишь на 5,4 версты больше пути черезъ Сень-Готардъ, какъ это указано въ ниже-слѣдующей сравнительной табличкѣ, составленной по даннымъ, опредѣлившимся изслѣдованіями инженера Л. Шабло (Louis Chabloz). (См. табл. на стр. 91).

Изъ отмѣченныхъ путей самыми выгодными для эксплуатаціи оказываются сень-готардскій и сень-бернардскій; послѣд-

Разстояніе въ верстахъ отъ Кале.

Черезъ Монъ-Сенись.		Черезъ Монъ-Бланъ.	Черезъ Симплонъ.		Черезъ Сень-Готардъ.	
до Аміена	149,4	до Аміена.	149,4	до Аміена.	до Лилля	96,3
» Парижа	117,9	» Парижа.	144,9	» Реймса.	» Меца	311,4
» Фонтенебло	63,9	» Фонтенебло.	51,3	» Шалона.	» Люцерна	334,8
» Шал на	276,3	» Шалона.	122,4	» Шамонъ.	» Иммензи	11,7
» Бурга	69,3	» Бурга.	278,1	» Лозанны.	» Арга	6,9
	676,8					
» Амбріз	27,9	» Нанткоа.	47,7	» С. Морисъ.	» Брюннена	11,7
» Брюло	45,0	» Бельгарда.	13,5	» Мартины.	» Флюена	10,1
» Шамбери	33,3	» Понъ-де-Колонъ.	23,4	» Сюна.	» Гэшенена	34,2
» Модана	87,7	» Этранбиеръ.	13,5	» Сьерра.	» Айроло	13,5
» Тюрэна	97,2	» Шамуни.	34,2	» Бриджъ.	» Біаска	41,0
» Алессандріи	81,9	» Аоста.	17,8	» Изелла.	» Беллинцона	18,0
» Піаченцы	87,3	» Иврэ.	19,1	» Домодоссола.	» Каденаццо	7,2
		» Саноіа.	10,0	» Піе-ди-Мюрина.	» Пино	14,4
		» Аерселли.	22,1	» Фаріоло.	» Сесто-Календе	41,0
		» Павіи.	20,8	» Арона.	» Милана	52,2
		» Піаченцы.	60,3	» Милана.	» Піаченцы	64,0
			62,1	» Піаченцы		
	1.136,7		1.090,6			1.068,4

ній,—съ проведеніемъ новыхъ желѣзнодорожныхъ вѣтвей, можетъ быть еще значительно сокращенъ, между тѣмъ сень-готардскій и параллельный ему симплонскій путь—въ означенномъ отношеніи представляютъ мало удобствъ; въ найхудшихъ условіяхъ находится монсенисская линія, при существующемъ ея пробѣгѣ.

Проведеніе желѣзнодорожной линіи отъ Мэзонъ-Діе къ Драси-Сенъ-Лю сравняло монъ-бланскій и сень-готардскій пути.

Монъ-бланскій туннель спроектированъ длиною въ 12,57 верстъ съ сѣверной подходной линіею въ 47,3 вер.

Самая возвышенная часть туннеля находится на 503,7 саж., южный входъ на 467 саж. и сѣверный на 491,6 саж. надъ горизонтомъ Средиземнаго моря.

Подземная линія главнаго туннеля представляетъ подъемъ отъ Аосты: средній—0,0124 саж., наибольшій 0,0125 с.; дальше отъ горизонтальной площадки къ Шамуни скатъ, въ среднемъ 0,0034 саж.—(Чер. 4, 5 и 6).

При устройствѣ подходной линіи отъ Аосты къ туннелю допущено: минимальный радіусъ закругленія въ 250 саж., 15 мостовъ въ общей сложности длиною въ 104 саж., при наибольшемъ пролетѣ въ 20 саж. и высотѣ устоевъ въ 33 саж.; на протяженіи означенной линіи имѣется—14 малыхъ туннелей, общеою длиною въ 6,43 версты.

Геологическій составъ прорываемыхъ пластовъ по вышеозначенному направленію сень-бернардскаго туннеля, отъ южнаго входа къ сѣверу, слѣдующій:

1.060 саж.—алюминьеваго и известковаго сланца,

75 „ первичнаго крист. гнейсса.

600 „ известковаго сланца,

2.700 „ первичныхъ породъ.

1.700 „ гнейссовыхъ и сланцевыхъ, кристаллическихъ породъ,

150 „ пористаго известняка.

Монъ-бланскій туннель проходитъ черезъ первичныя породы, самыя трудныя для буравыхъ работъ, почти на половинѣ своего протяженія; но, вслѣдствіе большой плотности таковыхъ формаций, значительно уменьшается количество каменной обдѣлки, чѣмъ вполне вознаграждаются трудности пробивки туннельныхъ штольнь.

Стоимость работъ по устройству сего туннеля 72.426.000, изъ которыхъ 51.000.000 мет. фр. на прорытіе, обдѣлку подземнаго прохода и укладку въ немъ рельсовыхъ путей.

Монъ-бланскій торговый путь, находясь почти по срединѣ между сенисскимъ и готардскимъ,—а также, представляясь болѣе прямымъ и короткимъ, чѣмъ послѣдніе, въ сношеніяхъ Англіи и

Франціи съ Востокомъ—уравновѣсилъ ихъ экономическое значеніе по законамъ конкуренціи.

Значеніе монъ-бланскаго туннеля въ особенности возвысится съ прорытіемъ ламаншскаго подморскаго прохода.

Грузъ, перешедшій въ вагоны изъ товарныхъ складовъ Англіи прослѣдуетъ безъ перегрузки къ набережнымъ Бриндизи, самой южной оконечности Италіи.

Монъ-Сенисъ на западѣ, Бреннеръ на востокѣ, ближайшій къ послѣднему Сень-Готардъ, а также Симплонъ, хотя находятся на направленіяхъ путей, идущихъ съ сѣвера къ долинѣ Ароны, почти параллельныхъ другъ къ другу, не удовлетворяютъ однако жевсѣмъ потребностямъ европейскаго транзита на югъ. Монъ-бланская линія дополняетъ собою означенные пути, имѣя преимущества предъ ними по протяженію, величинѣ уклоновъ, кривыхъ и по климатическимъ условіямъ.

Хотя кульминаціонная точка монъ-бланскаго туннеля находится на большой высотѣ, но она ниже линіи вѣчныхъ снѣговъ и даже виноградника, который въ швейцарскихъ Альпахъ еще произрастаетъ на высотѣ 513 саж. надъ уровнемъ Средиземнаго моря. (Черт. рис. 5).

Сень-готардскій туннель лежитъ по направленію торговаго пути, обхватывающаго раіонъ сѣверной и средней Европы, отъ промышленныхъ областей рѣки Одера до таковыхъ жерѣки Рейна, направляясь по границѣ Эльзаса къ Гавру.

Второй бассейнъ къ юго-западу отъ сень-готардскаго, простирающійся отъ линіи Бэзансонъ-Гавръ до океаническаго берега, съ южною границею по линіи Ліонъ-Бордо, направляетъ свое торговое движеніе на югъ черезъ проходы Монъ-Сенисъ, Монъ-бланъ и Симплонъ. (Чер. рис. 6).

Разстоянія отъ Парижа до Милана, по означеннымъ торговымъ путямъ, слѣдующія:

черезъ Сень-Готардъ	808 верстъ,
„ Монъ-Сенисъ	859 „
„ Симплонъ	751 „
„ Сень-Бернардъ	806,5 „

Виртуальныя же величины сего протяженія, опредѣляющія издержки на провозъ и проѣздъ.

черезъ Сень-Готардъ	963 верстъ.
„ Монъ-Сенисъ	986 „
„ Симплонъ	848 „
„ Сень-Бернаръ	880 „

Замѣтка о постройкѣ второго пути С. Готардской жел. дор.

Мостовыя достройки на второмъ пути С. Готардской жел. дор., возводились первоначально по матеріалу, конструкціи и массивности,—такія-же, какія были сооружены на первомъ пути.

Возвышеніе наружныхъ рельсовъ производилось не клинообразными шпалами, а деревянными насадками; т. е., на малыхъ мостахъ — посредствомъ различной высоты подпорокъ, на большихъ-же и широкихъ мостахъ — посредствомъ наклона поперечныхъ подпорокъ, скрѣпленныхъ продольными схватками на различной высотѣ.

Впослѣдствіи, на малыхъ мостахъ наклонялась вся верхняя ихъ конструкція, что выгоднѣе, такъ какъ всѣ мостовыя шпалы могутъ быть одинаковаго поперечнаго сѣченія и не требуется къ нимъ насадокъ.

Отъ Швейцаріи были построены новые мосты, массивнѣе старыхъ, на отдѣленіи Файсъ Біаска, между Гуртнелленомъ и Вассеномъ, Наксбергомъ-туннелемъ и Гэшененомъ потому, что движеніе поѣздовъ производилось болѣе тяжелыми локомотивами, а также потому, что, согласно постановленіямъ совѣщаній швейцарскихъ желѣзнодорожныхъ техникумовъ, оказалось желательнымъ допущеніе меньшихъ коэффиціентовъ прочнаго сопротивленія матеріаловъ.

Опытъ показалъ, что при системѣ фермъ безъ стоекъ, если шпалы уложены непосредственно на балочки, отдѣльныя поперечины и между ними лежащія продольные брусья могутъ быть слишкомъ обременены, чего при системѣ фермъ со стойками не случается.

Вслѣдствіе сказаннаго сооруженіе мостовъ лучше вести по послѣдней системѣ.

Съ цѣлью опредѣлить дѣйствительное напряженія силъ въ таковой системѣ фермъ, были произведены, подъ руководствомъ проф. Риттера, обстоятельныя наблюденія, посредствомъ индикатора, интересные результаты коихъ еще не опубликованы.

Для мостовъ между Эрстфельдомъ и Гуртнелленомъ, а равно между Вассеномъ и Наксбергомъ-туннелемъ, впервые было упо-

требуется желѣзо, расплавленное по способу Томаса, какъ сказано въ отчетахъ проф. Тетмайера.

Для высокихъ мостовъ пришлось построить совершенно самостоятельныя дѣла съ строгимъ запретомъ, ни подъ какимъ видомъ не соединять таковыя съ существующими мостовыми конструкціями.

Близость туннельныхъ входовъ или опорныхъ стѣнъ на краяхъ крутыхъ обрывовъ, позволяющая при большихъ мостахъ черезъ долины увеличивать лишь незначительно путевыя отстоянія, вызвали необходимость уменьшенія длины устоевъ, и, кромѣ того, несимметричнаго расположенія пути на мостахъ.

Полезно упомянуть, что на северномъ участкѣ дороги имѣются большіе мосты, а именно: нижній Рейс-мостъ при Ваггингенѣ (расстояніе устоевъ 40,3 м. въ сѣ желѣза 85 тон.) и верхній Майнен-рейс-мостъ (56,0 м. и 152,5 тон.), сооруженные при постройкѣ перваго пути, по оси полотна подъ два пути.

Такое расположеніе мостовъ было назначено съ цѣлью проецировать въ прилегающихъ туннеляхъ наименьшія профили.

Вслѣдствіе вышесказаннаго, пришлось достроить къ существующимъ опорамъ съ обѣихъ сторонъ узкихъ части и выдвинуть въ сторону желѣзныя надстройки въ наклонномъ положеніи на 2,5 м., безъ прекращенія движенія.

Работы были исполнены въ воскресенье въ промежуткѣ между двумя пассажирскими поѣздами.

На С. Готардской дорогѣ запрещено движеніе товарныхъ поѣздовъ по воскресеньямъ.

Вообще, въ воскресные дни исполняются всѣ работы, вызывающія прекращеніе движенія; въ слѣдствіе чего, служебнымъ строительнаго отдѣла приходится не пользоваться этими днями отдыха.

Общій вѣсъ новыхъ мостовыхъ конструкцій равенъ 52292 тонн., изъ коихъ приходится 3132 тонн. кованнаго и 20979 тонн. литого желѣза.

Второй путь на отѣленіи Айрме-Файдо были уложены стальными рельсами, вѣсомъ 37 кл. въ погон. метрѣ, на тяжелыхъ изъ литого желѣза поперечныхъ шпалахъ, вѣсомъ въ 58 кл. каждая со скрѣпленіями, по 15 штукъ на рельсъ длиною въ 12 м.

Въ большихъ туннеляхъ другихъ отѣленій, уложены стальные рельсы длиною въ 12 метр. и вѣсомъ 48 кл. въ погон. метрѣ, на 16 поперечныхъ, вѣсомъ каждая въ 60 кл. изъ литого желѣза.

Понятно, что постройка втораго пути потребовала измѣненія станціонныхъ переводовъ; притомъ, въ интересахъ безопасности движенія, проектировка сихъ измѣненій велась согласно принципамъ — избѣгать усадки стрѣлокъ противъ перестрѣлки по направлению главнаго движенія.

Кромѣ конечныхъ станцій, Эрстфельдъ, Гэшенненъ, Айроле и Біаска, имѣются разѣзды на обѣихъ промежуточныхъ станціяхъ Гуртнелленъ и Файдо, ради обезпеченія перехода поѣздовъ безъ продолжительныхъ маневровъ.

На другихъ промежуточныхъ станціяхъ, скрещивающійся поѣздъ долженъ быть выдвинутъ на свободный путь, раньше входа въ предѣлы станціи.

Главнѣйшая забота строительнаго управленія, въ теченіе 5½ лѣтъ постройки второго пути, состояла въ обезпеченіи движенія по первому пути отъ опасностей, сопряженныхъ съ сосѣдствомъ къ нему строительныхъ работъ.

Вслѣдствіе сего, были введены предохранительныя устройства, изданы подробныя инструкціи и установленъ надлежащій контроль.

Расширеніе большихъ туннелей велось въ ночное время; притомъ, рабочія и складочныя мѣста закрывались сигналами со стороны обѣихъ конечныхъ станцій.

Въ извѣстный промежутокъ времени отъ сихъ станцій поѣзда не отходили до полученія достовѣрнаго извѣщенія, что „путь свободенъ“, т. е., что съ пути удалены всѣ обломки и камни, дрезины, а также, что исправлены всякія поврежденія внутри туннеля.

Надзоръ во всѣхъ болѣе длинныхъ туннеляхъ былъ обезпеченъ назначеніемъ трехъ присяжныхъ сигналистовъ, въ помощь сторожамъ, на каждомъ отдѣленіи, при телефонъ и электрическомъ маховомъ аппаратѣ.

Телефонъ и маховой аппаратъ соединялись съ центральной станціей, помѣщенной: 1) на первомъ отдѣленіи въ сторожевой будкѣ; 2) на отдѣленіи Файдо—Гуртнелленъ на вокзалѣ послѣдней станціи и 3) на отдѣленіи Гуртнелленъ—Вассенъ—Гэшенненъ въ экспедиціонномъ бюро ст. Вассенъ.

Центральныя станціи снабжались доскою съ клапанами, въ родѣ употребляемыхъ въ гостинницахъ.

