

ПОДПИСКА ПРИНИМАЕТСЯ

въ конторѣ редакціи:

С.-Петербургъ, Измайловскій полкъ,
5-я рота, д. № 12, кв. 4.

З О Д Ч І Я

ЦѢНА ЗА ГОДЪ:

въ С.-Петербургѣ, безъ дост. 12 р.
съ доставкою въ Сиб. и съ пересылк. въ проч. гор. Россіи 14 „
съ пересылкой за границу . . . 17 „

№№ 9 и 10.

СЕНТЯБРЬ и ОКТЯБРЬ.

1888 г.

Определение коэффициента полезнаго дѣйствія количества доставляемой теплоты и изслѣдованіе образа дѣйствія нагрѣвательныхъ приборовъ. (См. Зодчій №№ 7 и 8).

(Окончаніе).

Резюмируя все, сказанное относительно производства наблюдений, мы видимъ, что, послѣ предварительной, указанной выше подготовки нагрѣвательнаго прибора, слѣдуетъ: открыть вышечную дверцу; заложить отверстие картономъ съ термометромъ и забирною трубкою, соединить послѣднюю съ газометромъ и начать опытъ, причемъ, черезъ каждыя 5 до 10 мин., записывается температура и, для повѣрки, положеніе горизонта жидкости въ газометрѣ; въ моментъ окончанія опыта, зажимъ *C* завинчиваютъ, закрываютъ кранъ δ , газометръ помѣщаютъ въ футляръ и перевозятъ его въ то мѣсто, гдѣ будетъ произведенъ анализъ; послѣ окончанія послѣдняго, переходятъ къ вычисленіямъ, для которыхъ имѣются слѣдующія данныя:

- 1) Средняя комнатная температура (*t*) и—во вышкѣ (*T*).
- 2) Средній составъ продуктовъ горѣнія; положимъ, что, послѣ производства надлежащихъ поправокъ, получимъ:

- $n \frac{\circ}{\circ}$ — углекислоты.
- $n^I \frac{\circ}{\circ}$ — кислорода.
- $n^{II} \frac{\circ}{\circ}$ — окиси углерода.
- $n^{III} \frac{\circ}{\circ}$ — азота.
- $n^{IV} \frac{\circ}{\circ}$ — водорода.
- $n^V \frac{\circ}{\circ}$ — болотнаго газа
- $n^{VI} \frac{\circ}{\circ}$ — маслороднаго газа.

$$(1) \dots P_0 = \frac{c(1-c^I)}{n + n^{II} + n^V + 2n^{VI} + 27,03 c^{II}} \left[\begin{aligned} & \left(0,808 n + 0,583 n^I + 0,576 n^{II} + 0,574 n^{III} + 0,553 n^{IV} \right. \\ & \left. + 0,800 n^V + 0,881 n^{VI} + 60Q \left(n + n^I + \frac{n^{II}}{2} \right) + \right. \\ & \left. + \left[(n + n^{II} + n^V + 2n^{VI}) \frac{n}{c} - (n^{IV} + 2[n^V + n^{VI}]) 0,162 \right] \right) (T-t) \\ & \left. + \frac{(186Q + 4,275) + 5320,38 n^{II} + 5774,70 n^{IV} + 17652,70 n^V + 26490,00 n^{VI} + 218380 c^{II}}{2} \right] \end{aligned} \right] \frac{1}{c^{II}}$$

$$+ Fc^I + (606,5 + 0,305(T-t)) p$$

Коэффициентъ полезнаго дѣйствія нагрѣвательнаго прибора.

$$\mu = \frac{F - n_0}{F} \dots \dots \dots (2)$$

Дѣйствительно притекавшій объемъ воздуха:

$$(3) \dots V = 4,76 \left(n + n^I + \right) \frac{n}{2} + 13,01 \left((n + n^{II} + n^V + 2n^{VI}) \frac{n}{c} - [n^{IV} + 2(n^V + n^{VI})] 0,162 \right)$$

Необходимый, теоретически, для полнаго горѣнія (окисленія) объемъ воздуха:

$$V^I = 4,76 \left[(n + n^{II} + n^V + 2n^{VI}) \left(1 + 3,08 \frac{H}{C} \right) + 27,03 c^{II} \right] \dots \dots \dots (4)$$

Отношеніе между количествомъ дѣйствительно притекавшаго — и необходимымъ объемомъ воздуха:

3) Содержаніе сажи въ продуктахъ горѣнія; если всего было собрано сажи *m* фунтовъ, продуктовъ горѣнія—*m'* куб. сантим., анализу-же подвергается одновременно *m''* кубич. сантим., то послѣднему будетъ соответствовать:

$$C'' = \frac{m}{m'} \cdot m'' \text{ фунт. сажи.}$$

4) Количество сгорѣвшаго топлива; обозначимъ его черезъ *P*.

5) Составъ и теплопроизводительная способность топлива, что опредѣляется или непосредственнымъ опытомъ или-же принимается на основаніи общихъ данныхъ; обозначимъ содержаніе въ топливѣ: углерода—черезъ *C*; водорода—*H*, воды—*p*.; теплопроизводительная способность пусть будетъ *F*.

6) При болѣе точныхъ опытахъ опредѣляется еще количество топлива, проваливающагося черезъ рѣшетку и абсолютная влажность, притекавшаго въ топку воздуха; назовемъ остатокъ топлива-отнесенный къ 1 ф. послѣдняго, черезъ *C'*, влажность же-черезъ *Q*.

Поименованныя данныя подставляютъ въ нижеуказанныя уравненія, *) причемъ находятъ:

Полную потерю тепла ($n^I + n^{II}$), на 1 ф., сгорѣвшаго топлива:

$$(5) \dots \frac{V}{V^I} = n + n^I + \frac{n^{II}}{2} + 2,73 \left((n + n^{II} + n^V + 2n^{VI}) \frac{H}{C} - [n^{IV} + 2(n^V + n^{VI})] 0,162 \right)$$

$$\frac{1}{1 + 3,08 \frac{H}{C} + 27,03 c^{II}}$$

Объемъ воздуха, притекавшій во время опыта, на 1 ф. топлива:

$$(6) \dots V_0 = \frac{c(1-c^I) \left[\left(n + n^I + \frac{n^{II}}{2} \right) 4,76 + 0,037 (n + n^{II} + n^V + \dots) \right]}{c^{II}}$$

*) Краткое объясненіе уравненій помѣщено въ концѣ настоящей статьи.

$$+ 13,01 \left([n + n^{\text{II}} + n^{\text{V}} + 2 n^{\text{VI}}] \frac{H}{C} - [n^{\text{IV}} + 2 (n^{\text{V}} + 2 n^{\text{VI}}) + c^{\text{II}} + n^{\text{VI}}] 0,162 \right)$$

Весь объем притекавшего воздуха:

$$(7) \dots \dots \dots V_0 = PV_0$$

Все количество доставляемой теплоты:

$$(8) \dots \dots \dots N = PFp$$

Далѣ, при достаточной полнотѣ горѣнія, количествомъ оставшагося не сгорѣвшимъ водорода и его соединений, можно пренебречь или, какъ это часто встрѣчается при комнатныхъ печахъ, оно дѣйствительно равно нулю; если при этомъ пренебречь влияніемъ влажности воздуха и свободного водорода, которое обыкновенно бываетъ меньше $1\frac{1}{2}\%$, если также не принять во вниманіе влияние сажи и остатковъ топлива, то уравненія замѣтно упрощаются и принимаютъ слѣдующій видъ:

$$(1') \dots \dots n_0 = \frac{c}{n + n''} \left[(0,808 n + 0,583 n' + 0,574 (n'' + n''')^*) (T - t) + 5320,38 n'' \right] + (606,5 + 0,305 (T_0 - t)) p$$

$$(2') \dots \dots \mu = \frac{F - n_0}{F}$$

$$V = 4,76 \left(n + n' + \frac{n''}{2} \right) \dots \dots (3')$$

$$V' = 4,76 (n + n') \dots \dots (4)$$

$$\frac{V}{V'} = \frac{n + n' + \frac{n''}{2}}{n + n'} \dots \dots (5')$$

$$V_0 = \frac{4,76 c \left(n + n' + \frac{n''}{2} \right)}{0,037 (n + n')} \dots \dots (6')$$

$$V_0' = P V_0 \dots \dots (7')$$

$$N_0 = \mu P F \dots \dots (8')$$

Для примѣра, ниже приведены данныя наблюденій, произведенныхъ съ цѣлью усовершенствованія топливника для дровъ. Испытуемая печь, такъ называемая утермаркская, была снабжена сначала топливникомъ съ горизонтальнымъ, глухимъ подомъ, площадью 6×9 кв. верш.; топка производилась по общепринятому способу съ открытою топочною дверцею: среднія данныя опыта состояли въ слѣдующемъ:

$$T - t = 205^\circ \text{ ц.}; n = 2,80, n' = 18,05, n^{\text{II}} = 0, n^{\text{III}} = 79,15, n^{\text{IV}} = n^{\text{V}} = n^{\text{VI}} = 0, c' = 0, P = 45 \text{ ф.}, p = 0,24, F = 2660 \text{ ед.}, c = 0,34, \frac{H}{C} = 0,02, Q = 0,0005, c' = 0.$$

Послѣ подстановки въ ур. (1—8), получено:

$$n_0 = \frac{0,34}{2,8} \left((12113,45) + 160 \right) = 1631 \text{ ед.} \dots \dots (1)$$

$$\mu = \left(\frac{2660 - 1631}{2660} \right) 100 = 39\% \dots \dots (2)$$

$$V = 100 \dots \dots (3)$$

$$V' = 14 \dots \dots (4)$$

$$\frac{V}{V'} = 7,1 \text{ разъ} \dots \dots (5)$$

$$V_0 = 328 \text{ куб. ф.} \dots \dots (6)$$

$$V_0' = 14760 \text{ куб. ф.} = 43 \text{ куб. саж.} \dots \dots (7)$$

$$N_0 = 46683 \text{ ед.} \dots \dots (8)$$

Продолжительность топки 2 ч. 30 м., причемъ потребовалось перемѣшать 3 раза.

*) Численные коэффициенты, при n'' и n''' , вслѣдствіе незначительной разности между ними, могутъ быть приняты равными между собою.

Слѣдующія затѣмъ данныя относятся къ той-же печи, но, приномъ способѣ топки, который состоялъ въ томъ, что послѣдняя производилась, все время, съ закрытою дверцею; воздухъ притекалъ черезъ отверстія, общюю площадью въ 1,5 кв. верш., пробитыя въ дверцѣ; при опытѣ получено:

$$T - t = 261; n = 7,25, n' = 13,45, n^{\text{II}} = 0, n^{\text{III}} = 78,1, n^{\text{IV}} = 0,3, n^{\text{V}} = 0,1, n^{\text{VI}} = 0, c' = 0, P = 45, p = 0,26, F = 2590, c = 0,33, \frac{H}{C} = 0,02, Q = 0,0005, c' = 0.$$

По ур. (1—8), послѣ подстановки численныхъ величинъ и производства дѣйствій, указанныхъ знаками, найдено:

$$n_0 = \frac{0,33}{7,25 + 0,1} (15008 + 1732,41' + 1765,27') + (606,5 + 0,305 \cdot 261) 0,26 \dots \dots (1)$$

$$n_0 = 994 \text{ ед.}$$

$$\mu = \left(\frac{2590 - 994}{2590} \right) 100 = 60\% \dots \dots (2)$$

$$V = 99 \dots \dots (3)$$

$$V' = 37 \dots \dots (4)$$

$$\frac{V}{V'} = 2,7 \text{ разъ} \dots \dots (5)$$

$$V_0 = 120 \text{ куб. ф.} \dots \dots (6)$$

$$V_0' = 5400 \text{ куб. ф.} = 16 \text{ куб. саж.} \dots \dots (7)$$

$$N_0 = 69930 \text{ ед.} \dots \dots (8)$$

Продолжительность топки: 2 ч. 35 м., причемъ печь перемѣшивалась 2 раза.

При устройствѣ, въ той-же печи, топливника, ограниченнаго съ низу наклонными плоскостями и рѣшеткою небольшихъ размѣровъ, получились слѣдующія данныя опыта.

$$T - t = 137^\circ, n = 8,28, n' = 10,37, n^{\text{II}} = 1,45, n^{\text{III}} = 79,90, n^{\text{IV}} = n^{\text{V}} = n^{\text{VI}} = 0, c' = 0, P = 44,75, p = 0,22, F = 2730, c = 0,35, \frac{H}{C} = 0,02, Q = 0,0005, c' = 0.$$

Послѣ подстановки, въ ур. (1—8), численныхъ величинъ, получено:

$$(1) \dots \dots n_0 = \frac{0,35}{8,28 + 1,45} (8259,16 + 7714,55) + 142,62$$

$$n_0 = 710$$

$$\mu = \left(\frac{2730 - 710}{2730} \right) 100 = 74\% \dots \dots (2)$$

$$V = 95,73 \dots \dots (3)$$

$$V' = 49,20 \dots \dots (4)$$

$$\frac{V}{V'} = 1,9 \text{ разъ} \dots \dots (5)$$

$$V_0 = 95 \text{ куб. ф.} \dots \dots (6)$$

$$V_0' = 4261 \text{ куб. ф.} \dots \dots (7)$$

$$N_0 = 90404 \text{ ед.} \dots \dots (8)$$

Продолжительность топки: 3 ч. 15 м., причемъ, въ концѣ ея, потребовалось печь перемѣшать.

