

Г. Тиссандье.

ЭЙФЕЛЕВА БАШНЯ.

(LA TOUR EIFFEL).

ПРОЕКТЪ.—РАБОТЫ ПО ПОСТРОЙКЪ.—ПОДЪЕМЫ.—
НАЗНАЧЕНІЕ БАШНИ.

Съ 34 рисунками, портретомъ и автографомъ Г. Эйфеля.

ПЕРЕВОДЪ СЪ ФРАНЦУЗСКАГО
ПОДЪ РЕДАКЦІЕЙ ИНЖЕНЕРА
Ю. Н. Эрлиха.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Изданіе Ф. Павленкова.

1890.

60. Rue de Tronoy. Paris
28 Avril 1889.

Cher Monsieur Lissandier,

J'excepte avec grand plaisir la dédicace que vous m'avez bien voulu offrir de ce petit volume sur le tour de l'œuf et complète les différents articles que vous avez déjà publiés sur le même sujet dans votre excellent recueil de la Nature.

En lecture habituelle les relisant avec intérêt; je vous remercie au nom des voyageurs, de la clarté d'exposition et de l'exactitude que vous avez apportée dans la description de l'œuvre que j'ai réalisée pour la célébration du Centenaire et que j'ai essayé de

genre digne du génie individuel
de notre pays.

Recevez, cher Monsieur Tissandier,
l'assurance de mes meilleurs sentiments.

G. Eiffel

Русскій переводъ. Парижъ. 28 Апрелья 1889 г. Многоуважаемый г. Тиссандье! Съ удовольствіемъ принимаю Ваше предложеніе посвятить мнѣ брошюру — описаніе башни — извлеченную изъ Вашего уважаемаго журнала «La Nature».

Постоянные Ваши читатели прочтутъ брошюру съ интересомъ. Отъ лица же тѣхъ, которые познакомятся съ нею впервые, я приношу Вамъ искреннюю благодарность за ясность изложения и за точность описанія сооруженія. Башню я построилъ въ ознаменованіе Столѣтняго Юбилея и приложилъ всѣ старанія, чтобы ею могло гордиться наше отечество.

Примите и проч.

Г. Эйфель.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Высоко надъ зданіями и постройками Всемирной Выставки въ Парижѣ возвышается величайшее сооруженіе нашего времени—Эйфелева Башня.

Помѣщаясь у входа на Марсово поле, она замѣняетъ для выставки триумфальную арку. Эту башню смѣло можно назвать послѣднимъ словомъ строительной техники конца XIX столѣтія, которое оставляетъ далеко за собою всѣ предшествовавшіе вѣка по количеству знаній, приобрѣтенныхъ человѣчествомъ за послѣднія 89 лѣтъ.

Все, что вы видите на Марсовомъ полѣ, превосходитъ даже самыя смѣлыя ожиданія и служить живымъ примѣромъ того, насколько Франція подвинулась впередъ въ дѣлѣ мирнаго прогресса. А надъ всѣми собранными здѣсь сокровищами современной культуры возвышается гордо башня Эйфеля, достигая своей вершиной небывалой высоты въ 984 фута (300 метровъ) *).

Невольно является желаніе узнать, при какихъ условіяхъ возникла мысль объ устройствѣ башни, ка-

*) Въ настоящей брошюрѣ всѣ мѣры выражены въ футахъ и дюймахъ.

кіе приемы и способы примѣняли во время ея постройки и наконецъ какую можно изъ нея извлечь практическую пользу.

На всѣ эти вопросы должна отвѣтить настоящая брошюра. Въ ней мы поставили себѣ задачею ознакомить читателя со всѣми деталями этого гигантскаго и величественнаго сооруженія, на которое въ настоящее время обращено вниманіе всего цивилизованнаго міра.

I. I.

Парижъ. 1 Мая 1889.

Густавъ Эйфель.

БЮГРАФИЧЕСКІЙ ОЧЕРКЪ.

Описанію башни считаемъ необходимымъ предпослать краткій біографическій очеркъ ея строителя, инженера Эйфеля, составляющаго теперь гордость Франціи и французскаго инженернаго искусства, тѣмъ болѣе, что онъ достигъ своего настоящаго выдающагося положенія, благодаря лишь упорному труду и многолѣтней работѣ.

Густавъ Эйфель родился въ Дижонѣ (Департаментъ Котъ д'оръ) въ 1832 году. Высшее техническое образованіе онъ получилъ въ Центральной Школѣ въ Парижѣ, гдѣ окончилъ курсъ съ отличіемъ въ 1855 г.

Молодому инженеру несчастливилось побывать на замѣчательныхъ работахъ. Онъ принималъ дѣятельное участіе при постройкѣ въ Бордо большаго моста, который и по настоящее время считается однимъ изъ выдающихся произведеній инженернаго искусства. Здѣсь примѣнили впервые способъ устройства основаній мостовыхъ быковъ при помощи сжатого воздуха. Въ то время техники относились недоувѣрчиво къ новому для нихъ способу, но молодой Эйфель сразу понялъ великую будущность этого нововведенія. Убѣдившись въ сравнительной дешевизнѣ новаго способа—онъ сталъ его при-

мѣнять на дѣль, указывая при всякомъ удобномъ случаѣ на безопасность примѣненія сжатого воздуха и достигнутую при этомъ экономію въ расходахъ. Послѣдующая строительная практика подтвердила вполнѣ предсказанія Эйфеля и въ настоящее время сжатый воздухъ примѣняется почти исключительно при устройствѣ основаній подъ водою или въ водоносномъ грунтѣ ¹⁾.

По окончаніи постройки моста въ Бордо, Эйфель повидимому избралъ мосты своею спеціальностью. Изъ цѣлой серіи построенныхъ имъ съ успѣхомъ желѣзныхъ мостовъ слѣдуетъ отмѣтить мосты на Нивѣ около Байонны и на Центральной сѣти жел. дор. у Кандонака и у Флорака.

Въ 1867 году главный комиссаръ Всемирной Выставки, Кранцъ, поручилъ Эйфелю составленіе проекта желѣзныхъ арокъ для галлерей машинъ. Поработавъ надъ этимъ вопросомъ, Эйфель напечаталъ изслѣдованіе, составляющее цѣнный вкладъ въ техническую литературу. Въ этомъ трудѣ онъ вывелъ формулу для опредѣленія сопротивленія желѣзныхъ фермъ ²⁾ сложной конструкціи. Это изслѣдованіе впоследствии стало справочной книгой для строителей желѣзныхъ мостовъ и виадуковъ ³⁾.

Въ 1868 г. подъ наблюденіемъ Нордлинга, инженера Орлеанской компаніи, Эйфель построилъ виадуки на металлическихъ опорахъ на желѣзной дорогѣ изъ Комментри въ Ганнатъ. Здѣсь онъ обратилъ на себя вниманіе техниковъ тѣмъ, что впервые примѣнилъ же-

¹⁾ Ниже этотъ способъ изложенъ подробно при описаніи работъ по устройству основаній подъ опоры башни.

²⁾ Ферма — желѣзная составная балка обыкновенно рѣшетчатая. Различаютъ прямые, арочные, параболическія и т. д. фермы смотря по наружному ихъ очертанію.

³⁾ Путепроводъ, мостъ чрезъ оврагъ.

лѣзо къ устройству опоръ. замѣнивъ имъ употреблявшійся до сихъ поръ чугуны. Этотъ послѣдній,—какъ строительный матеріалъ дорогъ, тяжеловѣсенъ, плохо сопротивляется растягивающимъ усиліямъ, и притомъ представляетъ значительныя неудобства при употребленіи его въ дѣло. Вотъ почему Эйфель совершенно отказался отъ чугуна и повсюду сталь примѣнять желѣзо, какъ напримѣръ въ большомъ Гарабитскомъ вѣдука. Весьма вѣроятно, что вскорѣ сталь, въ свою очередь, замѣнитъ желѣзо, подобно тому, какъ это послѣднее вытѣснило употребленіе чугуна.

Кромѣ вышеприведенныхъ улучшеній въ проектированіи желѣзныхъ мостовъ и замѣны однихъ строительныхъ матеріаловъ другими, болѣе подходящими, Эйфель разработалъ и усовершенствовалъ значительно механическія приспособленія къ сборкѣ мостовъ. Эти послѣднія его труды дали возможность исполнять удачно такія работы, которыя до этого времени считались невозможными.

Эйфель совершенно преобразовалъ способъ „накачыванія“ ¹⁾ мостовыхъ пролетныхъ частей съ прямыми

¹⁾ Способъ «накачыванія» верхняго желѣзнаго строенія моста состоитъ въ слѣдующемъ: верхнее желѣзное строеніе, моста или вѣдука, собираютъ и склепываютъ около одного изъ устоевъ (концовыхъ опоръ) располагая мостовыя части по направленію оси моста. Потомъ, когда всѣ опоры, какъ конечныя такъ и промежуточныя, выведены на надлежащую высоту, начинаютъ накачываніе. При помощи вороговъ и подложенныхъ подъ мостовыя части катковъ, подвигаютъ желѣзныя части впередъ черезъ устой. На промежуточныхъ опорахъ уже заранѣе расположены катки, по которымъ и движется накачываемое желѣзное строеніе. Когда конецъ желѣзныхъ частей достигъ противоположной береговой опоры, накачываніе окончено. Изъ подъ мостовыхъ частей удаляютъ катки и замѣняютъ ихъ опорными чугунными частями. Этпмъ и заканчивается установка желѣзнаго мостоваго строенія на опорахъ. Главная задача при накачываніи—предохранить отъ провисанія передній конецъ накачываемаго желѣзнаго строенія въ то время когда онъ еще не достигъ ближайшей опоры.

поясами. Улучшенія Эйфеля способствуют равномерному распредѣленію нагрузки и даютъ возможность накатывать пролетныя части вполне безопасно и успѣшно въ такихъ случаяхъ, въ которыхъ до тѣхъ поръ это считалось невыполнимымъ.

Первый опытъ, при постройкѣ виадука въ Сіулѣ въ 1869 г., удался вполне. Другой случай представился въ Віаннѣ въ Португаліи, гдѣ удалось установить „накатываніемъ“ верхнее желѣзное строеніе значительной длины.

Далѣе, при работахъ по постройкѣ виадука въ Тардѣ около Монлюсона, Эйфель установилъ накатываніемъ желѣзное верхнее строеніе на высотѣ 328 ф. на быкахъ, отстоящихъ другъ отъ друга на 341 футъ. Это пока наибольшій пролетъ, который удалось пройти накатываніемъ мостовыхъ фермъ.

Не довольствуясь достигнутыми результатами, Эйфель придумалъ сборку „на вѣсу“ которая позволила ему выполнить еще болѣе удивительныя работы. Этотъ способъ сборки состоитъ въ томъ, что металлическое строеніе возводится сначала только на опорахъ и потомъ удлиняется постепенно въ обѣ стороны приклепываніемъ новыхъ частей къ уже установленнымъ. Изъ такого рода работъ слѣдуетъ упомянуть, какъ замѣчательную, постройку въ Кюбзакѣ около Бордо, гдѣ произвели сборку на вѣсу на протяженіи 236 ф. Въ Тявь-Анѣ, въ Кохинхинѣ, сборка на вѣсу произведена даже на протяженіи 262 фута.

Всѣ только что поименованныя усовершенствованія касались мостовъ и виадуковъ съ прямыми поясами. Въ проектированіи же арочныхъ мостовъ Эйфель произвелъ настоящій переворотъ и построенный имъ Гарабитскій виадукъ останется навсегда однимъ изъ чудесъ инженернаго искусства. Этотъ колоссальный виадукъ пере-

кинуть через пропасть, на днѣ которой протекаетъ весьма быстрая рѣка. Полная его длина 1850 ф.; длина металлическаго верхняго строенія 1473 ф. Средняя арка перекрываетъ пролетъ въ 541 ф. Рельсы желѣзной дороги возвышаются надъ дномъ рѣки на 407 ф. Построенъ Гарабитскій виадукъ по типу моста черезъ Дуэро въ Португаліи.

Послѣ успѣшнаго исполненія столькихъ замѣчательныхъ сооруженій мы встрѣчаемъ Эйфеля уже во главѣ завода въ Леваллуа-Перре, который прославился цѣлымъ рядомъ крупныхъ работъ, слѣдовавшихъ быстро одна за другой. Изъ нихъ наиболѣе замѣчательныя слѣдующія: Желѣзнодорожная станція въ Пештѣ, мостъ въ Сегединѣ, главный фасадъ зданія Всемирной выставки 1878 г., желѣзный остовъ колоссальной статуи Бартольди, „Свобода“ (знаменитый даръ Франціи Соединеннымъ Штатамъ Америки), вращающійся куполь обсерваторіи въ Ниццѣ и др.

Всѣ выше перечисленныя, выдающіяся работы достаточно прославили имя Эйфеля и всякій другой на его мѣстѣ считалъ бы себя вполне удовлетвореннымъ. Онъ же пожелалъ завершить свою инженерную дѣятельность такимъ сооруженіемъ, которое бы удивило весь міръ и въ то-же время служило доказательствомъ высокаго развитія инженерныхъ наукъ во Франціи. Тогда явилась у него мысль о проектѣ башни въ 984 ф. Проектъ этотъ признали вначалѣ неосуществимымъ, бесполезнымъ и безразсуднымъ. Но уже тогда Эйфель, соединяющій въ себѣ научныя познанія съ твердою волей и настойчивостью, встрѣтилъ поддержку въ двухъ выдающихся личностяхъ, которые и способствовали осуществленію его проекта.

Это были Лакруа, въ то время министръ торговли

и промышленности и Жоржъ Берже, главный директоръ эксплуатаціи выставки 1889 г.

Эйфель съумѣлъ преодолѣть всѣ препятствія, затрудненія всякаго рода его не останавливали, работами онъ руководилъ съ непоколебимою энергіей и, въ заранѣе намѣченный срокъ, сооруженіе башни было окончено. Проектъ башни Эйфеля—торжество примѣненія точныхъ наукъ къ строительному дѣлу. По конструкціи башня—последнее слово инженернаго искусства. По смѣлости же мысли это сооруженіе составляетъ гордость Франціи.

Г. Тиссандье.

ЭЙФЕЛЕВА БАШНЯ.

I.

Исторія проекта башни въ 984 фута.— Общее описаніе сооруженія.

Первое постановленіе правительства объ устройствѣ во Франціи промышленной выставки состоялось въ 1798 году и съ тѣхъ поръ было устроено 14 большихъ французскихъ выставокъ. Первая изъ нихъ ограничилась произведеніями одной лишь Франціи, а послѣдующія сдѣлались уже международными, всемірными. вмѣстѣ съ тѣмъ стали принимать на выставки предметы не одной только промышленности, но вообще всѣхъ отраслей человѣческаго труда. Первая такая всеобщая и всемірная выставка была устроена въ 1855 году.

Въ 1884 году, когда только что состоялось распоряженіе президента республики объ устройствѣ въ 1889 г. всемірной выставки, инженеръ Густавъ Эйфель, уже въ то время извѣстный своими постройками, представилъ проектъ громадной башни, высотой, считая отъ поверхности земли, въ 984 фута.

Самая мысль о сооруженіи башни небывалой высоты возникла и раньше Эйфеля. Такъ въ 1833 году извѣстный англійскій инженеръ Тревитикъ предлагалъ соорудить башню высотой въ 1000 футовъ изъ чугуна, но онъ оставилъ эту мысль не разработавъ даже вполнѣ проекта башни.

Въ 1875 году, во время постройки зданія для Фила-

дельфійской Выставки, заговорили въ печати о другой башнѣ высотой въ 1000 футовъ, которую предполагали будто-бы выстроить посреди парка, окружавшаго зданіе выставки. Никакого однако проекта составлено не было. Самая-же мысль о постройкѣ башни небывалой высоты обратила на себя вниманіе публики и начали уже восхвалять въ печати смѣлость подобнаго проекта.

Заслуга Эйфеля состоитъ въ томъ, что онъ не только составилъ точный расчетъ и проектъ башни, но и благополучно довелъ до конца такое сооруженіе, о которомъ постоянно говорили, какъ о несбыточной мечтѣ. И дѣйствительно, затрудненія, связанныя съ выполненіемъ подобнаго проекта, казались почти непреодолимыми.

Сооруженія, построенныя но большей части изъ камня, рѣдко достигаютъ высоты въ 500 или 525 футовъ.

На рис. 1 изображена относительная высота наиболѣе замѣчательныхъ изъ существующихъ сооружений. По срединѣ рисунка для сравненія помѣщена башня Эйфеля, главныя измѣренія которой, въ вертикальномъ направленіи, слѣдующія:

Отъ поверхности земли до 1 этажа	189 ф.
„ 1 до 2 этажа	191 „
„ 2 до 3 этажа	526 „
„ 3 этажа до вершины	78 „
<hr/>	
Всего	984 ф.

При выборѣ матеріала для постройки большой высоты, остановились на желѣзѣ. Оно сопротивляется равно успѣшно какъ продольнымъ усиліямъ, —вытягивающимъ и сжимающимъ — проявляющимся въ постройкѣ, такъ и боковымъ, изгибающимъ. Эти послѣднія, вызываемыя давленіемъ вѣтра на боковыя поверхности постройки, возрастаютъ значительно при возведеніи сооруженія на большую высоту.

Въ послѣднее время сооруженіе металлическихъ мостовыхъ опоръ высотой въ 197 футовъ не рѣдкость и, при современномъ положеніи инженерныхъ наукъ, пожалуй



Рис. 1. Высота башни въ сравненіи съ другими замѣчательными постройками. 1. Вандомская колонна въ Парижѣ 148 ф.—2. Соборъ Богоматери въ Парижѣ 217 ф. — 3. Июльская колонна въ Парижѣ 154 ф.—4. Соборъ Св. Петра въ Римѣ 433 ф.—5. Обелискъ Вашингтона въ Америкѣ 554 ф.—6. Большая пирамида въ Египтѣ 479 ф.—7. Соборъ въ Руанѣ 492 ф.—8. Соборъ въ Страсбургѣ 466 ф.—9. Домъ Инвалидовъ въ Парижѣ 344 ф.—10. Триумфальные ворота въ Парижѣ 161 ф.—11. Соборъ въ Кельнѣ 522 ф.—12. Пантеонъ въ Парижѣ 279 ф. *).

*) Высота Исаакіевскаго Собора въ С.-Петербургѣ 334 ф. (отъ поверхности земли до верха креста).

не представилось бы особыхъ затрудненій спроектировать и построить сооруженіе въ 262 ф. и даже 328 футовъ. Но отсюда еще далеко до высоты въ 984 фута. Потому при составленіи разчета и проекта башни встрѣтились такія затрудненія, которыя явились бы на примѣръ въ томъ случаѣ, когда послѣ постройки моста съ отверстіемъ въ 492 ф., приступили-бы къ составленію проекта подобнаго-же моста, но съ пролетомъ въ 984 фута.

Какъ на примѣръ встрѣчавшихся затрудненій укажемъ на слѣдующій вопросъ, который пришлось разработать подробно: не желая въ желѣзномъ строеніи башни увеличивать число стоекъ, приходится ставить діагональныя связи небывалыхъ размѣровъ. Въ нижней части башни онѣ достигли бы длины въ 328 ф. Съ другой стороны, увеличивъ число стоекъ, получаемъ сооруженіе тяжелое и безобразное. Требовалось слѣдовательно найти такую систему желѣзнаго строенія, которая, при ограниченномъ числѣ стоекъ, позволила-бы обойтись безъ діагональныхъ связей. Эта задача рѣшена съ успѣхомъ въ исполненномъ теперь проектѣ башни.