Каждый сигнальный сторожъ на отдѣленіи закрывалъ поворотомъ ручки индуктора принадлежащій ему клапанъ.

Только при всѣхъ закрытыхъ клапанахъ сигнальной доски, центральная станція могла отправить поѣздъ по рабочему пути или телеграфировать другой конечной станціи, что путь открытъ.

Телефонъ между сторожевою и центральной станціей помогать, главнымъ образомъ, объясненіямъ причины продолжительныхъ задержекъ, указанныхъ маховымъ аппаратомъ.

Изъ 3-хъ сторожей одинъ обходилъ туннель отъ середины къ верху, второй отъ середины къ низу, а третій сопровождалъ дрезины съ матеріалами и наблюдалъ за движеніемъ оныхъ.

Совмѣстно со вторымъ третій сторожъ долженъ былъ отъ нижняго туннельнаго портала доносить, что „путь свободенъ“.

Въ обезпеченіе совмѣстности ихъ дѣйствія, аппаратный ящикъ открывался послѣдовательными поворотами двухъ ключей.

Ежедневно, вечеромъ всѣ аппараты провѣрялись и во все время постройки не было задержекъ въ движеніи отъ ихъ неисправности.

Дѣйствія сторожей контролировались смотрителями и надзирателями по постройкѣ; кромѣ того, сторожа были снабжены контрольными часами, на которыхъ отмѣчалось пребываніе ихъ на нѣкоторыхъ мѣстахъ внутри и снаружы туннелей.

Служебныя неисправности наказывались денежными штрафами и увольненіемъ отъ должности.

При болѣе значительныхъ дневныхъ работахъ на второмъ пути или въ малыхъ туннеляхъ, сосѣднихъ съ первымъ, мѣста работъ ограждались въ обѣ стороны поворотными кругами, приводимыми въ движеніе сигнальными сторожами (сигналистами). Сигналистъ могъ сообщаться также со слѣдующею ж. д. станціею телефономъ.

Вообще вездѣ, гдѣ пришлось вблизи перваго пути работать, перемѣщать матеріалы или поперечины, находились особые сторожа съ обыкновенными ручными сигналами.

При слѣдованіи поѣзда черезъ мѣсто работъ таковыя прекращались.

Хотя движеніе по первому пути вызывало много затрудненій и допозднительныхъ работъ, но оно доставляло выгоды отъ облегченнаго подвоза строительныхъ матеріаловъ.

Наклонъ пути способствовалъ сему въ значительной степени.

Болѣе 6.000,000 пуд. земли и камня было доставлено поѣздами для засыпки овраговъ и расширенія плотинъ; кромѣ того, все, необходимое для работъ, количество песка, извести, камня, дерева, желѣза для мостовъ и всѣ матеріалы для верхняго строенія пути.

Перевозка производилась днемъ и ночью поѣздами, въ составѣ до 40 осей, подъ руководствомъ опытныхъ агентовъ.

Ручныхъ транспортовъ вообще не было.

Утвержденною въ сентябрѣ 1887 г. смѣтою на работы по постройкѣ втораго пути горной дистанціи назначалось 12.407.000 фр. безъ строительныхъ %.

При постройкѣ оказалось неизбѣжнымъ, какъ выше упомянуто, увеличить вѣсь желѣзнымъ мостовымъ конструкціямъ, на протяженіи $\frac{3}{4}$ втораго пути, что увеличивало расходы на 826,000 фр. противъ утвержденной смѣтной суммы.

Цѣны на работы и матеріалы оказались значительно ниже

таковыхъ-же цѣнъ при постройкѣ перваго пути, вслѣдствіе лучшаго знакомства съ мѣстностью, облегченнаго подвоза строительныхъ материаловъ и болѣе опредѣленнаго хода работъ.

Подрядчики совмѣстно съ агентами строительнаго управленія были отвѣтственны за соблюденіе условій безопасности движенія по первому пути.

Увеличеніе малыхъ мостовыхъ пролетовъ и расширеніе скалистыхъ выемокъ стоило 1 до 3 р. за тонну, проломъ прохода въ длинныхъ туннеляхъ отъ 4 до 6 р., въ короткихъ отъ 3 до 4,5 руб., каменная обдѣлка туннелей отъ 1,5 до 4 р., каменная кладка порталовъ 6 до 8 руб., увеличеніе большихъ мостовыхъ пролетовъ 8 до 11,5 руб., наконецъ, каменная кладка поперечныхъ стѣнокъ въ туннеляхъ отъ 6,5 до 10 р. за тонну.

По мнѣнію специалистовъ и не специалистовъ, С. Готардскую дорогу слѣдовало сначала строить двухпутевою, но необходимо принять во вниманіе, что никто не предполагалъ, что второй путь потребуется въ первомъ же десяткѣ лѣтъ эксплуатаціи.

Отсрочка въ сооруженіи второго пути оказалось благопріятною въ финансовомъ отношеніи, какъ видно изъ ниже указываемаго сравненія.

7 двухпутевыхъ туннелей между Роди и Файдо общую длину въ 4282 м. стоили 6.762.339 фр., включительно съ вознагражденіемъ въ 241.000 фр., выданнымъ обществу Марсалья за измѣненіе типовъ, за затрудненія въ производствѣ работъ при уменьшенныхъ профиляхъ и т. п.

Если бы туннели сооружались сначала по теперешнему ихъ размѣру, то пришлось бы уплатить названному обществу, по условленнымъ цѣнамъ, 6.622.349 фр. т. е. на 140.000 фр. меньше.

Но С. Готардское Общество въ теченіи 9 первыхъ лѣтъ эксплуатаціи дороги, сберегло $\frac{1}{10}$ и $\frac{1}{10}$ на $\frac{1}{10}$ 650.000 фр., т. е. значительно больше разницы въ 140.000 фр.

Второй путь улучшилъ дорогу, вообще говоря, во многихъ отношеніяхъ.

Большое сжатіе профильныхъ сводовъ, вогнутыя стѣнки и суженія задерживали въ туннеляхъ дымъ; расширеніе проходовъ значительно способствуетъ его устраненію; при томъ, дымовыя газы распредѣляются теперь на большее количество воздуха и меньше вредны.

С. Готардская дорога двухпутевая отъ Эрстфельда до Біаско (19,19 кил.) и отъ Беллинцоны до Біаско (3,15 кил.), т. е. на протяженіи 23,34 кил.

Такимъ образомъ, названная дорога теперь не уступаетъ въ провозоспособности даже двухпутевой Земеринской жел. дор., она превосходитъ Монъ-Сенинскій путь, на которомъ горный участокъ въ 75 кл. съ двумя путями лишь на протяженіи 39 кил., а также превосходитъ Бреннерскую дорогу, имѣющую, послѣ 26 лѣтъ эксплуатаціи, изъ 88 кил. протяженія, два пути только между Иннсбрюкомъ и Брюкшеномъ на разстояніи 41 кил.

Г. Мильзенбургскій туннель.

Десять лѣтъ тому назадъ былъ сооруженъ на жел. дорогѣ Прирейнской Германіи Фульда-Гильдерс-Таннъ туннель, краткія свѣдѣнія о которомъ полезно изложить, пользуясь данными, опубликованными г. Г. Обершульте.

Длина туннеля 1150 м., при уклонѣ въ 0,020; поперечная профиль обозначена чер. №. 20 и 22

Западный входъ ниже восточнаго на 23 м.; вслѣдствіе сего значительный въ штольнѣ сквознякъ оказался-бы временнымъ не только для рабочихъ, но и для надлежащаго окрѣпленія каменной кладки.

Необходимость въ уменьшеніи силы сквозняка побудила строителей искривить первые 250 м. туннеля отъ западнаго входа по кривой рад. 450 м., а также—закрыть, отчасти, входныя отверстія досчатыми огражденіями.

Туннелемъ пересѣчены напластованія известняка (179 м), краснаго и пестраго песчаника (979 м.) и базальта; послѣднія—на небольшомъ лишь протяженіи.

Красный песчаникъ быстро разрушается въ прикосновеніи съ влагою и воздухомъ; при чемъ, давленіе пластовъ на крѣпи быстро увеличивается; пестрый песчаникъ оказался значительно устойчивѣе краснаго.

Во избѣжаніе опасныхъ обваловъ обдѣлка сводовъ штольни каменною кладкою велась безотлагательно, на всемъ протяженіи залеганія таковыхъ песчаниковъ.

Къ западному входу туннеля былъ сооруженъ узкоколейный подъѣздной путь, шириною въ 0,9 м., длиною въ 2,5 кил.; таковою соединялся, 1) въ разстояніи 100 м. отъ туннеля, съ рельсовымъ путемъ за № 7, расположеннымъ на 2 м. ниже, на туннельной площадкѣ, 2) на второмъ концѣ, съ шоссею дорогою къ Фульдѣ.

На 7 же пути находились вагонные вѣсы и рельсовый треугольникъ для поворота вагоновъ или поѣздовъ.

Послѣ взвѣшиванія, вагоны вталкивались на 8-й путь, расположенный на 2,5 м. выше 7-го, и тамъ разгружались.

На 1-мъ пути устанавливались прибывшіе съ грузами, а на 2-мъ заготовленные къ отправленію поѣзда.

Пути за №№ 3, 4, 5 и 6 пользовались для маневровъ.

Девятый путь, съ уклономъ 0,034, былъ проведенъ къ сосѣдней каменоломнѣ, въ виду потребности въ значительномъ количествѣ (около 2500 куб. с.) камня для туннельныхъ работъ; движеніе вагоновъ по нему производились посредствомъ стального каната, діаметр. 13 мм., намотаннаго на барабаны съ тормазами и скользящаго по каткамъ изъ мягкаго желѣза.

Вблизи туннеля производились: 1) очистка песку промывкою,—подъ крышею, ради предохраненія его отъ промерзанія, а также 2) машинная заготовка раствора (1 цементу, 4 извести и 10 песку), на особыхъ платформахъ съ рельсовымъ путемъ, шириною въ 0,4 м..

Поданный вагонами къ мѣсту работъ сырой растворъ укладывался отдѣльными пластами, изъ которыхъ каждый обезпечивалъ шестичасовую потребность.

Машинное отдѣленіе было оборудовано двумя паровыми котлами, съ допустимымъ давленіемъ въ 7 атмосферъ, и тремя воздушными насосами, изъ которыхъ одинъ (сист. Бургхарда) назначался исключительно для потребностей буровыхъ машинъ и кузницы.

Посредствомъ трубы, діаметр. 80 мм., сжатый воздухъ собирался въ сосудѣ, имѣвшемъ клапанъ и манометръ, при давленіи не больше 6 атм.; буровыя машины требовали лишь давленія въ 4 атм..

Вторымъ насосомъ приводились въ движеніе 2 динамомашинны, освѣщавшія туннель и туннельную площадку.

Третій насосъ соединялся проводами съ токарнымъ и точильнымъ станкомъ, съ круглою пилою и съ цементною машиною.

Проводы валовъ второго и третьяго насосовъ могли быть соединены съ тѣмъ или другимъ, на случай поврежденія одного изъ нихъ.

Изъ двухъ котловъ всегда работалъ только одинъ, что позволяло замѣнять, послѣдовательно, одинъ другимъ, ради уменьшенія напряженія стѣнокъ и необходимой очистки или починки.

Съ котломъ соединялся нагрѣватель динамитныхъ патроновъ.

Патроны сохранялись въ жестяномъ ящикѣ съ двойными стѣнками, между которыми проходилъ нагрѣтый паръ изъ котла.

Во избѣжаніе излишняго и опаснаго нагрѣванія патроновъ, ящикъ съ ними помѣщался въ жестяномъ сосудѣ, наполненномъ водою, температура которой удерживалась постоянно при 40° Р.

Всѣ работы внутри и внѣ туннеля производились посредствомъ локомотивовъ специальной конструкции. Каждый локомотивъ, высотой въ 1,95 м., вѣсомъ 6800 кил., производилъ полезную движущую силу въ 1026 кил., при нормальномъ давленіи въ 15 атм.

Внизу локомотива былъ расположенъ холодильникъ, въ которомъ осаждался отработанный паръ, проведенный особымъ клапаномъ, впереди же локомотива—снабженный насосомъ Вестингаузена сосудъ съ известковымъ молокомъ, въ которомъ очищался отъ вредныхъ газовъ топочный дымъ, во избѣжаніе зараженія воздуха въ туннельной штольнѣ, высота которой была въ началѣ лишь 2,2 м.

Каждый локомотивъ вывозилъ изъ штольни за разъ по четыре вагончика, съ грузомъ 40 куб. метр. камня, и былъ въ движеніи черезъ каждыя 20 м.

Въ таковыя промежутки времени возстановлялось давленіе пара въ локомотивѣ и замѣнялась нагрѣтая вода въ холодильникѣ.

Вблизи туннельнаго входа были построены фахверковые бараки для бурильщиковъ, каменщиковъ и др. рабочихъ.

Работы производились порядкомъ, установленнымъ бельгійскою системою, какъ обозначено на чертежахъ.

Успѣхъ работъ по устройству нижней штольни выразился прорытіемъ ея на протяженіи отъ 75 до 105 м. въ мѣсяцъ; при томъ, устройство шахтъ оказалось неизбѣжнымъ лишь вблизи восточнаго туннельнаго входа, гдѣ появились въ напластованіяхъ песчаника обильные ключи, слабость же породъ грунта возбуждала опасеніе заваловъ подземнаго прохода.

Буреніе производилось шестью машинами Фрѣлиха, видоизмѣненными Егеромъ, съ ударными долотами, вѣсомъ въ 85 к. гр., дающими 500 до 600 ударовъ въ минуту; изъ шести машинъ работали одновременно только двѣ.

Стержень буроваго долота проходитъ насквозь черезъ заднюю доску цилиндра, чѣмъ предотвращаются ея поврежденія.

Буровыя скважины, шириною въ 45 мм., углублялись различно, въ зависимости отъ свойствъ горной породы.

Личный составъ рабочей партіи, при 12 часовой службѣ: 1 завѣдывающій работами, 4 бурильщика, 3 плотника и 7 рабочихъ.

На всемъ протяженіи штольни, во всю ея ширину, укладывались желѣзн. листы (толщ. 6 мм.), къ которымъ прикрѣплялись рельсовые колеи, шириною отъ 0,5 до 0,9 м., для вывоза желѣзными опрокидывавшимися тачками, камня и мусора къ началу штольни; оттуда грузъ отвозился въ назначенныя мѣста поѣздами.

Въ среднемъ расчетѣ, суточное протяженіе выломки было 3,35 м., при расходѣ на пог. метръ штольни 8,7 кл. гр. динамита, 10,5 м. фитиля и 8 разрывныхъ капсуль, общемою стоимостью ок. 6,6 руб.

На погонный метръ низовой штольни имѣется, при машинномъ буреніи:

Содержаніе рабочихъ	15,0	} Въ суммѣ 46 р., на версту около 48 т. р.
Взрывчатые матеріалы	6,5	
Укрѣпленія	5,0	
Буровыя машины съ установ- кою	11,0	
Содержаніе буровыхъ машинъ	6,5	
Разныя расходы	2,0	

Стоимость ручного буренія меньше, но продолжительность работъ почти втрое больше, что слѣдуетъ принимать во вниманіе при распредѣленіи дѣла, сообразуясь съ мѣстными условіями и съ данными геологическихъ изслѣдованій.