Здѣсь-же замѣтимъ, что, хотя произведенное видоизмѣненіе топливника способствовало упрощенію ухода и увеличенію полезнаго дѣйствія, но то и другое было признано еще недостаточнымъ; уравненіе (1) указывало на то, что потеря тепла, вслѣдствіе неполноты горѣнія (7714,55), почти равнялась количеству, уносимому въ дымовую трубу, вмѣстѣ съ нагрѣтыми продуктами горѣнія (8259,16); слѣдовательно, здѣсь очевидно, конструкція топливника была не вполне удовлетворительна; кромѣ того, необходимо было, по крайней мѣрѣ одинъ разъ, перемѣшать уголья— иначе они сгорали весьма медленно.

Послѣ нѣсколькихъ промежуточныхъ типовъ, былъ устроенъ топливникъ того типа, который былъ окончательно выработанъ для дровъ и описанъ въ одномъ изъ предъидущихъ номеровъ журнала «Зодчій»; тогда, получено, при опытѣ:

$$T - t = 160, n = 7,97, n' = 11,35, n^{\text{II}} = 0, n^{\text{III}} = 80,68, n^{\text{IV}} = n^{\text{V}} = n^{\text{VI}} = 0, c' = 0, P = 45 \text{ ф.}, p = 0,22, F = 2730, c = 0,350, \frac{H}{C} = 0,02, Q = 0,0005, c' = 0.$$

*) Оба эти члена происходятъ отъ неполноты горѣнія.

По ур. (1—8)—подобно предыдущему:

$$\begin{aligned} n_0 &= 590 \dots \dots \dots (1) \\ \mu &= 78\% \dots \dots \dots (2) \\ v &= 94 \dots \dots \dots (3) \\ v' &= 40 \dots \dots \dots (4) \\ \frac{v}{v'} &= 2,3 \text{ разъ} \dots \dots \dots (5) \\ v_0 &= 115 \text{ куб. ф.} \dots \dots \dots (6) \\ v'_0 &= 5175 \text{ куб. ф.} \dots \dots \dots (7) \\ N_0 &= 95823 \text{ ед. тепла.} \dots \dots \dots (8) \end{aligned}$$

Продолжительность топки 2 ч. 40 м., причем совсѣмъ не требовалось перемѣшиваніе, уходъ же ограничивался подкладкою дровъ и закрытіемъ вьюшки.

Наконецъ, при слѣдующихъ топкахъ, когда притокъ воздуха въ поддувало былъ ограниченъ практически настолько, на сколько это было необходимо еще, для достаточно быстрого сгорания угольевъ; получено:

$$T - t = 152, n = 10,14, n^I = 9,71, n^{II} = 0, n^{III} = 80,15, n^{IV} = n^V = n^{VI} = 0, c'' = 0, P = 45 \text{ ф.}, p = 0,19, F = 2835 \text{ ед.} c = 0,36, Q = 0,0006, c' = 0.$$

По ур. (1—8):

$$\begin{aligned} n_0 &= 451 \dots \dots \dots (1) \\ \mu &= \left(\frac{2835 - 451}{2835} \right) 100 = 84\% \dots \dots \dots (2) \\ v &= 97 \dots \dots \dots (3) \\ v' &= 52 \dots \dots \dots (4) \\ \frac{v}{v'} &= 1,9 \text{ разъ} \dots \dots \dots (5) \\ v_0 &= 92 \text{ куб. ф.} \dots \dots \dots (6) \\ v'_0 &= 4140 \text{ куб. ф.} \dots \dots \dots (7) \\ N_0 &= 107163 \text{ ед. тепла.} \dots \dots \dots (8) \end{aligned}$$

Продолжительность топки: 3 ч. 5 м.; печь топилась по предыдущему безъ всякаго перемѣшиванія и безъ регулированія притокомъ воздуха; для послѣдняго, въ поддувальной дверцѣ, были, разъ на всегда, оставлены отверстія надлежащей величины, которая опредѣлена, практически, по выше-указанному.

По поводу приведенныхъ численныхъ примѣровъ необходимо замѣтить, что сравненіе данныхъ послѣдовательныхъ опытовъ наглядно указываетъ намъ, насколько примѣненіе настоящаго метода облегчило разработку предложеннаго вопроса; только сопоставляя всѣ условія, оказывающія извѣстное вліяніе на полезное дѣйствіе, можно было достаточно сознательно видоизмѣнять конструкцію частей топливника, до тѣхъ поръ, пока не былъ полученъ типъ, удовлетворительный, какъ по простотѣ ухода, такъ и по высокому полезному дѣйствію.

Резюмируя все сказанное, относительно даннаго метода, мы видимъ, что къ достоинствамъ его можно отнести:

1) Сравнительно простыя приспособленія, необходимыя для опыта; здѣсь нагрѣвательный приборъ не снабжается, какими-бы то ни было добавочными частями; только полотене вьюшечной дверцы замѣняется, пластинкою картона или желѣза; въ этомъ отношеніи данный методъ совершеннѣе, какъ перваго, такъ и втораго.

2) Полнота получаемыхъ результатовъ; и дѣйствительно: ур. (1) даетъ возможность судить о томъ, что именно и какое вліяніе производятъ на полезное дѣйствіе прибора*); дальнѣйшія-же ур. выясняютъ степень совершенства и образъ дѣйствія нагрѣвательнаго прибора; наконецъ, собирая газы въ разные періоды топки въ отдѣльные газометры и анализируя ихъ особо мы можемъ получить тѣже данныя для различныхъ періодовъ. Въ этомъ отношеніи замѣчается также преимущество передъ первымъ и вторымъ методомъ.

3) Точность получаемыхъ данныхъ, чѣмъ устраняются недостатки, присущіе второму методу,

4) Методъ этотъ можетъ быть примѣняемъ, не только къ комнатнымъ печамъ, но также къ калориферамъ, водогрѣйнымъ, паровымъ котламъ и т. п. нагрѣвательнымъ приборамъ.

Что-же касается недостатковъ, то сравнительно со вторымъ методомъ едва-ли онѣ существуютъ; но первому методу—данный нѣсколько уступаетъ въ точности.

Разсматривая-же перечисленные достоинства и недостатки, мы видимъ, что второй методъ едва-ли даже заслуживаетъ сравненія; что-же касается до перваго, то и онъ, при большой тщательности, представляетъ только одно преимущество; въ обыкновенныхъ-же случаяхъ—третій методъ является самымъ удобнымъ и практичнымъ*); поэтому можно надѣяться, что, съ распространеніемъ его, вполне выяснятся условія, которымъ должны удовлетворять нагрѣвательные приборы; распространеніе-же возможно, такъ какъ въ томъ видѣ, въ какомъ методъ этотъ примѣняется Товариществомъ, онъ весьма доступенъ и не требуетъ даже особыхъ, специальныхъ познаній при вычисленіяхъ; послѣднія ограничиваются простою подстановкою данныхъ опыта и производствомъ арифметическихъ дѣйствій.

ПРИЛОЖЕНІЕ.

Общія данныя для вывода уравненій.

Товарищество считаетъ излишнимъ останавливаться на подробномъ разясненіи способа вывода выше-приведенныхъ уравненій (1—8, 1'—8'), выводъ этотъ весьма простъ и лица, интересующіяся имъ, могутъ найти основныя данныя въ сочиненіяхъ по технической физикѣ**); но данныя эти не сгруппированы, въ отдѣльныя, законченныя уравненія; поэтому здѣсь необходимо нѣсколько разяснить тотъ приемъ, которымъ руководствовалося Товарищество при окончательной разработкѣ; въ виду упрощенія поясненій—ниже указавъ выводъ менѣе сложныхъ уравненій (1'—8').

Если обозначить черезъ: L, L' удѣльную объемную теплоту газовъ и черезъ f потерю тепла, при образованіи 1 куб. ед. объема окиси углерода; то потеря тепла, соответствующая анализируемому объему газа т. е. 100 объемныхъ ед. его будетъ:

$$(L n + L' n' + L'' n'' + L''' n''') (T-t) + f n''$$

Для того, что-бы потерю эту отнести къ 1 вѣсовой единицѣ сгорающаго углерода, замѣтимъ, что послѣдняя, сообразно съ пайнымъ отношеніемъ***), можетъ образовать $\frac{1}{0,037}$ куб. ф. углекислоты

или окиси углерода; въ данномъ-же случаѣ образовалось: $n + n''$ того и другаго, для чего должно было сгорѣть:

$$\frac{(n + n'') 0,37}{1} \text{ фунт. углерода.}$$

Поэтому потеря тепла, при сгораніи одного фунта углерода будетъ:

$$\frac{1}{(n + n'') 0,037} \left((L n + L' n' + L'' n'' + L''' n''') (T-t) + f n'' \right)$$

Если-же, въ 1 фунтѣ топлива, содержится C фунт. углерода, то потеря, отнесенная къ одному фунту — перваго, будетъ:

$$\frac{C}{(n + n'') 0,037} (L n + L' n' + L'' n'' + L''' n''') (T-t) + f n''$$

Прибавляя сюда еще расходъ тепла на испареніе воды (по Ренью), окончательно получимъ, что полная потеря тепла, на каждый фунтъ топлива, будетъ:

$$n_0 = \frac{C}{(n + n'') 0,037} \left((L n + L' n' + L'' n'' + L''' n''') (T-t) + f n'' \right) + (606,5 + 0,305 (T-t)) p.$$

Для упрощенія вычисленій въ частныхъ случаяхъ, коэффициенты: L, L' f , раздѣлены всѣ на: 0,37, причемъ, послѣ подстановки численныхъ значеній, получается окончательно:

$$(1) \dots n_0 = \frac{C}{n + n''} \left([0,808 n + 0,583 n' + 0,574(n'' + n''')] \right) + \frac{(T-t) + 5320,38 n''}{n + n''} + (606,5 + 0,305 (T-t)) p.$$

*) Способъ этотъ, равно какъ и выработанные Товариществомъ типы топливниковъ, удостоены, на: „Международной Брюссельской выставкѣ наукъ и искусствъ 1888 года“, диплома серебрянной медали.

***) Между прочимъ: Heiz und Lüftungs-technik. Fridrich Paul.

****) Принимая для вѣсовой единицы 1 фунтъ и—объемной 1 куб. ф.

*) Произведеніе изъ первыхъ слагаемыхъ (ур. 1.1') на: $T-t$ пропорціонально потерѣ тепла, извлекаемаго черезъ дымовую трубу; остальные слагаемыя указываютъ вліяніе неполноты горѣнія.

Далѣ, согласно съ основнымъ уравненіемъ при $P=1$, получимъ:

$$\mu = \frac{F-n_0}{F} \dots \dots \dots (2')$$

Принимая затѣмъ, что объемъ воздуха въ 4,76 разъ больше объема содержащагося въ немъ кислорода и что, при горѣніи, одинъ объемъ послѣдняго—образуетъ одинъ-же объемъ углекислоты и два объема окиси углерода получимъ:

$$V = 4,76 \left(n + n' + \frac{n''}{2} \right) \dots \dots \dots (3')$$

Но, при полномъ горѣніи, весь углеродъ долженъ образовать углекислоту; поэтому, необходимый теоретически, объемъ воздуха будетъ:

$$V' = 4,76 (n + n'') \dots \dots \dots (4')$$

Сообразно съ этимъ:

$$\frac{V}{V'} = \frac{n + n' + \frac{n''}{2}}{n + n''} \dots \dots \dots (5')$$

Полученный выше объема V соотвѣтствуетъ n куб. ф. углекислоты и n'' куб. ф. окиси углерода; при этомъ сгорѣть послѣдняго элемента:

$$0,037 (n + n'') \text{ фунт.}$$

Поэтому объемъ воздуха, притекавшаго на 1 ф. сгорѣвшаго углерода, будетъ:

$$\frac{V}{0,037 (n + n'')} \text{ куб. ф.}$$

Одному-же фунту сгорѣвшаго топлива будетъ соотвѣтствовать:

$$V_0 = \frac{C V}{0,037 (n + n'')} = \frac{476 C \left(n + n' + \frac{n''}{2} \right)}{0,037 (n + n'')} \text{ куб. ф.} \dots (6')$$

Если-же сгорѣло P фунт. топлива, то, всего, было доставлено воздуха:

$$V_0 = P V_0' \dots \dots \dots (7')$$

Наконецъ все количество тепла, оставшееся въ нагрѣвательномъ приборѣ:

$$N_0 = \mu P F \text{ ед.} \dots \dots \dots (8')$$

Подобнымъ-же образомъ составляются и болѣе сложныя (1—8) уравненія, относя, гдѣ это требуется, полученные результаты сначала къ 1 ф. углерода, а, затѣмъ, къ 1 ф. сгорѣвшаго топлива и, на сколько это возможно, производя потребныя, надъ коэффициентами, дѣйствія, для того, чтобы, при пользованіи уравненіями, оставалось къ производству меньшее число арифметическихъ дѣйствій.

Тов. С. Лукашевичъ и Комп.

Теорія и проектированіе стропиль.

Вмѣсто предисловія.

Науки вообще суть явленія неодностороннія, т. е. онѣ удовлетворяютъ не однимъ только высшимъ философскимъ стремленіямъ человѣка, а, при извѣстныхъ требованіяхъ его — съ одной стороны — и при извѣстномъ его развитіи и обладаніи ими, — съ другой — онѣ служатъ ему главными и совершенно надежными двигателями — рычагами и въ практической его жизни.

Изучить какую либо отрасль знаній или какой либо предметъ вообще съ научной точки зрѣнія — значить совершенно овладѣть имъ.

Теорія есть результатъ наблюденій и опытныхъ данныхъ наукъ. Хотя нѣкоторыя положенія и ставятся иногда а priori, но это только чисто внѣшняя — казовая сторона дѣла; въ сущности же всѣ априорныя положенія въ головѣ того или другаго мыслителя сложились уже на основаніи цѣлаго ряда систематизированныхъ фактовъ изъ наблюденій и проверенныхъ опытами.