Помощниками Эйфеля, при постройкѣ башни, состояли инженеры Нугье и Кехленъ и архитекторъ Сувестрь, на котораго возложили заботу о внѣшней декоративной отдѣлкѣ башни.

При опредѣленіи внѣшнихъ очертаній башни, имѣлось въ виду удовлетворить не только требованіямъ красоты, но главнымъ образомъ требованіямъ устойчивости сооруженія противъ опрокидыванія отъ дѣйствія сильнаго вѣтра на боковыя поверхности постройки.

Поэтому проектъ башни составленъ съ такимъ разчетомъ, что вѣтеръ любой силы, даже ураганъ, производящій на 1 квадрат. футъ давленіе въ $2\frac{1}{5}$ пуда, дѣйствуетъ на башню такъ, что равнодѣйствующая внѣшнихъ силъ проходитъ черезъ центръ тяжести поперечнаго вертикальнаго

сѣченія. И такъ можно сказать, что внѣшнія очертанія башни обусловлены дѣйствіемъ вѣтра и какъ бы имъ созданы.

Трудно представить себѣ всѣ трудности, которыя приходилось преодолевать при составленіи проекта башни. Вся башня по высотѣ раздѣлена на 29 панелей *) и каждая панель вычерчивалась отдѣльно, при-



Рис. 2.—Первоначальный проектъ башни (изъ журнала «La Nature», за 1884 г.).

чемъ составныя ея части опредѣлялись расчетомъ.

Для подробнаго описанія деталей этой колоссальной постройки въ настоящей брошюрѣ не хватитъ мѣста. Нѣкоторое же понятіе о сложности проекта можно себѣ составить, если принять во вниманіе, что башня собрана изъ

*) Подраздѣленіе желѣзнаго строенія по высотѣ. Въ каждой панели помѣщаются крестообразно расположенныя связи.

12.000 отдѣльныхъ металлическихъ составныхъ частей. Каждая изъ нихъ разсчитана и проектирована особо и малѣйшія детали, а въ особенности отверстія для расклепокъ, опредѣлены съ математическою точностью.

Чертежи проекта башни помѣщаются на 700 листахъ (къ разсчету 29 панелей) и на 3.000 листахъ рабочихъ чертежей для завода. Форматъ листовъ 39×32 дюйма. Для разработки проекта и изготовленія чертежей потребовалась совмѣстная работа 40 счетчиковъ и чертежниковъ, которые работали надъ проектомъ, безъ перерыва, въ теченіи 2 лѣтъ. Для нихъ на заводѣ Леваллуа-Перре были отведены особыя обширныя помѣщенія.

Число отверстій для заклепокъ, въ составныхъ желѣзныхъ частяхъ башни, доходить до 7 милліоновъ. Если всѣ эти отверстія помѣстить рядомъ, одно около другого, то онѣ образуютъ, при средней толщинѣ листового желѣза въ $\frac{3}{8}$ дюйма, трубу длиною въ 62 версты. Число заклепокъ, употребленныхъ при постройкѣ башни, доходить до $2\frac{1}{2}$ милліоновъ штукъ.

Каждую составную часть башни, изготовленную на заводѣ Леваллуа-Перре, привозили на мѣсто сборки уже вполнѣ готовой, обрѣзанной и съ просверленными отверстіями для заклепокъ. Поставленные въ назначенныя для нихъ мѣста, всѣ части сходились одна съ другою съ математическою точностью.

Никогда еще столь колоссальная постройка не была выполнена съ такою тщательностью и такъ быстро. За все время производства работъ не произошло ни одного несчастнаго случая: все было предвидѣно и вычислено заранее. Подобною работою могутъ справедливо гордиться не только строитель и рабочіе, но и всѣ принимавшіе какое либо участіе въ постройкѣ этого колоссальнаго сооруженія.

II.

Устройство основанія.

Многочисленныя буренія показали, что нижній слой подпочвы Марсова поля состоитъ изъ пласта лѣпной глины толщиной до 52 ф. Дальше подъ глиной оказался мѣль. Глина сухая, достаточной плотности, и можетъ выдерживать давленіе основанія до $1\frac{1}{2}$ пудовъ на квадратный дюймъ.

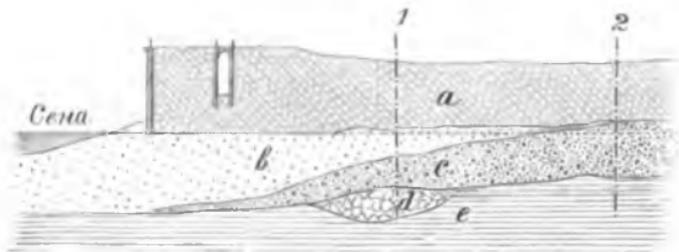


Рис. 3. — Вертикальный разрѣзъ почвы подъ основаніемъ башни. 1 и 2. Средины основаній подъ опорами №№ 1 и 2. —*a*. Разнородный насыпной грунтъ. —*b*. Глина съ гравіемъ. —*c*. Песокъ съ гравіемъ. —*d*. Известнякъ. —*e*. Лѣпная глина.

Надъ толстымъ слоемъ песку и гравія расположены слои разной толщины мелкаго песку, песку съ иломъ и насыпная земля. Всѣ эти верхніе слои не могутъ служить надежнымъ основаніемъ (рис. 3).

Потому основанія опоръ №№ 2 и 3 (рис. 4) заложены на 23 ф. ниже поверхности земли въ этомъ мѣстѣ, на слой песку съ гравіемъ толщиной около 20

футовъ. Устройство этихъ 2 основаній не представляло трудностей, такъ какъ визъ основанія приходится на одномъ горизонтѣ съ уровнемъ воды въ Сенѣ. Нижнюю часть этихъ двухъ основаній составляетъ слой бетона въ $6\frac{1}{2}$ ф. толщиною, расположенный на днѣ котлована *) при обыкновенномъ атмосферномъ давленіи.

Основанія опоръ №№ 1 и 4 устроены иначе. Въ этомъ мѣстѣ слой неску съ гравіемъ расположенъ ниже уровня воды въ Сенѣ на 16 футовъ и покрытъ сверху

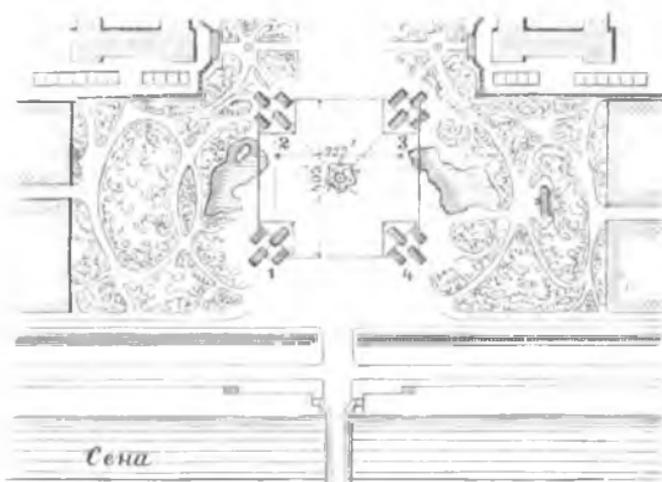


Рис. 4. — Планъ расположенія башни на берегу Сены. Опоры обозначены цифрами 1, 2, 3 и 4.

пловатымъ грунтомъ. Не довѣряя результатамъ, полученнымъ обыкновеннымъ буреніемъ, Эйфель спустилъ въ центрѣ мѣста, назначеннаго для каждой опоры по пробному кессону цилиндрической, трубчатой формы въ 5 ф. діаметромъ. Кессонъ опускали при помощи сжатого воздуха.

Когда подтвердилась вѣрность свѣдѣній, полученныхъ буреніемъ, тогда приступили къ устройству основанія опоръ №№ 1 и 4 рис. 4 при помощи сжатого

*) Има вырытая для устройства въ ней основанія опоры.

воздуха: подъ каждую опору опущено по 4 кессона изъ листового желѣза, длиною 49 ф. и шириною 20 ф. каждый на глубину 16 ф. считая отъ уровня воды Сены.

Опорамъ башни придано сѣченіе трубчатое четырехугольное, по 49 ф. въ сторонѣ, съ 4 стойками по угламъ. Каждая изъ этихъ 4-хъ стоекъ упирается въ особо для нея устроенный каменный массивъ рис. 5. такъ что подъ каждую опору башни приходится по 4 массива. Верхняя поверхность каменной кладки перпен-

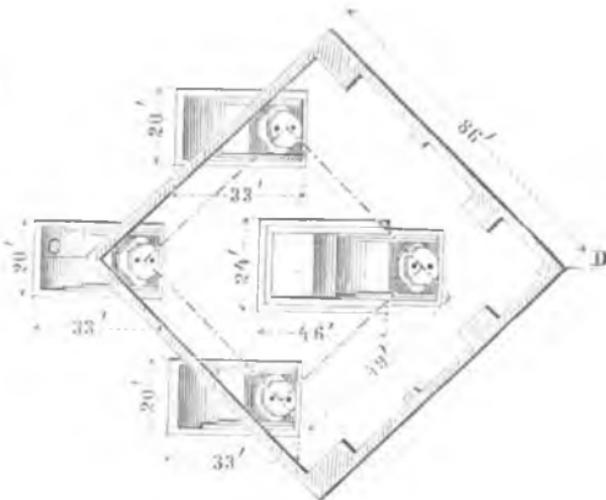


Рис. 5.—Планъ расположенія 4 каменныхъ массивовъ подъ одну опору башни. Показанъ и четырехугольный фундаментъ подъ поколь, окружающій нижній конецъ опоры.

дикулярна къ направленію опорныхъ стоекъ. Въ остальномъ она имѣетъ форму пирамиды съ передней отвѣсною и заднею наклонной сторонами. Размѣры каменной кладки такіе, что устойчивость ея вполне обезпечена.

Массивы расположены на слоѣ бетона, длиною въ 33 ф. и шириною въ 20 ф.

Въ каменную кладку массива заложены по два большихъ анкерныхъ болта, длиною въ 26 ф. каждый при діаметрѣ въ 4 дюйма. Концы болтовъ, снабженные

чугунными плитами и двутавровыми желѣзными балками, проникають далеко въ каменную кладку. такъ что болты удерживаются на мѣстѣ силою равною вѣсу всего каменнаго массива.

Эти анкерные болты фиг. 6 для устойчивости башни не нужны. Устойчивость башни обезпечена ея собственнымъ вѣсомъ. Болты служатъ только запасомъ устойчивости противъ опрокидыванія и кромѣ того они пригодились при сборкѣ „на вѣсу“ опорныхъ частей.

Каменная кладка, находящаяся подъ давленіемъ въ $1\frac{1}{2}$ —2 пд. на кв. д., покрыта сверху двумя рядами тесаннаго камня изъ Шато-Ландонъ. Образцы этого

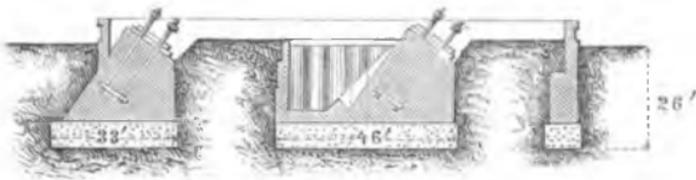


Рис. 6. — Вертикальный разрѣзъ основанія опоры съ анкерными болтами. Съ правой стороны изображенъ еще разрѣзъ фундамента подъ цоколь.

камня, при испытаніяхъ въ лабораторіи, разрушались только при давленіи въ 486 п. на кв. д. Давленіе-же чугунныхъ опорныхъ частей на каменную кладку не превосходитъ 12 пд. на кв. д., что составляетъ только сороковую часть того груза, при которомъ камень разрушается.

Вообще основанія башни проектированы съ значительнымъ запасомъ прочности. Матеріалы избраны лучшаго качества, а размѣры всѣмъ частямъ приданы болѣе чѣмъ достаточные. Устойчивость башни можно считать вполне обезпеченной.

Въ виду того, что при самой тщательной сборкѣ металлическаго строенія всетаки могутъ оказаться не-

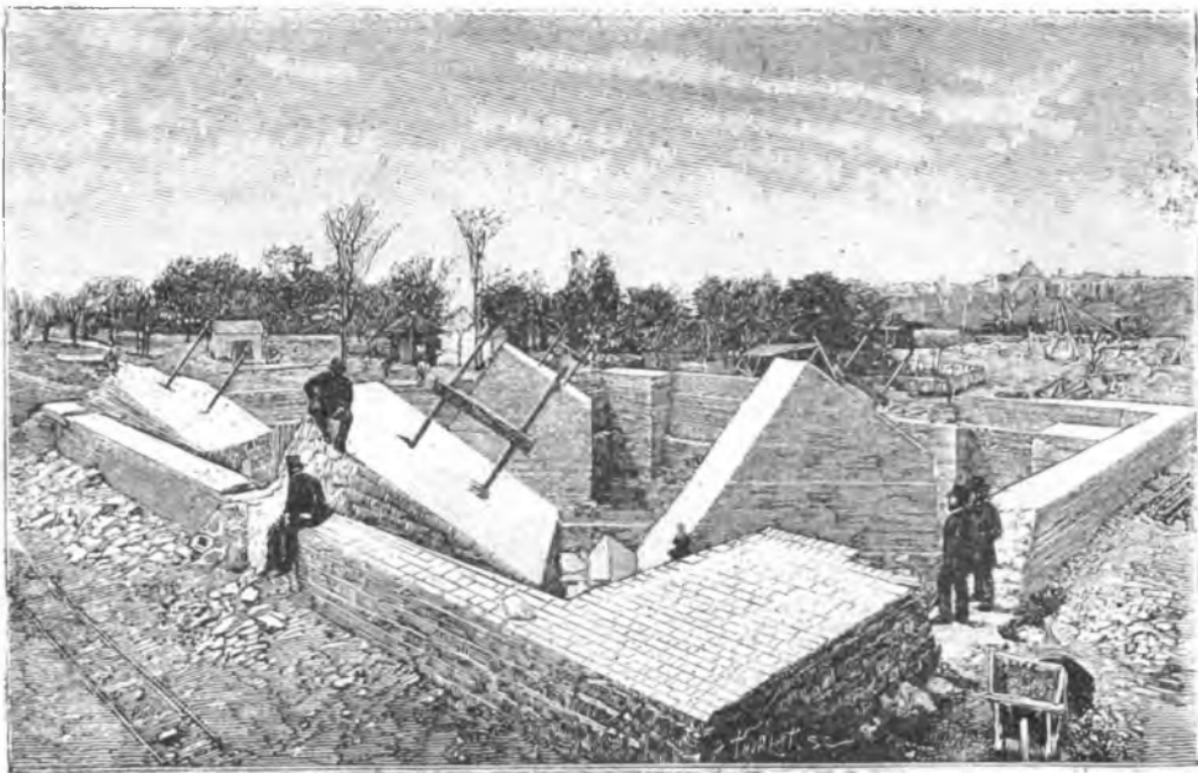


Рис. 7.—Каменные массивы опоры № 3. Окончена каменная кладка массивов и фундамента подъ доколь.

значительныя погрѣшности въ длинѣ отдѣльныхъ стоекъ, Эйфель устроилъ чугуныя опорныя части съ помѣщеніемъ для гидравлическаго прессы. При помощи этого прессы съ подъемной силой въ 49.000 пудовъ можно приподнять цѣлую стойку и укрѣпить ее въ новомъ положеніи стальными прокладками, помѣщенными между чугуною опорною частью и опирающимся въ нее концомъ стойки изъ литой стали. Гидравлическій прессъ, упомянутый выше, не мало помогъ успѣшному ходу сборки частей башни и ниже мы поговоримъ о немъ подробнѣе.

Нижняя часть опоръ башни окружена цоколемъ изъ бетона Коанье съ металлической надстройкой. Фундаментомъ для стѣнъ цоколя служатъ столбы изъ каменной кладки, соединенные между собою арками. Свободное пространство между массивами опоръ заполнено землею въ уровень съ поверхностью земли и только у опоры № 3 оставлено свободное пространство для помѣщенія паровыхъ котловъ и машинъ для подъемовъ.

Вмѣсто громоотвода уложены около каждой опоры — ниже горизонта грунтовыхъ водъ — по 2 чугуныя трубы діаметра 20 дюймовъ и длиною по 59 ф. Эти трубы имѣютъ въ одномъ концѣ колѣно и продолжены отвѣсно до поверхности земли, гдѣ онѣ прочно соединены съ металлическими частями башни.

Земляныя работы по устройству основаній башни начаты 28 января 1887 г.

5-го мая того же года мы посѣтили работы и были любезно приняты, въ числѣ другихъ посѣтителей, самимъ Эйфелемъ.

Осмотрѣвъ массивы одной изъ опоръ, которая въ то время находилась въ томъ положеніи постройки, которое изображено на рис. 7, мы направились къ тому мѣсту, гдѣ опускали кессоны. Расположеніе этихъ работъ видно весьма ясно на рис. 8. Посѣщеніе внутренности

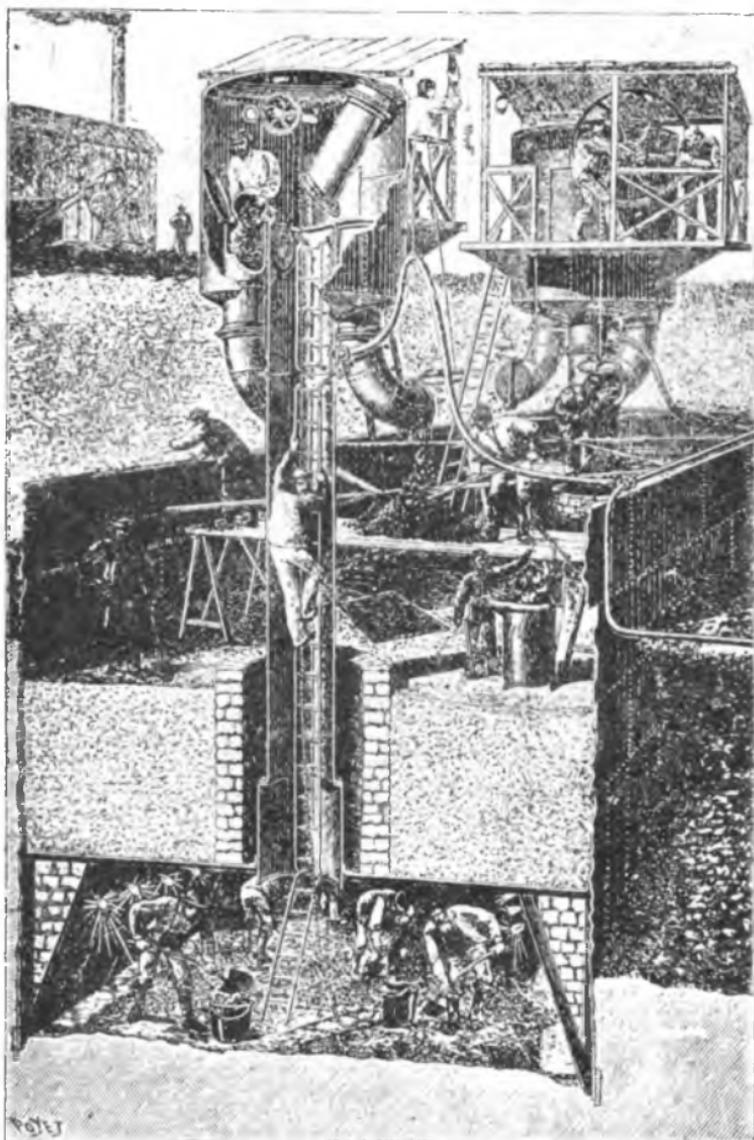


Рис. 8.—Вертикальный разрезъ кессона для устройства основанія опоры при помощи сжатого воздуха. — На рисунокѣ видна внизу рабочая камера, гдѣ производится выемка грунта, труба по которой поднимается грунтъ, вверху шлюзъ и сбоку труба, по которой поступаетъ въ кессонъ сжатый воздухъ.