Верховая штольня велась послѣдовательно за низовой, отставая отъ нея только на протяженіи суточной работы около 1 м.

Желательный ходъ работъ былъ достигнутъ: 1) прорытіемъ колодцевъ на глубину верховой штольни, черезъ каждые 80 м., 2) ручнымъ буреніемъ въ обѣ стороны отъ каждаго колодца.

Во избѣжаніе несчастнаго случая, работы прекращались съ одной стороны, когда предстояло соединеніе противоположныхъ проходовъ.

Высота верховой штольни измѣнялась въ предѣлахъ отъ 2 до 2,5 м., сообразно измѣненіямъ въ расчетной толщинѣ свода (0,5 до 1 м.); при томъ, на участкахъ съ сильнымъ давленіемъ грунта задавалась добавочная высота штольни въ 20 см. на осадку каменной кладки.

Полъ штольни укрѣплялся подъ подошвой свода черезъ каждые 4 м.

На каждомъ посту артель состояла изъ 4 бурильщиковъ и рабочаго, обезпеченныхъ поденною платою, а также преміями за успѣхъ въ ходѣ работъ и за сбереженіе взрывчатыхъ матеріаловъ.

Дѣйствіями артелей каждаго отдѣленія руководилъ десятникъ, отвѣтственный за правильность въ производствѣ работъ и за безопасность храненія матеріаловъ; учетъ послѣднихъ вписывался въ особую книгу.

Вообще говоря, въ верхней штольнѣ необходимо употреблять зарядъ меньше, чѣмъ въ нижней, ради уменьшенія опасныхъ сотрясеній грунта.

На погон. метръ нижней штольни оказалась средняя стоимость: 1) динамита и фитиля около 2,5 р., 2) деревянной опалубки около 3 р..

Возведение сводовъ слѣдовало за полною заготовкою верхней штольни; при чемъ, послѣдняя упреждала каменные работы лишь на 6 м., въ мѣстахъ пересѣченія неустойчивыхъ напластованій.

Пята сводовъ укладывались на толстыя доски.

Общая стоимость туннельнаго свода, съ выломкою боковыхъ частей верхней штольни и съ надлежащими укрѣпленіями, оказалась на пог. м. ок. 25 р.

На протяженіи участковъ съ слабымъ грунтомъ, вслѣдствіе появившихся трещинъ въ каменной кладкѣ сводовъ, послѣднія были подперты, черезъ каждые 50—100 м., желѣзными, таврового сѣченія въ 20 см. стропильными дугами; пята таковыхъ опиралась на двухъ буковыхъ клиньяхъ, сѣченіемъ 2×10 дюйм.

Опалубка подъ сводами состояла изъ квадратныхъ деревянныхъ брусковъ (10 см.).²

Въ наиболѣе опасныхъ мѣстахъ подъ своды подводились безотлагательно опорныя части туннеля.

Растворъ составлялся изъ 1 части цемента, 4 ч. извести и 10 ч. песку; при томъ, оказалось достаточнымъ 0,33 куб. м. раствора на 1,3 куб. м. камня.

Въ мокрыхъ грунтахъ верхняя поверхность свода покрыта листовымъ цинкомъ.

Вышая стоимость кладки свода, съ растворомъ, крѣпями и опалубкой оказалась ок. 40 руб. на пог. м.

Выломка грунта въ средней и въ боковыхъ частяхъ туннеля производилась участками въ 7—8 м. длиною, съ надлежащимъ подпоромъ сводовъ подкосами; послѣдніе упирались въ отдѣльныя бревна, связанныя продольными лежнями.

Независимо отъ сего, въ слабыхъ мѣстахъ подошвенныя части боковыхъ стѣнъ укрѣплялись бревенчатыми огражденіями.

Общая средняя стоимость сихъ работъ оказалась отъ 12 до 14 руб. на пог. м.

Каменная кладка боковыхъ стѣнъ туннеля толщиной 0,55 до 0,8 м. производилась подряднымъ же порядкомъ, вслѣдъ за освобожденіемъ прохода отъ мусора, — съ устройствомъ фундаментовъ, по бельгійской методѣ хода таковыхъ работъ, сообразно давленію отъ свода.

Послѣднее обстоятельство было главною заботою управленія работъ и подрядчиковъ.

Заложеніе фундаментовъ подъ стѣны туннеля, съ водоотливомъ и съ обратными арками, оказалось неизбѣжнымъ на протяженіи 700 м.

Средняя стоимость работъ и матеріаловъ по возведенію опорныхъ стѣнъ не превысила 40 р. на пог. метръ туннеля, таковая же стоимость обратныхъ арокъ (толщиною 0,5 м.) 16 р.

На время работъ по заготовкѣ котлована и по постройкѣ обратныхъ арокъ, стѣны расpirались расклиненными на концахъ бревнами, на которыхъ были расположены рабочіе пути.

Вода изъ котловановъ выкачивалась ручными насосами и отводилась по трубамъ изъ оцинкованныхъ желѣзныхъ листовъ.

Каменная водоотводная труба, сѣченіемъ (16 д.)², построенная по срединѣ туннельнаго пола, съ боковыми стѣнками въ 28" и съ верхними плитами въ 5" толщиною, стоила ок. 6 р. на погонный метръ.

Порталы туннеля отдѣланы такимъ же песчанникомъ, какой былъ доставленъ для внутреннихъ его стѣнъ, и отчасти краснымъ камнемъ, выломаннымъ при устройствѣ подземнаго прохода.

Толщина стѣнъ водосточнаго портала, прилежащаго къ неустойчивымъ напластованіямъ, отъ 2 до 3 м.

Примѣненная для взрывовъ смѣсь состояла изъ сѣрнистаго аммонія, хлористаго динитробензола и хлористаго динитронафталина.

Такое вещество вспыхиваетъ лишь при взрывѣ капсули съ граномъ гремучей ртути; необходима тщательная обсушка скважины, такъ какъ въ сыромъ состояніи смѣсь (робурировать) образуетъ большое количество дыма и вредныхъ газовъ.

До того робуритомъ, не рѣдко, замѣщался порохъ въ каменоломняхъ и при взрывѣ корчей.

Конторы, площади, мастерскія и мѣста работъ были освѣщены электрическими лампами, дуговыми въ 1500 свѣчей и накаливанія въ 16 дуговыхъ каждая.

Двѣ динамомашинны вырабатывали электрическіе токи силою въ 37¹/₂ ампера, которыми питались всѣ лампы, шести амперныя лампы накаливанія и 1¹/₂ амп. дуговья.

На мѣстахъ работъ употреблялись переносныя лампы, сообщавшіяся посредствомъ проволокъ толщиною въ 5 мм. съ главными проводниками.

Послѣдніе состояли изъ желѣзныхъ стержней, дл. въ 4 м. и толщ. отъ 30 до 20 мм., связанныхъ винтовыми зажимами и обернутыхъ осмоленнымъ холстомъ.

Общая стоимость на пог. метръ туннеля оказалась 250 руб.

Д. Туннели Ангадинской узко-колейной жел. дороги.

Вблизи Ангадина, въ возвышенной Иннской долинь, расположенъ г. Сень-Морицъ, къ которому ежегодно направляются путешественники, посѣщающіе Швейцарію.

Дорога, съ шириною пути въ 1 м., начинается отъ ст. Тузизъ, въ разстояніи 60 кил. отъ С. Морица, и пересѣкаетъ водораздѣлъ бассейновъ рр. Рейна и Дануба туннелемъ длиною въ 5866 кил., при наибольшемъ уклонѣ въ 0,035.

Нижеизложенныя свѣдѣнія опубликованы главнымъ инженеромъ вышеназванной дороги г. Геннингсомъ.

На отдѣленіи Тузизъ-Тифенкастель, по косогору р. Шина, длиною въ 12,5 кил., имѣется: 4106 м. выемокъ и 1300 м. виадуковъ (15⁰/о), въ которыхъ главные каменные арки отверстіемъ отъ 30 до 42 м.; линія проходитъ по сланцевымъ напластованіямъ, при максимальномъ уклонѣ въ 0,025; стоимость километра пути около 100 т. р.

На отдѣленіи Тифенкастель-Филизюръ, длиною въ 10,4 кил., имѣется туннель въ 217 м. и 34 м. виадуковъ, изъ которыхъ Ландвассерскій (длинною 100 м., изъ 5 равныхъ арокъ) построенъ на кривой радіуса 100 м. и на уклонѣ 0,020; линія проходитъ отчасти по сланцевымъ, отчасти же по тріасовымъ пластамъ, стоимость километра пути около 40 тыс. руб.

На третьемъ отдѣленіи Филизюръ-Бергюнъ, длиною въ 9,7 кил., имѣется 2 кил. туннелей и 300 м. виадуковъ, съ каменными арками отверстіемъ въ 25 м. каждая; наибольшіе уклоны на перегонахъ 0,035, въ туннеляхъ 0,030; стоимость километра пути ок. 90 тыс. руб.; станція Бергюнъ находится на высотѣ въ 5250 ф. надъ горизонтомъ моря и расположена на кривой.

На четвертомъ отдѣленіи, длиною въ 12,28 кил., имѣется 3000 м. винтообразныхъ туннелей, при закругленіяхъ рад. 146 и 120 м., а также пять каменныхъ мостовъ съ отверстіями въ 20 м.; линія проходитъ по лесовымъ и доломитовымъ пластамъ, защищена отъ обваловъ крытыми галлереями; стоимость кил. пути около 95 т. руб.

На пятомъ отдѣленіи имѣется туннель Альбюля длиною въ 5866 м., расположенный между станціями Преда и Спинасъ, съ наибольшимъ уклономъ въ 0,010, при высотѣ средней части въ 5978 ф. надъ горизонтомъ моря; возвышеніе свода надъ рельсами 5 м., при его отверстіи въ 4,5 м.; туннель пересѣкаетъ слюдяные и доломитовыя сланцы, гранитные массивы и на протяженіи 190 м. мелкую гранитную дресву съ валунами, пропитанную грунтовой влагою; стоимость метра туннеля около 500 руб.

На послѣднемъ отдѣленіи, длиною въ 11,4 кил., по косограмъ р. Инна, имѣется: два туннеля въ гнейсовыхъ напластованіяхъ, протяженіемъ въ 562 м., и наибольшій уклонъ въ 0,032; стоимость кил. пути ок. 38 т. руб.

Не безъ интереса упомянуть, что желѣзный полупараболическій, безъ стоекъ, мостъ черезъ Задній Рейнъ, возлѣ станціи Тузизъ, пролетомъ въ 82 м., сооруженъ на уклонѣ въ 0,025; вѣсъ желѣзныхъ его частей 292 тон., т. е. 3,56 тон. на метръ моста; испытаніе моста было произведено поѣздомъ въ составѣ изъ трехъ надлежаче сдѣленныхъ паровозовъ, вѣсомъ каждый въ 44,5 тон. и изъ пяти груженыхъ вагоновъ, вѣсомъ каждый въ 14,5 т.

По обѣ стороны средняго пролета сооружены каменные арки, отв. въ 15 м. каждая.

Вѣтвь въ 19,4 кил. длиною, отъ ст. Рейхенау разсматриваемой дороги до ст. Илянцъ, проходитъ по долинѣ Передняго Рейна; на ней имѣются: три металлическихъ моста съ прямыми фермами, общеою длиною 175 м., и малые туннели на протяженіи 787 м.; наибольшіе уклоны 0,010, при радіусахъ закругленій въ 120 м.; стоимость километра ок. 70 т. р.

На участкахъ дороги съ уклонами меньше 0,025 уложены стальные рельсы вѣсомъ 25 килогр. въ пог. м., на другихъ же участкахъ вѣсъ рельсовъ увеличенъ на 10⁰/о.

Путь въ туннеляхъ устроенъ на дубовыхъ шпалахъ, въ открытыхъ же мѣстахъ на желѣзныхъ поперечинахъ вѣсомъ; 37 кил. каждая.

Стоимость: 1) постройки разсматриваемой дороги 19 мил. фр., 2) оборудованія подвижнымъ составомъ 7 мил. фр.; въ суммѣ 26 мил. фр. на 81,55 кил.; т. е. въ среднемъ, почти 130 т. руб. на километръ пути.

Парижская подземная жел. дорога.

Отъ 1883 до 1898 года, было составлено и разсмотрѣно нѣсколько проектовъ Парижскаго Метрополитѣна, составленныхъ по образцу Лондонской подземной желѣзной дороги.

Въ 1898 г. былъ утвержденъ окончательный проектъ разсматриваемой дороги; причемъ, сѣтъ была признана путями мѣстнаго, соединенія же ея съ магистралями общаго значенія.

Было постановлено: 1) удержать нормальную ширину пути = 1,44 м. и — подвижного состава = (2,4 м.), 2) эксплуатировать линіи Метрополитѣна поѣздами длиною не больше 72 м., съ электрическою тягою, при скорости движенія до 30 кил. въ часъ и при тарифѣ 10 до 6 к., за проѣздъ отъ любого пункта сѣти до другого; также 3) исполнить работы въ 15 лѣтній срокъ, со дня опубликованія закона о данной обществу концессіи.

Ниже изложены краткія свѣдѣнія по отчету, опубликованному г. Гордферно, относительно сооруженныхъ частей общаго проекта сѣти дорогъ и соединеній ея съ магистралями.

Вѣсъ рельсовъ 52 килгр. въ пог. метрѣ; наименьшій радіусъ закругленій на перегонахъ 100 м., на станціяхъ 50 м., при наибольшихъ уклонахъ въ 0,040 и площадкахъ между обратными уклонами въ 50 м.

Средняя стоимость километра въ два пути ок. мил. руб.

Промежуточныя станціи, шириною 13,5 м. и длиною 75 м., расположены въ разстояніи другъ отъ друга отъ 350 до 950 м.; оконечныя же станціи вилообразны, съ соединеніемъ двухъ половинъ круговымъ путемъ, при радіусѣ въ 30 м.

Такое расположеніе станціонныхъ путей весьма выгодно для эксплуатаціи, устраняя потребность поворота поѣздовъ маневрами.

Узловыя станціи: Звѣзда, Ліонъ и Бастилія (на площади Трокадеро) обозначены на чертежахъ.

Вѣтвь къ воротамъ Наслѣдника проходитъ подъ путями ст. Звѣзды и обслуживается особою станціею, устроенной подъ Ваграмскою аллею.

Всѣ станціи, кромѣ Бастильской, сооружены подъ землею.

Подземныя станціи прикрыты каменными эллиптическими сводами или желѣзными строеніями, какъ показано на чертежахъ.

Относительно таковыхъ конструктивныхъ типовъ слѣдуетъ замѣтить нижеслѣдующее.