Стало быть — изложить теорію какой либо отрасли знаній человѣка значить, на основаніи строгихъ разсужденій надъ цѣлымъ

рядомъ фактовъ, къ разсматриваемому предмету знаній относящихся, вывести тѣ положенія, которыя должны служить человѣку и въ практическихъ примѣненіяхъ этихъ знаній. Если нерѣдко случается, что многіе не могутъ усмотрѣть для себя ясной, вполне опредѣленной связи между практическими указаніями, опытными данными и теоріей разсматриваемаго вопроса, то въ этомъ вина не науки, не теоріи, а вина со стороны того неподготовленного лица, которое, ограничившись только нѣкоторыми поверхностными научными свѣдѣніями и общей поверхностной подготовкой, беретъ на себя смѣлость касаться совершенно чуждаго ему вопроса. Всякій разъ, когда въ основаніе рѣшенія какого либо вопроса полагается теорія, послѣдній рѣшается такъ, какъ онъ долженъ быть рѣшенъ практика же безъ теоріи можетъ рѣшать вопросы вообще такъ, какъ рѣшались они раньше, и весьма часто съ массой тѣхъ грубыхъ пробѣловъ, ошибокъ, которые, по требованіямъ настоящаго времени, въ большинствѣ случаевъ, положительно нетерпимы. «Для практика новое поле дѣятельности», говоритъ Игльстонъ, «равняется новому открытію, которое какъ бы никогда для него не существовало, между тѣмъ какъ для человѣка школы, т. е. теоретика, новое поле дѣятельности представляется только другимъ фазисомъ задачи, съ которой онъ болѣе или менѣе знакомъ, а если онъ и вовсе не знакомъ съ нимъ, то умственная подготовка, которую онъ получилъ, даетъ ему полную возможность совладать съ новой задачей».

Отсюда слѣдуетъ, что теорія должна ложиться въ основу всякихъ знаній и примѣненій ихъ въ жизни. На самомъ дѣлѣ — что можетъ сдѣлать человѣкъ, хотя обладающій громаднымъ запасомъ практическихъ свѣдѣній безъ того, что эти свѣдѣнія уложились въ его головѣ въ формѣ теоретическихъ положеній, и безъ теоретической подготовки? . . . Онъ является слѣпцомъ, бродящимъ по полю фактовъ и своихъ практическихъ свѣдѣній безъ всякаго освѣщенія! . . .

Практика никогда не можетъ расходиться съ теоріей уже потому, что теорія, какъ мы сказали, есть результатъ или выводъ, полученный строго логическимъ путемъ изъ практическихъ свѣдѣній и опытныхъ данныхъ. Напротивъ того, теорія, хорошо знакомая лицу, такъ сказать, окрыляетъ его, т. е. даетъ ему больше средствъ, больше возможности шире взглянуть на предметъ, на дѣло, и само лицо становится болѣе чувствительнымъ во всѣхъ частяхъ, во всѣхъ, такъ сказать, тонкостяхъ его, и стоитъ ему достаточно ориентироваться въ дѣлѣ, какъ оно становится уже по силамъ ему. Приводить примѣры, факты, въ подтвержденіе только что сказаннаго нами, излишне: всякій развитой человѣкъ самъ въ состояніи насчитать ихъ бездну.

Поэтому свой предметъ мы будемъ изучать сперва съ теоретической точки зрѣнія, и затѣмъ постараемся сообщить и нѣкоторыя практическія указанія.

Ни въ одномъ изъ сочиненій по архитектурѣ, извѣстныхъ въ нашей и иностранной литературѣ, мы не встрѣчаемъ такой формы изложенія теоріи стропиль и проектированія ихъ, которая освобождала бы техника отъ необходимости помнить различныя конструкціи стропиль въ томъ общемъ безпорядкѣ, какъ онѣ встрѣчаются въ печати. Вообще, ради краткости передачи той нашей мысли, которую хотѣлось бы намъ подѣлиться здѣсь съ читателемъ, мы должны сказать, что, при изложеніи теоріи или ученія о стропилахъ, все дѣло сводится къ указанію типовъ стропильныхъ фермъ и къ перечисленію тѣхъ частей, которыя совокупно образуютъ эти фермы; далѣе идетъ разборъ характеровъ тѣхъ усилій, которыя дѣйствуютъ на эти отдѣльныя части, и затѣмъ расчетъ послѣднихъ, и нигдѣ мы не встрѣчаемъ той руководящей мысли, которая полагалась бы въ основу критическихъ сужденій не только существующихъ или предлагаемыхъ стропиль, но, главное, при проектированіи таковыхъ вновь. Такого рода пробѣлы въ литературѣ по архитектурѣ вообще, и гражданской — въ частности, не могутъ существовать безъ естественныхъ послѣдствій: не только нерѣдко, но положительно, можно сказать, часто встрѣчаются случаи, когда устроенныя на томъ или на другомъ зданіи стропила или заключаютъ въ себѣ излишнія, ничѣмъ необъяснимыя и пассивно, если такъ можно выразиться, относящіяся къ общей конструкціи части, или размѣры этихъ частей не надлежащія и т. д., или и то и другое и проч. вмѣстѣ, — словомъ — весьма часто случается, что устраиваемыя стропила или вообще, или же, что чаще всегда случается, въ частяхъ своихъ являются весьма непроизводительными и безцѣльно дорогими и, конечно, на столько же грузными.

Желательно и, повидимому, умѣстно было бы разобраться здѣсь со всѣми или, по крайней мѣрѣ, съ такъ называемыми классическими сочиненіями по архитектурѣ касательно затронутого нами вопроса, но 1) тема нашего сообщенія, по скромности своихъ размѣровъ, 2) мѣсто его, и 3) надежда, что послѣдующее изложеніе этой статейки послужитъ ключемъ для самостоятельной критики каждаго читателя, служатъ достаточными и необходимыми причинами того, что мы должны ограничиться сдѣланными выше напоминаніями.

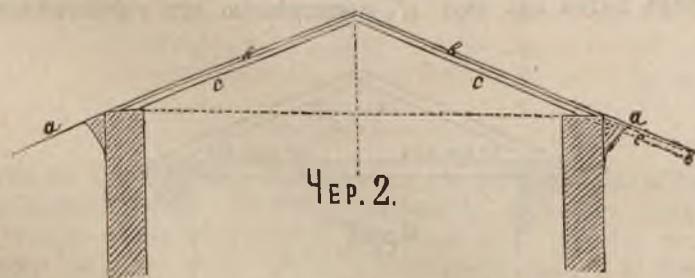
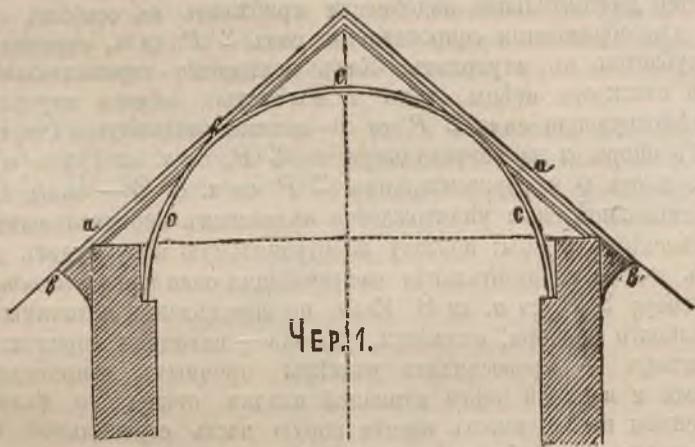
Теорія стропиль.

Служа защитой зданій отъ вредныхъ и во всякомъ случаѣ нежелательныхъ вліаній атмосферныхъ дѣятелей и проч., кровля, какъ часть сооруженія, не играющая конструктивной роли въ общемъ, и потому являющаяся служебной и подчиненной частью его, должна обладать, и по внѣшнему виду и по изяществу своему, легкостью и извѣстной степени красотой, непременно подчиненной главному — общему виду и характеру сооруженія. Изъ какого бы матерьяла и какой бы формы не устраивалась кровля, во всякомъ случаѣ она — сама по себѣ, въ виду изложенныхъ выше обстоятельствъ, не можетъ быть устраиваема на зданіяхъ. Небольшие и по объему и по вѣсу размѣры матерьяловъ, идущихъ на устройство кровли, непременно требуютъ поддерживающихъ — конструктивныхъ частей кровли, называемыхъ вообще стропилами или стропильными фермами.

Роль стропиль не ограничивается только поддерживаніемъ кровли; постановкой ихъ достигается возможно-совершенно рациональная передача нагрузки кровли (вѣсъ кровли, стропиль и временныя нагрузки въ видѣ давленія вѣтра, снѣга и проч.) на соответствующія части сооруженія.

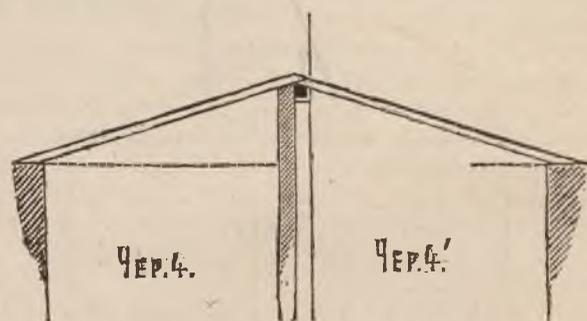
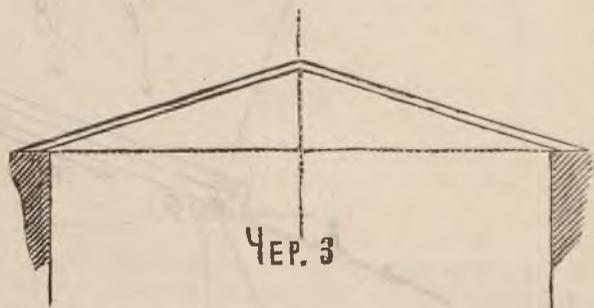
Общій видъ кровли есть сочетаніе поверхностей — преимущественно плоскостей, наклонныхъ къ горизонту. Тангенсъ угла наклоненія или, какъ говорятъ, подъемъ — все тоже выносъ — стропиль зависитъ вообще отъ рода матерьяла кровли, а въ частности и отъ характера сооруженія.

Изъ этихъ положеній мы видимъ, что форма крыши, въ разрѣзѣ своемъ, представляется вообще въ видѣ треугольника, у котораго боковыя стороны или кривыя линіи, или — что бываетъ чаще — прямыя, подобно представленнымъ на схематическихъ чертежахъ 1 и 2, гдѣ a представляетъ собой собственно кровлю, b — передаточную часть, т. е. или обрѣшотку, или сплошную опалубку и проч., и c — стропила.



Оставляя совершенно въ сторонѣ разсмотрѣніе стропиль, представленныхъ на первомъ чертежѣ, и называемыхъ кружальными, такъ какъ этого рода стропила или фермы достаточно обстоятельно обследованы и извѣстны не только въ литературѣ вообще, но и въ курсахъ нашихъ архитектурныхъ заведеній, мы перейдемъ къ разсмотрѣнію стропиль второго рода.

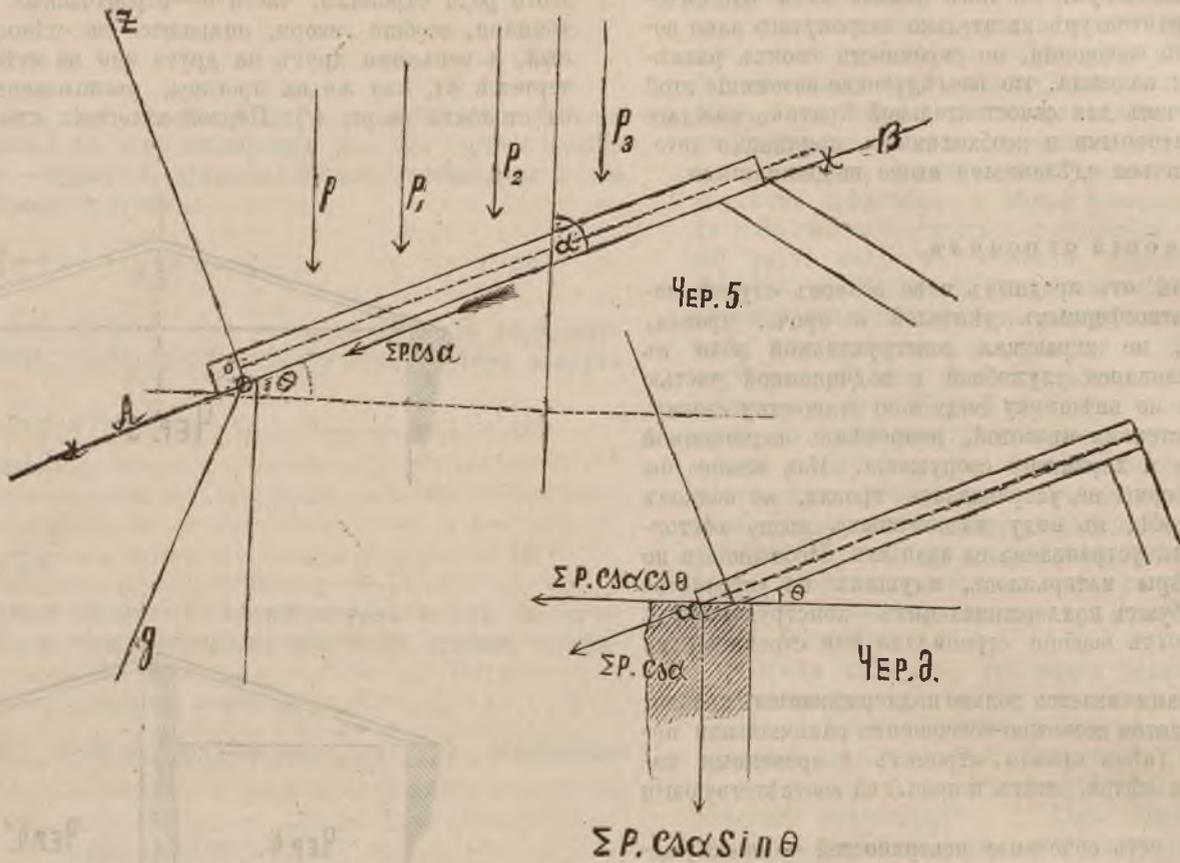
Какъ видно изъ чертежа 3-го — болѣе детальнаго изображенія этого рода стропиль, части d — строительныя ноги нижними своими концами, вообще говоря, опираются на стѣны, обыкновенно наружныя, а верхними другъ на друга или на стѣны (какъ показано на чертежѣ 4), или же на прогоны, расположенные въ свою очередь на столбахъ (черт. 4'). Первой категоріи стропила называются ви-



сичими, а второй — наклонными. Но къ какой бы категоріи не относились стропильныя ноги, для насъ въ данномъ случаѣ рѣшительно все равно: какъ первой категоріи, такъ и второй стропильныя ноги мы можемъ разсматривать какъ брусъ — тѣла, опирающіеся нѣсколькими точками на плоскость AB — наклонной къ горизонту подъ нѣкоторымъ угломъ θ (черт. 5).