кессона весьма любопытно для небывавшихъ въ немъ. Сперва входятъ въ верхнюю камеру (шлюзъ), отдѣленную отъ помѣщенія съ сжатымъ воздухомъ герметически закрытымъ люкомъ. Потомъ закрываютъ наружную дверь входной камеры и открываютъ край, пропускающій сжатый воздухъ изъ кессона во входную камеру. Ступеніе воздуха сопровождается колотьемъ въ ушахъ отъ давленія воздуха на барабанную перепонку, но достаточно глотнуть слюну и непріятное это ощущеніе исчезаетъ. Когда давленіе воздуха сравняется съ давленіемъ внутри кессона, открываютъ люкъ и опускаются въ кессонъ по вертикальной лѣстницѣ, помѣщенной въ трубѣ. Эта же труба служитъ для подъема бадьи съ вынутымъ при опусканіи кессона грунтомъ*). Внизу въ рабочей камерѣ рабочіе вынимаютъ грунтъ при свѣтѣ электрическихъ лампочекъ и наполняютъ имъ бадьи, которыя, по мѣрѣ ихъ наполненія, поднимаются въ верхъ кессона и грунтъ выводится наружу. Подрывая кессонъ снизу, его опускаютъ до тѣхъ поръ, пока онъ не достигнетъ надежнаго грунта. Тогда заполняютъ рабочую камеру бетономъ и получается основаніе несокрушимой прочности.

*) Общее названіе для всего что выбирается при опусканіи кессона, т. е. песокъ, земля, илъ, щебень, гравій и т. д.

III.

Металлическое строение башни.

Разсмотрѣвъ подробно общій проектъ башни и устройство основаній, переходимъ теперь къ описанію работъ по сборкѣ металлическихъ частей.

Къ концу іюня 1887 г. каменная кладка основаній была вполнѣ окончена и поверхность земли спланирована. Остались непокрытыми землей только верхнія части каменныхъ массивовъ, приготовленные для установки опорныхъ частей башни. Этимъ закончилась первая и притомъ весьма важная часть работъ по сооруженію башни.

Не теряя времени, приступили тотчасъ же въ іюль 1887 г. къ сборкѣ металлическаго строенія и новели ее съ такою быстротою, что уже 11 октября того-же года всѣ опоры башни достигли высоты около 100 футовъ и всѣ собраннхъ частей доходилъ уже до 88.000 пуд. (рис. 9).

Сборка желѣзнаго строенія представляла столь значительныя затрудненія, что слѣдуетъ разсмотрѣть ее подробнѣе. Всѣ 4 опоры башни наклонены по направленію къ вертикальной оси башни подъ угломъ въ 54° . Вслѣдствіе такого уклона верхняя часть каждой изъ 4 опоръ башни удалилась болѣе чѣмъ на 100 футовъ отъ вертикальной оси своего основанія. Сборка опоръ чрезвычайно затруднялась именно этимъ обстоятель-

ствомъ, такъ какъ приходилось во все время сборки удерживать на своемъ мѣстѣ весьма тяжеловѣсныя, свѣшивающіяся части опоръ.

Каждая опора, какъ упомянуто выше, въ поперечномъ своемъ сѣченіи представляетъ видъ четырехугольной трубы, съ жесткими *) стойками по угламъ, съ боковыми рѣшетчатыми стѣнками (рис. 10). Разстояніе между стойками 49 футовъ. Каждая изъ нихъ упирается нижнимъ концомъ въ отдѣльный каменный массивъ. Опорныя части вѣсомъ 340 пуд. устроены изъ чугуна и стали. Подробное ихъ описаніе помѣщено ниже, при объясненіи дѣйствія гидравлическаго домкрата.

Еще до начала сборки были устроены необходимыя приспособленія для приѣма и перемѣщенія по мѣсту работъ желѣзныхъ частей, доставляемыхъ съ завода Леваллуа-Перре. При помощи передвижныхъ крановъ снимали желѣзныя части съ прибивающихся повозокъ и складывали ихъ на мѣстѣ, назначенномъ для осмотра и распределенія частей желѣзнаго строенія. Отсюда были уложены рельсовые пути ко всѣмъ 4 опорамъ и по нимъ желѣзныя части подвозились къ подъемнымъ механизмамъ, установленнымъ на строящихся опорахъ.

Такъ какъ всѣ четыре опоры башни одинаковой конструкціи, то и сборка каждой, въ отдѣльности взятой, ничѣмъ не отличается отъ сборки другихъ опоръ. Потому мы можемъ ограничиться описаніемъ сборки одной опоры, и все про нее сказанное будетъ справедливо и относительно остальныхъ 3-хъ опоръ.

Нижнія части опоръ поднимали и ставили на мѣ-

*) Жесткими называются такія стойки, которыя отъ дѣйствія нагрузки не подвергаются боковому выпучиванію. Поперечное ихъ сѣченіе обыкновенно — кругъ, квадратъ или правильный многоугольникъ съ приклепанными, ввидѣ ребордъ, желѣзными уголками и листами.

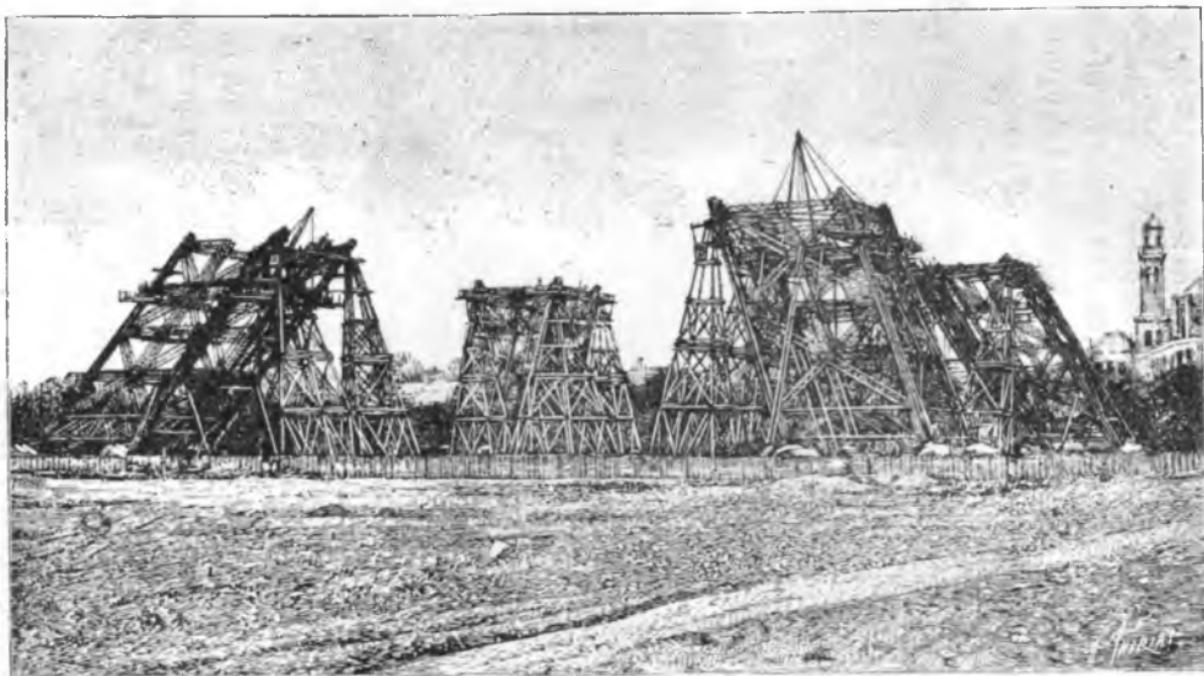


Рис. 9.—Состояніе работъ въ октябрѣ 1887 г.—Устроены подмости—подпоры.

сто при помощи лебедокъ и крановъ весьма несложной конструкции. Краны эти, которые достигали высоты до 72 футовъ, были составлены изъ нѣсколькихъ сходящихся верхними своими концами наклонныхъ брусевъ. Лебедка помѣщается внизу, а вверху блокъ, черезъ который перекинута цѣпь лебедки для подъема тяжестей.

Отдѣльныя части стоекъ, желѣзныя трубы прямоугольнаго поперечнаго сѣченія по 32 дюйма въ сто-

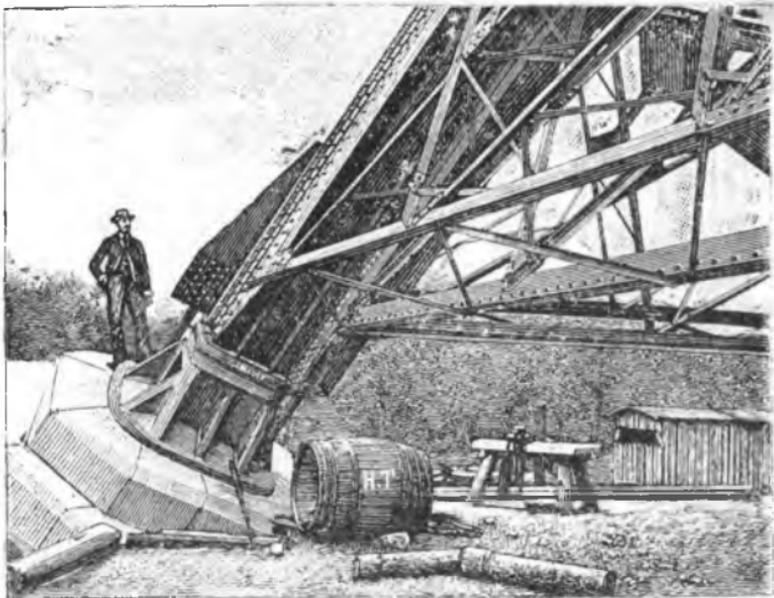


Рис. 10. — Опорная часть стойки. Такихъ приходится по 4 на каждую опору.

ронъ и вѣсомъ до 180 пудовъ прикрѣплялись послѣдовательно къ уже раньше установленнымъ сперва оправкамъ *), а потомъ болтами, помѣщенными въ отверстія для заклепокъ. По установкѣ части стоекъ, ста-

*) Цилиндрическій стальной стержень съ утонѣнiями по концамъ; служитъ для выравниванiя боковъ отверстия назначеннаго для заклепки. Пропуская оправку чрезъ отверстие, сглаживаютъ встрѣчающiяся небольшiя неровности.

вили рѣшотки и связи и тѣмъ приводили все собранное въ жесткую систему.

Послѣ только что описанной сборки, произведенной монтерами *), являлись бригады **) клепальщиковъ и замѣняли болты заклепками, которыя ставили въ раскаленномъ состояніи (рис. 11).

Когда желѣзное строеніе довели до высоты 49 футовъ, тогда уже обыкновенные вшеописанные краны

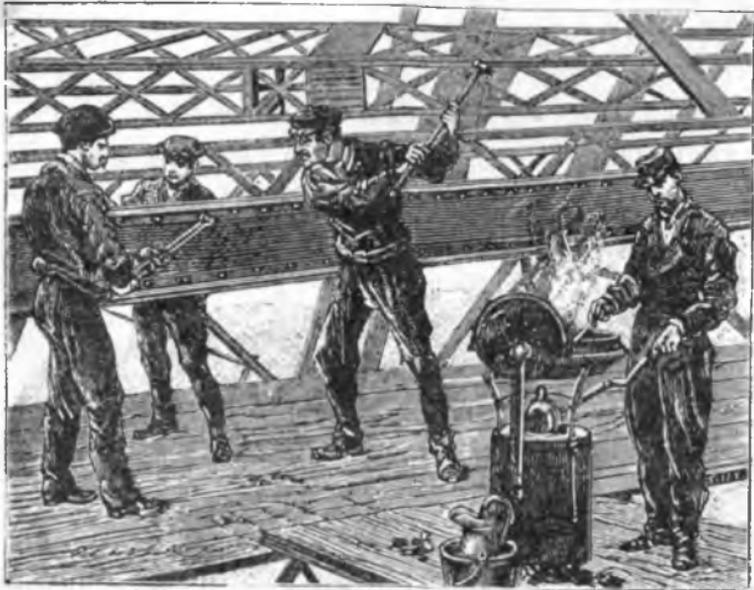


Рис. 11.—Бригада клепальщиковъ.

стали непригодными и пришлось пускать въ дѣло болѣе сложныя механическія приспособленія и спеціальныя подъемные краны.

*) Специально занимающіеся сборкою—слесаря.

**) Бригада клепальщиковъ состоитъ изъ 4 человекъ (рис. 11) изъ коихъ 2 для склепки, 1 для поддерживанія заклепки во время работы и 1 при горнѣ для разогреванія заклепокъ.

IV.

Устройство подмостей и крановъ для сборки желѣзнаго строенія.

Такъ какъ опоры башни возводились подъ сильнымъ уклономъ то, естественно, въ нихъ вызывалось стремленіе къ опрокидыванію. Поэтому надо было опредѣлить ту предѣльную высоту, до которой существовала возможность вести сборку безъ подпорокъ, т. е. ту высоту, при которой проекція центра тяжести собранной части опоры оказалась бы еще внутри площади основанія опоры.

Вычисленія опредѣлили эту высоту въ 82 ф. Ниже ея сборка металлическаго строенія шла такимъ же образомъ, какъ въ случаѣ отвѣснаго положенія опоры.

Сборкѣ наклонныхъ опоръ значительно содѣйствовали анкерные болты въ каменныхъ массивахъ, ввидѣ громаднаго запаса устойчивости противъ опрокидыванія, такъ какъ, при повѣркѣ устойчивости нижней части опоры вычисленіемъ, сопротивленія болтовъ въ расчетъ не принимали.

Сборка подвигалась впередъ съ такой быстротой, что къ ноябрю 1887 г. опоры достигли уже высоты около 100 ф. Всѣ собранныхъ желѣзныхъ частей превышала 88.000 пуд. а число заклепокъ доходило до 110.000 шт.

Тутъ на высотѣ 100 ф. кончилась первая часть сборки. Далѣе пришлося прибѣгнуть къ новымъ при-

способленіямъ которыя устраивали заблаговременно еще во время установки нижнихъ частей опоръ.

Эйфель устроилъ деревянныя подмости въ видѣ подпоръ къ 3 внутреннимъ стойкамъ каждой опоры. Четвертая же, вѣшная, не нуждалась въ опорѣ, такъ какъ связывалась прочно съ остальными при помощи поперечинъ и связей. Сборка остальной части опоръ выше этихъ подмостей происходила на вѣсу до встрѣчи съ поперечными балками 1-го этажа, которыя собирались на особыхъ подмостяхъ между опорами *).

Теперь, изложивъ общій планъ работъ, перейдемъ къ деталямъ.

Громадныя деревянныя подмости-подпоры построены на сваяхъ, вбитыхъ въ грунтъ на столько, что исклю-

*) Вообще полагають, что выполнение работъ на значительной высотѣ связано съ большими опасностями и въ французской печати появлялись неоднократно фантастическіе рассказы о сборкѣ высокихъ металлическихъ сооружений. Интересно поэтому узнать мнѣніе самаго Эйфеля по данному вопросу: «Спеціальныхъ рабочихъ, говоритъ онъ, для работъ на высокихъ сооруженияхъ у меня не было, да и вѣроятно и не будетъ такъ какъ я не стараюсь даже образовать такихъ специалистовъ. Въ дѣйствительности вовсе не трудно найти людей, не страдающихъ головокруженіемъ. Два самыхъ высокихъ вѣдука во Франціи построены мною, одинъ въ Тарде, близъ Монлюсона, высокою 262 ф. надъ поверхностью земли и другой Гарабитскій въ Канталѣ высокою 407 ф. При обѣихъ этихъ работахъ мои рабочіе, производившіе сборку желѣзнаго строенія на вѣсу на такой страшной высотѣ, нисколько не страдали отъ головокруженія. Въ большинствѣ случаевъ это были рабочіе изъ крестьянъ, и между ними даже очень молодые, и всѣ они легко осваивались съ работой на значительной высотѣ. По собственному опыту я убѣдился въ томъ, что на значительной высотѣ не чувствуешь головокруженія. Справедливость этого подтвердить всѣ, кому приходилось подниматься на воздушномъ шарѣ. А при постройкѣ башни рабочимъ не придется стоять надъ пропастью, какъ при сооруженіи названныхъ выше двухъ вѣдуковъ. Они размѣстятся на платформѣ длиною въ 49 ф. гдѣ будутъ работать такъ-же спокойно какъ и на поверхности земли. Если публика беспокоится о рабочихъ, то это и понятно. Она не знаетъ, насколько приняты всѣ возможныя предосторожности для предотвращенія несчастныхъ случаевъ».

чалась всякая возможность осадки. Сбуживаясь кверху, пирамидальной формы, эти подмости заканчивались наверху платформой, гдѣ помѣщались цилиндрическіе желѣзные сосуды съ пескомъ, на который опирались кронштейны, временно прикрѣпленные къ стойкамъ.

При трехъ такихъ опорахъ можно было продолжать сборку опоры на вѣсу вплоть до перваго этажа башни, причемъ нижняя часть ея служила противовѣсомъ и

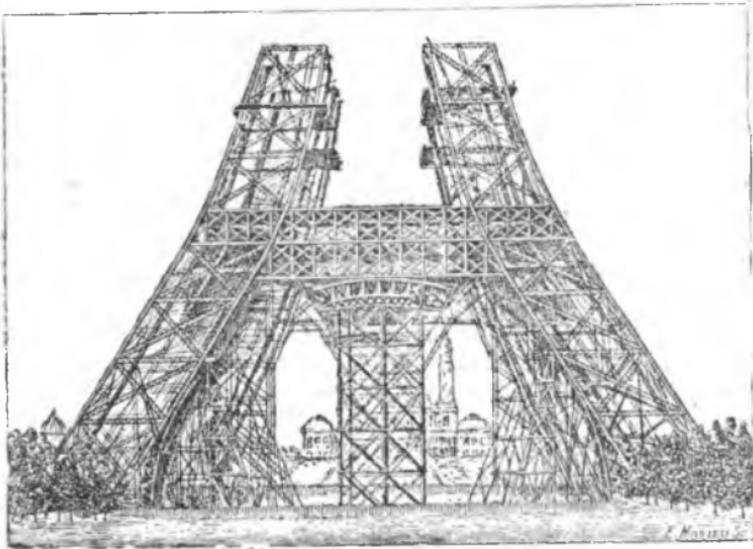


Рис. 12. — Подмости для сборки горизонтальных балокъ подъ 1 этажъ. Онѣ-же служили для сборки арокъ.

удерживала отъ опрокидыванія верхнюю. Сосуды съ пескомъ служили регуляторомъ, при помощи котораго представлялась возможность возстановить точно вѣрное положеніе опоры при малѣйшемъ уклоненіи стоекъ отъ первоначальнаго направленія. Если нужно было опустить стойку, то выпускали песокъ изъ цилиндра, открывая специально для того оставленныя отверстія въ боковой стѣнкѣ. Если же наоборотъ желали приподнять стойку, то на подмостяхъ подводили подъ кронштейны

сильный гидравлическій домкратъ и при его помощи исправляли положеніе стойки.

Такимъ образомъ имѣлись аппараты для исправленія положенія стоекъ не только у опоръ, какъ описано было выше, но и на подмостяхъ на высотѣ 100 ф. При помощи этихъ приспособленій и достигли въ концѣ сборки вполнѣ точной установки всѣхъ опоръ.