Внутренность туннеля оштукатурена на толщину 0,02 м. въ сводовой части известковымъ, въ нижней части цементнымъ растворомъ; вѣшняя сторона свода прикрывается эмалированными кирпичами.

Въ сводовыхъ опорахъ устроены ниши, вышиною 2 м., шириною 1,5 м. и глубиною 0,85 м., въ разстояніи 25 м. другъ отъ друга.

Сѣченіе прохода соотвѣтственно размѣрамъ наибольшаго подвижнаго состава магистральныхъ линій и измѣняется на закругленіяхъ, при рад. меньше 100 м., вслѣдствіе необходимости въ надлежащемъ боковомъ наклонѣ путей.

Стѣнки станціонныхъ тротуаровъ связываются со стѣнками, прилежащими къ нормальнымъ ходамъ туннеля, сводиками, прикрытыми эмалированными кирпичами.

Желѣзное прикрытіе туннеля примѣняется въ низкихъ мѣстахъ, гдѣ высота отъ горизонта грунтовыхъ водъ до поверхности грунта не достаточна для свода.

Поперечныя балки поддерживаются колоннами, промежутки же между продольными балочками заполняются кирпичными сводиками.

Поперечныя балки расположены въ разстояніи 5,41 м. другъ отъ друга и опираются на подферменники, вдѣланные въ каменную кладку туннельныхъ стѣнъ.

Подземными ходами пересѣчены напластованія плотнаго сухого глинистаго песку, мощностью 8 м., мергеля и грубаго известняка, расположенныя на скалистомъ пластвѣ.

Туннельныя работы въ таковыхъ напластованіяхъ производятся безъ особыхъ трудностей.

Въ окрестностяхъ улицы Риволи встрѣтился водоносный грунтъ, состоящій изъ известняковыхъ валуновъ, въ которомъ производство работъ оказалось весьма затруднительнымъ.

Переустройство водостоковъ, а также сооруженіе четырехъ галлерей къ берегу р. Сены, ради удобствъ въ вывозѣ изъ туннелей мусора и въ перемѣщеніи строительныхъ матеріаловъ, ввѣвало расходы въ суммѣ около 2 мил. р.

Работы исполнялись частью съ устройствомъ обыкновенныхъ крѣпей и опалубки, частью же — съ употребленіемъ, для поддержанія земли и каменной кладки, желѣзныхъ дугообразно окованныхъ щитовъ.

Таковые щиты были примѣнены, впервые, Бруннелемъ (въ 1825 г.), при сооруженіи туннеля подъ р. Темзою.

Вообще говоря, при типѣ сѣченія за № 1, первоначально выводилась сводовая часть туннеля, потомъ—стѣны и забудка, наконецъ—половая арка; при типѣ за № 2 и на протяженіи всѣхъ станцій строились первоначально стѣны, потомъ потолокъ и полъ.

Въ каменную кладку и для штукатурки нижнихъ частей былъ допущенъ медленно твердѣющій растворъ; верхнія же открытыя поверхности туннеля были оштукатурены бѣлымъ быстро твердѣющимъ растворомъ.

Конструкція пути нормальная съ деревянными шпалами, пропитанными креозотомъ.

Станціонныя платформы обдѣланы бѣлыми квадратными плитками.

Подземные проходы освѣщались во все время работъ электричествомъ, что сохранилось и при эксплуатаціи дорогъ.

Перемѣщеніе грузовъ при постройкѣ производилось частью электрическими двигателями, частью же лошадьми; теперь же пользуются только первыми для потребностей движенія.

Станціонныя отъ улицъ входныя и выходныя желѣзныя легкаго типа лѣстницы ведутъ въ пассажирскіе залы и устроены параллельно платформамъ, соединяясь между собою металлическими переходами, возвышающимися надъ путями.

Таковыя лѣстницы обозначены изображеніями руки, нарисованными на ограждающихъ стѣнахъ и освѣщенными повечерамъ.

Между путями уложены на шпалахъ двухголовчатые стальные рельсы, вѣсомъ 38,75 к. гр. въ пог. м., изолированные посредствомъ подушечекъ системы Блекуэлла („Гекла“).

Путевые рельсы соединены между собой мѣдными стержнями діам. 15 мм. и служатъ обратными проводниками электрическихъ токовъ.

Электрическая энергія доставляется заводомъ, дающимъ 600 вольтъ, при постоянномъ, и 5000 вольтъ, при переменномъ трехфазномъ дѣйствіи токовъ съ 25 періодами; все ея количество концентрируется на двухъ станціяхъ, питающихъ двѣ группы путей.

На заводѣ имѣется пять группъ электровозбудителей, каждая силою въ 1500 КВ; одна изъ группъ производитъ постоянные, четыре же трехфазные токи.

Уравнительный столбъ обслуживается батареею аккумуляторовъ типа Тюдоръ въ 1500 амперъ-часовъ.

Каждая группа электровозбудителей приводится въ движеніе вертикальною машиною (компаундъ) съ 2 цилиндрами, силою въ

2600 лошадей, съ поверхностью нагрѣва въ 244 кв. м., при 18 по лукруглыхъ трубкахъ.

Мѣдные кабели, проводники электрической энергіи, помѣщены въ особой галлерей, соединяющей заводъ съ туннелемъ.

Положительный полюсъ связанъ съ электропроводными, отрицательный же съ путевыми рельсами.

Кабели, проводники трехфазныхъ токовъ, расположены у пола туннеля съ правой стороны.

Требуется для эксплуатаціоннаго движенія сила около 3000 КВ; слѣдовательно, одновременное дѣйствіе двухъ группъ электровозбудителей вполне достаточно.

Возлѣ электрическаго завода построено 4-хъ этажное зданіе; въ подвальномъ его этажѣ содержатся батареи аккумуляторовъ, въ первомъ — склады запасныхъ матеріаловъ и мастерскія, во второмъ — контора, въ третьемъ и четвертомъ этажахъ — квартиры заводскихъ служащихъ.

Управление дороги и мастерскія для ремонта подвижного состава находятся на Шаронской станціи.

Въ настоящихъ условіяхъ эксплуатаціи путей Метрополитена оказалось достаточнымъ снабдить дорогу 46 самокатами и 145 обыкновенными вагонами.

Первые снабжены двумя двигателями Вестингаузена, силою каждый въ 100 лошадей, при скорости въ 450 оборотовъ, и могутъ приводить въ движеніе 4 обыкновенныхъ вагона.

Въ каждомъ вагонѣ имѣются ручной и электрической тормазы; полагается дѣйствовать послѣднимъ въ исключительныхъ лишь случаяхъ.

Приводимый въ движеніе кондукторомъ указатель обозначаетъ станцію, къ которой направленъ поѣздъ, чѣмъ сокращается продолжительность его остановокъ.

Вагоны освѣщаются и отопляются электрическою же энергіею.

Станціи, заводъ и мастерскія соединены телефонною сѣтью, удовлетворяющею условіямъ: два любыхъ поста могутъ сообщаться непосредственно между собою, не безпокая промежуточныхъ; въ случаѣ надобности, каждый постъ можетъ связать себя съ линіею, хотя она занята, и сообщается съ нѣсколькими или со всѣми прочими одновременно.

Движеніе на сѣти дорогъ производится по блокировочной автоматической системѣ Галля, допускающей уменьшеніе до 2 м. промежутка времени между отправленіями двухъ слѣдующихъ другъ за другомъ поѣздовъ.

Поѣздъ на перегонѣ между станціями огражденъ всегда двумя закрытыми сигналами, перемищающимися одновременно

и однохарактерно отъ давленія колесныхъ ребордъ на рычагъ, сцѣпленный съ однимъ изъ сигналовъ.

Въ виду значительнаго распространенія таковой системы на жел.-дорожныхъ линіяхъ присовокупляется краткое замѣчаніе относительно ея устройства.

Сигнальный ящикъ съ двумя стеклами, бѣлымъ и зеленымъ, снабженъ 4 лампами накаливанія въ 110 вольтъ, питаемыми тракціонною силою въ 550 вольтъ.

Въ ящикѣ имѣется электромагнитъ, дѣйствующій на рычагъ съ аллюминіевымъ кругомъ на его концѣ; послѣднимъ закрывается одно изъ стеколъ, при надлежащемъ колебаніи рычага. Ящики и лампы образуютъ, соотвѣтственно, два гальваническихъ круга, въ которые включенъ аппаратъ съ путевымъ рычагомъ.

Послѣдній подъ давленіемъ вагоннаго колеса замыкаетъ цѣпи проводовъ, что и выражается надлежащимъ перемѣщеніемъ путевыхъ сигналовъ.

Расходы по сооруженію 13,98 кил. путей распредѣляются по разсчету:

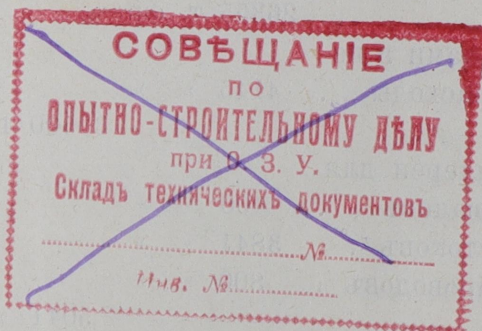
1) Сооруженіе главныхъ ли- ній	26355 т. фр.	
Надзоръ за работами и не- предвидѣнные расходы . .	4145 » »	
		30500 т. фр.
2) Сооруженіе галлерей для перевозки матеріаловъ . .	400 » »	
Отведеніе водостоковъ . .	3841 » »	
Отведеніе всдопроводовъ .	800 » »	
		5041 » »
3) Общіе расходы по органи- заціи дѣла	500 » »	
Содержаніе управленія . .	900 » »	
		1400 » »
Итого	36941 т. фр.	

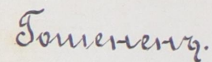
Въ среднемъ строительная стоимость километра сѣти до-
рогъ около 750 т. руб., съ оборудованіемъ же ея подвижнымъ
составомъ и прочими принадлежностями—ок. мил. руб.

Изъ многочисленныхъ сочиненій о туннельныхъ работахъ
принимались во вниманіе:

- 1) Covino „Guide au tunnel du Mont-Blanc“. 1879. Turin.
- 2) Berard „Le Mont-Blanc et le Simplon“. 1889. Turin.

- 3) Huber et Lommel „Le chemin de fer alpin par le Simplon“. 1889. Paris.
- 4) Villevert „Le Saint-Gothard“. 1889. Paris.
- 5) Haupt „Die Stollenanlagen“. 1894. Berlin.
- 6) Lorenz „Tunnelbau mit Bohrmaschinenbetrieb“. 1897. Wien.
- 7) Fauck „Fortschritte in der Erdbohrtechnik“. 1896.
- 8) Könyves-Toth „Vergleichende Studie über die bedeutenden Tunnelbauten“. Zürich. 1890.
- 9) Gröger „Die Statik der Tunnelgewölbe“. Prag. 1891.
- 10) Hellwag „Die Gotthardbahn“. 1892. Basel.
- 11) Forchheimer „Englische Tunnelbauten“. 1894. Aachen.
- 12) Drinker „Tunneling“. New-York. 1898.
- 13) Статьи Журнала министерства путей сообщения за послѣдніе 20 лѣтъ.
- 14) „Der Bau des Milseburg-Tunnel“ F. Oberschulte-Berlin 1900
- 15) Revue générale des chemins de fer“ 1898—1902.

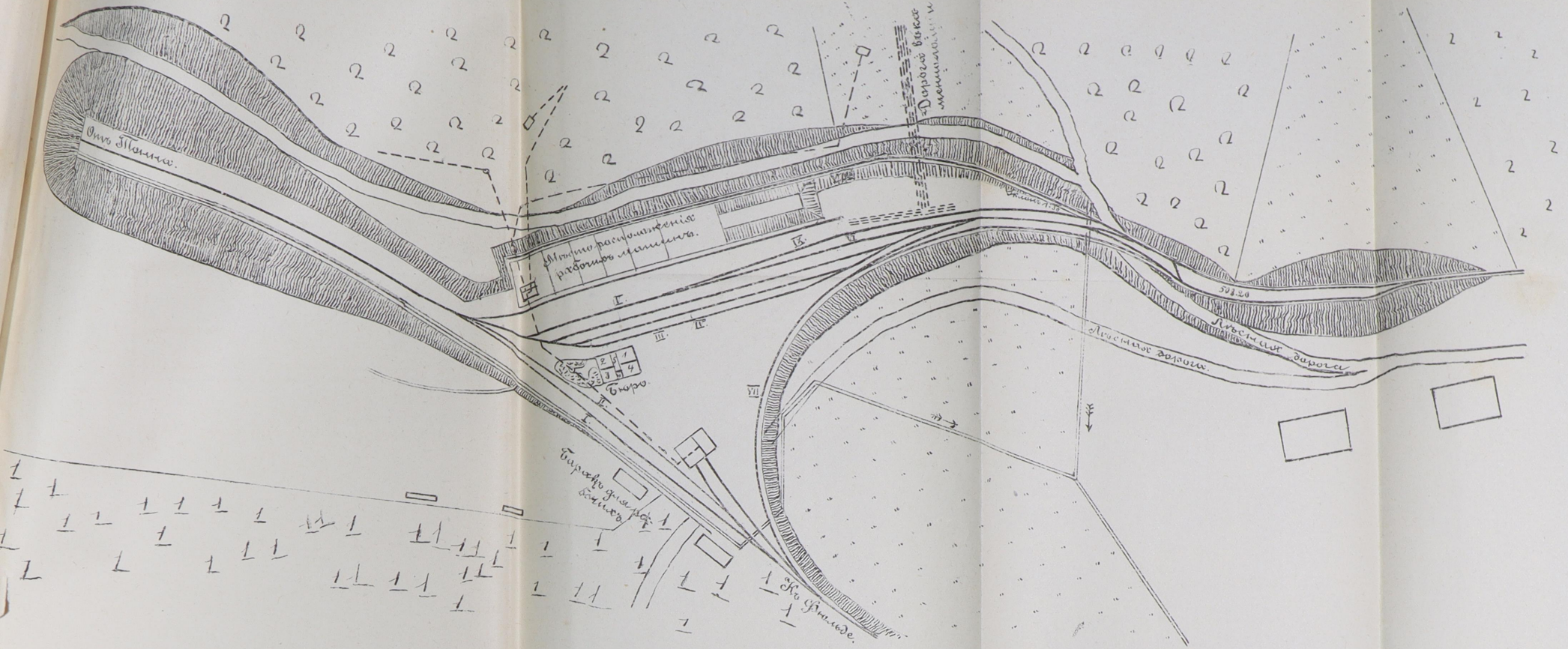




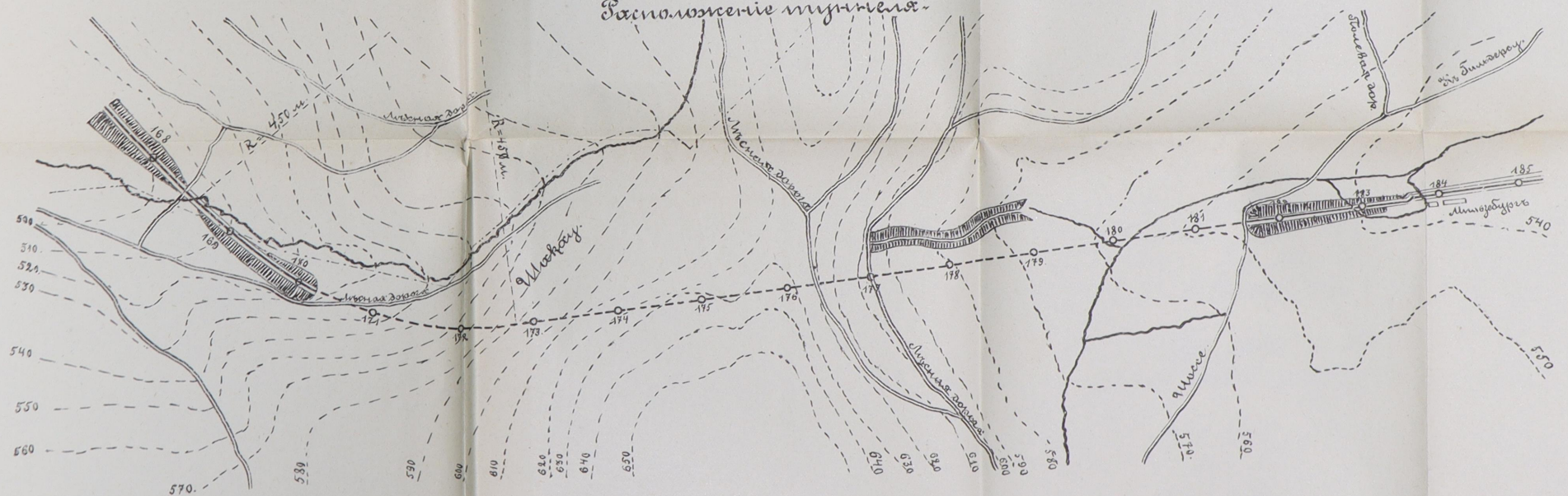
Широк.