Сумма нагрузокъ, составленная изъ постоянной — вѣсъ кровли, обрѣшотка или опалубка, собственный вѣсъ стропиль или временной — снѣгъ, вѣтеръ и проч. — приводятся къ вертикально дѣйствующимъ силамъ P, P_1, P_2, P_3 , и т. д. Будутъ ли эти силы проявляться въ формѣ равномерно распределенной нагрузки или въ формѣ сосредоточенныхъ узловъ — для насъ пока безразлично.

Изъ механики мы знаемъ, какія условія необходимо и достаточно соблюсти, чтобы тѣло, свободно опирающееся на плоскость, находилось въ равновѣсіи. Если разсмотрѣніе нашего случая мы отнесемъ къ прямоугольной системѣ координатныхъ осей, принявъ точку o (черт. 5) за начало координатъ, ось ix совпадающей съ плоскостью нижней грани бруса, то оси iy и iz примутъ положенія, показанныя на черт. 5. Плоскость ZoX вертикальна, а плоскости ZoY, YoX — наклонны къ горизонту подъ углами, меньшимъ прямого YoX и больше прямого ZoY . Силы P, P_1, P_2, P_3 , и т. д. вертикальны, какъ мы сказали выше. При такомъ расположеніи координатныхъ осей и дѣйствующихъ силъ, для равновѣсія нашего бруса мы будемъ имѣть достаточнымъ и необходимымъ соблюсти только одно условіе, — вмѣсто трехъ имѣющихъ мѣсто для общаго случая равновѣсія тѣла опирающагося на данную плоскость. Это условіе состоитъ въ томъ, чтобы сумма проекцій всѣхъ силъ на оси ix равнялась нулю — $\sum X = 0$, такъ какъ проекція силъ P, P_1, P_2 и т. д. на оси iy и iz равняются нулю, третье условіе, казавшееся на первый взглядъ имѣющимъ мѣсто въ данномъ разсматриваемомъ нами вопросѣ, т. е. чтобы $\sum P \cdot y \cdot \cos \alpha = \sum P \cdot cs \alpha \cdot y = 0$ (сумма моментовъ паръ силъ — составленныхъ изъ проекцій на оси y — дѣйствующихъ въ плоскости Xoy , равняется нулю такъ какъ $\sum P \cdot cs \beta = 0$ — какъ мы сказали выше), также само собой, отпадаетъ такъ какъ дѣйствующія силы всѣ расположены въ плоскости вертикальной, параллельны между собой и равнодѣйствующія ихъ, а также проекція на оси X^{ov} проходятъ черезъ ось другую, принятую нами за ось X^{ov} и потому плечо момента пары — $y = 0$, т. е. разстояніе проекцій силы до оси $X^{ov} = 0$. Итакъ, въ сущности остается одно условіе $\sum X = 0$, соблюсти которое достаточно и необходимо, чтобы наше тѣло — нашъ брусъ сохранилъ свое равновѣсіе. Изъ черт. 5 видно, что $\sum X = \sum P \cdot cs \alpha$ и направлена въ сторону, показанную на чертежѣ стрѣлкой, т. е. сумма этихъ про-



екций на оси X^{00} стремится сдвинуть брусъ по плоскости его опоръ въ сторону движенія стрѣлки.

Для соблюденія равновѣсія нашей стропильной ноги, т. е. чтобы $\Sigma P \cdot \cos \alpha = 0$, необходимо и достаточно ввести новую силу, въ видѣ сопротивленія, которая была бы не меньше $\Sigma P \cdot \cos \alpha$, ей параллельна, дѣйствовала бы по одной съ ней прямой и въ противоположную ей сторону.

Величина силы $\Sigma P \cdot \cos \alpha$, какъ видно, зависитъ во первыхъ отъ ΣP , т. е. отъ величины нагрузки, приходящейся на одну стропильную ногу, и во вторыхъ—отъ $\cos \alpha$, т. е. угла наклоненія стропильной ноги къ горизонту. Первое положеніе вполне очевидно, второе же разъясняется тѣмъ, что чѣмъ меньше θ —уголъ наклоненія стропильной ноги къ горизонту, тѣмъ больше α —уголъ, образуемый направлениемъ (вертикальнымъ) силъ ΣP съ направлениемъ оси стропильной ноги. Какъ извѣстно, съ увеличеніемъ угла косинусъ его уменьшается; поэтому чѣмъ больше α —уголъ наклоненія вертикально дѣйствующихъ силъ ΣP или чѣмъ меньше θ , тѣмъ больше силъ $\Sigma P \cdot \cos \alpha$, и наоборотъ, т. е. чѣмъ круче поставлены стропила, тѣмъ больше и сила $\Sigma P \cdot \cos \alpha$, и наоборотъ—чѣмъ положе стропила, тѣмъ меньше $\Sigma P \cdot \cos \alpha$ (въ балкахъ вовсе не проявляется эта сила, такъ какъ $\alpha = 90^\circ$, ($\cos \alpha = \cos 90^\circ = 0$, и $\Sigma P \cos \alpha = 0$).

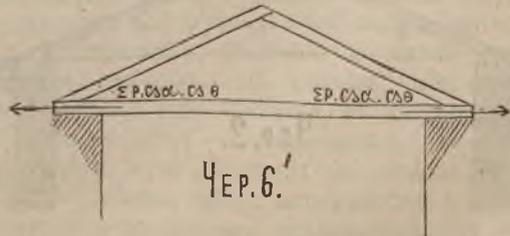
Въ тѣхъ случаяхъ, когда концы стропильныхъ ногъ выпускаются для образованія стрехи, имѣютъ мѣсто у нижняго конца стропильной ноги—на стѣнѣ или опорѣ—наклонная плоскость, параллельная плоскости нижней грани стропильной ноги и наклонная къ горизонту, но съ угломъ θ ; поэтому величина и направленіе дѣйствія силы $\Sigma P \cdot \cos \alpha$ здѣсь вполне сохраняется. Въ сооруженіяхъ, незначительныхъ по размѣрамъ ширины или глубины своей, а стало быть по незначительности величины $\Sigma P \cdot \cos \alpha$, вопросъ о парализованіи дѣйствія силы этой дѣйствіемъ соответствующаго сопротивленія, разрѣшается простымъ врубаніемъ конца (върѣбе—на нѣкоторомъ разстояніи отъ конца) стропильной ноги или въ верхній вѣнецъ или въ верхнюю обвязку или въ мауэрлатъ и т. п.

Примчаніе: говорить здѣсь о деталяхъ этихъ врубокъ и вообще о деталяхъ соединеній частей стропильныхъ фермъ мы считаемъ неумѣстнымъ по весьма яснымъ и для читателя соображеніямъ.

Въ тѣхъ же случаяхъ, когда указанные размѣры перекрываемаго зданія значительны, а потому значительна и сила $\Sigma P \cdot \cos \alpha$, вопросъ о равновѣсіи положенія стропильной ноги приходится разрѣшать нѣсколько сложнѣе. Для простоты и большей ясности изслѣдованія этого вопроса, мы предположимъ, что имѣемъ дѣло съ каменнымъ строеніемъ; это предположеніе для насъ въ данномъ случаѣ тѣмъ

болѣе подходяще, что размѣры—по ширинѣ и глубинѣ—большими и несравненно чаще встрѣчаются въ каменныхъ, нежели въ деревянныхъ или фахверковыхъ строеніяхъ.

Верхняя поверхность наружныхъ или вообще опорныхъ стѣнъ для нижнихъ концовъ стропильныхъ ногъ обыкновенно бываетъ горизонтальная плоскость. Въ тѣхъ же мѣстахъ, гдѣ хотятъ выпустить конецъ стропильной ноги для образованія стрехи, поверхность стѣны есть наклонная плоскость, параллельная плоскости нижней грани стропильной ноги. Въ послѣднемъ случаѣ, если не представляется настоятельной надобности прибѣгать къ особымъ средствамъ для образованія сопротивленія силъ $\Sigma P \cdot \cos \alpha$, стропильная нога врубается въ мауэрлатъ. Какъ вслѣдствіе горизонтальности верхней плоскости стѣны, такъ и вслѣдствіе вліянія мауэрлата, наша дѣйствующая сила $\Sigma P \cdot \cos \alpha$ —должна разложиться (черт. 6) въ точкѣ опоры a на вертикальную— $\Sigma P \cdot \cos \alpha \cdot \cos (90 - \alpha) = \Sigma P \cdot \cos \alpha$ отъ Q и горизонтальную $\Sigma P \cdot \cos \alpha \cdot \cos \theta$ —силы. Вліяніе вертикальной силы уничтожается надежнымъ вертикальнымъ же сопротивленіемъ стѣны; поэтому на стропильную ногу будетъ дѣйствовать только горизонтальная распирающая сила или *горизонтальный распоръ* $\Sigma P \cdot \cos \alpha \cdot \cos \theta$. Если, по опредѣленіи величины горизонтальнаго распора, окажется, что она—величина горизонтальной распирающей силы—превосходитъ размѣры прочныхъ сопротивленій мауэрлата и верхней части каменной кладки стѣны, то является естественная необходимость ввести новую часть стропильной фермы—горизонтальный брусъ, стягивающій нижніе концы паръ стропильныхъ ногъ одной и той же фермы, и потому, будутъ подвержены, какъ видно изъ черт. 6', вытягиванію отъ горизонтальныхъ



распоровъ въ обоихъ концахъ стропильныхъ ногъ, долженъ имѣть надлежащіе размѣры поперечнаго сѣченія, высчитываемые по формулѣ строительной механики:

$$\frac{\omega}{\Sigma P \cdot \cos \alpha \cdot \cos \theta} < \text{прочн. сопротив.}$$

вытягиванию. Такой брус называется затяжкой. В томъ случаѣ, когда такихъ размѣровъ стропила приходится дѣлать наклонными, то затяжку задѣлываютъ въ каменную стѣну, въ каменный столбъ, а когда строение имѣетъ двускатную кровлю, такую затяжку приходится пропускать насквозь.

Итакъ, со введеніемъ въ стропильную ферму затяжки, вся ферма, принявъ типичную треугольную форму, является уже вполне устойчивой *).

Такимъ образомъ теорія стропиль теперь для насъ уже понятна, и потому переходъ къ обслѣдованію нѣкоторыхъ особенностей, соответствующихъ частнымъ случаямъ, можно считать своевременнымъ.

Выше мы видѣли, что всѣ силы, дѣйствующія на одну стропильную ногу, будучи отнесенными къ избранной нами системѣ координатныхъ осей, разложились на силы двухъ категорій — составляющія: 1) на нормальныя къ оси бруса (совпадающей съ осью X^{023}) и 2) параллельныя ей. Первые силы при правильномъ и однообразномъ распредѣленіи своемъ на всей стропильной ногѣ, дѣйствуютъ на нее изгибающимъ образомъ съ наибольшимъ моментомъ въ срединѣ оси между опорами. Принявъ эту нагрузку, въ видахъ ясности и простоты обслѣдованія нашего вопроса, за равномерную распределенную, мы можемъ воспользоваться извѣстной формулой строительной механики, служащей къ опредѣленію наибольшаго изгибающаго момента въ случаяхъ, подобныхъ данному: $Max. \Sigma Pl = \frac{Pl^2}{8}$. Въ видахъ не только разумной экономіи, но и воз-

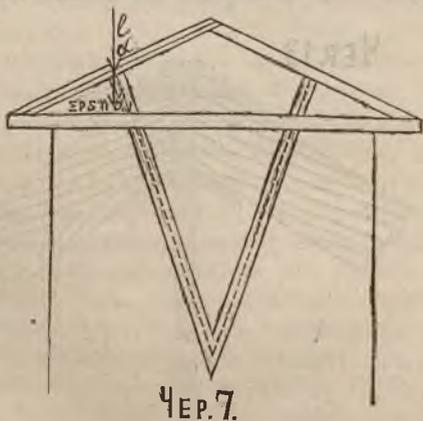
можно большей легкости крыши, дѣлать стропильныя ноги изъ дерева или изъ металла такихъ размѣровъ поперечнаго сѣченія, каковыя требуются въ данномъ положеніи ихъ, не всегда возможно, да и не слѣдуетъ; въ тоже время нельзя и не озаботиться обезпеченіемъ ихъ надлежащей прочностью.