На постройку всѣхъ 12 опорныхъ подмостей пошло

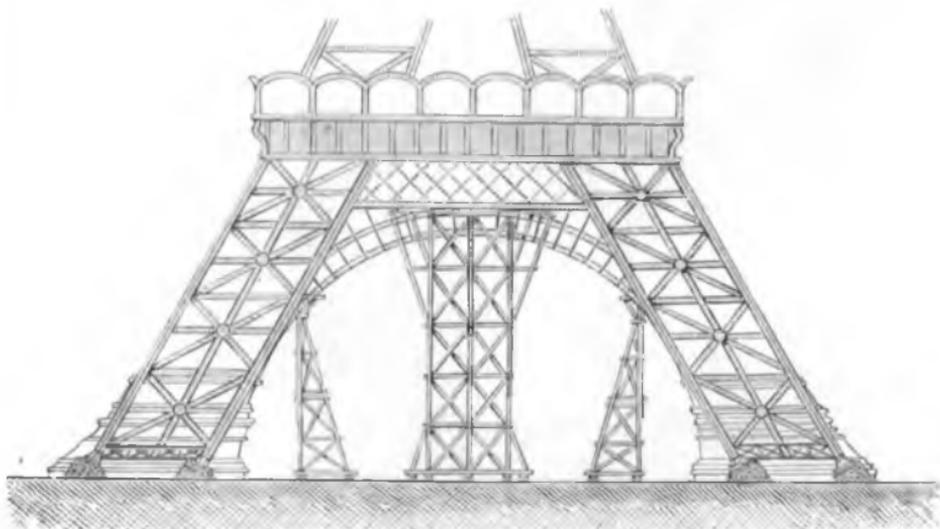


Рис. 13. — Чертежъ подмостей для сборки горизонтальныхъ балокъ и арокъ. Подмости-подпоры. У основанія опоръ обозначенъ профиль цоколя.

не менѣе 21.000 куб. футовъ разнаго лѣса. Благодаря имѣ, собрали металлическое строеніе до высоты въ 164 ф., на которой установлены первыя горизонтальныя балки въ первомъ этажѣ. Видъ подмостей изображенъ на рис. 12 и 13. Всѣ эти подмости были разобраны лишь въ іюнь 1888 года.

Сборка желѣзнаго строенія 1-го этажа происходила при помощи крана, специально проектированнаго для этой цѣли. Кранъ съ отвѣсной поворотной стойкой и

наклонной стрѣлой располагался на салазкахъ, подвижавшихся вверхъ по мѣрѣ надобности по двумъ желѣзнымъ балкамъ, уложеннымъ внутри каждой опоры для будущихъ подъемныхъ машинъ. Балки эти уложены параллельно стойкамъ и поднимаются вверхъ по кривой измѣняющагося уклону. Для того же чтобы кранъ могъ работать на любой высотѣ нижняя его пята устроена такъ, что она можетъ быть установлена въ горизонтальномъ положеніи при любомъ положеніи салазокъ. Поэтому

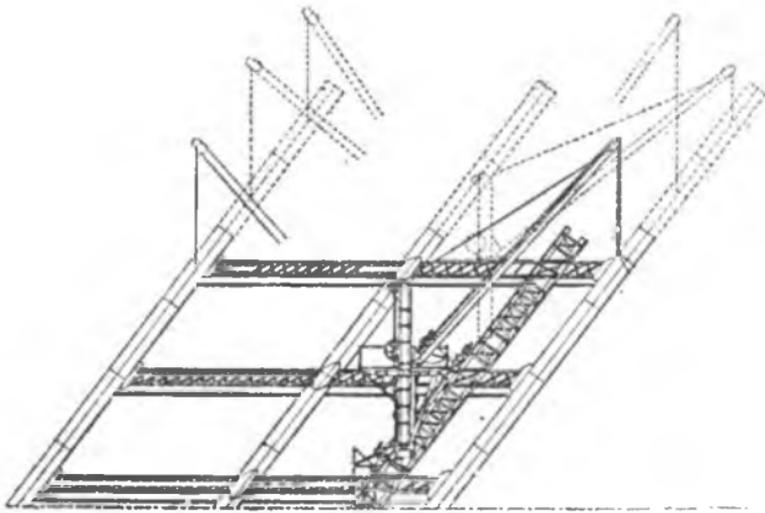


Рис. 14.—Схематическій чертежъ крана для сборки желѣзнаго строения до 1-го этажа.

и стойка крана сохраняетъ постоянно свое отвѣсное положеніе.

Однимъ такимъ краномъ вели сборку цѣлой опоры (рис. 14 и 15) и подавали части желѣзнаго строения до 39 ф. въ сторону отъ крана.

Сборку вели ярусами, перемѣщая кранъ каждый разъ на разстояніе около 8 футъ и закрѣпляя его прочно на новомъ мѣстѣ.

Подъемная сила крана доходила до 250 пудовъ

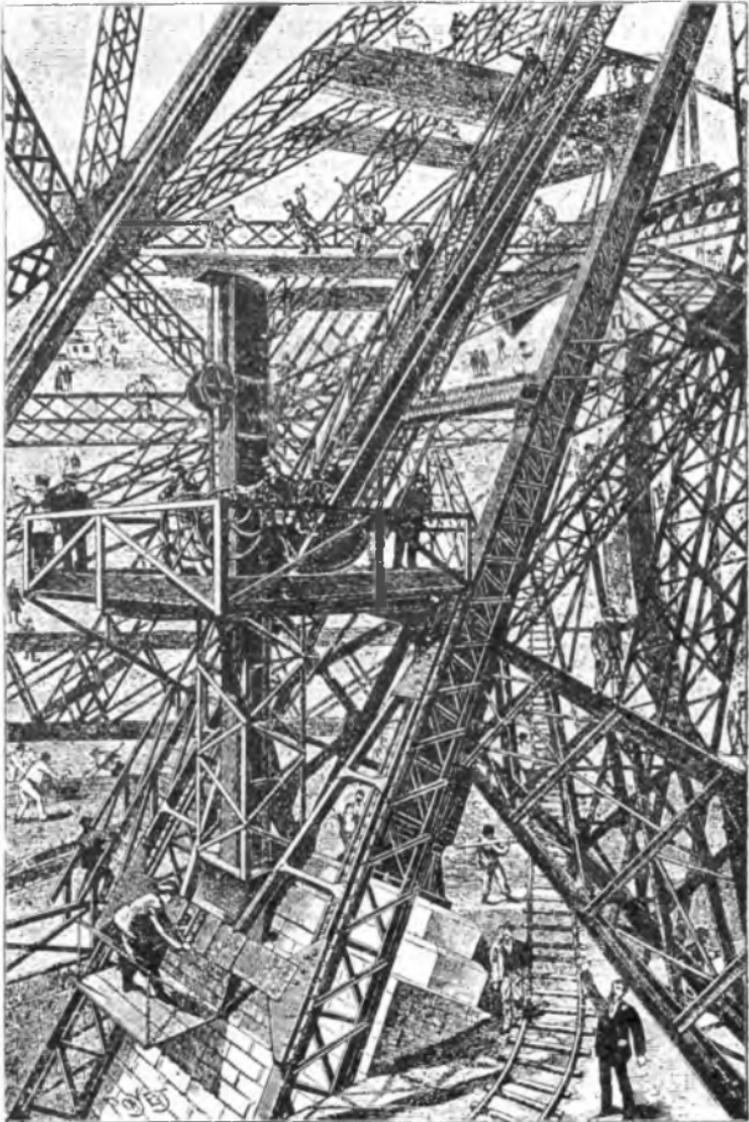


Рис. 15.— Общій видъ крана для сборки желѣзнаго строенія до высоты около 500 футовъ.

при собственномъ вѣсѣ до 740 пудовъ. Конструкція крана оказалась настолько удачной, что сборка подвигалась впередъ съ быстротою, превзошедшей всякія ожиданія.

Четырьмя только что описанными кранами пользовались до высоты около 500 ф. и, не смотря на совершенно исключительныя условія, краны работали не хуже тѣхъ, которые были установлены на прочномъ фундаментѣ на поверхности земли.

Одновременно со сборкою опоръ строили высокія подмости между ними для сборки поперечныхъ балокъ подъ 1-мъ этажемъ.

Установка этихъ рѣшетчатыхъ балокъ представляла значительныя трудности, какъ по ихъ вѣсу 4.300 ид. каждая—такъ и по ихъ высотѣ 25 ф. Къ тому-же ихъ надо было собирать въ наклонномъ положеніи соотвѣтственно общему уклону боковой поверхности башни.

Подмости (рис. 13) высотой въ 150 ф. состояли изъ 3 рядовъ брусчатыхъ стоекъ, связанныхъ между собою схватками и съ подкосами по бокамъ такъ, что наверху получалась платформа въ 80 ф. длиною. Такихъ подмостей построили четыре комплекта, по одному на каждый боковой пролетъ башни.

Построивъ подмости, начали на нихъ сборку средней части горизонтальныхъ рѣшетчатыхъ балокъ и затѣмъ продолжали сборку въ обѣ стороны на вѣсу по тому же способу, который былъ примѣненъ Эйфелемъ съ полнымъ успѣхомъ при сооруженіи мостовъ въ Кюбзакѣ и Сегединѣ.

Производя эту работу одновременно со всѣхъ четырехъ сторонъ и продолжая сборку опоръ кверху, сомкнули наконецъ углы и получили огромную четырехугольную раму, въ углы которой упирались опоры башни. Теперь, по надлежащемъ скрѣпленіи всѣхъ частей, явилась возможность убрать подмости—какъ тѣ, которыя

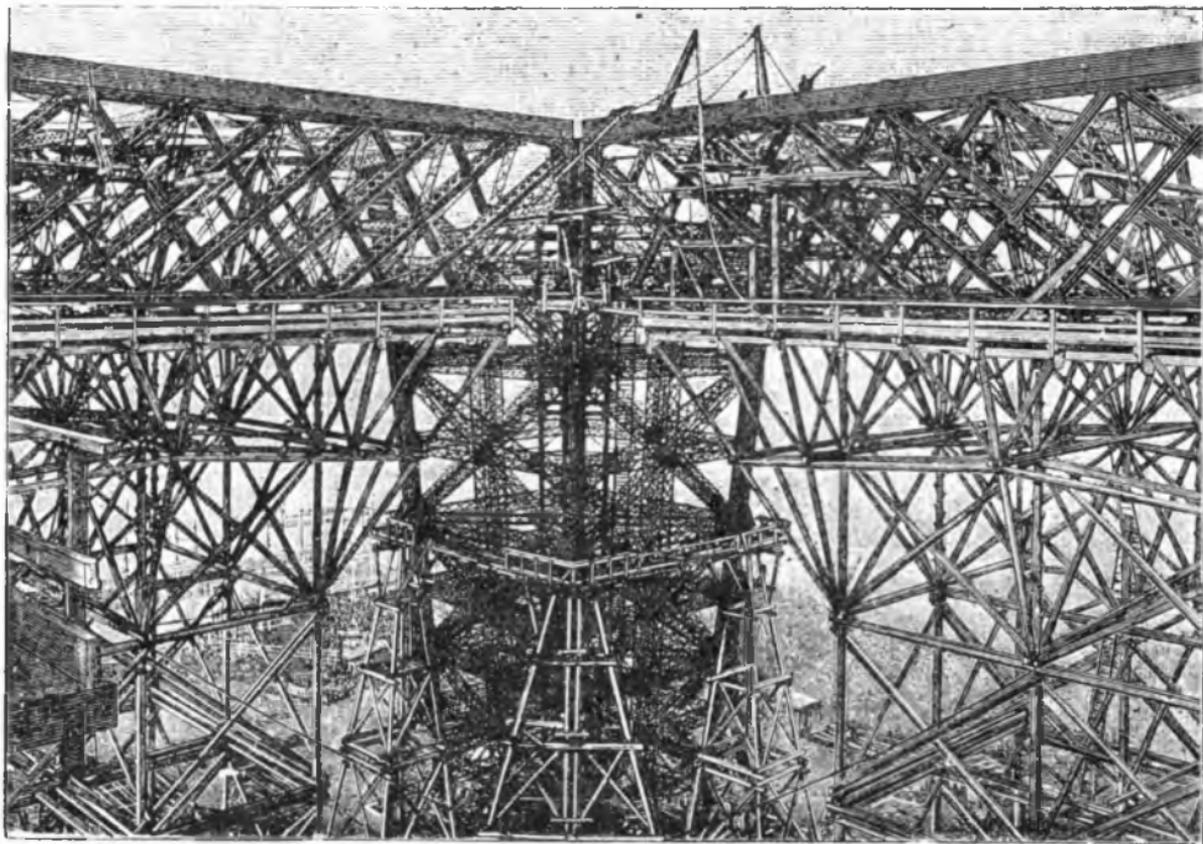


Рис. 16.—Состояніе работъ въ январѣ 1888 г.—Видъ верхней части опоры съ подмостями-опорами и подмостями для сборки горизонтальныхъ балокъ 1-го этажа.

подпирали стойки, такъ и поддерживавшія горизонтальныя балки.

Существенная часть 1-го этажа была такимъ образомъ собрана къ концу 1887 г. и окончаніемъ этой работы дѣло сооруженія башни подвинулось значительно впередъ (рис. 16).

Въ это время количество рабочихъ при постройкѣ башни простиралось до 250 человекъ. Двадцать бригадъ клепальщиковъ были постоянно заняты скленкою собранныхъ частей *).

Уже тогда постройка башни представляла прекрасное и величественное зрѣлище. Предчувствовался громадный интересъ, который возбудила башня въслѣдствіи, по окончанія ея постройки.

Парижская публика живо интересовалась постройкою и начиная съ ноября 1887 г. густыя толпы любопытныхъ наполняли по воскреснымъ днямъ площади и улицы, расположенныя близъ мѣста работъ и слѣдили за ходомъ работъ съ напряженнымъ вниманіемъ. Любопытство публики возрасло еще болѣе, когда приступили къ сборкѣ втораго этажа башни.

Но не одна только праздная толпа дивилась постройкѣ. Эйфель сталъ получать поздравленія и пожеланія дальнѣйшаго успѣха отъ инженеровъ всѣхъ странъ свѣта, слѣдившихъ по газетамъ за ходомъ работъ по постройкѣ башни. Съ своей стороны мы считаемъ умѣстнымъ привести здѣсь нѣкоторыя выдержки

*) Для незнакомыхъ со сборкой металлическихъ построекъ, здѣсь будетъ умѣстно упомянуть, что на мѣсто работъ привозятъ части стоекъ, балокъ, связей и т. д., склепанныя уже на заводѣ, такъ что далеко не всѣ заклепки ставятся на мѣстѣ работъ. При сборкѣ башни, изъ общаго числа 2.500.000 заклепокъ поставлено на мѣстѣ работъ только 800.000. На рис. 20 видна поднятая крапомъ, уже склепанная, часть стойки коробчатаго сѣченія.

изъ официціального рапорта, представленнаго въ то время администраціи выставки о положеніи работъ.

„3 Мая 1887 г. Правительственная комиссія, осмотрѣвъ работы по устройству основаній бани, нашла вполне справедливымъ выразить свою благодарность г. Эйфелю за его достойныя похвалы заботы по устройству надежнаго основанія. Такихъ результатовъ онъ достигъ удачнымъ расположеніемъ отдѣльныхъ частей, отличнымъ качествомъ употребленныхъ въ дѣло строительныхъ матеріаловъ и цѣлесообразною распорядительностью главной администраціи постройки“.

„Мы вмѣняемъ себѣ въ пріятную обязанность заявить, что талантливый инженеръ достоинъ всякой похвалы и за способы, принятыя имъ при дальнѣйшемъ веденіи работъ. Земляныя работы, начатыя въ концѣ января 1887 г., были закончены въ іюнь того же года. Въ теченіи пяти мѣсяцевъ вынуто земли 5.000 куб. саж. и сдѣлано 1.500 куб. саж. каменной кладки“.

„Замѣченныя нами отступленія въ той части желѣзнаго строенія, которая собрана въ настоящее время, отчасти произведены по требованію высшей администраціи выставки, отчасти же составляютъ улучшенія въ конструкціи отдѣльныхъ составныхъ частей строенія“.

Гидравлическіе домкраты. — Сборка верхней части башни.—Вершина башни и помѣщенный на ней освѣтительный приборъ.

Продолжая описаніе работъ по сборкѣ, припомнимъ, что въ предыдущей главѣ мы остановились на томъ, какъ окончили сборку поперечныхъ балокъ перваго этажа. Теперь приступили къ точной повѣркѣ горизонтальности площадки перваго этажа и пришлось исправлять малѣйшія отклоненія опоръ отъ ихъ положенія по проекту. Для этой цѣли приходилось перемѣщать, хотя и на незначительную сравнительно высоту, цѣлую опору.

Исполняли эту задачу при помощи весьма остроумнаго примѣненія гидравлическихъ домкратовъ. Подробное описаніе этого механизма мы помѣщаемъ ниже, а теперь опишемъ вкратцѣ устройство нижней части стоекъ для помѣщенія домкратовъ.

Какъ извѣстно, вся тяжесть башни поддерживается четырьмя опорами четырехугольнаго поперечнаго сѣченія. Каждая опора въ свою очередь составлена изъ четырехъ стоекъ образующихъ ребра опоръ и связанныхъ между собою рѣшеткою изъ желѣзныхъ балокъ и связей. Стойки квадратнаго поперечнаго сѣченія по 32 дюйма въ сторонѣ и склепаны изъ желѣзныхъ листовъ съ прикрѣпленными къ нимъ, для жесткости, желѣзными

проекту, что представляет явную опасность для прочности сооружения. Необходимо следовательно стойки выравнивать при помощи клиньевъ, такъ чтобы ихъ вершины находились въ одной горизонтальной плоскости.

Для этой цѣли опорная часть стоекъ устроены съ пустотою для помѣщенія гидравлическаго домкрата. На рис. 17 изображена опора въ поперечномъ разрѣзѣ, а на рис. 18—видъ ея сбоку. Для большей ясности, на этомъ рисункѣ боковая стѣнка опорной части представлена снятою.

Какъ видно изъ рис. 17 и 18 опора стойки состоитъ изъ чугунаго стакана съ ребордами помѣщающагося на каменномъ массивѣ. Въ боковой стѣнкѣ стакана оставлено отверстіе для помѣщенія гидравлическаго домкрата. Сверху стаканъ прикрытъ крышкой изъ стали прикрѣпленной къ нижнему концу стойки. Между стѣнками чугунаго стакана и стальной крышкой могутъ быть помѣщены стальные клинья для исправленія положенія стойки. Вкладываніе клиньевъ изображено на рис. 18, гдѣ ясно виденъ поршень гидравлическаго домкрата помѣщенный подъ стойкой и насосъ для нагнетанія воды.

Гидравлическій домкратъ состоитъ (рис. 19) изъ поршня, діаметромъ въ 17 дюймовъ, помѣщеннаго въ цилиндрѣ со стѣнками въ $3\frac{1}{2}$ дюйма толщины, что соотвѣтствуетъ наружному діаметру цилиндра въ 2 фута. Какъ поршень такъ и цилиндръ стальные. Вода накачивается рабочими нагнетательнымъ насосомъ и проведена въ цилиндръ металлической трубкой діаметромъ въ $\frac{1}{4}$ дюйма.

Нормальная подъемная сила такого домкрата 49.000 пудовъ, но все домкраты при приѣмкѣ были испытаны еще въ мастерскихъ Волло, Бадуа и К^о давленіемъ въ 600 атмосферъ, что соотвѣтствуетъ подъемной силѣ около 55.000 пудовъ.