Пояснения: А - туннель, В - средняя температура почвы на поверхности, в - средняя температура воздуха на поверхности.

М.м. 19. II. II.
Планы местности



М.м. 19. II. II.
Планы местности

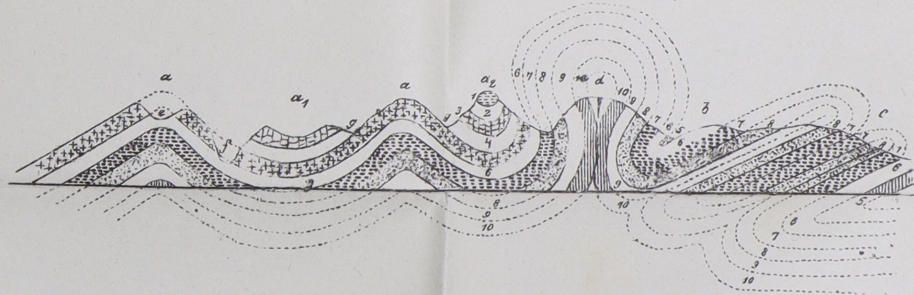


№ 2-I.
Тектоническая карта Европейской России
А. П. Карпинского



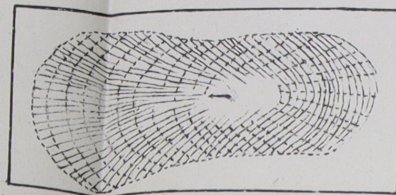
Пояснения: — — — — — разрывной бассейн.
+ + + + + палеогеновый бассейн.

№ 2-I.
Идеальный профиль складчатого горного массива



Цифрами 1, 2, 3... 10 — обозначены соответственные пласты, претерпевшие складчатость. а, а₁ — стоячее или прямое седло — антиклиналь. а, а₂ — прямые мульд — синклиналь. б — косая мульда. с — косое или лежащее седло — изоклиналь. д — зеркалообразная складка с воздушным седлом. е — антиклинальная долина. г, г₁ — изоклинальная долина. а — антиклинальный гребень. а₁ — синклинальная долина. а₂ — синклинальный гребень.

№ 4-I.
Распределение сил в тектонической массе движущейся по направлению стратификации.



Пунктирные линии представляют кривые максимума и минимума напряжения, а сплошные линии — кривые максимума давления.

Масштабы планов:

Гориз. продольн. поперечн. в 4 раза меньше

Общий № 8

0 1 2 3 4 5 6 7 8 км.

0 1 2 3 4 5 10 15 км.

Масштабы продольн. профилей:

горизонт. поперечн. № 2 и 4

0 1 2 3 4 5 6 7 8 км.

вертикальные № 2 и 4

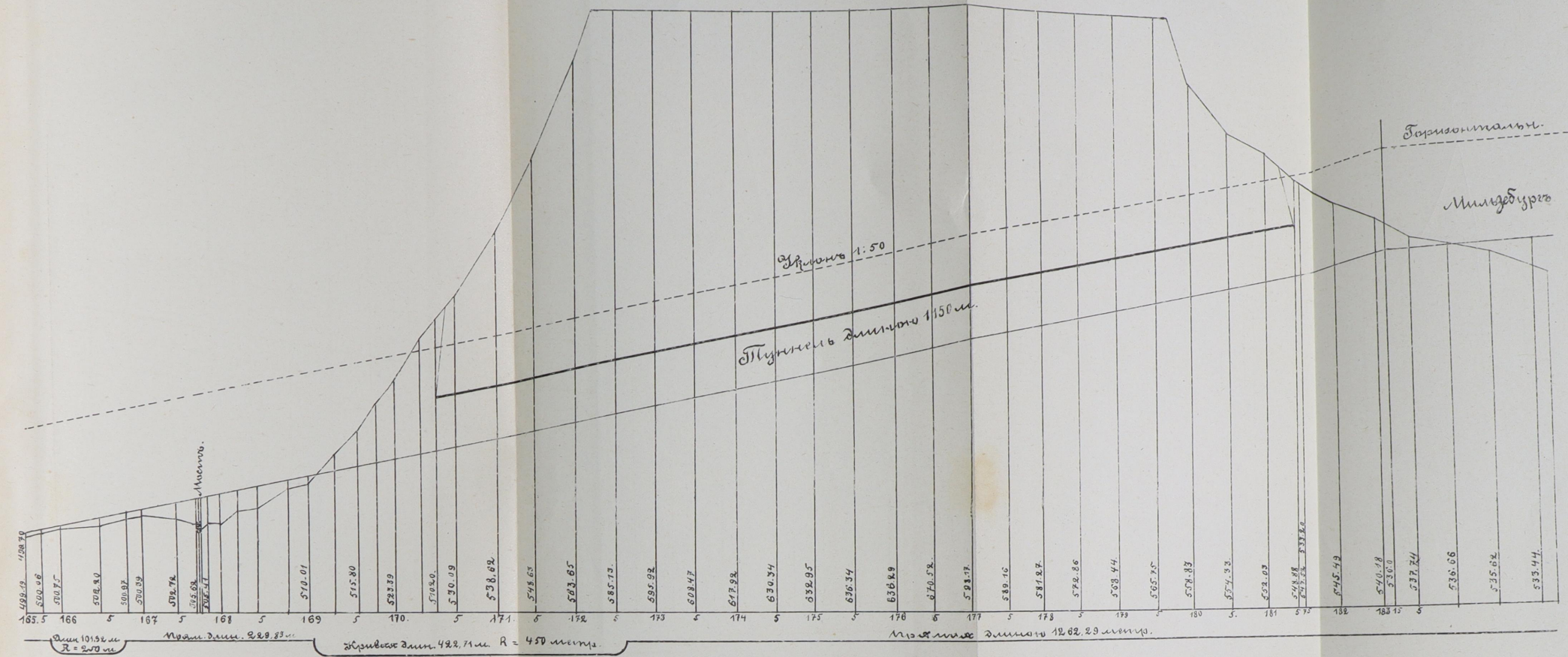
0 500 1000 1500 2000 2500 3000 метр.

№ 5

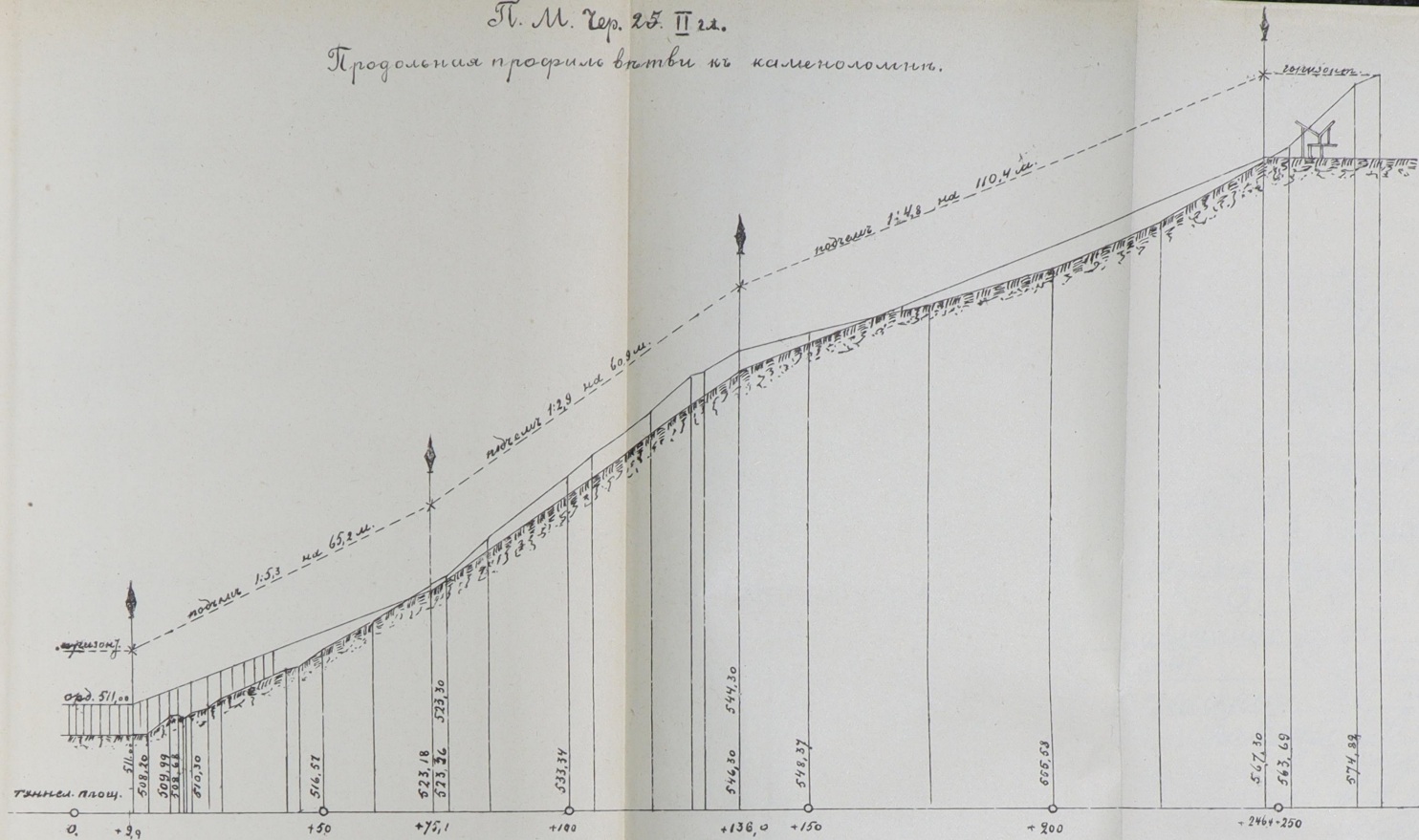
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 км.

0 100 200 300 400 метр.

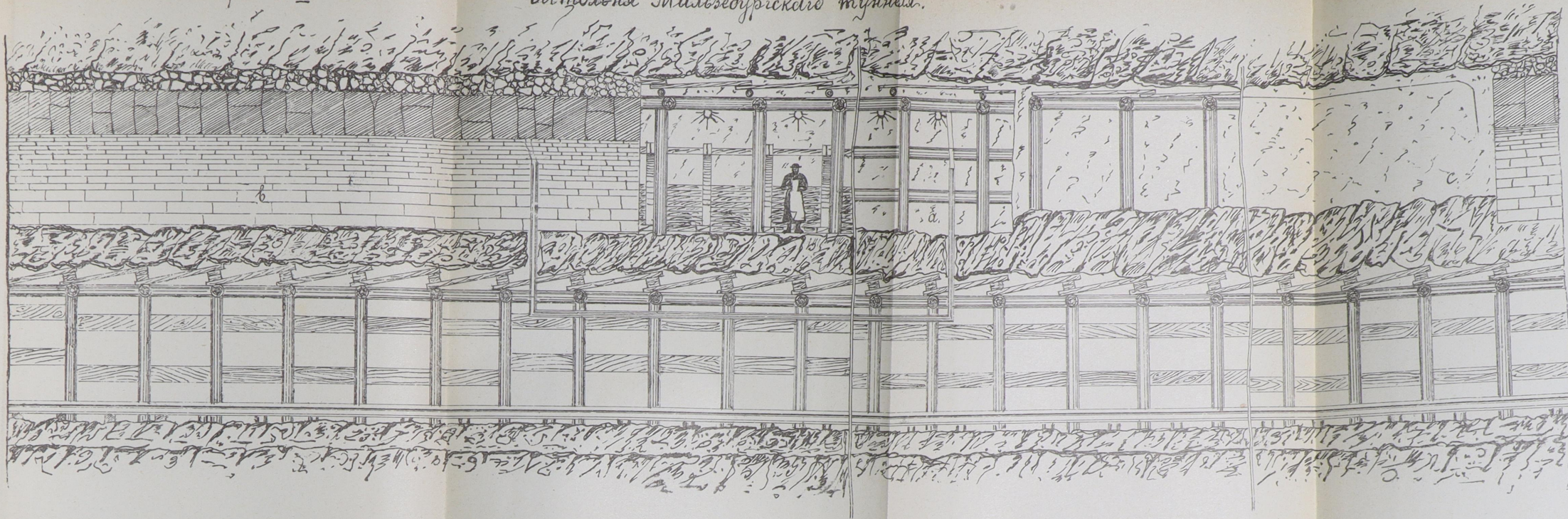
М.т. Черт. 17. II в.
Продольный профиль туннеля.



П. М. Чер. 25. II 22.
Продоления профиля ватви кь каменоломни.