Изъ формулы $\frac{Pl^2}{8}$ мы видимъ, что величина наибольшаго изгибающаго момента зависитъ: 1) отъ велич. P и 2) отъ велич. l . Если мы разобьемъ нашу стропильную ногу на двѣ равныя части по длинѣ, то

$Max. \Sigma Pl$ для каждой части выразится такъ: $\frac{P}{2} \cdot \frac{l^2}{4} = \frac{P \cdot l^2}{64}$. Та-

кое обстоятельство естественно наводитъ на мысль — въ самомъ дѣлѣ разбить обѣ строительныя ноги на двѣ половины въ каждой и въ точкѣ дѣленія устроить опоры, могущія оказывать надлежащія сопротивленія силамъ, дѣйствующимъ нормально къ осямъ стропильныхъ ногъ.

Стало быть такіе подпоры, въ видѣ подкосовъ, должны быть расположены надъ прямыми углами къ своимъ стропильнымъ ногамъ. (Черт. 7). Нижніе концы этихъ подкосовъ должны сходиться свои-



Черт. 7.

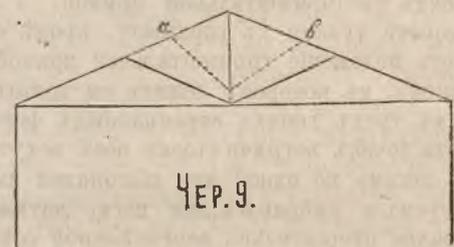
ми осями въ одной точкѣ. Такой опорой имъ могутъ служить столбы или поперечныя стѣны. Но такое укрѣпленіе подкосовъ представляется весьма рѣдко возможнымъ. Является необходимость изыскать новое средство. Если, говоря относительно, силы $\Sigma P \cdot \sin \alpha$ — по своимъ размѣрамъ незначительна, то вмѣсто двухъ подкосовъ можно устроить одинъ ригель (черт. 8). Уголъ наклоненія ригеля къ стропильнымъ ногамъ меньше прямого; поэтому на ригели будутъ дѣйствовать двѣ силы: g_1 и g_2 — составляющія полученныя

отъ разложенія нормальныхъ силъ $\Sigma P_1 \sin \alpha$ и $\Sigma P_2 \sin \alpha$ — сжимающимъ образомъ. Въ томъ же случаѣ, когда по мѣстнымъ обстоятельствамъ и инымъ какимъ-либо соображеніямъ, нельзя поль-



Черт. 8.

зоваться ригелемъ прибѣгаютъ къ такого рода конструкціи (черт. 9): между верхними концами зажимаютъ вертикальный брусъ такой длины, чтобы отъ нижняго его конца до мѣста встрѣчи съ нимъ подкосовъ оставалась нѣкоторая часть. Такимъ образомъ является конструктивная часть строительной фермы, служащая опорой для подкосовъ и называемая *бабкой*.



Черт. 9.

Во избѣжаніе прогиба затяжки, когда послѣдняя имѣетъ значительную длину, необходимо бываетъ нѣсколько подвѣсить ее къ стропильнымъ ногамъ. Если, по механическому расчету и другимъ соображеніямъ, оказывается достаточнымъ подвѣсить ее только въ одной точкѣ, то такая точка должна быть избрана посрединѣ продольной оси затяжки, такъ какъ затяжка сама по себѣ есть брусъ, лежащій на двухъ опорахъ и подверженный изгибающему дѣйствию равномерной нагрузки — собственного вѣса; другими словами — для устраненія прогиба затяжки необходимо бываетъ ввести новую конструктивную часть фермы, называемую тоже *бабкой*. Вслѣдствіе такого рода своего служебнаго значенія она, очевидно, подвергается вытягивающимъ усиліямъ. Если же представляется необходимость подвѣсить затяжку въ двухъ точкахъ, то приходится разбивать ее на три, по возможности, равныя части и въ этихъ двухъ точкахъ дѣленія подвѣшиваютъ ее помощью *бабокъ* и т. д. Точно такимъ же образомъ подвѣшивается и ригель, когда опасаются его прогиба отъ дѣйствія и сжатія по длинѣ его оси.

Вотъ естественное зарожденіе и развитіе стропиль итальянской системы.

Если, послѣ всего до сихъ поръ сказаннаго нами, мы, оставивъ совершенно въ сторонѣ разсмотрѣніе деталей стропиль, взглянемъ на полученную нами ферму съ общей точки зрѣнія, то естественно должны будемъ придти къ тому заключенію, что вся эта система представляетъ собой балку, у которой форма продольнаго сѣченія весьма напоминаетъ форму такого же сѣченія равномерно нагруженнаго и лежащаго на двухъ опорахъ бруса равнаго сопротивленія *). Къ чему собственно говоря, и направляло насъ соображеніе, вытекавшее изъ вышеуказанныхъ условий равновѣсія стропильной ноги.

Такой взглядъ на стропильную ферму даетъ намъ больше возможности и шире взглянуть на этотъ предметъ, и шире его развить.

Изъ теоріи сопротивленія строительныхъ матерьяловъ мы знаемъ, что, при изгибѣ дерева, желѣза и проч., верхнія волокна подвержены сжатію; нижнія вытягиванію, и эти напряжения идутъ отъ тахішима у крайнихъ волоконъ, до нуля на нейтральной оси.

Такъ какъ стропильная ферма должна быть не только на видъ, но въ дѣйствительности, по вѣсу, возможно легкая, то является необходимость въ изысканіи средствъ для того, чтобы всѣ части фермы, а, главное, стропильныя ноги имѣли возможно малые размѣры въ поперечныхъ своихъ сѣченіяхъ; а только что высказанный нами взглядъ на стропильную ферму даетъ намъ возможность

*) Распространяться здѣсь о случайныхъ боковыхъ усиліяхъ, могущихъ опрокинуть всю ферму до устройства кровли, мы считаемъ неумѣстнымъ.

*) Каррикатурная форма стропильной фермы сравнительно съ формой балки равнаго сопротивленія объясняется, конечно, назначеніемъ первой.

дальше рассуждать такимъ образомъ: изъ сравненія между собой силъ—горизонтальнаго распора $\Sigma P. cs a. cs Q$ и нормальной къ оси стропильной ногъ $\Sigma P \sin \alpha$ — мы видимъ, что послѣдняя всегда значительно больше первой и потому размѣръ поперечнаго сѣченія затяжки, сравнительно съ таковыми же размѣрами ногъ, весьма незначительны. Если свяжемъ мы затяжку съ стропильными ногами еще *) и такимъ образомъ, что первая приметъ на себя часть груза втораго, сохраняя въ тоже время свое первоначальное положеніе—части фермы, подверженной вытягиванію, то этимъ самымъ мы достигнемъ: 1) того, что поперечные размѣры стропильныхъ ногъ потребуются меньшими, а затяжки нѣсколько большими противъ первоначальныхъ размѣровъ, 2) вся ферма приметъ не только легкой, но болѣе пропорціональный и изящный видъ.

Теперь рождается естественный вопросъ — какимъ же образомъ можно достигнуть этой желательной связи! Нѣсколько выдающихся рѣшеній этого вопроса мы видимъ въ стропильныхъ фермахъ, извѣстныхъ у насъ подъ названіями: французской — или растяжной, —американской и англійской.

Въ послѣднихъ двухъ фермахъ передача части нагрузки отъ стропильныхъ ногъ къ затяжкѣ происходитъ посредствомъ вертикальныхъ стоекъ; во французской же системѣ эти стойки расположены нормально къ стропильнымъ ногамъ, почему затяжка непременно приняла видъ не горизонтальной прямой, а ломанной, идущей подъ нѣкоторыми углами къ горизонту, кромѣ средней части, которая сохраняетъ положеніе горизонтальной прямой, но приподнятой надъ уровнемъ, въ которомъ лежатъ ея концы.

Во всѣхъ этихъ трехъ типахъ стропильныхъ фермъ, для облегченія затяжки, отъ точекъ встрѣчи стоекъ осей ведутся подкосы **) къ стропильнымъ ногамъ по одной изъ діагоналей каждаго четырехугольника, образуемаго направленіями ноги, затяжки и стойки, и всегда симметрично относительно вертикальной оси фермы.

Какая изъ этихъ конструкций фермъ отличается предпочтительными качествами легко теперь судить самому читателю и нельзя сомнѣваться въ томъ, что растяжная или французская конструкция займетъ первое мѣсто уже потому, что главныя передаточныя части съ этого типа фермъ занимаютъ естественное положеніе относительно *нормальныхъ* силъ. Замѣтимъ здѣсь, что затяжки и въ двухъ другихъ фермахъ представляются такого же характера ломанной линіи, какъ и во французской.

Полагая, что всего до сихъ поръ изложеннаго вполне достаточно для уясненія общей и главной мысли теоріи стропиль, мы считаемъ возможнымъ покончить съ этой частью нашего рассужденія и перейти къ краткому указанію тѣхъ приемовъ или, вѣрнѣе сказать, тѣхъ сторонъ дѣла, которыхъ нужно держаться при проектированіи стропиль.

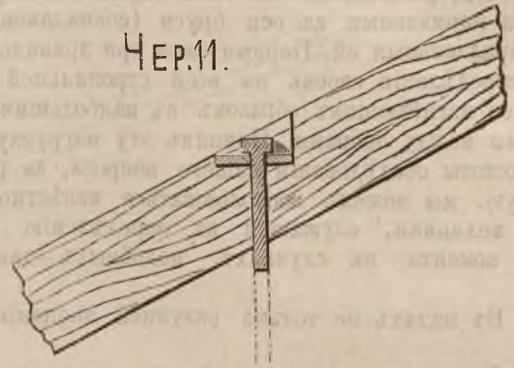
Проектированіе стропиль.

Говоря о проектированіи стропиль, нельзя имѣть въ виду только крупныя центры Россіи—какъ Петербургъ, Москва, Варшава, Одесса и т. п. Для строительнаго дѣла мѣста болѣе отдаленныя отъ центровъ торговли, заводовъ, путей сообщенія и проч., представляются предметомъ большихъ заботъ и трудностей: не только ограниченность въ выборѣ строительнаго матерьяла, но значительный недостатокъ въ мастерахъ, заставляетъ техника часто серьезно задумываться надъ вопросомъ такого рода, на который ни одинъ, даже самый слабый техникъ крупныхъ центровъ не обращаетъ своего вниманія; ибо у него подъ рукой не только большія, хорошія мастерскія, но и цѣлыя заводы; выборъ въ мастерахъ и строительныхъ матерьялахъ, можно сказать, неограниченный.

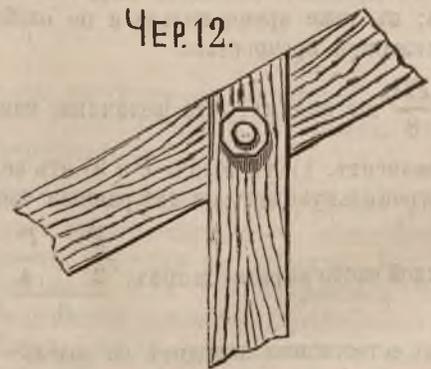
Хотя стремленіе замѣнить дерево — какъ строительный матерьялъ—металломъ—железомъ, чугуномъ,—не только похвальное, а естественное и необходимое, но тѣмъ не менѣе даже въ разсматриваемомъ нами вопросѣ мы не можемъ еще избѣжать дерева. Въ такихъ мѣстахъ Россіи, гдѣ лѣсъ, а въ особенности сосновый—болѣе пригодный для легкихъ конструкций — цѣнится чуть ли не на вѣсь золота, все-таки приходится прибѣгать къ устройству стропиль если не чисто деревянной, то, по крайней мѣрѣ, смѣшанной конструкции.

Такъ какъ стропильныя ноги подвержены наибольшимъ напряженіямъ, и притомъ двухъ родовъ — сжатію длинѣ и изгибу — въ смѣшанныхъ конструкціяхъ стропиль необходимо употребить де-

рево. Всѣ части такого рода фермы, которыя подвергнуты продольному сжатію и потому требуютъ значительныхъ размѣровъ поперечнаго сѣченія, сравнительно съ длиной, необходимо также готовить изъ дерева, т. е. стойки, подкосы, ригеля должны быть также деревянными; части же, подвергающіяся вытягиванію — затяжки, бабки,—лучше дѣлать изъ круглаго (болтоваго) желѣза. Укрѣпленіе частей, подвергающихся сжатію, должно быть непременно неподвижнымъ, а укрѣпленіе частей, подвергающихся вытягиванію, тамъ, гдѣ размѣры скрѣпляющихъ частей — болтовъ, заклепок — могутъ быть и по числу незначительны, можетъ быть и желательно свободными: затяжка должна имѣть въ случаѣ надобности, свободное движеніе по горизонтальному направленію въ мѣстахъ своего соединенія съ концами стропильныхъ ногъ, бабки должны имѣть свободное вертикальное движеніе въ мѣстахъ соединенія со стро-



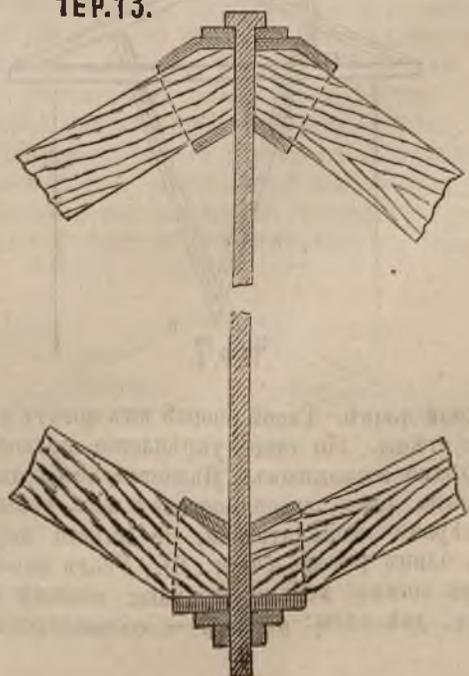
Чер. 11.