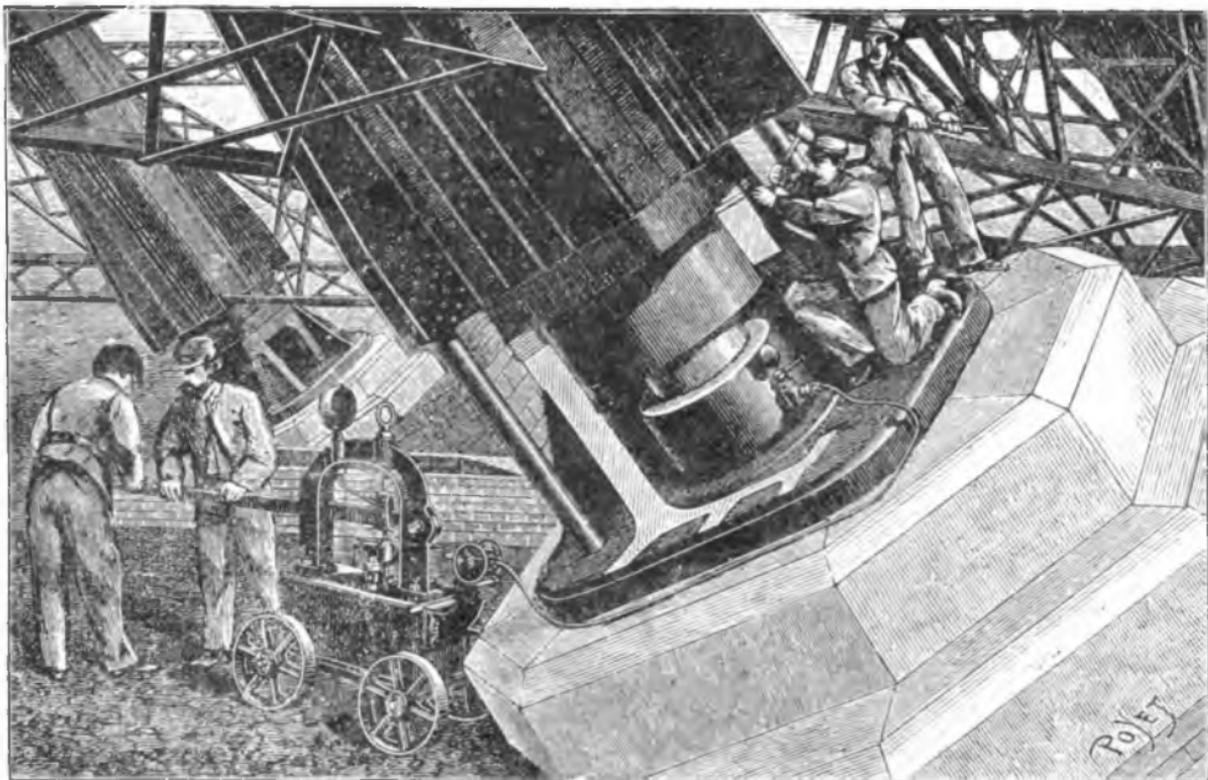


Рис. 18.—Подъемъ стойки при помощи гидравлическаго домкрата и закладываніе прокладонъ между опорною частью и нижнимъ концемъ стойки.

Исправляя, только что описаннымъ способомъ, невѣрное положеніе стоекъ, продолжали сборку и на высотѣ 380 ф. установили снова горизонтальныя балки подъ площадку 2-го этажа.

Въ то-же время шла сборка арокъ нижняго этажа, имѣющихъ чисто декоративное значеніе и кронштейновъ, поддерживающихъ наружную галлерею перваго этажа. Только по окончаніи всѣхъ этихъ работъ приступили къ разборкѣ всѣхъ подмостей, служившихъ какъ

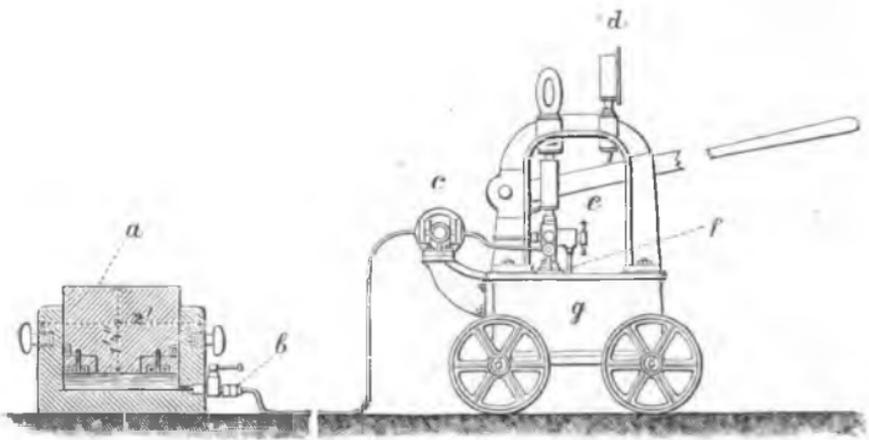


Рис. 19. — Гидравлическій домкратъ. *a.* Поршень домкрата. — *b.* Клапанъ, не пропускающій воду обратно изъ цилиндра въ насосъ. — *c.* Развѣтвленіе отъ 1 нагнетательнаго насоса на 2 домкрата. — *d.* Манометръ, показывающій до 700 атмосферъ. — *e.* Нагнетательный насосъ. — *f.* Труба для выпуска воды. — *g.* Резервуаръ для воды.

для сборки горизонтальныхъ балокъ и арокъ, такъ и подпорами для наклонныхъ опоръ башни.

Сборка желѣзнаго строенія между первымъ и вторымъ этажами происходила также при помощи четырехъ подъемныхъ поворотныхъ крановъ, по одному на каждой опорѣ, двигавшихся по балкамъ, уложеннымъ для подъемныхъ машинъ.

Эти краны поднимали желѣзныя части съ площадки

1-го этажа, гдѣ были установлены паровой кранъ съ локобилемъ въ 6 силъ для подъема желѣзныхъ частей съ поверхности земли.

По окружности первого этажа устроена временная

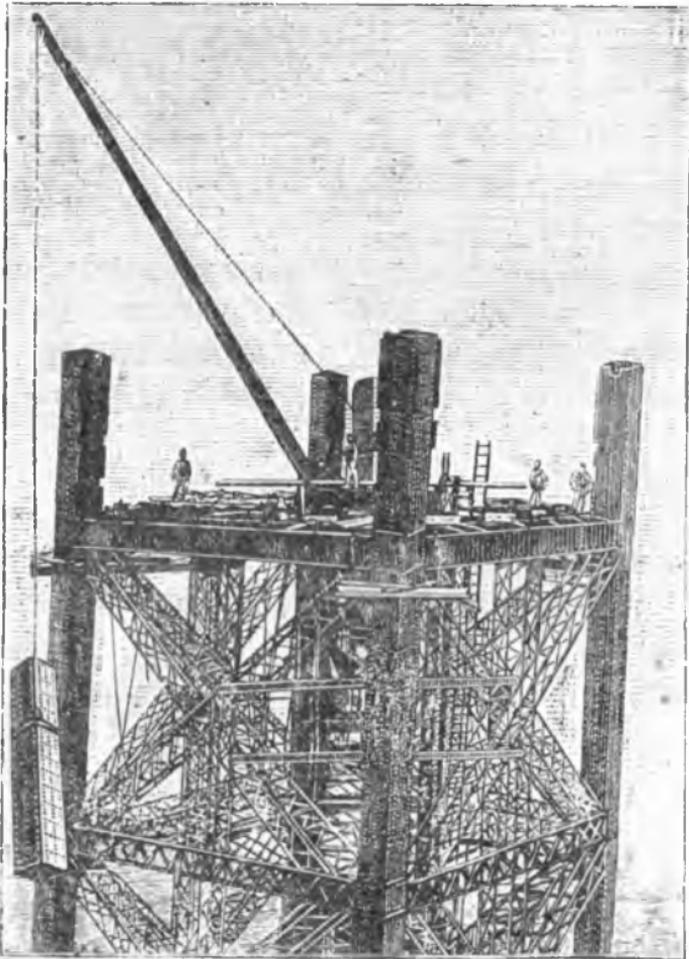


Рис. 20.—Кранъ для сборки желѣзнаго строенія выше 1-го этажа.

платформа и по ней круговой рельсовый путь, по которому двигались вагонетки для отвозки поднятыхъ желѣзныхъ частей къ соответствующимъ опорамъ. Доставленные къ низу опоры части поднимались краномъ,

помѣщеннымъ на ея вершинѣ (рис. 20) и устанавливались затѣмъ на мѣсто.

Часть временной платформы перваго этажа съ одною опорой изображена на рис. 21. На правой сторонѣ рисунка видно помѣщеніе для локомобиля, паровой кранъ и часть рельсоваго пути.

При дальнѣйшей сборкѣ, когда стали устанавливать поперечныя балки между 2-мъ и 3-мъ этажами, вершины двухъ опоръ оказались выше другихъ на $\frac{1}{4}$ дюйма. Та-же погрѣшность была замѣчена еще при установкѣ балокъ перваго этажа. Такъ какъ на мѣстѣ работъ не допускалось разсверливанія дыръ заклепокъ ивообще какое либо измѣненіе въ частяхъ, доставленныхъ съ завода, то разность въ положеніи опоръ исправили при помощи описанныхъ выше гидравлическихъ домкратовъ.

Выше втораго этажа приемы сборки существенно измѣнились, такъ какъ тамъ для подъемныхъ машинъ уже не было путей, по которымъ двигались 4 крана.

Кромѣ того поперечное сѣченіе башни постоянно уменьшается, а четыре опоры, сливаясь, образуютъ четырехугольную пирамиду съ вогнутыми боковыми поверхностями. Потому для успѣшнаго хода сборки оказалось вполне достаточнымъ оставить только два крана, измѣнивъ ихъ устройство сообразно новымъ условіямъ ихъ установки.

Для прикрѣпленія двухъ крановъ Эйфель избралъ вертикальную коробчатую стойку, установленную въ этой части башни для подъема системы Эду. *)

Два крана, изъ имѣвшихся при постройкѣ, приспособили такимъ образомъ, что они могли двигаться по

*) См. рис. 32 на стр. 71.—Посрединѣ рисунка между вагонами подъема.

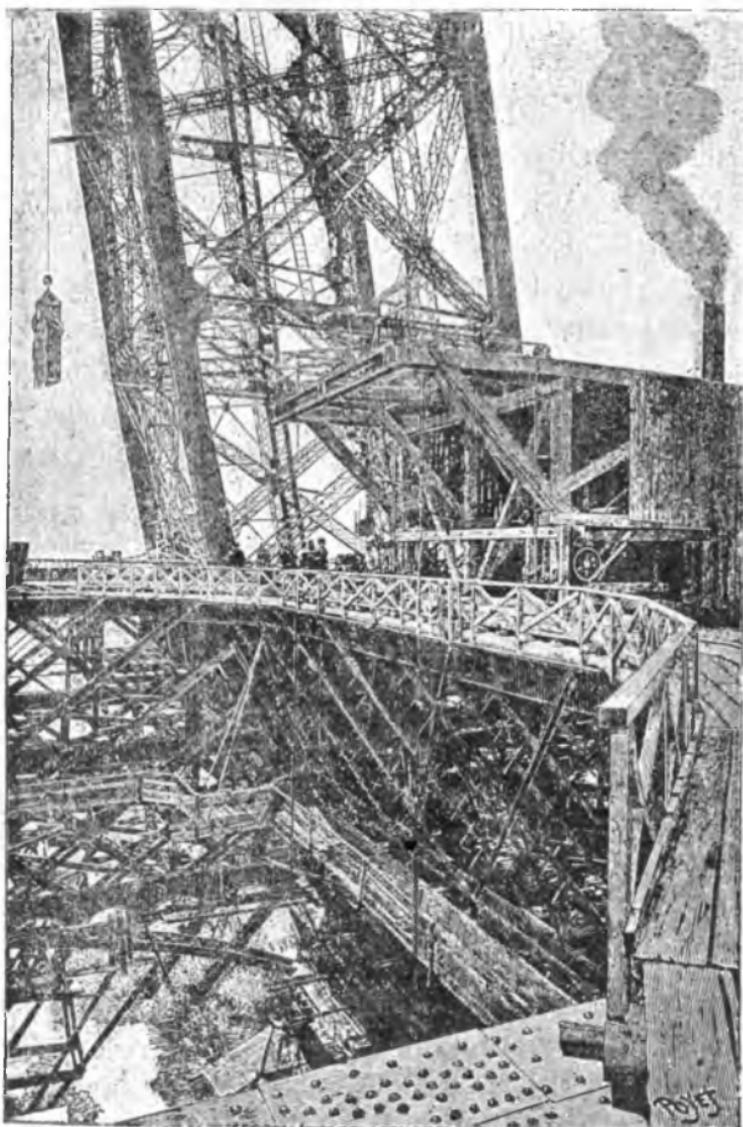


Рис. 21. — 1-й этажъ башни въ августѣ 1888 г.

вертикальной стойкѣ, расположенные по обѣ ея стороны и взаимно уравновѣшенные. Но поверхность стойки, коробчатого поперечнаго сѣченія, оказалось недостаточною для прочнаго прикрѣпленія площадки съ кранами. Тогда со стойкою соединили систему вертикальныхъ желѣзныхъ рамъ высотой въ 10 ф. достаточной ширины и къ нимъ уже прикрѣпляли на болтахъ площадку съ кранами (рис. 22). Подобныя три рамы, надлежащимъ образомъ сболченныя, образовали для крановъ вертикальный путь около 30 ф. длиною. Краны перемѣщались вверхъ подобными же механизмами какъ и при движеніи по наклонному пути въ нижнихъ этажахъ башни.

Для передвиженія крана устанавливали надъ нимъ новую систему вертикальныхъ рамъ, подвигали кранъ вверхъ и нижнія рамы разбирали для дальнѣйшаго передвиженія. Всѣ эти приспособленія показаны на рис. 22. Обѣ площадки крановъ соединялись горизонтальными рамами и вообще были приняты возможные мѣры предосторожности, чтобы поставить внѣ всякой опасности какъ механизмы крановъ, такъ и приставленныхъ къ нимъ рабочихъ. Перестановки крановъ были рассчитаны такимъ образомъ, что съ каждаго новаго положенія крановъ представлялась возможность собрать одну полную панель.

На перестановку крановъ для сборки слѣдующей панели, считая тутъ и перестановку шести рамъ вертикальныхъ, по три на каждый кранъ, требуется не болѣе 48 часовъ. Этотъ промежутокъ времени не покажется продолжительнымъ, если принять во вниманіе, что вѣсь перемѣщаемыхъ приспособленій доходитъ до 2.800 пудовъ и что самое передвиженіе совершается не иначе какъ въ нѣсколько пріемовъ.

Эти только что описанные краны поднимали же-

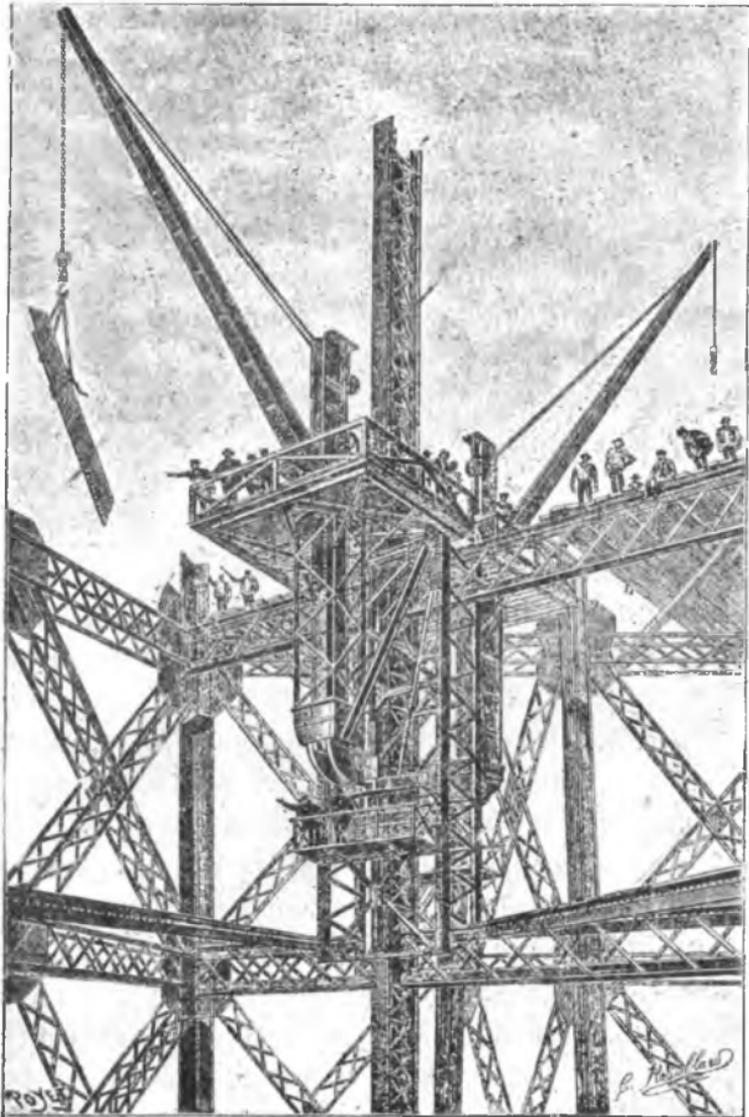


Рис. 22.—Расположеніе крановъ для сборки желѣзнаго строенія выше 656 футовъ.

лѣзные части со втораго этажа на мѣсто сборки. На площадкѣ же втораго этажа помѣщался паровой кранъ для подъема желѣза съ перваго этажа, на который, какъ сказано было раньше, оно поднималось съ поверхности земли тоже посредствомъ пароваго крана.

Когда сборка поднялась выше промежуточной платформы, для подъема Эду *), на высотѣ 643 ф., то и на ней помѣстили паровой кранъ для подъема желѣза со втораго этажа на промежуточную платформу.

При сборкѣ верхней части башни до вершины включительно работали всѣ 3 крана: помѣщенные на 1-мъ и 2-мъ этажахъ и на промежуточной платформѣ, на высотѣ 643 ф. Отсюда желѣзо поднималось кранами установленными на вершинѣ и доставлялось на мѣсто сборки.

30 марта 1889 г. постройка башни въ 984 ф. была окончена и на слѣдующій же день, 31 марта, состоялось торжество ея передачи въ вѣдѣніе администраціи выставки, причемъ Эйфель лично поднялъ французскій флагъ на вершинѣ этого грандіознаго сооруженія на высотѣ 984 ф. надъ поверхностью земли.

Вершина башни (рис. 23) нѣсколько упирена и свѣшивающіяся ея части поддерживаются со всѣхъ четырехъ сторонъ кронштейнами. Вверху она заканчивается стекляннымъ фонаремъ съ маячнымъ огнемъ. Краткое его описаніе будетъ помѣщено ниже. Въ нижней части вершины устроена крытая галлерей для публики. Имѣя по 52 ф. въ сторонѣ она въ состояніи вмѣстить до 800 человѣкъ. Подвижныя оконныя рамы въ стѣнахъ галлерей закрываются во время сильнаго вѣтра.

Еще выше, надъ галлереей, находятся помѣщенія

*) См. рис. 31 на стр. 69.—Промежуточная платформа обозначена буквами *cd*.

назначенныя исключительно для научныхъ наблюде-
ній, и ученымъ представится прекрасный случай про-
извести тамъ рядъ опытовъ при небывалыхъ до сихъ
поръ условіяхъ.