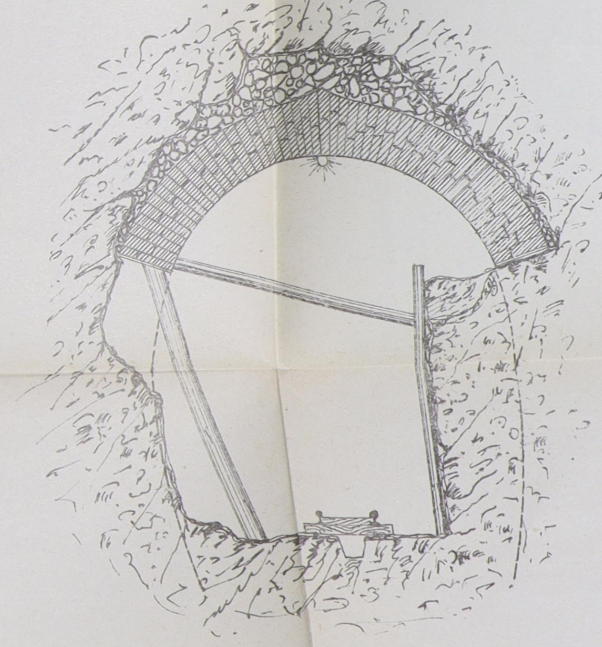
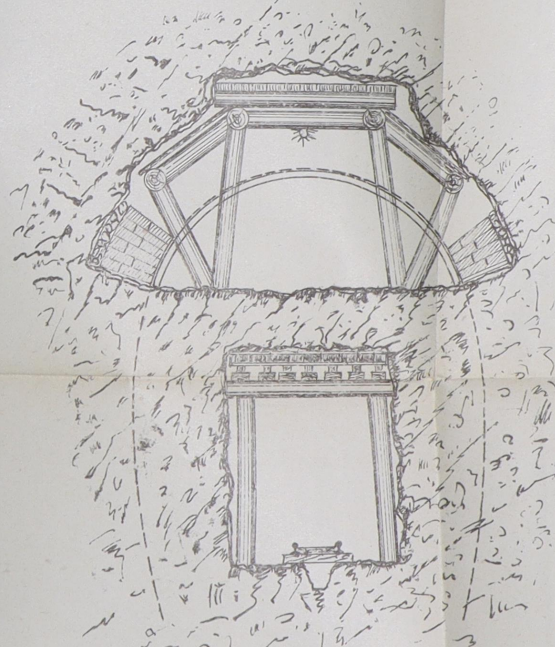
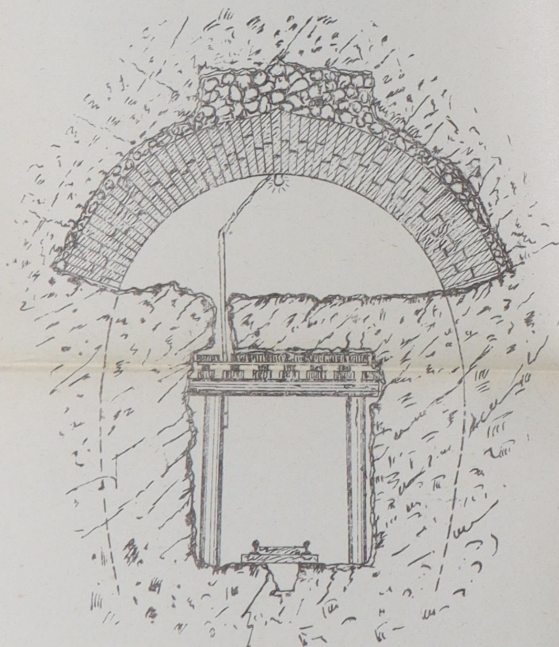
Вариант для изготовления растворов



М.т.перт б.

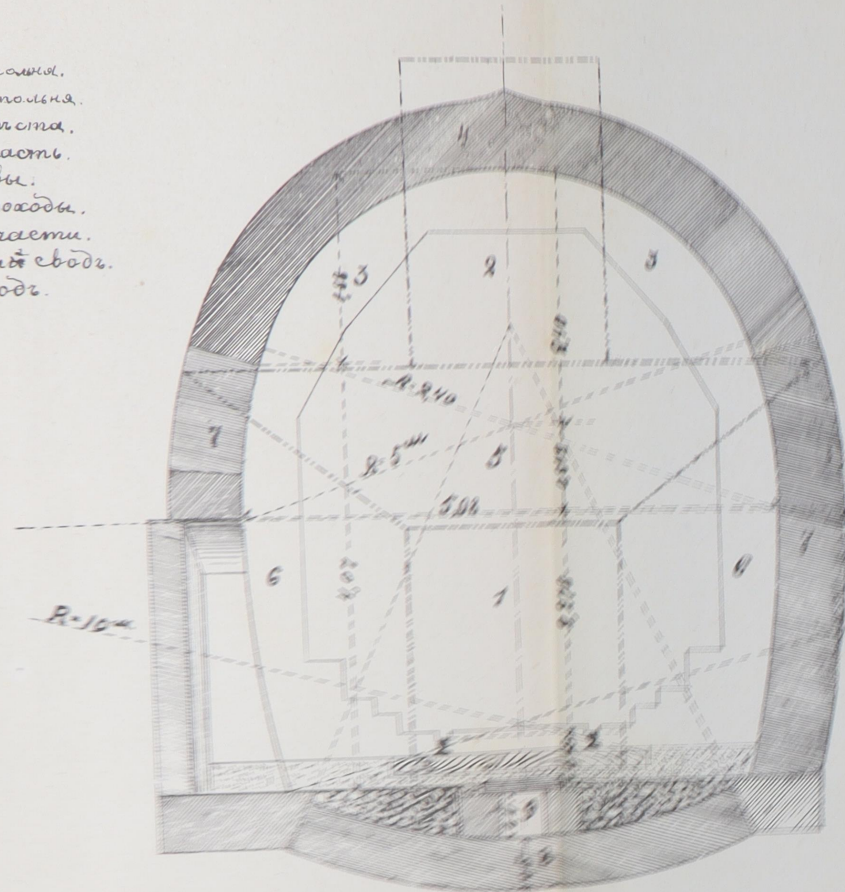
М.т.перт а.

М.т.перт в.

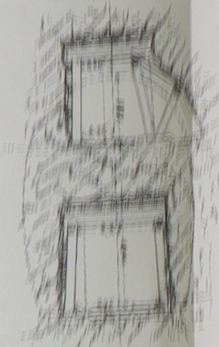


Поперечный разрез Митавского туннеля
с указанием порядка работ.

1. нижняя оплывня.
2. верхняя оплывня.
3. водная масса.
4. лютевая гашь.
5. средняя гашь.
6. боковые проходы.
7. опорные гашь.
8. обратный свод.
9. водоотвод.



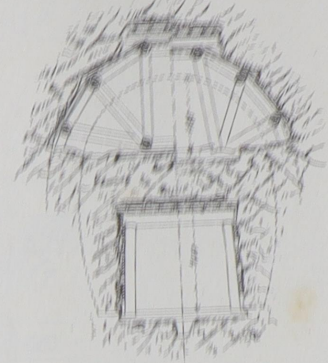
№1. Разрез туннеля
в верхней части.



№2. Разрез туннеля
в нижней части.



№3. Разрез туннеля
при установке приямков в боковых проходах.

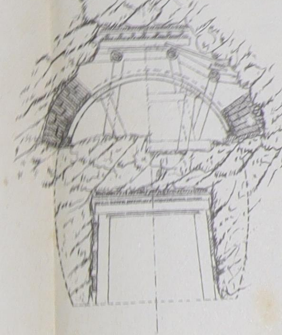


№7. Правая сторона.

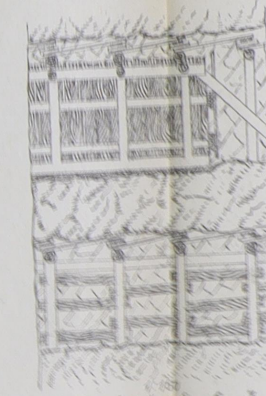


М. п. Сер. 21- II в.

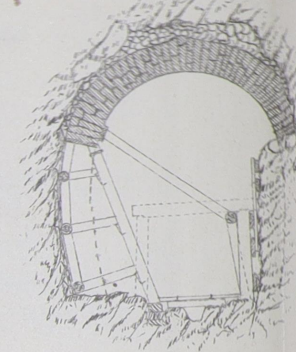
№3. Внутренняя часть дна.
в туннеле, при установке.



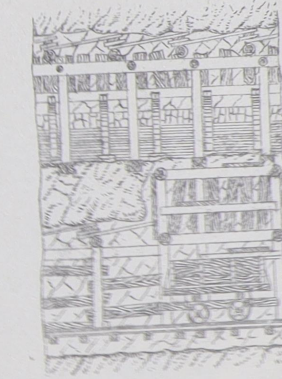
№8. Левая сторона.



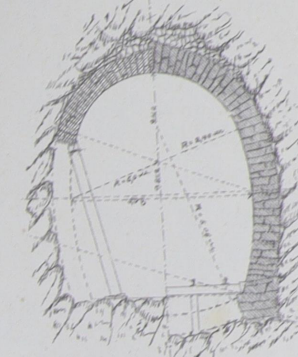
№4. Разрез туннеля
при установке дна.



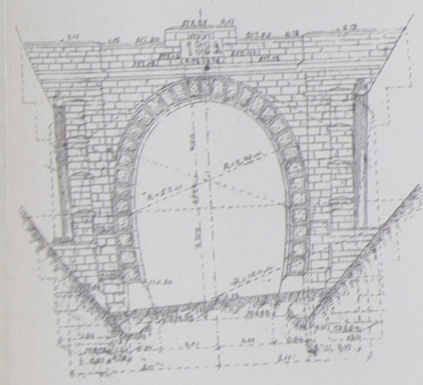
№9. Правая сторона в разрезе
оплывни №2-3.



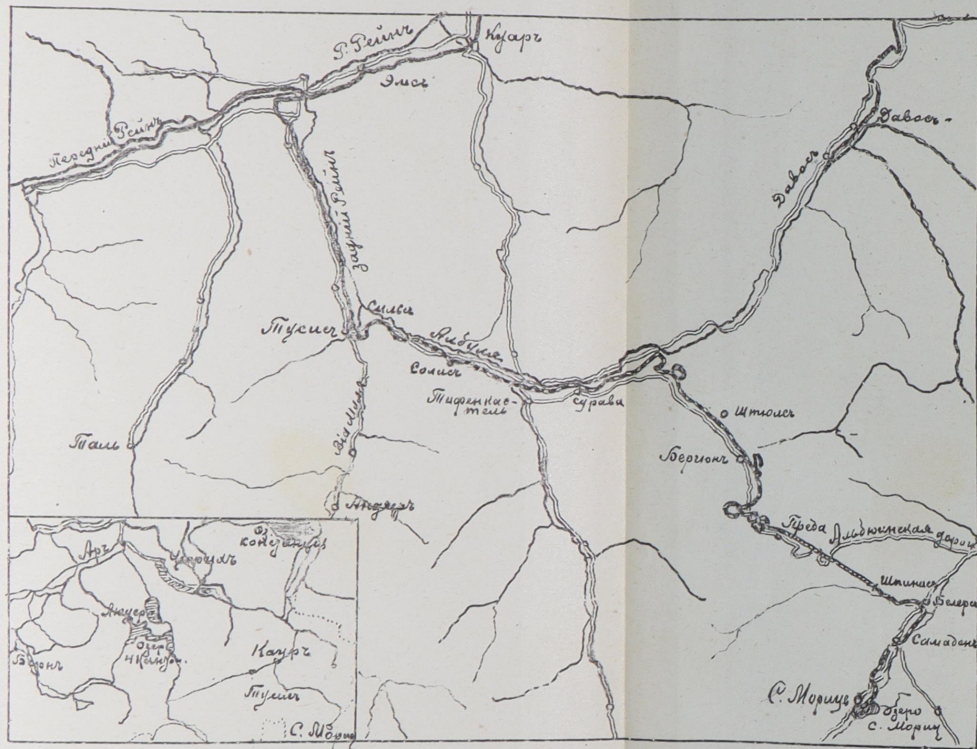
№5. Разрез туннеля
внутренней части.



№10. Фасад туннеля.



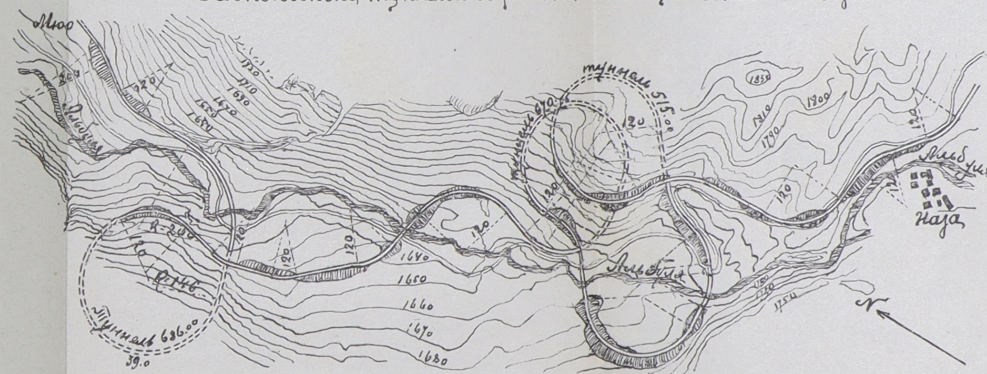
А. м. д. 2ер. 11. Л. II



Расположеніе туннелей въ районѣ станціи Бергюль.