Чер. 12.

пильной ногой (черт. 11); поэтому не слѣдуетъ дѣлать соединеній этихъ частей со стропильными ногами горизонтальными болтами (черт. 12) и т. п. Въ томъ случаѣ, когда бабка проходитъ посрединѣ между парой стропильныхъ ногъ, для зажатія ея головки,

Чер. 13.



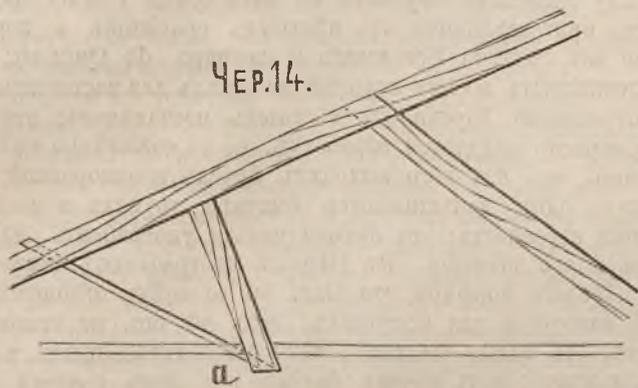
*, Одна связь между стропильными ногами и затяжкой, вѣдь имѣется у концовъ этихъ частей фермы.

**) Изъ этихъ разъясненій, очевидно, что стойки подвергнуты сжатію, а подкосы вытягиванію.

если нельзя имѣть чугунаго башмака, можно весьма легко и съ большимъ успѣхомъ приготовить таковой изъ котельнаго желѣза и сквозь него пропустить круглое желѣзо для бабки. Для принятія подкосовъ въ нижнемъ концѣ бабки слѣдуетъ устраивать подобнаго рода башмакъ (черт. 13).

При проектированіи стропильныхъ ногъ, значительныхъ по размерамъ перекрываемаго пролета, слѣдуетъ пользоваться соображеніямъ изъ формулы $\frac{Pl^2}{8}$, и поэтому, когда является необходимость

усилить стропильную ногу, вмѣсто всякихъ подмогъ (какъ въ конструкціи стропиль по системѣ Палладія), слѣдуетъ, разбивъ на большее число частей (по соображеніямъ), укрѣпить ее стойками и подкосами (по добно растяжной системѣ)—черт. 14 а. При этомъ слѣдуетъ руко-



водствоваться вышесказанными соображеніями относительно сжимаемыхъ и вытягиваемыхъ частей фермы. Этого рода соображенія вполне имѣютъ мѣсто и при проектированіи чисто металлическихъ стропиль и всякихъ системъ, тутъ, впрочемъ, ради экономіи съ большимъ успѣхомъ можно употреблять чугунъ для тѣхъ частей, которыя подвергаются только сжатію.

Гражд. Инж. Н. Маршевъ.

Устройство мостовыхъ.

Значительное распространеніе городовъ и увеличеніе городского населенія выдвинули на первый планъ двѣ насущныя потребности, а именно: устройство хорошихъ водостоковъ и прочныхъ, удобныхъ мостовыхъ. Хорошіе водостоки имѣютъ громадное вліяніе на улучшеніе санитарнаго состоянія городовъ, а хорошіе мостовыя оказываютъ не меньшее вліяніе на ускореніе, удешевленіе и облегченіе способовъ передвиженія. Вотъ почему почти во всѣхъ болѣе значительныхъ или богатыхъ городахъ устроены уже различнаго рода системы канализацій или капитально передѣланы водостоки, служащіе для отвода домовыхъ и уличныхъ нечистотъ, а также устроены прочныя и удобныя мостовыя, послужившія къ развитію передвиженія въ общественныхъ экипажахъ. Устройство хорошихъ мостовыхъ находится въ тѣсной связи съ устройствомъ правильныхъ городскихъ канализаціонныхъ каналовъ или усовершенствованныхъ водостоковъ, такъ какъ онѣ служатъ не только для правильного отвода атмосферныхъ водъ, что составляетъ важное условіе для сохраненія мостовыхъ, но и даютъ возможность устраивать подъ мостовую прочное, непроницаемое основаніе. Въ такихъ улицахъ, гдѣ устроена канализація, водопроводныя трубы, пневматическія почтовые трубы, телеграфныя и телефонныя проводы укладываются не подъ мостовыми, а подъ тротуарами; въ Парижѣ на примѣръ, трубы эти и проволоки расположены даже въ самыхъ канализаціонныхъ каналахъ и потому, при такихъ условіяхъ, почти вовсе не встрѣчается надобность въ разломкѣ мостовой для производства какихъ либо работъ относящихся до водопровода, телеграфа, телефоновъ и проч.

Въ Берлинѣ при Городскомъ Управленіи существуетъ особая коммиссія подъ предѣлательствомъ однаго изъ членовъ Управы; въ составъ этой коммиссіи входятъ представители отъ Почтоваго, Телеграфнаго и Полицейскаго Управленій; отъ водопроводныхъ, газовыхъ и телефонныхъ обществъ. Въ этой коммиссіи, представитель Городскаго Управленія заявляетъ, въ какихъ именно ули-

цахъ, Городское Управленіе имѣетъ въ виду, въ ближайшіе 2—3 года произвести работы по устройству канализаціи и новыхъ мостовыхъ; представители вышесказанныхъ учрежденій заявляютъ о своихъ предположеніяхъ по работамъ относящимся до ихъ вѣдомства и лишь по достиженіи соглашенія, разрабатывается уже общій планъ дѣятельности и устанавливается порядокъ производства подлежащихъ исполненію работъ. Этимъ достигается, то важное условіе, что вновь устроенная мостовая обезпечена на продолжительное время отъ разломки ея, для производства какихъ либо значительныхъ подземныхъ работъ. Вотъ почему почти во всѣхъ городахъ, въ которыхъ устроена канализація, выработался совершенно одинаковый типъ, какъ для устройства основаній подъ мостовыя, такъ и для боковыхъ ея огражденій, а именно: основаніе дѣлаютъ изъ бетоннаго слоя толщиной отъ 15 до 25 сантиметровъ, съ употребленіемъ раствора изъ порландскаго цемента или рѣже изъ гидравлической извести и мостовая ограждается отъ тротуаровъ, по обоимъ сторонамъ, правильно обтесанными каменными бортовыми брусками, служащими въ то же время бордюромъ для тротуаровъ. Такое основаніе и такое боковое огражденіе мостовой, признается безусловно необходимымъ для всѣхъ улицъ съ большимъ движеніемъ экипажей, будетъ ли самое мостовое полотно устроено изъ каменныхъ брусковъ, или изъ дерева, или изъ асфальта. Сознаніе въ необходимости устройства подъ мостовую прочнаго основанія и огражденій, сразу поставило весь вопросъ объ устройствѣ мостовыхъ на совершенно иную почву и лишь благодаря именно этимъ прочнымъ основаніямъ получилась возможность достигнуть тѣхъ благоприятныхъ результатовъ, по устройству мостовыхъ, которыя въ дѣйствительности достигнуты за послѣднее десятилітіе.

Однако успѣхъ этотъ слѣдуетъ преписать не однимъ лишь техническимъ усовершенствованіямъ, а главнымъ образомъ тому обстоятельству, что дѣло это правильно поставлено, какъ въ административномъ, такъ и въ хозяйственныхъ отношеніяхъ, а именно: что устройство и ремонтное содержаніе мостовыхъ, во всѣхъ главнѣйшихъ городахъ, сосредоточено въ однихъ рукахъ, т. е. производится Городскимъ Общественнымъ Управленіемъ, а не отдѣльными собственниками недвижимыхъ имуществъ, какъ это дѣлается у насъ. Такимъ образомъ въ городскую казну, на мостовое дѣло, стекаются ежегодно милліоны франковъ или марокъ, а потому Городское Управленіе въ состояніи производить самые обширные опыты надъ разнаго рода матеріалами и способами устройства мостовыхъ и примѣнять тѣ изъ нихъ, которые наиболѣе подходятъ для каждаго даннаго случая.

Для характеристики того, какую важную отрасль городского хозяйства составляютъ мостовыя, достаточно будетъ сказать, что Берлинское Городское Управленіе, расходуетъ за послѣдніе годы на одну только покупку каменныхъ мостовыхъ брусковъ — до 2 000 000 марокъ ежегодно. Для того, чтобы уяснить себѣ, какое важное значеніе мостовыя имѣютъ для городского населенія, достаточно привести слѣдующіе, вполне точныя статистическія свѣдѣнія о количествѣ передвиженія экипажей:

- а) по наблюденіямъ произведеннымъ въ 1881 году въ Лондонѣ, въ улицѣ Grace Church проѣзжаетъ ежедневно среднимъ числомъ 10500 экипажей и 15885 ломовыхъ повозокъ; въ King Willian Sr. — 17861 экипажей и 26793 ломовыхъ повозокъ.
- б) по наблюденіямъ произведеннымъ въ 1882 году въ Парижѣ, въ улицахъ Avenue de l'Opera — проѣзжаетъ среднимъ числомъ ежедневно 36185 экипажей; Rue de Rivoli — 42035 экипажей.

При такомъ громадномъ передвиженіи экипажей, мостовыя, кромѣ возможной прочности, должны еще удовлетворять и другимъ условіямъ, а именно: онѣ должны быть по возможности ровныя, безшумныя, безъ-пыльныя, на нихъ не должно образовываться много грязи.

Я не буду останавливаться на описаніи наиболѣе простыхъ, устарѣлыхъ или оказавшихся неудачными способовъ устройства мостовыхъ, а перейду прямо къ описанію наилучшихъ мостовыхъ устраиваемыхъ изъ каменныхъ брусковъ, деревянныхъ и асфальтовыхъ мостовыхъ.

Мнѣ слѣдуетъ однако упомянуть, что такъ называемыя макадамы, которыя въ свое время считались наилучшими мостовыми и достигли обширнаго примѣненія въ Лондонѣ и въ Парижѣ на главнѣйшихъ улицахъ, въ настоящее время, вслѣдствіе развитія движенія, въ особенности грузныхъ общественныхъ дилижансовъ и повозокъ, служащихъ для перевозки тяжестей, — быстро исчезаютъ изъ этихъ улицъ и замѣняются каменными брусчатыми, асфальтовыми или деревянными мостовыми.

На отчетъ Берлинскаго Городскаго Управленія къ 1 Апрѣля 1886 года находилось всего мостовыхъ: 4 654 000 кв. м.; изъ этого количества вполнѣ хорошо устроенныхъ, т. е. такъ называемыхъ мостовыхъ 1-го разряда было:

каменныхъ брусковыхъ . . .	1 020 000 кв. м.
асфальтовыхъ	359 000 >
деревянныхъ	44 000 >

что составляетъ всего 1 423 400 кв. м., т. е. другими словами въ Берлинѣ болѣе 30% всего количества мостовыхъ вполнѣ удовлетворительныхъ или перворазрядныхъ. Остальное количество мостовыхъ устроено по большей части тоже изъ каменныхъ брусковъ, но бруски эти меньшихъ размѣровъ и худшаго качества.

Для обезпеченія себя каменными мостовыми брусками, Берлинское Городское Управленіе сдаетъ съ торговъ поставку брусковъ на три года; за послѣдніе три года, расходъ на покупку брусковъ исчисленъ въ 1 964 000 марокъ ежегодно. Въ прежнее время бруски для перворазрядныхъ мостовыхъ приобретались по большей части въ Швеціи и Бельгіи; но за послѣднее время Берлинское Городское Управленіе, желая привлечь къ конкуренціи по поставкѣ брусковъ отечественныхъ производителей обратилось, путемъ самой обширной публикаціи, къ Германскимъ владѣльцамъ каменоломней, и пригласило ихъ принять участіе въ торгахъ на поставку каменныхъ мостовыхъ брусковъ съ предварительною присылкою своихъ образцовъ. Вслѣдствіе этого приглашенія, Берлинскому Городскому Управленію представлено было 52 образца каменныхъ брусковъ. Образцы эти препровождены были въ Королевскую Правительственную Коммисію для изслѣдованій строительныхъ матеріаловъ, гдѣ онѣ были подвергнуты тщательному испытанію и многіе изъ нихъ признаны были годными для устройства мостовыхъ, въ особенности же для улицъ второстепеннаго значенія; нѣкоторые породы, въ особенности доставленные изъ Саксоніи признаны были даже годными для испытанія ихъ въ улицахъ первостепеннаго значенія.

Городское Управленіе имѣетъ въ различныхъ частяхъ города, преимущественно близъ водныхъ или желѣзо-дорожныхъ путей, по которымъ совершается доставка каменныхъ брусковъ и другихъ матеріаловъ, свои собственные обширные склады. Каменные бруски доставляются въ склады въ совершенно обдѣланномъ видѣ и здѣсь уже, самымъ тщательнымъ образомъ сортируются на опредѣленные сорта или классы, окончательныя принимаются отъ поставщиковъ или бракуются и принятые складываются по сортамъ въ штабели.

Первые 3 класса брусковъ дѣлаются или кубической формы или призматической, они имѣютъ совершенно одинаковые размѣры ширины, длины и вышины, а именно:

- а) бруски кубической формы бываютъ двухъ категорій и имѣютъ ширину, длину и высоту или отъ 15—16 сантим. или 19—20 сантим.
- б) бруски призматической формы имѣютъ ширину отъ 11 до 14 сантим., длину 15—30 сантим. и высоту отъ 15—16 сантим. или 19—20 сантим.