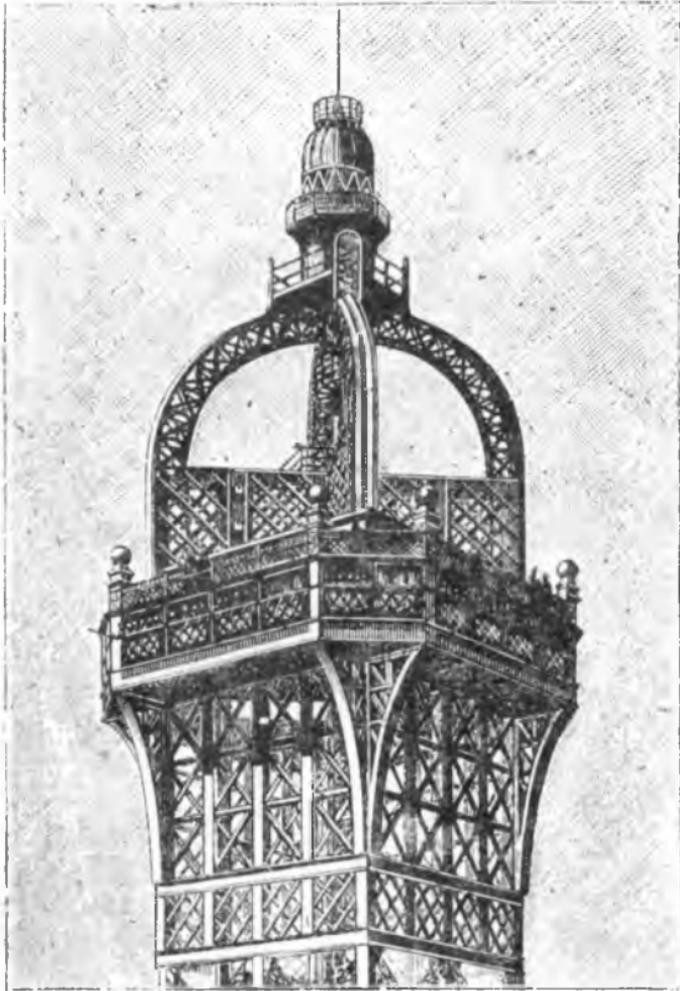


Рис. 23.—Вершина башни.

Самая вершина башни состоитъ изъ двухъ взаимно
пересѣкающихся рѣшетчатыхъ арокъ коробчатого по-
перечнаго сѣченія, расположенныхъ по діагоналямъ

верхней площадки. Эти арки поддерживают фонарь съ маячнымъ огнемъ, равнымъ по интенсивности первокласснымъ французскимъ маякамъ. Къ фонарю можно подняться по винтовой лѣстницѣ, расположенной по оси башни. Маячный огонь видѣнъ въ окрестностяхъ Парижа на разстояніи до 65 верстъ въ окружности. Еще два прибора, подвижные, съ рефлекторами огромной силы, освѣщаютъ, по желанію, разноцвѣтнымъ свѣтомъ зданія выставки или Парижа. Ночью, при такомъ освѣщеніи, получаютъ поразительныя свѣтовые эффекты (рис. 24).

Надъ стекляннымъ куполомъ фонаря имѣется еще небольшая круглая площадка діаметромъ въ $4\frac{1}{2}$ ф. окруженная металлическими перилами. Туда взбираются по лѣстницѣ прикрѣпленной къ фонарю снаружи. Площадка эта, на высотѣ 984 ф. надъ землею, назначена спеціально для анемометровъ и другихъ метеорологическихъ аппаратовъ, требующихъ установки въ открытомъ со всѣхъ сторонъ мѣстѣ.

По приглашенію Эйфеля мы присутствовали при поднятіи французскаго флага на вершинѣ башни 31 марта 1889 г.

Во время восхожденія мы невольно вспомнили про свои предыдущія посѣщенія постройки и не могли не удивиться глубокому знанію дѣла, съ которымъ была ведена постройка этого по истинѣ величественнаго сооружения. Притомъ способъ сборки желѣзныхъ частей чисто французскій. На это указываетъ Максъ де Нансути въ журналѣ „Génie civil“. Сравнивая работы по постройкѣ моста чрезъ р. Форзъ въ Англии съ работами по сооруженію Эйфелевой башни, онъ говоритъ:

„Отличіе между этими двумя работами выступаетъ особенно рѣзко въ сборкѣ. У англичаць на мѣсто работъ доставляются желѣзныя части не окончательно

отдѣланныя, вмѣстѣ съ чертежами. Задача монтеровъ состоитъ въ томъ, чтобы каждую часть пригнать и поставить на мѣсто. При этомъ зачастую приходится обрѣзывать листы и даже пробивать или про-

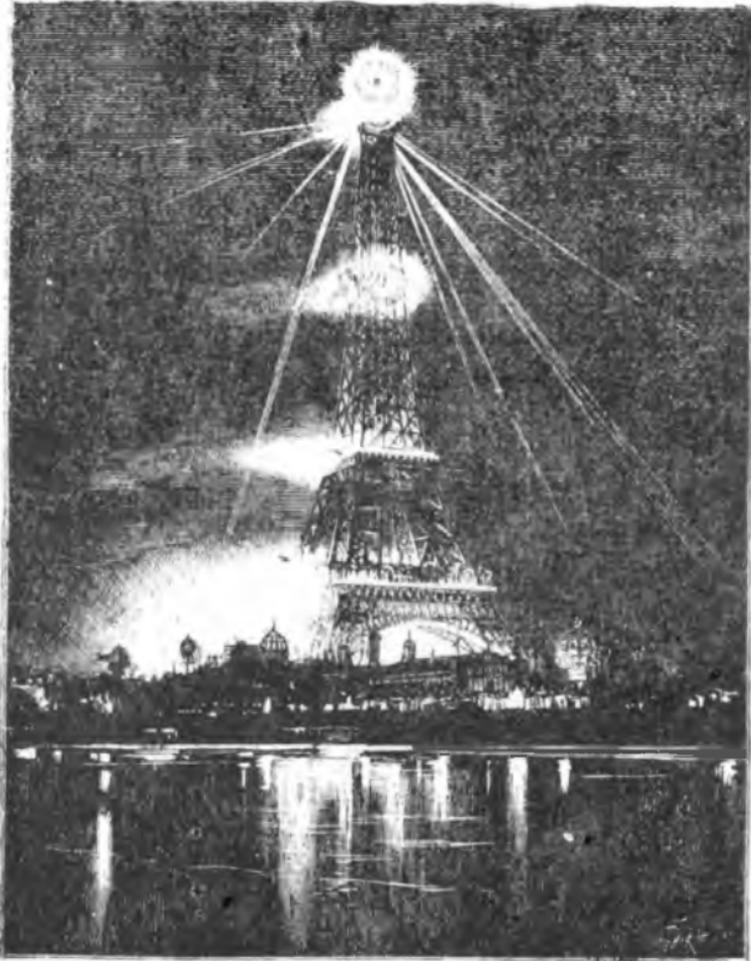


Рис. 24.—Иллюминація Эйфелевой башни въ день открытія выставки, вечеромъ 6 мая 1889 г.

сверливать новыя отверстія для заклепокъ. Допускается и разсверливаніе въ тѣхъ случаяхъ когда при сборкѣ отверстія одной части не совпадаютъ вполне точно съ

отверстіями другой. Подкладки и другія мелкія вещи прирѣзываютъ и подгоняютъ на мѣстѣ. Такимъ образомъ сборка состоитъ не только въ прилаживаніи и склепкѣ отдѣльныхъ частей, но и въ ихъ окончательной отдѣлкѣ и пригонкѣ. Потому на мѣстѣ работъ и помѣщается особая мастерская подъ управленіемъ опытныхъ въ сборкѣ инженеровъ“.

„Совершенно иная картина представляется намъ при постройкѣ Эйфелевой башни. Здѣсь сборка происходитъ совершенно независимо отъ мастерскихъ, гдѣ изготовлялись желѣзныя части. На мѣстѣ сборки мы не видимъ никакихъ станковъ или приспособленій, ни для сверленія дыръ ни для разсверливанія или выгибанія листовъ. Всѣ составныя части получаютъ на мѣстѣ сборки въ совершенно законченномъ видѣ. Каждая часть занумерована по порядку и должна согласоваться съ сосѣдними. Если заклепочныя отверстія соединяемыхъ частей не совпадали, то такія части отсылали обратно въ мастерскую“.

„Трудно конечно рѣшить, какая система, французская или англійская, даетъ лучшіе результаты. Во всякомъ случаѣ достоинство системы, примѣненной Эйфелемъ, заключается въ томъ, что здѣсь все предвидѣно и разработано до мельчайшихъ подробностей и получается въ результатѣ сооруженіе, вполне согласное съ проектомъ“.

VI.

Лѣстницы и подъемы.

Послѣ подробнаго описанія башни намъ остается еще поговорить объ устроенныхъ въ ней лѣстницахъ и подъемахъ.

Лѣстницы. Въ восточной и западной опорахъ башни устроены прямыя лѣстницы шириною въ $3\frac{1}{4}$ ф. со множествомъ площадокъ. Эти двѣ лѣстницы ведутъ на площадку перваго этажа и изъ нихъ одна назначена для публики, поднимающейся на башню, а другая—для возвращающихся обратно.

По расчетамъ Эйфеля, по лѣстницамъ можно пропускать болѣе 2.000 человѣкъ въ часъ.

Для соединенія перваго этажа со вторымъ устроены винтовыя лѣстницы (рис. 25) шириною въ 2 фут., по одной въ каждой опорѣ. Двѣ изъ нихъ назначены для публики, поднимающейся вверхъ, а другія двѣ—для опускающихся внизъ посѣтителей. По нимъ тоже можно пропускать до 2.000 человѣкъ въ часъ. Со втораго этажа на третій хотя и устроена винтовая лѣстница, но пользованіе ею предоставлено исключительно лицамъ администраціи выставки.

Площадка перваго этажа, поверхностью до 26.000 кв. ф. окружена открытой галлереей для публики, желающей полюбоваться прекраснымъ видомъ на выставку, Парижъ и его окрестности. Галлерейя, открытая сбоку.

защищена отъ непогоды желѣзною крышею, красиво расположенной ввидѣ арокъ. Длина всей галлерей 928 футовъ при ширинѣ въ $8\frac{1}{2}$ ф. Она окружаетъ четырехугольникъ, въ которомъ помѣщаются четыре залы, отдѣланныя подъ рестораны и вмѣщающія каждая 500—600 человекъ.

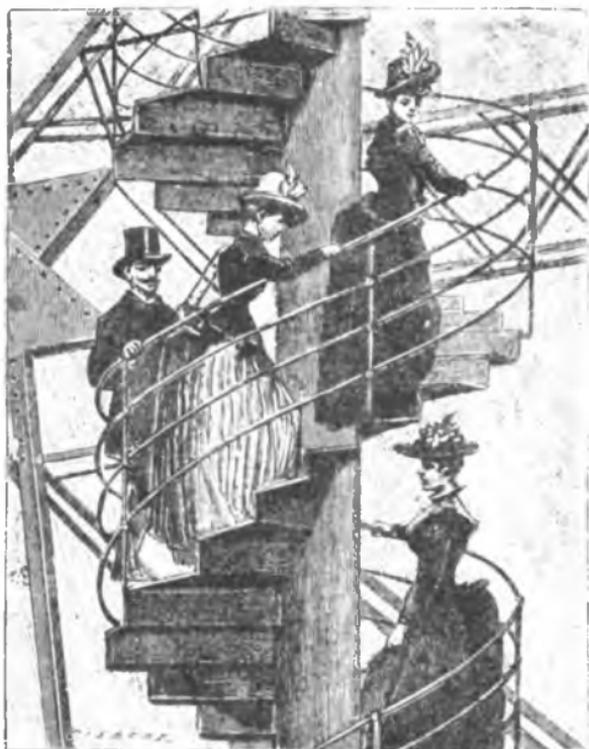


Рис. 25.—Винтовая лѣстница.

Второй этажъ, площадью въ 15.000 квадрат. ф., окруженъ тоже крытою галлереею, длиною по окружности до 492 ф. при ширинѣ въ $8\frac{1}{2}$ ф. Середина площадки занята подъемными машинами, идущими наклонно съ перваго этажа во второй и вертикально — со втораго на третій. Тутъ же помѣщается отдѣленіе типографіи газеты „Фигаро“.

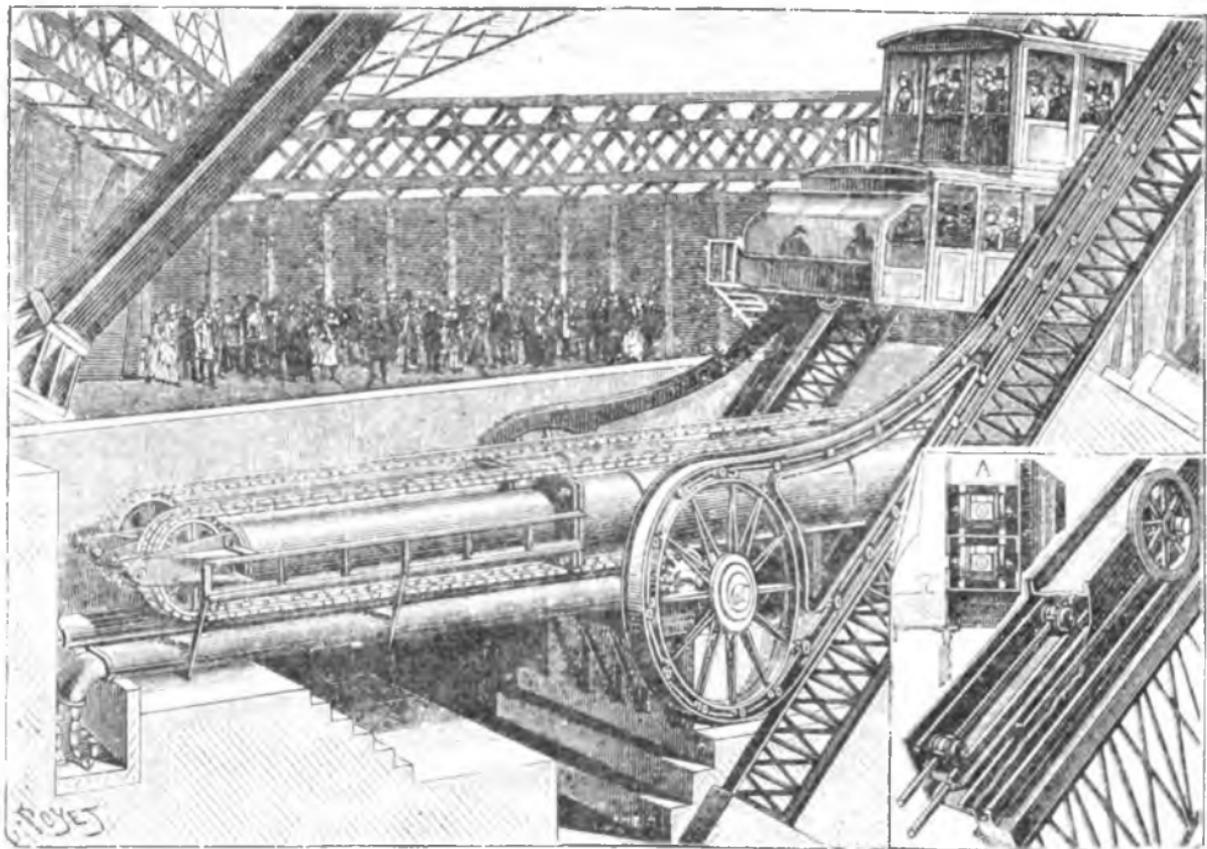


Рис. 26.—Подъем системы Ру, Номбалюзье и Лепаль.—А. Коробъ съ безконечною цѣпью.

Площадка третьяго этажа представляет собою огромный квадратный залъ по 52 ф. въ сторонѣ, съ задвижными оконными рамами по всѣмъ четыремъ стѣнамъ.

Подъемы устроены трехъ системъ:

- 1) Системы Ру, Комбалюзье и Лепанъ.
- 2) Системы Отисъ.
- 3) Системы Эду.

Подъемы размѣщены въ башнѣ слѣдующимъ образомъ: отъ основанія башни до перваго этажа—2 подъема Ру, Комбалюзье и Лепанъ и 2 Отисъ; съ перваго этажа на второй—2 подъема Отисъ и, наконецъ, со втораго этажа на третій—подъемъ Эду.

Подъемъ Ру, Комбалюзье и Лепанъ состоитъ, какъ видно изъ рис. 26, изъ двухъэтажнаго вагона для пассажировъ, помѣщающагося между двумя рѣшетчатыми балками, по которымъ уложены рельсы для колесъ вагона, прикрѣпленныхъ къ его боковымъ стѣнкамъ. Съ наружной стороны каждой балки помѣщается желѣзный коробъ. Въ увеличенномъ видѣ и притомъ вскрытымъ онъ изображенъ въ правомъ нижнемъ углу рис. 26 и тутъ-же поперечное его сѣченіе, обозначенное буквою А. Коробъ этотъ раздѣленъ по высотѣ на 2 части, въ которыхъ движутся по рельсамъ поднимающаяся и опускающаяся части безконечной цѣпи, составленной изъ прямолинейныхъ звеньевъ, соединенныхъ между собою шарнирами. Вагонъ, помѣщаясь между двумя цѣпями, прикрѣпленъ къ нимъ боковою своею стѣнкою.

Особенность этихъ цѣпей состоитъ въ томъ, что онѣ поднимаютъ вагонъ давленіемъ или вѣрнѣе подталкиваніемъ, а не тягою. Потому цѣпи и уложены въ желѣзныхъ коробахъ, чтобы не было боковаго выпучиванія. Подобное устройство выгодно тѣмъ, что при

поврежденіи какого нибудь звѣна, произойдетъ только остановка вагона. Сорваться же онъ не можетъ, упираясь въ звенья цѣпи, находящіяся въ закрытомъ со всѣхъ сторонъ коробѣ. Поступательное движеніе вверхъ сообщается цѣпямъ при посредствѣ колесъ съ выступами на ободѣ, въ которые укладываются звѣнья. Колеса находятся на поверхности земли и приводятся въ движеніе давленіемъ воды, какъ мы подробно изложимъ ниже.

Общее расположеніе частей подъема изображено на рис. 27.

Движущій механизмъ, дѣйствующій давленіемъ воды, состоитъ, какъ видно на черт. 26, изъ двухъ цилиндровъ діаметромъ $3\frac{1}{4}$ ф. каждый, въ которыхъ движутся поршни съ ходомъ въ 16 фут. Оба поршня заканчиваются блоками, чрезъ которые перекинута колѣнчатая цѣпь Галля. Части цѣпей надъ поршнями (рис. 26) закрѣплены съ правой стороны. Нижнія части, подъ поршнями, огибають шестерню и затѣмъ по трубѣ возвращаются опять вправо и тамъ выходятъ изъ трубы наружу.

Шестерни, по одной подъ каждымъ поршнемъ, насажены на тотъ же валъ, на которомъ находятся колеса съ выступами, огибаемая безконечными цѣпями. Отношеніе окружности шестерни и колеса равно $1:6\frac{1}{2}$, т. е. при вращеніи каждая точка окружности колеса, въ извѣстный промежутокъ времени, проходитъ путь въ $6\frac{1}{2}$ разъ большій, чѣмъ любая точка, взятая на окружности шестерни. Понятно изъ сказаннаго выше, что при передвиженіи поршня, давленіемъ воды, на 16 ф., каждая точка окружности шестерни совершитъ путь въ 2 раза большій: $2 \times 16 = 32$ ф., а точка окружности колеса съ выступами передвинется на разстояніе въ $6\frac{1}{2}$ разъ большее, т. е. цѣпи, а съ ними

и вагонъ, передвинутся вверхъ на разстояніе около 200 ф., равное вышинѣ первого этажа башни.