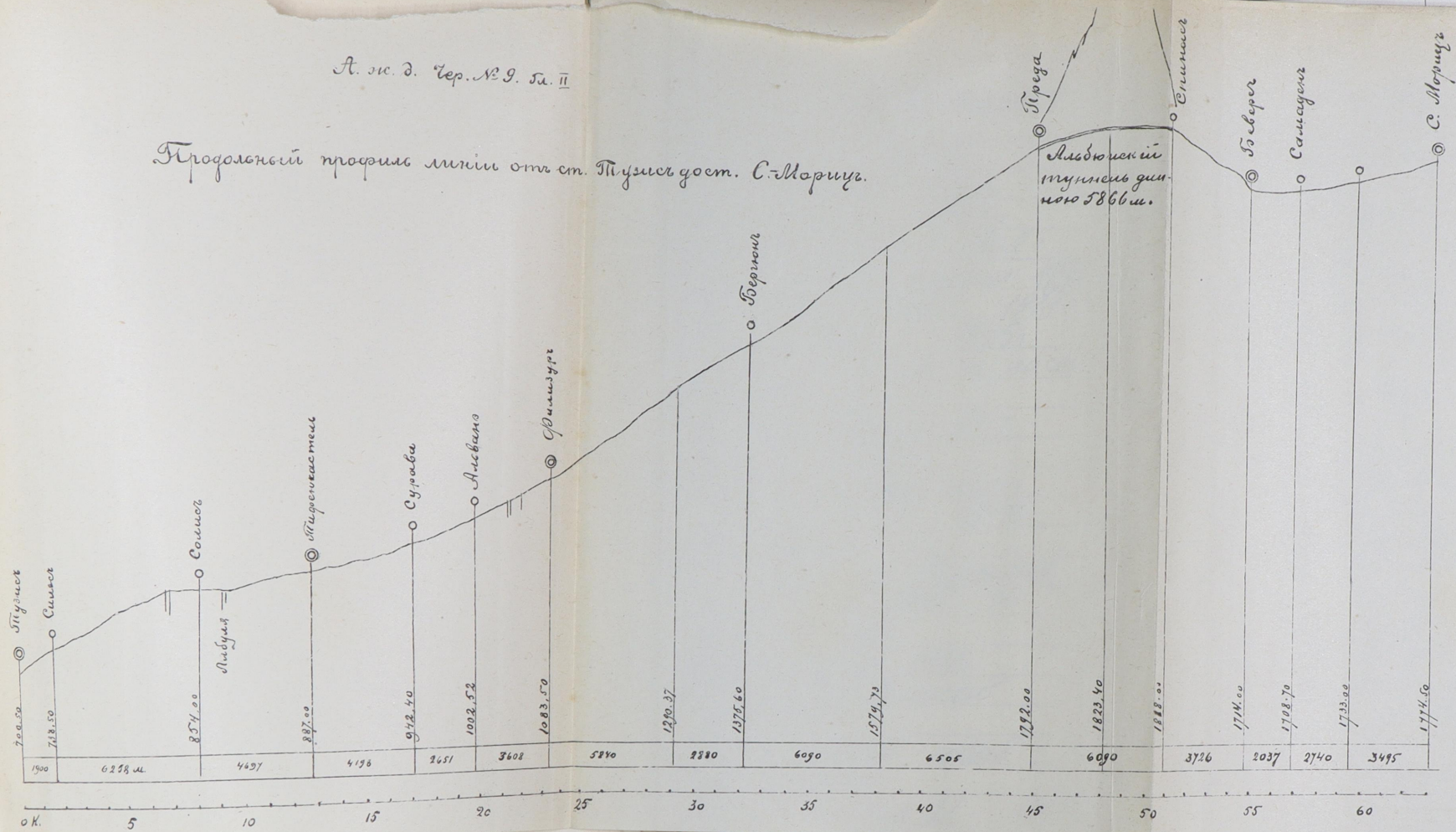


Расположение туннелей въ районѣ станцій Мюо и Наза.



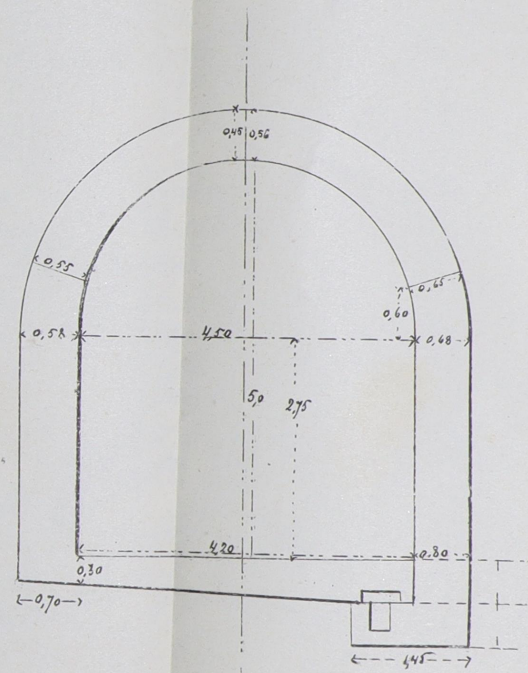
Л. м. д. Чер. № 9. Та. II

Продольный профиль линии от ст. Пущинской до ст. С.-Мариуг.



Л. м. д. Чер. № 10. Та. II

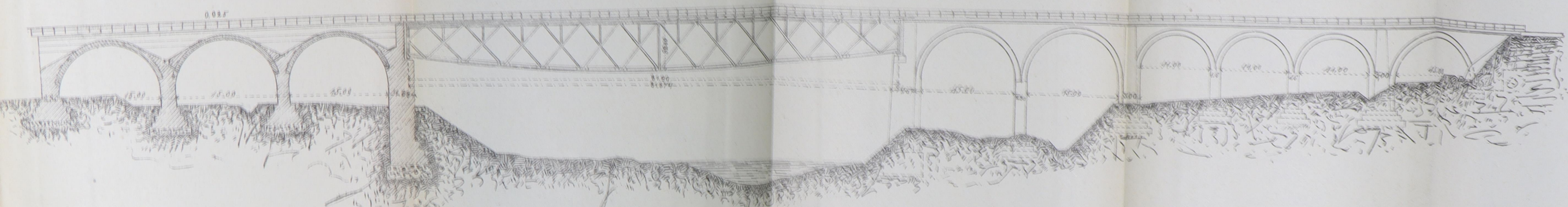
Нормальное поперечное сечение туннеля



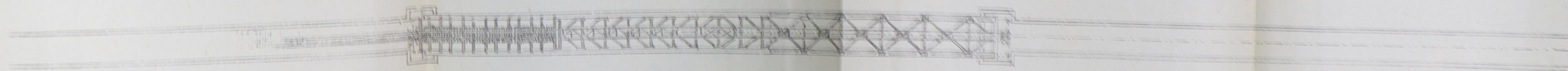
А. от д. № 14 - II. ан.
 Видухо на Ангадинской железной дороге.

Продольный вид.

Продольный разрез.



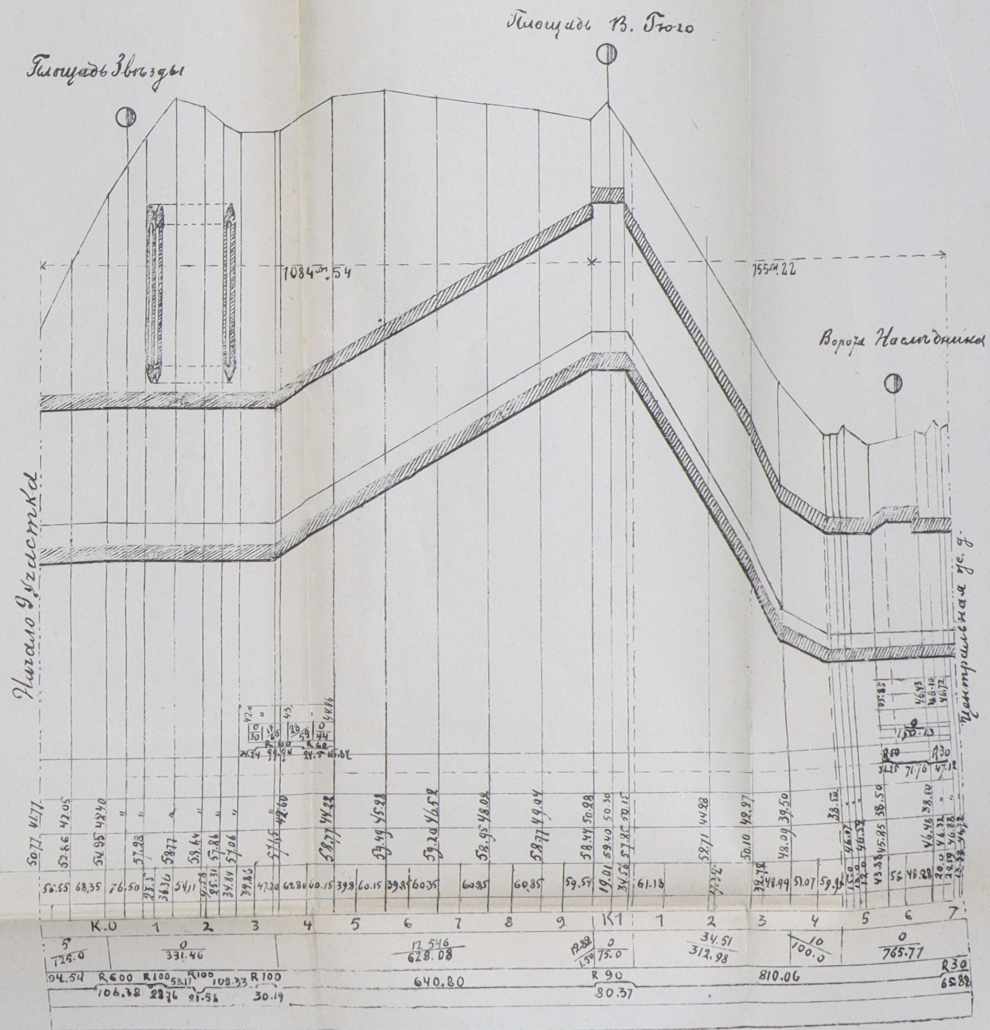
А. от д. № 15 - II. ан.
 План Видухо.



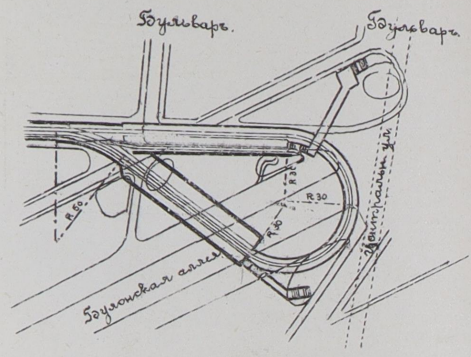
План железнодорожных дорог в Париже.



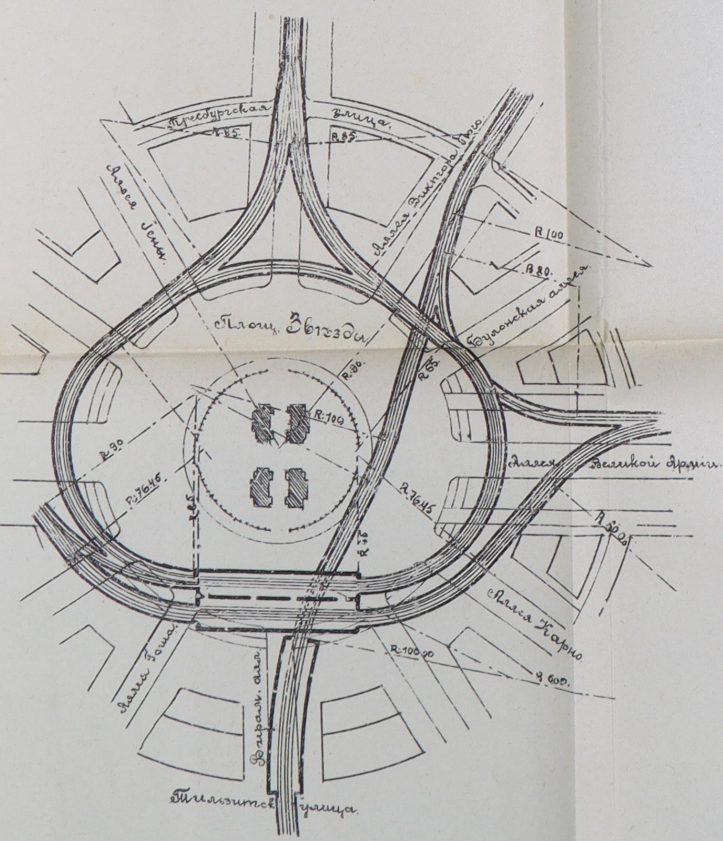
ст. Звезды



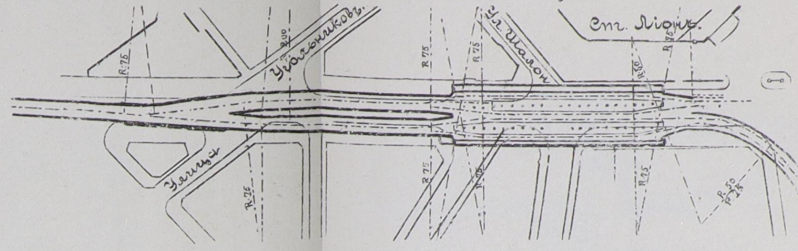
П. М. Бульонная станция.
№27-III.



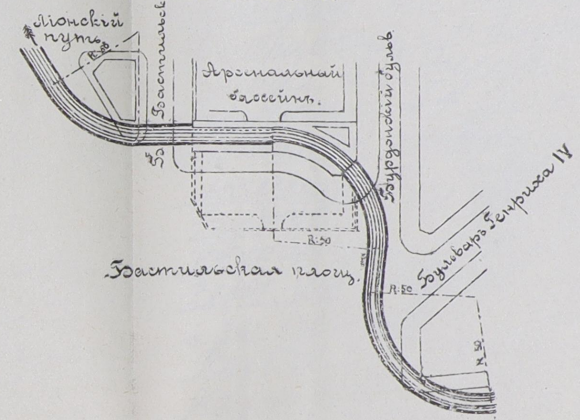
№28-III.
П. М. Станция Звезда.
Пл. оу. П. рокадеро.



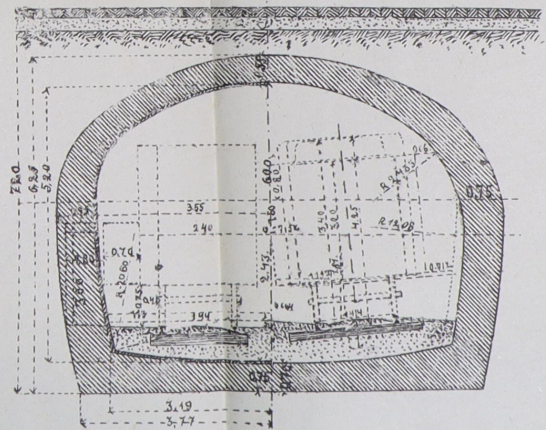
№29-III.
П. М. Ливонская станция.



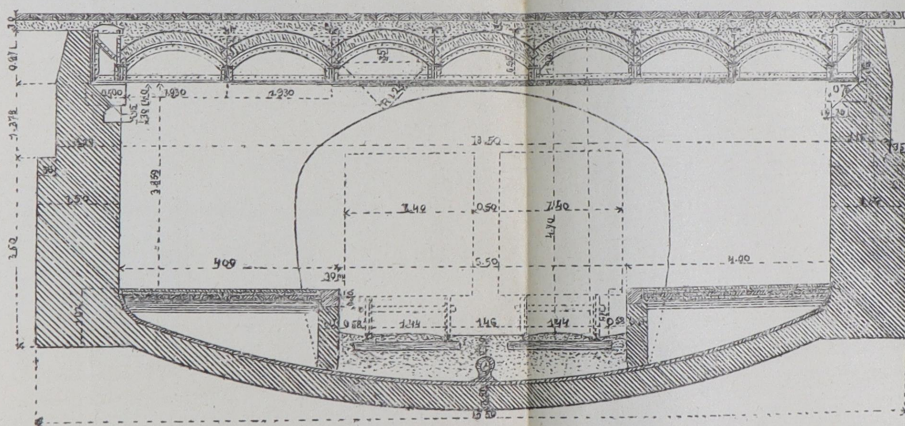
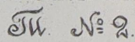
№30-III.
П. М. Ст. Багратионская.