Все различіе этихъ трехъ первыхъ классовъ брусковъ, заключается въ томъ, что у брусковъ перваго класса, нижняя поверхность должна быть совершенно одинаковою съ верхнею поверхностью, т. е. соответствующіе грани брусковъ должны быть совершенно параллельны между собою и всѣ грани взаимно пересѣкаются подъ прямыми углами; у брусковъ 2-го класса площадь нижней поверхности должна составлять не менѣе $\frac{4}{5}$, а для брусковъ 3-го класса — не менѣе $\frac{2}{3}$ площади верхней поверхности т. е. другими словами боковые грани брусковъ могутъ книзу постепенно суживаться; что касается брусковъ 4 и 5 классовъ, то размѣры ихъ нѣсколько меньше и обтека не такая тщательная; бруски 6 класса имѣютъ полигональную форму. Средняя годовая потребность для Берлина за послѣдніе три года составляла — до 22000 кв. м. брусковъ 1-го класса, до 55000 кв. м. брусковъ 2 и 3 классовъ; до 20000 кв. м. брусковъ 4 и 5 классовъ и наконецъ до 7000 кв. мтр. брусковъ 6 класса.

Стоимость брусковъ слѣдующая: бруски кубической формы 1-го класса отъ 780—830 марокъ за 1000 штукъ;

бруски кубической формы 2 и 3 классовъ отъ 350—500 марокъ за 1000 штукъ;

бруски призматической формы 1-го класса 18—19 марокъ кв. м.

бруски призматической формы 2 и 3 классовъ 12—13 марокъ кв. м.; 4, 5 и 6 классовъ очень варьируютъ.

Въ Берлинѣ употребляютъ Шведскіе бруски гранитныхъ породъ; Бельгійскіе порфирныхъ породъ; Германскіе — тѣхъ и другихъ породъ, а также твердые песчаники.

Бруски употребляемыя для мостовыхъ Парижа, относительно размѣровъ подраздѣляются всего на три разряда, а именно:

бруски 1-го разряда шир. 12 сантим., длин. до 22 сантим., вышин. 19 сантим.

бруски 2-го разряда шир. 10 сантим., длин. до 19 сантим., выш. 17 сантим.

бруски 3-го разряда шир. 8 сантим., длин. до 16 сантим., вышин. 15 сантим.

Бруски подвергаются тщательной обработкѣ, грани ихъ пересѣкаются въ верхней поверхности подъ прямымъ угломъ; въ размѣрахъ брусковъ одного и того же разряда, не допускается разница болѣе чѣмъ на одинъ сантиметръ; суживаніе книзу боковыхъ поверхностей не должно превышать для каждой грани болѣе 5 мм. Боковыя грани должны быть такъ ровно обтесаны, чтобы швы между смежными брусками не были болѣе 1 сантим. Бруски для мостовыхъ приготавливаются изъ мѣстныхъ гранитовъ и порфировъ, а именно изъ гранита Вогезскаго и порфира de Quenast; бруски эти представляютъ весьма хорошій матеріалъ для мостовыхъ. Кромѣ того употребляютъ бруски изъ мѣстныхъ песчаниковъ; этотъ матеріалъ прекрасно поддается обработкѣ, но къ сожалѣнію имѣетъ тотъ недостатокъ, что изъ него выходятъ бруски неоднородной плотности, отчего одни изнашиваются быстрѣе другихъ и на мостовой образуются неровности; эти бруски нельзя употреблять для улицъ первостепеннаго значенія. Въ Парижѣ употребляютъ также бруски изъ бельгійскаго порфира; это былъ бы во всѣхъ отношеніяхъ прекрасный матеріалъ для мостовыхъ, если бы онъ не становился со временемъ, отъ ѣзды, гладкимъ, какъ бы полированнымъ, т. е. слишкомъ скользкимъ; вотъ почему бруски изъ этого гранита употребляютъ теперь только для выстилки водосточныхъ лотковъ, близъ тротуаровъ, а на широкихъ улицахъ — для выстилки боковыхъ поверхностей, гдѣ ѣзда обыкновенно значительно меньше, чѣмъ въ срединѣ улицъ.

Въ Лондонѣ употребляютъ бруски изъ гранитовъ Gurnesey, Лейчестерскаго и Абердинскаго. Бруски изъ Абердинскаго гранита нашли большое примѣненіе не только въ Лондонѣ, но и во многихъ другихъ англійскихъ городахъ. Граниты эти слѣдуетъ признать наилучшаго качества, какое требуется для мостовыхъ, то есть, они чрезвычайно однородны и потому обладаютъ свойствомъ однообразной изнашиваемости. Наилучшимъ доказательствомъ можетъ служить мостовая изъ гранитныхъ брусковъ, устроенная на мосту Blackfriars; она въ теченіи 13 лѣтъ службы износилась весьма однообразно на 6 мм.

Мостовыя изъ гранитныхъ брусковъ устраиваютъ на бетонномъ основаніи толщиной не менѣе 15 сантим. и бруски устанавливаются въ гидравлическій растворъ. Поперечные швы дѣлаютъ около 1 сантим. шириною. Поперечный уклонъ улицы 1:60. На бетонное основаніе насыпаютъ слой песку толщиной 2 $\frac{1}{2}$ сантим. Продолжительность службы мостовой очень различна и зависитъ отъ количества движенія — въ улицахъ съ большимъ движеніемъ отъ 15 до 20 лѣтъ, съ малымъ движеніемъ до 36 лѣтъ. Бруски эти привозятъ въ Лондонъ водою, въ совершенно обработанномъ видѣ и они обходятся отъ 17 до 24 фр. за квадрат. метръ съ установкою. Въ Англии относительно размѣровъ брусковъ допускается большее разнообразіе, чѣмъ въ Парижѣ и Берлинѣ; чаще всего употребляются бруски шириною около 7 $\frac{1}{2}$ сантим., длиною 15, 20 и 25 сантим., но встрѣчается также много мостовыхъ изъ брусковъ шириною 7 $\frac{1}{2}$ сантим., длиною отъ 25 до 30 сантим. Что касается вышины брусковъ, то она варьируетъ отъ 15 до 22 сантим.; вообще высота употребляемыхъ брусковъ находится въ зависимости отъ количества движенія въ томъ мѣстѣ, гдѣ предполагаютъ устроить мостовую, т. е. тамъ гдѣ движенія больше, бруски берутъ выше, такъ, наприимѣрт: на Лондонскомъ мосту, гдѣ движеніе громадно, мостовая устроена изъ брусковъ самой большой вышины, т. е. 23 сантим. Относительно ширины и высоты брусковъ, а также относительно прямолинейности реберъ и параллельности граней не допускается никакихъ отступленій, что же касается длины брусковъ, то она можетъ отступать отъ установленныхъ размѣровъ.

Прежде чѣмъ перейти къ описанію устройства мостовыхъ изъ каменныхъ брусковъ, слѣдуетъ упомянуть объ устройствѣ бетонныхъ основаній подъ мостовыя.

Долголѣтній опытъ убѣдилъ инженеровъ, что прежнія мостовыя, главнѣйшимъ образомъ подвергались порчѣ, не отъ нормальнаго изнашиванія матеріаловъ, изъ которыхъ состоитъ мостовое полотно, а оттого, что составныя части полотна мостовой, неравномерно осаживаются, вслѣдствіе непрочности находящейся подъ мостовой подготовки, отчего на мостовой образуются сначала неровности, постепенно все болѣе увеличивающіяся, затѣмъ образуются выбоины

и мостовая быстро приходитъ въ разстройство. Такимъ образомъ, все вниманіе слѣдовало обратить на то, чтобы предотвратить возможность неравномерной осадки отдѣльныхъ составныхъ частей мостового полотна, а это и привело къ убѣжденію, что необходимо устраивать подъ мостовое полотно прочный, совершенно неподверженный никакой осадкѣ, фундаментъ. Рѣшиться на это было не легко, такъ какъ устройство прочныхъ основаній, вызвало значительное увеличеніе расходовъ по первоначальному устройству мостовыхъ, а потому сначала хотѣли избѣжать этого расхода. Однако опытъ скоро показалъ, что расходы на устройство прочныхъ бетонныхъ основаній подъ мостовыя, былъ расходомъ въ высшей степени производительнымъ, такъ какъ отъ этого увеличилась продолжительность службы мостовыхъ и въ настоящее время, въ этомъ дѣлѣ повсюду видна одна и та-же тенденція, а именно: не жалѣть расходовъ на первоначальное устройство мостовыхъ на хорошихъ основаніяхъ, такъ какъ сбереженія, получаемыя отъ ремонтнаго содержания такихъ мостовыхъ, значительно превышаютъ затраты, сдѣланныя на первоначальное устройство.

До приступа къ работамъ по устройству бетоннаго основанія, готовятъ земляное полотно, плотно его утрамбовкою или укаткою каткомъ, съ приданіемъ ему поперечнаго и продольнаго профила вполне соответствующаго профила будущей мостовой. По окончаніи подготовки землянаго полотна на извѣстномъ протяженіи, приступаютъ къ устройству бетоннаго основанія, при чемъ смотря по свойству грунта землянаго полотна, бетонное основаніе дѣлаютъ обыкновенно толщиной отъ 15 до 20 сант., иногда и болѣе. На мѣсто работъ привозятъ заранее заготовленные изъ досокъ деревянные щиты, а также деревянные безъ днищъ ящики, емкостью ровно $\frac{1}{4}$ или $\frac{1}{2}$ куб. метра. Изъ этихъ щитовъ, положенныхъ другъ около друга образуется какъ бы полъ, который долженъ имѣть такую ширину, чтобы по установкѣ на немъ ящика, между продольными краями ящика и продольными краями пола было не менѣе 30 сант.; кромѣ того къ продольнымъ краямъ пола прибавляютъ съ боковъ деревянные планочки, выступающія надъ поверхностію пола, все это дѣлается для того, чтобы при приготовленіи бетона, во время перемѣшиванія массы, она не вываливалась съ пола на подготовку. Такихъ половъ укладываютъ рядомъ обыкновенно три, дабы работы могли производиться безъ перерыва. На эти полы устанавливаютъ ящики, насыпаютъ въ нихъ на $\frac{2}{3}$ вышины крупнаго хряща, гранитнаго или известковаго щебня, затѣмъ насыпаютъ на этотъ щебень порландскій цементъ (на ящикъ емкостью $\frac{1}{4}$ куб. м. 45 килогр., а на ящикъ емкостью $\frac{1}{2}$ куб. м.—90 килогр.) цементъ привозится на мѣсто работъ въ мѣшкахъ, вѣсомъ netto 45 или 90 килогр.; затѣмъ остальную $\frac{1}{3}$ ящика наполняютъ мелкимъ хрящемъ или хорошимъ промытымъ пескомъ. Затѣмъ ящикъ безъ днища приподнимаютъ и устанавливаютъ на слѣдующемъ полу, а двое рабочихъ приступаютъ къ размѣшиванію находившагося въ ящикѣ хряща, гравія и цемента; размѣшиваніе производится въ сухомъ состояніи 2 раза, а затѣмъ третій рабочій приступаетъ къ поливкѣ этой смѣси водой, причемъ ее снова перемѣшиваютъ подбавляя постепенно воды, до тѣхъ поръ, пока она не превратится въ тѣстообразное состояніе. Для образованія бетоннаго основанія, той именно профили, которая требуется, образуютъ изъ приготовленнаго бетона, по направленію оси улицы, на разстояніи другъ отъ друга 4—5 м., особыя полоски шириною до 20 сант.; выравнивая эти бетонные полоски совершенно точно, соответственно профилю улицы, затѣмъ промежутки между этими полосками заполняются бетонной массой, разравнивая ее, уплотняя ударами лопатъ и затѣмъ бетонное основаніе снова провѣряютъ заготовленнымъ изъ досокъ шаблономъ. Послѣ этого бетонное основаніе поливаютъ водою изъ лейки, съ мелкой сѣткою, и окончательно сглаживаютъ всѣ малѣйшія неровности. Бетонное основаніе, смотря по погодѣ, до совершеннаго окрѣпленія, оставляютъ для просушки отъ 5 до 8 дней. Бетонные работы при морозахъ превышающихъ 2 градуса по Реомюру не производятъ; въ случаѣ же наступленія внезапныхъ морозовъ во время работъ, бетонное основаніе слѣдуетъ немедленно покрывать соломой, матами или покрываломъ. Передъ установкою на бетонное основаніе гранитныхъ брусковъ, на него насыпаютъ обыкновенно слой гравія толщиной не менѣе 2 сант., дабы этимъ урегулировать встрѣчающуюся неровность высоты брусковъ.

Въ Парижѣ бетонныя основанія устраиваются изъ гидравлической извести, порландскаго цемента или цемента Vassu. При употребленіи гидравлической извести и цемента Vassu, готовятъ растворъ изъ 2-хъ частей гидравлической извести или 2-хъ частей цемента Vassu съ 5 частями песку. Затѣмъ, для полученія бетона на каждую часть раствора (по объему) идетъ 3 части хряща или 2 части хряща и 1 часть гравія. Бетонъ изъ порландскаго це-

мента готовится въ Парижѣ, точно также, какъ описано выше, т. е. на 1 куб. м. смѣси изъ 2 частей—крупнаго хряща и 1 части мелкаго хряща или гравія идетъ 200 килогр. порландскаго цемента. При устройствѣ бетоннаго основанія изъ гидравлической извести, слѣдуетъ бетонное основаніе весьма плотно утрамбовывать; послѣ разравненія основанія и приданія ему надлежащей профили, оно посыпается мелкимъ, просѣяннымъ, совершенно чистымъ пескомъ.