Вода для приведенія въ дѣйствиѣ всего этого механизма проведена изъ резервуаровъ, помѣщенныхъ на второмъ этажѣ башни.

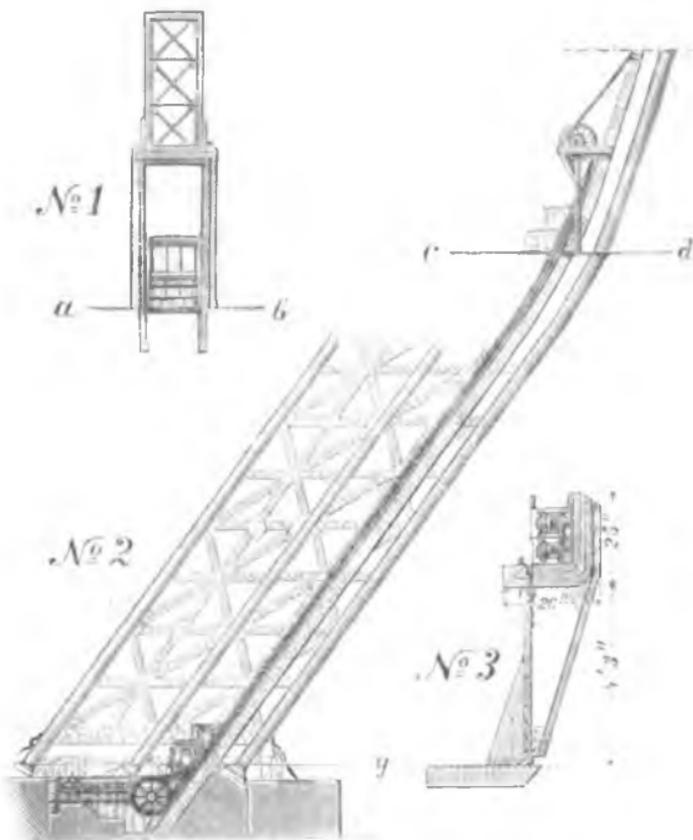


Рис. 27.— Общее расположеніе частей подъема системы Ру, Комбальюзье и Лепанъ.— № 1. Верхняя часть.— *ab*. Площадка 1-го этажа.— № 2. Боковой видъ подъема.— *cd*. Площадка 1-го этажа. № 3. Кронштейнъ поддерживающій коробъ съ безконечною цѣпью.

Скорость подъема достигаетъ $3\frac{1}{4}$ ф. въ секунду, такъ что помѣщающіеся въ вагонѣ 100 пассажировъ достигаютъ площадки 1-го этажа въ теченіе одной минуты.

Подъемъ Отисъ устроенъ по американской системѣ. Поршень, выдвигаемый изъ цилиндра давленіемъ воды, приводитъ въ движеніе систему блоковъ, подобную тѣмъ, которыя употребляютъ въ гидравлическихъ кранахъ Армстронга (рис. 28, 29 и 30).

По срединѣ опоры башни помѣщенъ чугунный цилиндръ параллельно стойкамъ, длиною въ 36 ф. при діаметрѣ въ 37 дюймовъ. Внутри цилиндра движется поршень давленіемъ воды, проведенной изъ резервуара со втораго этажа. Вода вступаетъ въ цилиндръ подъ давленіемъ 11 — 12 атмосферъ, или $4\frac{1}{2}$ — 5 пуд. на кв. дюймъ. Поршень передаетъ свое поступательное движеніе тѣлѣжкѣ съ шестью блоками по 5 ф. діаметромъ каждый. Такъ какъ каждому блоку на тѣлѣжкѣ соотвѣтствуетъ другой, укрѣпленный неподвижно, то черезъ это образуется огромный полиспасть *) въ 12 канатовъ.

Конецъ каната перекинуть чрезъ блокъ, помѣщенный выше площадки 2-го этажа, и затѣмъ прикрѣпленъ къ вагону подъема, движущагося тоже по рельсамъ, съ уклономъ, увеличивающимся по мѣрѣ приближенія къ площадкѣ 2-го этажа. Дѣйствіе полиспаста выражается тѣмъ, что при перемѣщеніи поршня на 1 ф., вагонъ передвигается на 12 ф.

Для уравновѣшиванія части груза вагона служить противовѣсъ, перемѣщающійся по рельсамъ параллельнымъ пути подъема и расположеннымъ подъ нимъ.

Вагонъ удерживается шестью проволочными канатами. Два изъ нихъ прикрѣплены къ противовѣсу, а остальные 4 къ полиспаству. Всѣ канаты такого

*) Соединеніе нѣсколькихъ блоковъ въ одну систему.

діаметра, що одного изъ нихъ было-бы совершенно достаточно для удержанія вагона со всіми пассажирами.

Кромѣ того, для большей безопасности, помѣщенъ подъ вагономъ особый автоматическій тормазъ, оста-

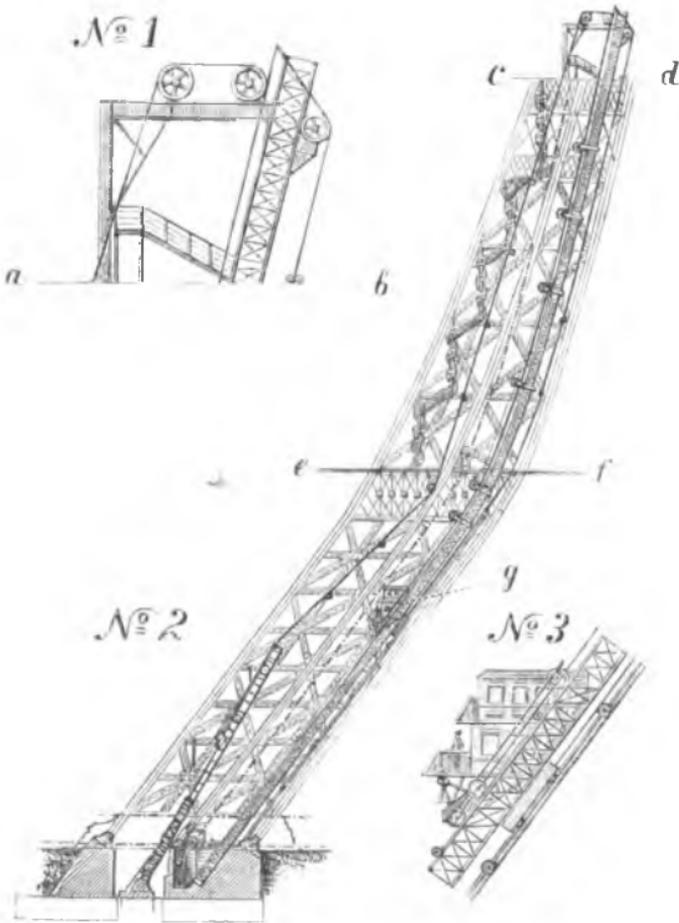


Рис. 28. — Общее расположеніе частей подъема системы Отисъ. — № 1. Верхніе шкивы.—*ab*. Площадка 2-го этажа.—№ 2. Боковой видъ подъема.—*cd*. Площадка 2-го этажа.—*ef*. Площадка 1-го этажа.—*g*. Вагонъ подъема.—№ 3. Вагонъ подъема и подъ нимъ противовѣсъ.

навливающій вагонъ моментально не только въ случаѣ разрыва канатовъ, но даже въ случаѣ чрезмѣрнаго удлинненія одного изъ нихъ. Подобнымъ же тормазъ-

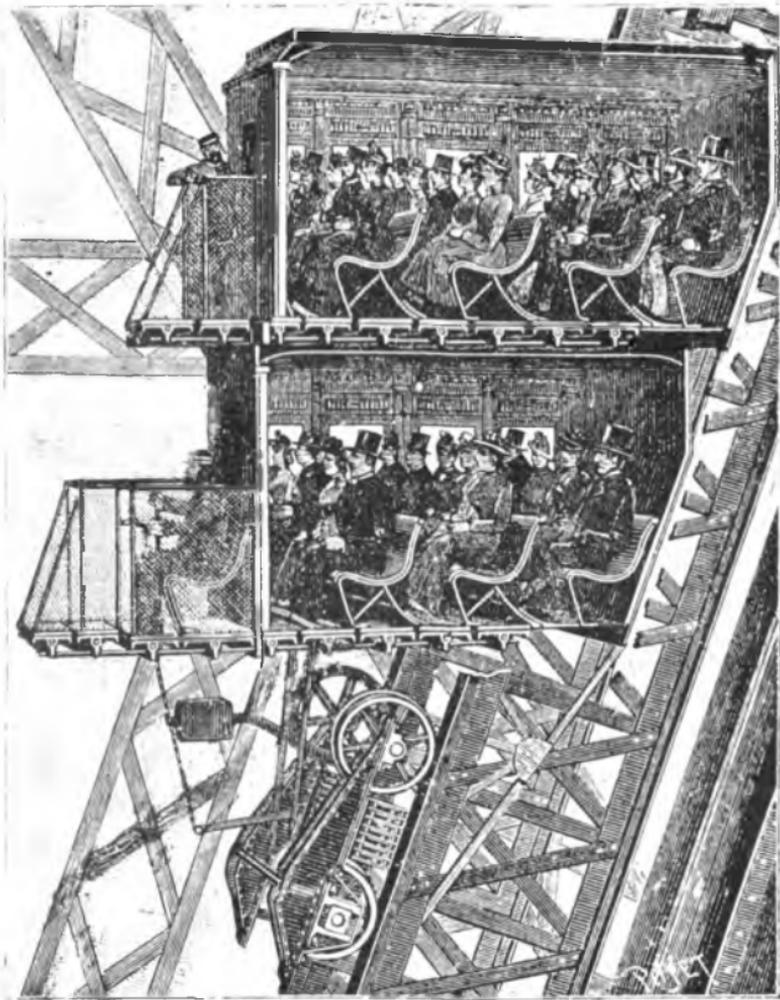


Рис. 29.—Вертикальный разрез вагона системы
Отисъ.

зомъ снабжень и противовѣсъ, путь котораго, помощью тройнаго полиспагта, сокращень до 141 ф.

Вагонъ вмѣщаетъ въ себя не болѣе 50 человекъ публики, но при скорости подъема въ $6\frac{1}{2}$ ф. въ секунду, т. е. вдвое болѣе чѣмъ скорость другихъ подъемовъ, можно поднять въ данный промежутокъ времени такое-же количество пассажировъ, какъ и подъемами Комбалуэе.

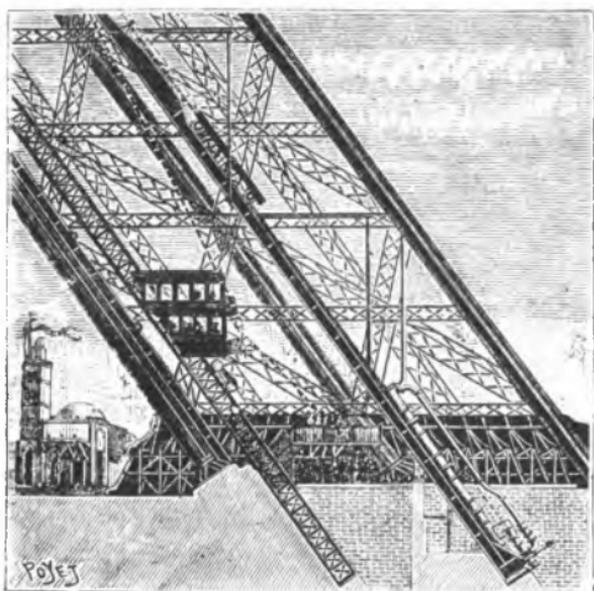


Рис. 30.—Подъемъ системы Отисъ.
Устройство движущаго механизма.

Подъемъ Эду. Этотъ подъемъ вертикальный, приводимый въ движеніе давленіемъ воды. Вся высота подъема 526 ф., остроумно разбита на 2 равныя части по 263 ф. при посредствѣ промежуточной площадки, устроенной на этой высотѣ.

Подъемъ состоитъ (рис. 31) изъ 2 вагоновъ, подвѣшенныхъ къ проволочнымъ канатамъ, которые перекинуты чрезъ блоки, прикрѣпленные надъ площад-

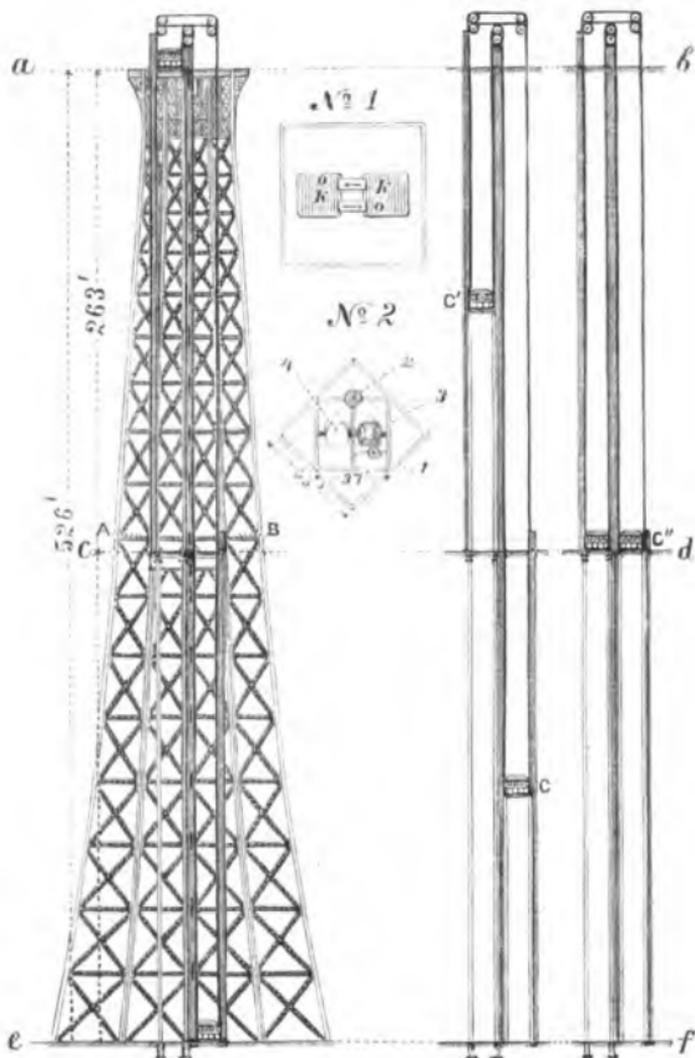


Рис. 31. — Подъемъ системы Эду. — Общее расположение частей подъема.—*ab*. Площадка 3-го этажа.—*cd*. Промежуточная платформа.—*ef*. Площадка 2-го этажа.—*CC''*. Положеніе вагоновъ во время подъема.—*C''*. Положеніе вагоновъ на промежуточной платформѣ.—№ 1 изображаетъ планъ по *AB*, гдѣ *k* и *k* обозначаютъ вагоны подъема, *o* и *o*—двери, а стрѣлками показано направленіе— по которому пассажиры переходятъ въ другой вагонъ. № 2.— Планъ площадки 3-го этажа.—1. Винтовая лѣстница.—2. Бакъ съ водою.—3. Сторона, гдѣ вагонъ виситъ на канатахъ.—4. Сторона, гдѣ вагонъ поднимается поршнями гидравлическихъ прессовъ.

кою 3-го этажа. Длина канатовъ взята такая, что когда одинъ вагонъ дошелъ до 3-го этажа, то другой опустился на второй. По наполненіи ихъ пассажирами, верхній опускается, а нижній поднимается до тѣхъ поръ, пока они встрѣтятся на промежуточной платформѣ. Здѣсь пассажиры обмѣниваются вагонами и продолжаютъ свой путь въ то время, когда оба вагона возвращаются въ свое первоначальное положеніе.

При движеніи вагоновъ направляющими служатъ 3 вертикальныя желѣзныя балки (рис. 32). Средняя, коробчатого поперечнаго сѣченія, расположена вдоль оси башни по всей высотѣ отъ 2-го до 3-го этажа. Лѣвая (рис. 32) начинается съ промежуточной площадки и доходитъ до 3-го этажа, правая служитъ направляющей отъ промежуточной площадки до 2-го этажа. Обѣ боковыя направляющія болѣе слабого поперечнаго сѣченія, чѣмъ средняя балка.

Лѣвый вагонъ (рис. 32) поддерживается серединой поперечины, опирающейся своими концами на 2 поршня діаметромъ $1\frac{1}{2}$ дюймовъ съ общимъ поперечнымъ сѣченіемъ въ 245 квадр. дюймовъ. Поршни помѣщены въ стальныхъ цилиндрахъ діаметромъ 15 дюймовъ. При такомъ устройствѣ подъема вагонъ движется плавно во все время поднятія, и на его ходъ не имѣютъ вліянія измѣненія въ скорости обоихъ поршней, могущія произойти, хотя и въ весьма слабой степени, отъ тренія поршней о прокладку.

Четыре проволочныхъ каната прикрѣплены по два къ верхней части вагона и къ концамъ поперечины. Эти канаты, проходя по блокамъ, расположеннымъ надъ площадкой 3-го этажа, поддерживаютъ и правый вагонъ (рис. 30) причѣмъ опять два каната прикрѣплены къ вагону и два къ концамъ верхней поперечины.

Діаметръ канатовъ избранъ настолькоъ значительный.

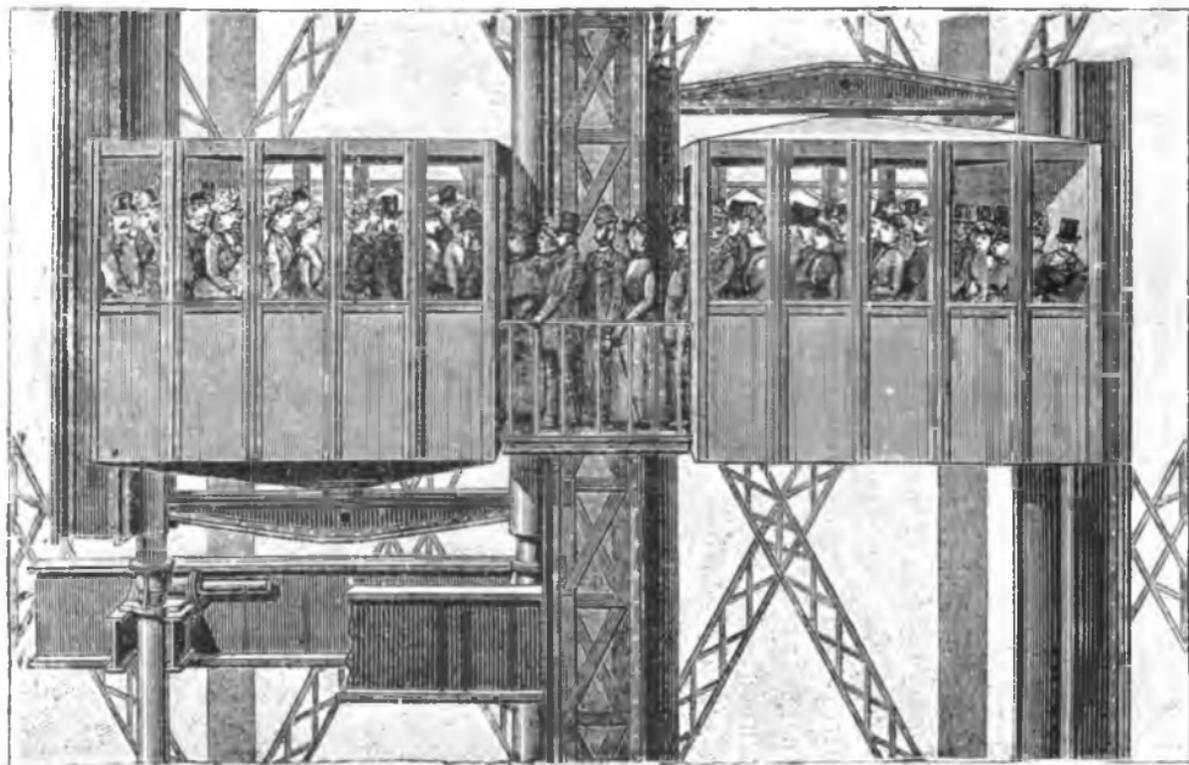


Рис. 32.—Подъемъ системы Эду —Перемѣщеніе пассажировъ въ одного вагона въ другой на промежуточной платформѣ.