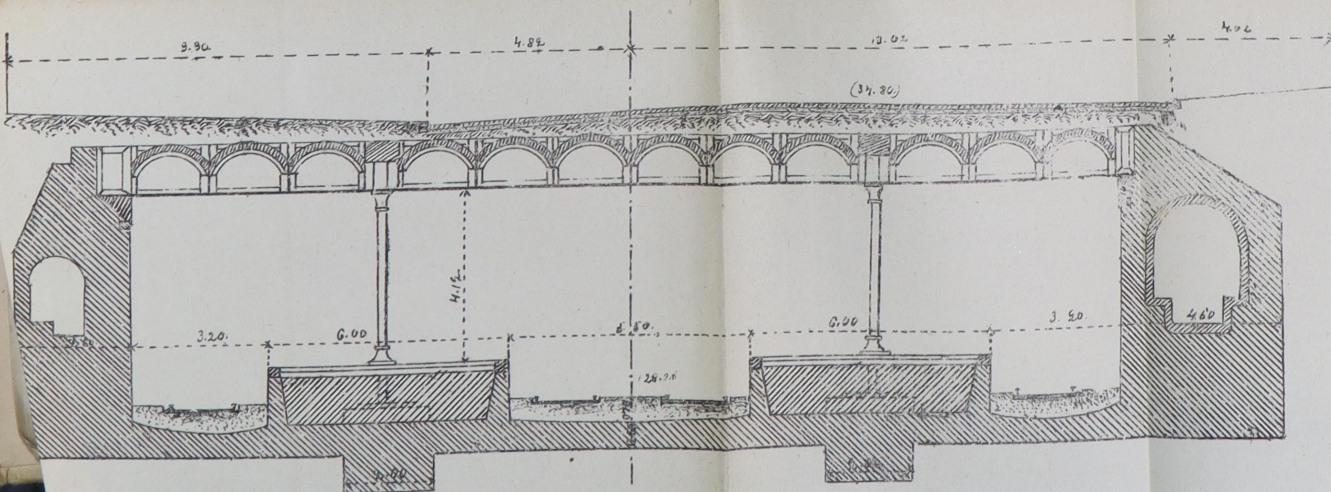
№31-III.
П. М. Станция каменного свода на правой.
Ст. круглой R. 50m.



Т. М. Статуионное расщепление Тл. № 1.

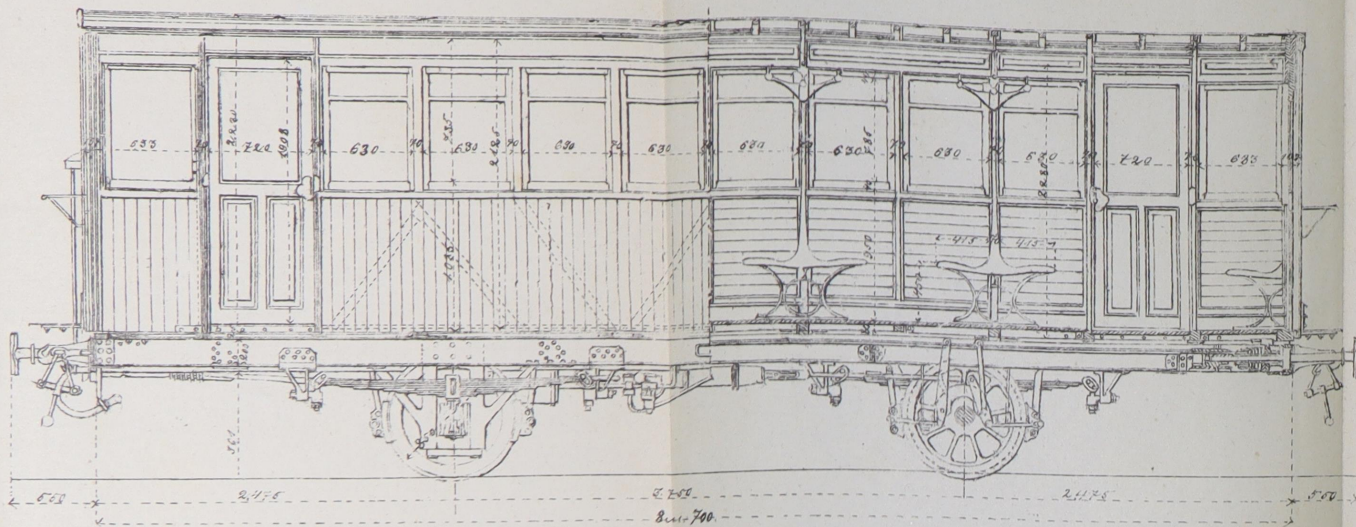


П. М. Височная станция.

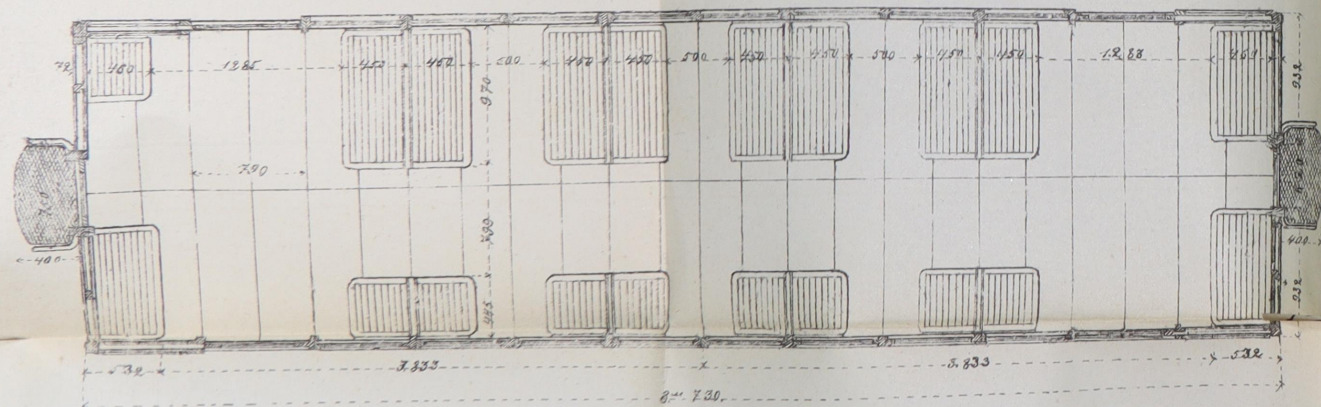


Вагоны Парижского Метрополитена.

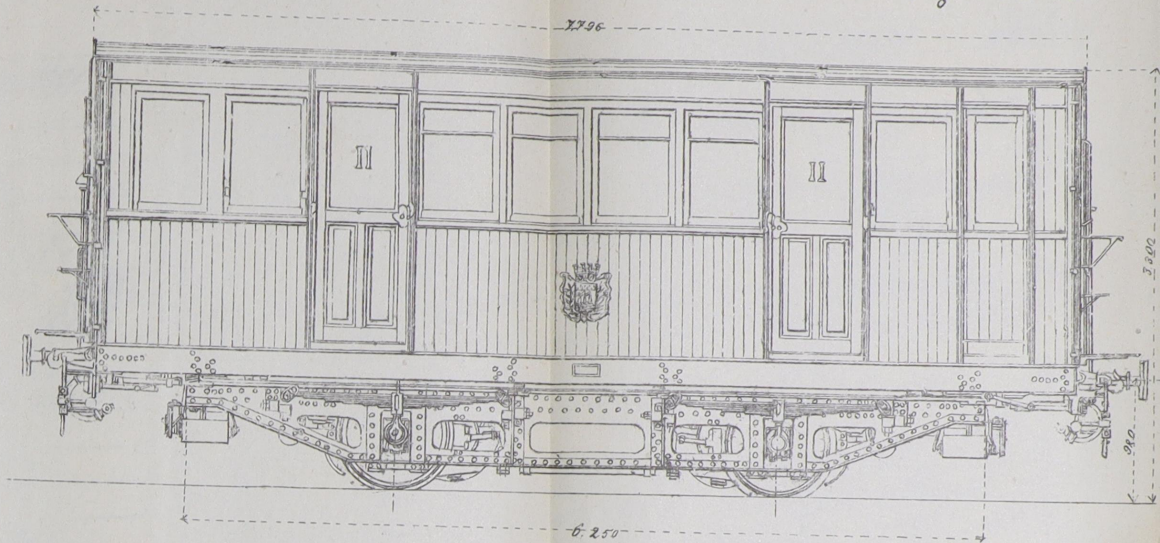
Продольный вид пассажирского вагона.



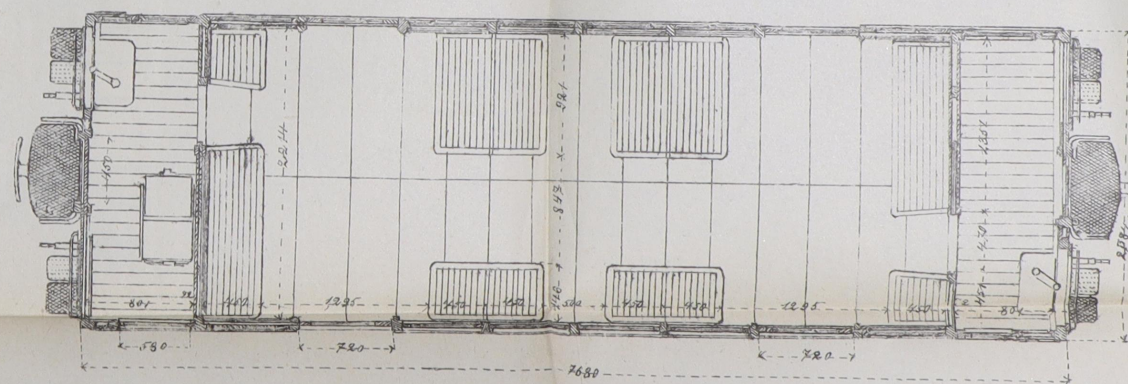
П. М. Черн. № 35 - Изв.
Правд.



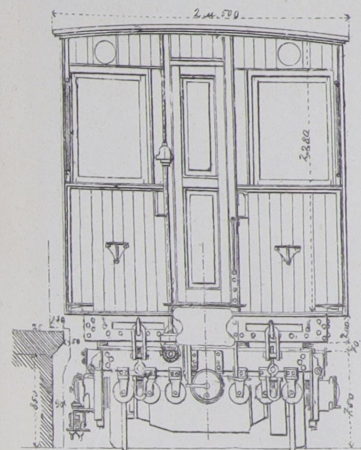
Самодвижущийся вагонъ съ пассажирскими помпашечниками.



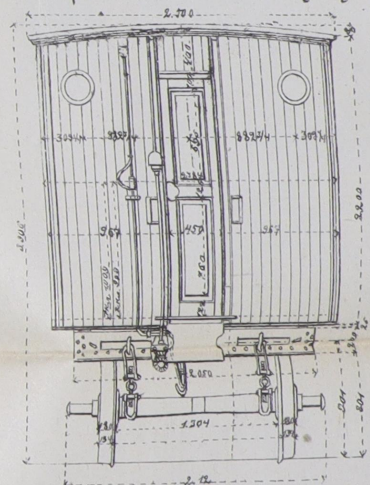
П. М. Черн. № 37 - 2 II.
Турано.



П. М. Черн. №38-Пг.
Видо со крива.



П. М. Черт. № 39-Пм.
Видо
с противоположного конца.



Железнодорожные туннельные сооружения.

План и продольная трассировка местности по направлению
монтажа - сенинского туннеля.

$$N^{\circ} 1 = \overline{\text{II}}.$$

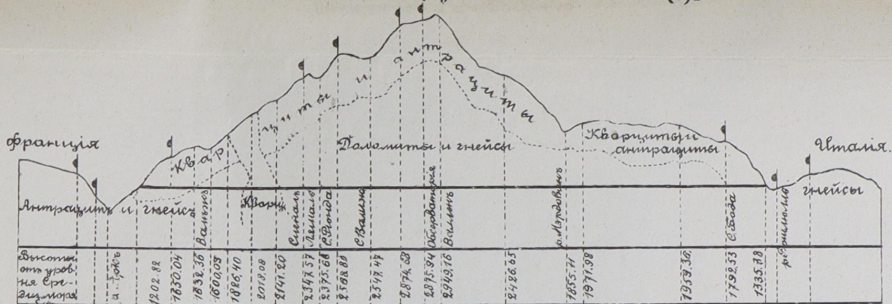
Планъ

съ обозначеніемъ грунтовъ.



№ 2-II.






Продольная просилъ
съ обозначеніемъ грунтовъ и сигналовъ (1):



Обозначенія:

на планув:

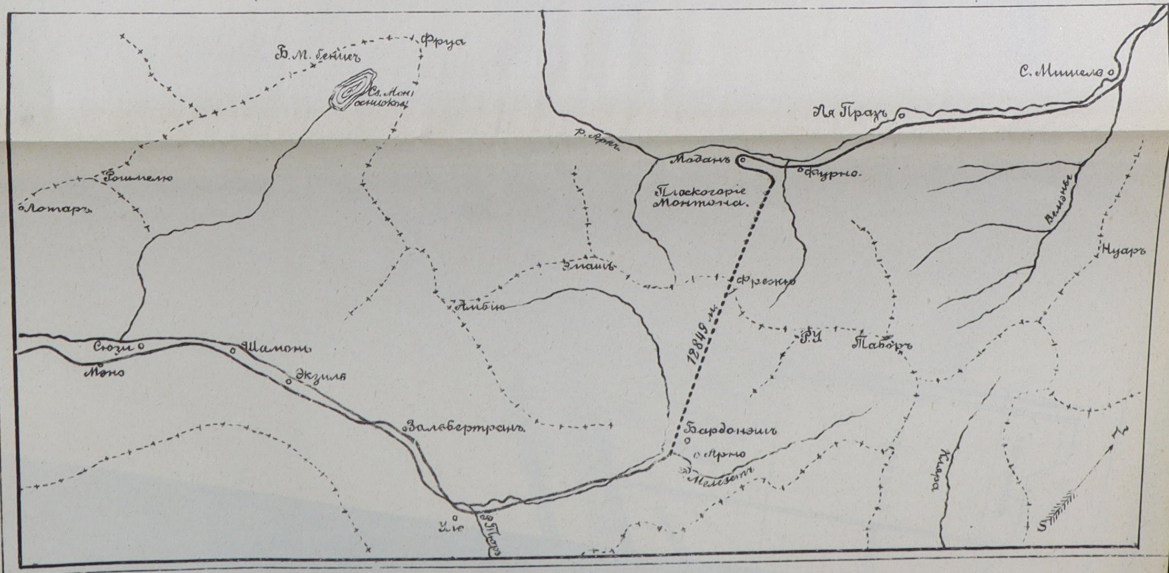
на просиляхъ:

	туннель.
	железнодорожная
	хребетъ горъ.
	ручка.
	камен. сигналъ

_____ туннель,
_____ полотно жел.дор.
----- границы тра.узлу.
● ----- сигналы,
● ----- железнодорож.станций.

№ 3.-II.

Планъ мѣстности по направленію монтъ-сенискаго туннеля и подходовъ къ нему ж. дорожныхъ мѣстъ.



№ 7-П.

Планъ расположенія Лондонскихъ подземныхъ желѣзныхъ дорогъ.