что полный грузъ вагоновъ съ пассажирами составляетъ только $\frac{1}{100}$ того груза, при которомъ они могутъ порваться. Кромѣ поддерживанія вагоновъ съ пассажирами канаты должны служить еще противовѣсомъ, возмѣщающимъ потерю въ вѣсѣ поршней отъ погруженія ихъ въ воду. Для исполненія этого послѣдняго назначенія и придали канатамъ значительный діаметръ, что впрочемъ придаетъ всей системѣ огромный запасъ прочности. Ввиду же защиты канатовъ отъ дѣйствія вѣтра они движутся по желѣзнымъ трубамъ съ прорѣзомъ, въ который входитъ конецъ поперечной балки, поддерживающей вагонъ съ пассажирами.

Предполагая поднимать на 3-й этажъ до 750 пассажировъ въ часъ, изобрѣтатель устроилъ вагоны площадью въ 150 кв. ф., такъ что каждый изъ нихъ вмѣщаетъ до 63 человекъ. Подъемъ со 2-го на 3-й этажъ, при скорости 3 ф. въ секунду, совершается въ 4 минуты, изъ которыхъ $1\frac{1}{2}$ минуты идутъ на подъемъ вагона до промежуточной платформы, 1 минута—на пересадку и остальные $1\frac{1}{2}$ минуты—на пробѣгъ вагона до 3-го этажа.

Оба цилиндра подъема получаютъ воду изъ одного распредѣлительнаго механизма, обеспечивающаго какъ равномерный притокъ воды, такъ и одинаковую скорость хода поршней.

Распредѣлительный механизмъ получаетъ воду изъ резервуара емкостью въ 1.600 ведеръ расположеннаго на 3-мъ этажѣ.

Быстро дѣйствующій и чрезвычайно сильный тормазъ обеспечиваетъ вполне безопасность пассажировъ даже въ случаѣ разрыва каната или поломки одной изъ составныхъ частей подъема.

Всѣ описанные подъемы—3-хъ системъ—получаютъ воду подъ сильнымъ давленіемъ изъ баковъ, поставлен-

ныхъ на 2-мъ и 3-мъ этажахъ башни. Для доставленія воды на такую высоту, поставлены нѣсколько паровыхъ насосовъ разныхъ системъ: для подъемовъ Ру и Отисъ—системы Жираръ, для подъема Эду—системы Ворсингтонъ. Для этихъ насосовъ установлены паровыя машины силою, въ совокупности, въ 300 паровыхъ лошадей.

Всѣ подъемы, вмѣстѣ взятыя, даютъ возможность поднимать въ 1 часъ 2.500 человекъ на 1-и 2-й этажъ и 750 человекъ на третій. Продолжительность всего подъема отъ поверхности земли до 3-го этажа не превосходить 7 минутъ.

Если прибавить къ этому еще ту публику, которая поднимется на башню по лѣстницамъ, то въ общемъ число посѣтителей можетъ дойти до 5.000 человекъ въ часъ.

VII.

Назначеніе башни. — Изящный ея видъ. — На что башня пригодна.

Изъ предыдущаго мы видимъ, каковы были затрудненія, которыя приходилось преодолевать Эйфелю во время постройки. Но не меньше труда ему стоило провести самый проектъ башни, подвергавшійся съ разныхъ сторонъ самымъ ожесточеннымъ нападкамъ. И если Эйфель довелъ постройку удачно до конца, то лишь благодаря той настойчивости и постоянству, которыя присущи людямъ съ исключительнымъ дарованіемъ.

Теперь, передъ оконченымъ сооруженіемъ, замолкла критика и самые упорные враги предпріятія прекратили свои несправедливыя нападки.

Сколько разъ ставили вопросъ и повторяли безъ конца: „На что пригодна Эйфелева башня?“

Подобный вопросъ задають при возникновеніи всякаго новаго великаго предпріятія.

Вмѣсто отвѣта мы укажемъ на то, что колоссальное сооруженіе изъ желѣза было построено по поводу Всемирной Выставки 1889 г. Нужно было, для достойнаго ознаменованія нашего славнаго Столѣтняго Юбилея, поразить міръ сооруженіемъ грандіознымъ, небывалымъ. Такимъ требованіямъ проектъ Эйфеля соотвѣтствовалъ какъ нельзя лучше.

Но не для одного только привлеченія любопытной публики построена башня Эйфеля. Она—вполнѣ удавшийся опытъ желѣзнаго сооруженія такихъ размѣровъ и настолько самобытной конструкціи, что даже весьма опытные инженеры считали ея постройку невозможной. Не слѣдуетъ притомъ упускать изъ виду, что сооруженіе башни послужитъ драгоцѣннымъ матеріаломъ для проектированія новыхъ типовъ металлическихъ сооружений. Мы увѣрены, что Эйфелева башня при всей своей грандіозности только первое звѣно цѣлаго ряда гигантскихъ сооружений на пользу человѣчества, сооружений, о которыхъ до сихъ поръ только мечтали *).

Постройка башни внесла много новыхъ данныхъ въ дѣло проектированія и выполненія металлическихъ сооружений. Тутъ есть чему поучиться, какъ инженеру такъ и архитектору. Предсѣдатель комитета парижской прессы, Гебаръ, поздравляя Эйфеля съ окончаніемъ втораго этажа башни, высказалъ, что она замѣчательна не только въ техническомъ отношеніи, но и отличается изяществомъ: „Это—легкая граціозная постройка, уходящая своею вершиною въ облака“.

Къ сказанному мы добавимъ, что легкость постройки, которой восхищается ораторъ, не только кажущаяся, но и существуетъ на самомъ дѣлѣ, такъ какъ грунтъ подъ основаніемъ башни нагруженъ меньше чѣмъ подъ любымъ пятиэтажнымъ домомъ Парижа.

Эта легкость и составляетъ одно изъ главныхъ преимуществъ металлическихъ построекъ подобнаго

*) Укажемъ на проекты, находящіеся пока еще въ области предположеній: моста чрезъ каналъ Ламаншь, длиною около 30 верстъ и моста чрезъ Беринговъ проливъ, длиною около 90 верстъ. Возможность постройки послѣдняго основывается на томъ обстоятельстве, что проливъ въ наиболѣе узкомъ мѣстѣ раздѣленъ двумя островами на три почти равныя части.

рода. При одинаковомъ поперечномъ сѣченіи желѣзо въ 10 разъ прочнѣе дерева и въ 20 разъ прочнѣе камня. Сверхъ того, благодаря своей упругости, желѣзо сопротивляется одинаково успѣшно какъ растягивающимъ такъ и сжимающимъ усиліямъ. Благодаря такимъ качествамъ, желѣзо примѣняется въ постройкахъ повсюду. Сооруженія же изъ одного только желѣза въ настоящее время достигли высшей степени совершенства, чему могутъ служить доказательствомъ многочисленные желѣзные мосты *), стропила, купола и другія постройки и, наконецъ, Эйфелева башня въ 984 футовъ высоту.

Переходя теперь къ вопросу о томъ, „на что пригодна башня“, мы постараемся доказать, что она принесетъ существенную пользу не только наукѣ, но и отечеству. Пока предвидѣть можно слѣдующія ея примѣненія.

1) *Для наблюдений стратегическихъ.* Во время войны, съ вершины башни можно слѣдить за движеніемъ непріятельскихъ войскъ на разстояніи болѣе чѣмъ 56 верстъ въ окружности не смотря на окружающія Парижъ возвышенности.

2) *Для подачи оптическихъ сигналовъ.* Въ случаѣ осады Парижа или перерыва телеграфнаго сообщенія, оптическіе сигналы (электрическимъ свѣтомъ), поданные съ вершины башни, будутъ видны даже въ Руанѣ наблюдателю, помѣщенному въ достаточно возвышенномъ мѣстѣ.

*) Одинъ изъ величайшихъ желѣзныхъ мостовъ въ мірѣ — Александровскій мостъ чрезъ р. Волгу, около Сызрани, на Оренбургской жел. дорогѣ. Построенъ онъ по проекту инженера Н. А. Бѣлелюбскаго. Длина моста $1\frac{2}{5}$ версты при 13 пролетахъ по 350 фут. каждый. Всѣ желѣзные его частей — 425.000 пудовъ.

3) *Для наблюдений метеорологических.* До сих поръ еще нѣтъ метеорологической обсерваторіи на высотѣ 984 ф. и въ мѣстѣ открытомъ со всѣхъ сторонъ. Множество вопросовъ, особенно о направленіи и силѣ вѣтра на такой высотѣ, еще не изслѣдованы вовсе.

4) *Для наблюдений астрономическихъ.* При исполнѣнн прозрачномъ воздухѣ и отсутствіи тумана на высотѣ 984 ф. представится возможность произвести нѣкоторыя наблюденія, почти невозможныя въ самомъ Парижѣ.

Въ виду же возможно лучшаго выясненія той пользы, которую наука можетъ ожидать отъ Эйфелевой башни, мы приводимъ здѣсь слова Жансена, одного изъ замѣннѣйшихъ членовъ французской Академіи Наукъ.

„Несомнѣнно, говорить онъ, башня окажетъ значительныя услуги метеорологіи. Одно изъ величайшихъ затрудненій, съ которыми приходится бороться наблюдателямъ, это—мѣстные условія, зависящія отъ расположенія стаяціи. Какъ, напримѣръ, опредѣлить истинную величину отклоненія вѣтра, если оно вызвано чисто мѣстнымъ пренятствіемъ? Или какъ измѣрить истинную температуру воздуха, если на термометръ вліяютъ, лучистой своей теплотой, всѣ окружающіе предметы? Поэтому въ большихъ городахъ наблюденія производятся на окраинѣ и притомъ на возвышенномъ мѣстѣ. Обсерваторія же Эйфеля поставлена въ совершенно исключительныя условія, такъ какъ башня, по своей конструкціи, не можетъ вліять на вѣрность метеорологическихъ наблюдений“.

„Дѣйствительно, результаты наблюдений будутъ иные, чѣмъ на поверхности земли, такъ какъ высота въ 984 ф. повліяетъ на количество выпадающей влаги, на температуру воздуха и на показаніе барометра. Но именно это обстоятельство представляетъ прекрас-

ный случай для изученія вліянія высоты, на которой производятся наблюденія, на ихъ результаты.“

„Не останавливаясь на примѣненіи башни для изслѣдованія другихъ научныхъ вопросовъ, на что уже было указано съ разныхъ сторонъ, я лишь упомяну о возможности произвести на ней цѣлый рядъ интереснѣйшихъ наблюденій въ области атмосфернаго электричества, токи котораго будутъ проходить почти непрерывно по желѣзному строенію башни, какъ по хорошему проводнику. При этихъ совершенно исключительныхъ условіяхъ было бы весьма желательно произвести наблюденія на самой вершинѣ башни. Здѣсь временами напряженіе электричества будетъ такой силы, что можетъ представить явную опасность для наблюдателя; но, принявъ необходимыя мѣры предосторожности, мы получимъ данныя, весьма цѣпныя для науки.“

„Желательно также помѣстить на башнѣ фотографію для производства снимковъ неба въ теченіи дня чрезъ извѣстные промежутки времени. По такимъ снимкамъ можно прослѣдить измѣненія въ формѣ и группировкѣ облаковъ и рядъ такихъ изображеній представить нѣчто вродѣ метеорологической лѣтописи Парижа“.

„Наконецъ укажу еще на интереснѣйшія наблюденія въ области астрофизики; въ особенности, изученіе земнаго спектра дало бы рѣдкіе результаты, благодаря исключительнымъ условіямъ наблюденія“.

„Такимъ образомъ башня принесетъ не малую пользу наукѣ, той наукѣ, которая ее и создала. Инженерное искусство живетъ выводами науки, прогрессъ которой сказывается въ строительномъ дѣлѣ появленіемъ новыхъ невиданныхъ типовъ сооружений“.

Но помимо научнаго своего значенія, башня и по внѣшнему виду изящна. Съ этимъ согласились теперь

и тѣ изъ извѣстныхъ французскихъ художниковъ, которые высказывались раньше противъ постройки башни. Во время недавняго банкета общество „Scientia“, послѣ приведенныхъ выше словъ Жансена, членъ французской академіи Сюлли-Прюдомъ произнесъ рѣчь въ



Рис. 13.—Видъ Эйфелевой башни съ разстоянія около 3 верстъ.

честь исполинскаго желѣзнаго сооруженія. Ораторъ-поэтъ, съ свойственною его словамъ прелестью, замѣтилъ: „Гигантская башня нравится мнѣ, какъ олицетвореніе смѣлой человѣческой мысли, не признающей предѣла своимъ стремленіямъ. И это примиряетъ меня

съ чудовищемъ, которое, при первомъ взглядѣ, вблизи, производитъ подавляющее впечатлѣніе. Къ тому же я горжусь тѣмъ, что на вершинѣ башни развѣвается нашъ національный флагъ, который тутъ является знакомъ не военнаго могущества, а неудержимаго стремленія къ прогрессу нашего славнаго отечества“.

Дѣйствительно, откуда ни посмотрѣть, башня представляется нашему взору одинаково стройной, граціозной и легкой.

Издали желѣзныя части башни имѣютъ видъ металлическихъ нитей, какъ видно на рис. 33, изображающемъ башню съ разстоянія около 3 верствъ.

На близкомъ же разстояніи масса желѣзныхъ частей и ихъ размѣры производятъ подавляющее впечатлѣніе. Невольно проникаешься уваженіемъ къ таланту строителя при взглядѣ на эту колоссальную постройку, единственную въ своемъ родѣ, по смѣлости проекта, и исполненную во всѣхъ деталяхъ съ математической точностью.

Поднимаясь по лѣстницѣ, проходимъ надъ массой желѣзныхъ стоекъ, поперечинъ и связей, образующихъ какъ бы гигантскую паутину и, поднимаясь все выше и выше, не знаемъ, чему удивляться болѣе: громадности постройки или прелести открывающагося съ высоты вида на поверхность земли.

Помимо интереса, который возбудила Эйфелева башня, какъ своей постройкой такъ и высотой, она положительно отличается своеобразной красотой, присущей тому, что соотвѣтствуетъ вполнѣ своему назначенію. Это громадное сооруженіе составляетъ для нашего времени то, чѣмъ была большая египетская пирамида для древняго міра: для ея постройки потребовалась совмѣстная работа всѣхъ отраслей строительнаго дѣла. Въ этомъ отношеніи Эйфелеву башню можно назвать об-

разномъ современнаго инженернаго знанія и металлургическаго дѣла во Франціи.

Лучшимъ отвѣтомъ на всѣ нападки, которыя были направлены противъ постройки бални, служить слѣ-

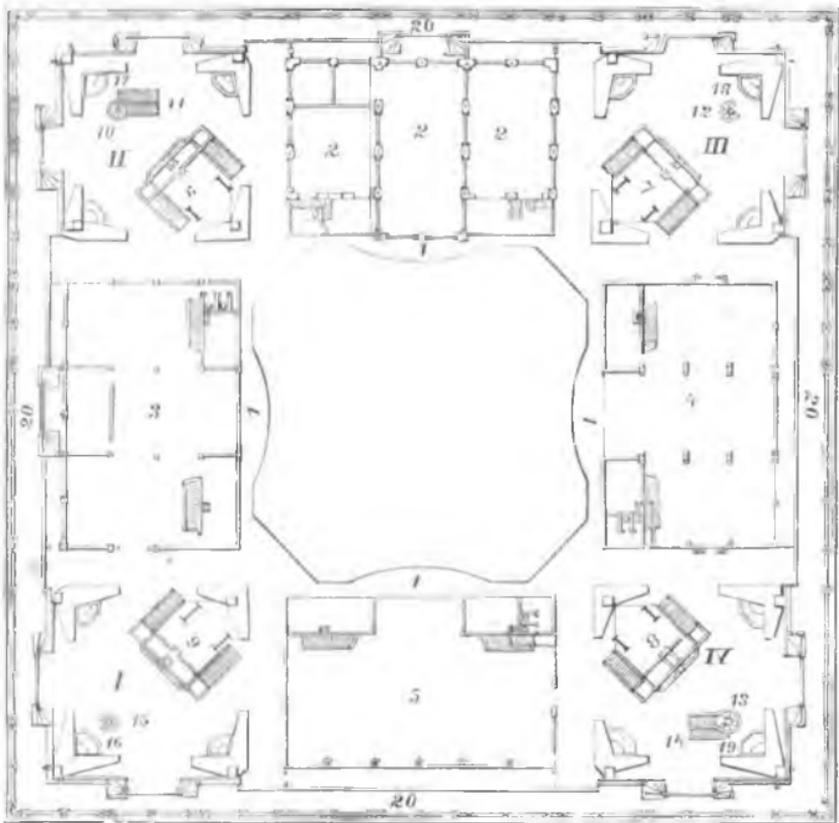


Рис. 34. — Планъ площадки 1-го этажа. — Квадратная площадка съ отверстіемъ въ видѣ многоугольника по срединѣ.—1. Балконъ или внутренняя галлерей.—2. Французскій ресторанъ.—3. Русскій ресторанъ.—4. Англо-американскій ресторанъ.—5. Фламандскій ресторанъ.—6 и 8. Подъемы Комбальюзье.—7 и 9. Подъемы Отисъ.—10, 12, 13 и 15.—Винтовья лѣстницы во 2-й этажъ.—11 и 14. Прямья лѣстницы на 1 этажъ.—16, 17, 18 и 19. Продажа билетовъ.—20. Наружная галлерей по окружности площадки.

дующее обстоятельство: сейчасъ же по окончаніи сооруженія публика стала посѣщать балню въ такомъ

количество, что къ концу выставки доходъ отъ входной платы покрылъ все расходы по постройкѣ башни простиравшіяся до 5 милліоновъ франковъ*).

Въ особенности публика толпится на I-мъ этажѣ, планъ котораго изображенъ на рис. 34. Отсюда подъемами разныхъ системъ поднимаются на вершину полюбоваться видомъ на выставку и на Парижъ съ высоты 984 ф.

Подводя итогъ всему, что было сказано выше, нельзя не признать, что Эйфелевой башней Франція не только удивила весь міръ, но и доказала, что она въ культурномъ отношеніи сохраняетъ свое первенствующее надъ всеми народами положеніе.

Такія колоссальныя сооруженія, какъ Эйфелева башня, возможны только при высокомъ уровнѣ научныхъ знаній, инженернаго искусства и металлургической промышленности.

*) 2.000.000 рублей кредитныхъ, считая 1 франкъ въ 40 к.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	СТР.
Письмо Эйфеля	5
Предисловіе	7
Біографическій очеркъ Эйфеля	9
I. Исторія проекта башни въ 1884 ф.—Общее описаніе сооруженія.	15
II. Устройство основанія.	21
III. Металлическое строеніе башни	29
IV. Устройство подмостей и крановъ для сборки желѣз- наго строенія.	34
V. Гидравлическіе домкраты.—Сборка верхней части башни.—Вершина башни и помѣщенный на ней освѣтительный приборъ	44
VI. Лѣстницы и подъемы.	59
VII. Назначеніе башни.—Изящный ея видъ.—На что башня пригодна.	74