Въ Лондонѣ бетонныя основанія, также устраиваютъ изъ гидравлической извести или порландскаго цемента, который смѣшиваютъ въ пропорціи 1 части извести или цемента на 7 частей балласта, добываемаго черпательными машинами со дна Темзы; балластъ этотъ состоитъ изъ смѣси гравія съ пескомъ, а потому работы по приготовленію бетона нѣсколько упрощаются. Въ Лондонѣ гидравлическая известь въ большинствѣ употребляется потому, что она почти вдвое дешевле цемента. Всѣ прочія манипуляціи по устройству бетонныхъ основаній совершенно тождественны съ описанными выше.

Толщина бетонныхъ основаній дѣлается не менѣе 15 сант., въ большинствѣ случаевъ 20 сант. но иногда и болѣе до 25 сант.

Работы по устройству бетонныхъ основаній производятся весьма тщательно, строго наблюдая за тѣмъ, чтобы толщина бетоннаго основанія была по всюду совершенно одинакова и чтобы поверхность основанія была совершенно ровная, безъ малѣйшихъ впадинъ или выпуклостей и чтобы профиль основанія вполне соответствовалъ профилю будущей мостовой. Песокъ и гравій должны быть очищены отъ всякихъ примѣсей, въ особенности отъ земляныхъ и глинистыхъ веществъ.

Когда бетонное основаніе совершенно отвердѣетъ, то приступаютъ къ устройству брусковой мостовой. Прежде всего на фундаментъ насыпаютъ мелкій гравій слоемъ толщиной 2—2 $\frac{1}{2}$ сант., что дѣлается для урегулированія разности высотъ каменныхъ брусковъ. Установку брусковъ начинаютъ отъ бортовыхъ камней для образованія водосточныхъ лотковъ; при чемъ продольный уклонъ этимъ лоткамъ даютъ не менѣе 1:250. Для образованія этихъ лотковъ, одинъ рядъ брусковъ, по которому вода должна стекать къ колодцу устанавливаютъ на 2 сант. ниже примыкающихъ къ нимъ брусковъ, отъ чего образуется жолобъ для стока воды, примыкающіе къ этому смежные бруски, надлежащимъ образомъ притесываются. вмѣсто каменныхъ брусковъ на лотки не рѣдко употребляютъ также клинкера, имѣющіе по срединѣ жолоба, а смежные съ нимъ клинкера имѣютъ верхніе поверхности надлежащимъ образомъ скошенныя.

Въ Берлинѣ приняты при употребленіи призматическихъ брусковъ устанавливать ряды перпендикулярно оси улицы, при употребленіи же кубическихъ брусковъ, т. е. съ квадратными поверхностями, ихъ устанавливаютъ рядами въ елку, подъ 45° къ оси улицы. Между рельсами конно-желѣзныхъ дорогъ и въ промежуткѣ между смежными путями конножелѣзныхъ дорогъ бруски постоянно устанавливаютъ перпендикулярно оси улицы.

Въ Парижѣ и Лондонѣ ряды брусковъ также устанавливаютъ 1 оси улицы. Бруски устанавливаютъ возможно плотно другъ къ другу такъ, чтобы швы между смежными рядами были не шире 1 смт.

Въ Берлинѣ швы заполняются или цементомъ или битуминознымъ растворомъ. До заполнения швовъ цементнымъ растворомъ, мостовую слегка уколачиваютъ трамбовкой и обильно поливаютъ водою, убѣждаясь при этомъ, нѣтъ ли брусковъ съ отбитыми кромками или разшатавшихся; такіе бруски немедленно замѣняютъ новыми. Затѣмъ готовятъ жидкій цементный растворъ и заливаютъ имъ все мостовое полотно, такъ чтобы этотъ растворъ проникъ въ подготовку. За тѣмъ готовятъ болѣе густой растворъ изъ 1 части цемента и 2 частей гравія и этимъ растворомъ тщательно заполняютъ всѣ швы, послѣ чего немедленно снова протрамбовываютъ мостовую, отчего растворъ осѣдаетъ и образовавшіеся пустоты снова заливаются тѣмъ же растворомъ; послѣ этого мостовую поливаютъ водою и оставляютъ ее въ покоѣ до совершеннаго отвердѣнія, послѣ чего открываютъ для движенія.

При употребленіи битуминознаго—раствора, швы послѣ установки брусковъ, или совершенно заполняются этимъ растворомъ или въ нихъ насыпаютъ сначала хрящъ который утрамбовываютъ въ швы особыми желѣзными полосками, такимъ образомъ, чтобы отъ хряща до верхней поверхности брусковъ оставалось не менѣе 5 сант. и лишь тогда швы заливаются до верха битумомъ. Употребленіе битуминозной заливки допускается лишь въ сухую погоду и эту работу ни въ какомъ случаѣ не слѣдуетъ производить, если мостовая мокрая или даже сырая. Употребляемый для запл-

ненія швовъ гравій, долженъ быть также совершенно сухой. По окончаніи всѣхъ работъ мостовая посыпается крупно зернистымъ пескомъ толщиною не болѣе $\frac{1}{4}$ сант. Бруски употребляемыя на устройство мостовыхъ тщательно сортируются въ складахъ, какъ относительно размѣровъ, такъ и относительно однородности матеріала и уже въ такомъ разсортированномъ видѣ доставляются на мѣсто работъ. Мостовую устраиваютъ на опредѣленномъ протяженіи непремѣнно изъ камней одинаковаго размѣра и однороднаго матеріала; это практикуется постоянно для достиженія однообразной изнашиваемости мостовой.

Въ Лондонѣ на бетонное основаніе укладываютъ слой раствора толщиною 25 м/м. изъ гидравлической извести или цемента и прямо въ этотъ растворъ устанавливаютъ гранитные бруски, которые прекрасно связываются съ растворомъ и получается очень прочная мостовая. Швы заливаются растворомъ изъ цемента. Въ Парижѣ мостовыя изъ гранитныхъ брусковъ устраиваются тѣмъ же способомъ какъ въ Берлинѣ и Лондонѣ. Мостовыя же устраиваемыя изъ брусковъ песчаника, нѣтъ расчета устраивать вышесказаннымъ способомъ, такъ какъ песчаникъ далеко не такой прочный матеріалъ какъ гранитъ и мостовыя выстаиваютъ не столь продолжительный срокъ.

Поперечный уклонъ каменныхъ брусковъ мостовыхъ дѣлается въ Берлинѣ обыкновенно 1:40 половина ширины улицы; предѣльными уклонами считаются 1:35 и 1:50. Въ Парижѣ и Лондонѣ обыкновенно 1:60.

При устройствѣ каменныхъ брусковыхъ мостовыхъ на бетонномъ основаніи и съ задѣлкою швовъ бетоннымъ растворомъ продолжительность службы мостовыхъ находится въ прямой зависимости отъ матеріала брусковъ и количества передвиженія и грузности его. Въ Лондонѣ при обыкновенныхъ условіяхъ, такимъ образомъ устроенныя мостовыя, служатъ среднимъ числомъ 15 лѣтъ, при благопріятныхъ условіяхъ — до 36 лѣтъ, а при самыхъ неблагопріятныхъ условіяхъ, т. е. большемъ и очень грузномъ движеніи, какъ напримѣръ на Лондонскомъ мосту мостовая требуетъ перестилки каждыя 5 или 6 лѣтъ.

Въ Берлинѣ каменная мостовая изъ гранитныхъ кубиковъ или призматическихъ брусковъ 1 и 2 разряда служитъ въ теченіи около сорока лѣтъ, требуя за это время 2 раза сплошной перестилки т. е. она выстаиваетъ между двумя послѣдовательными перестилками отъ 13 до 14 лѣтъ.

Въ Вѣнѣ, кубическая мостовая изъ брусковъ 1-го разряда послѣ устройства выстаиваетъ безъ всякаго ремонта въ теченіи 6—8 лѣтъ и затѣмъ столько же времени поддерживается ремонтомъ. По окончаніи этого срока производятъ сплошную перестилку мостовой, переворачивая кубики нижнею гранью къ верху и такая мостовая снова служитъ въ теченіи 12—14 лѣтъ.

Продолжительность службы мостовой изъ брусковъ низшихъ разрядовъ все таки достигаетъ 6 лѣтъ и болѣе, между двумя послѣдовательными перестилками.

Въ Берлинѣ самая отличная кубическая мостовая на бетонномъ изъ цемента основаніи обходится съ земляными работами около 35 марокъ кв. метръ; сплошная перестилка по истеченіи 16 лѣтъ обходится около 4 марокъ кв. м. и за тѣмъ сплошная перестилка по истеченіи 14 лѣтъ тоже около 4 марокъ за кв. метръ, что составляетъ за 40 лѣтній періодъ, средній ежегодный расходъ, всего лишь около 1 марки съ кв. метра. Вотъ эти то блестящіе результаты и привели всѣхъ къ тому убѣжденію, что не слѣдуетъ скупиться на расходы по первоначальному устройству мостовой и что эти расходы вполне окупаются.

Въ Лондонѣ мостовыя изъ гранитныхъ брусковъ обходятся около 30 марокъ кв. метръ. Въ Сити, гдѣ каменные мостовыя поддерживаются постоянно въ образцовомъ состояніи, ежегодный расходъ на кв. метръ мостовой составляетъ 3 fr. 10 ctm.

Въ Парижѣ, гдѣ какъ мы уже сказали брусковыя мостовыя содержатся менѣе удовлетворительно ежегодно квадр. метръ такой мостовой обходится 1 fr. 18 ctm. Новые же мостовыя изъ брусковъ, обходятся: на песчаной подготовкѣ отъ 17—18 fr. кв. метръ; на бетонномъ основаніи изъ гидравлической извести на 2 fr. дороже, и на бетонномъ основаніи съ заливкою швовъ растворомъ отъ 22—23 fr.; это увеличеніе расходовъ вполне оправдывается увеличеніемъ продолжительности службы мостовыхъ. Въ общемъ слѣдуетъ сказать, что каменные мостовыя, наиболѣе распространенныя мостовыя, которыя едва ли когда либо уступятъ свое первенствующее значеніе мостовымъ изъ другихъ матеріаловъ. Каменные мостовыя въ хозяйственномъ отношеніи, имѣютъ то важное значеніе, что онѣ собственно говоря никогда не приходятъ въ окончательное разстройство и могутъ быть всегда не большимъ ремонтомъ поддержаны

въ сноскомъ состояніи, между тѣмъ какъ асфальтовыя и деревянныя при достиженіи извѣстнаго срока службы приходятъ въ такое состояніе, что требуютъ безъусловно сплошной перестилки.

АСФАЛЬТОВЫЯ МОСТОВЫЯ.

Въ началѣ асфальтовыя мостовыя дѣлали изъ литаго асфальта и полагали, что возможно обойтись безъ устройства подъ асфальтовое полотно, вполне прочнаго основанія, по этому вначалѣ устраивали основаніе изъ кирпичной щебенки, хорошо разравненной и плотно утрамбованной или же изъ кирпича плашмя положеннаго. Но опытъ вскорѣ показалъ, что такія мостовыя были очень не прочны, что литой асфальтъ матеріалъ не пригодный для мостоваго полотна и что вообще для прочности асфальтовыхъ мостовыхъ необходимо устраивать, солидные бетонныя основанія. Изобрѣтенный и примѣненный Инженеромъ Меризъ (Merian) въ Базелѣ способъ устройства асфальтовыхъ мостовыхъ изъ такъ называемаго прессованнаго асфальта, далъ блестящіе результаты и съ этого времени для асфальтовыхъ мостовыхъ наступила новая эра. Они стали примѣняться въ Берлинѣ, Лондонѣ, Парижѣ и другихъ городахъ и достигли весьма значительнаго распространенія.

Въ 1878 году, въ Берлинѣ, повсей Лейпцигской улицѣ была устроена мостовая изъ прессованнаго асфальта, при чемъ одна часть этой улицы была сдѣлана изъ асфальта Val de Travers, другая изъ Лиммерскаго. Подъ асфальтовую мостовую устроено было бетонное основаніе толщиною 20 сант.; на это основаніе, получившее профиль совершенно соответствующій профилю будущей мостовой, тщательно выравненное и вполне сухое, накладывали сначала слой асфальта, совершенно чистаго, безъ всякой прибавки гравія, толщиною 3 сант.; за тѣмъ на этотъ слой накладывали 2-й слой асфальта толщиною тоже 3 сант.; и за тѣмъ эту мостовую хорошо утрамбовали и слегка посыпали сухимъ, ровнымъ, мелкимъ пескомъ.

Въ настоящее время при устройствѣ мостовыхъ изъ прессованнаго асфальта на бетонномъ основаніи въ Берлинѣ, асфальтовый слой мостовой дѣлаютъ не менѣе 5 сант. толщиною; этотъ слой долженъ быть повсюду совершенно одинаковой толщины и одинаковой плотности, при чемъ строго слѣдятъ за тѣмъ, чтобы асфальтовое полотно совершенно плотно примыкало къ бортовымъ тротуарнымъ камнямъ, и ко всѣмъ сооруженіямъ встрѣчающимся на полотнѣ мостовой, (колодезнымъ рѣшеткамъ и пр.) не оставляя ни малѣйшихъ зазоровъ, чрезъ которыя могла бы проникать вода; асфальтовыя работы, должны производиться исключительно въ совершенно сухую погоду, асфальтъ слѣдуетъ доставлять на мѣсто работъ въ возможно горячемъ состояніи, при чемъ надо имѣть особое наблюденіе, чтобы во время разравниванія асфальта, въ немъ не оставалось какихъ либо постороннихъ, случайно попавшихъ предметовъ. Трамбовка или укатка асфальта должна производиться очень тщательно и непремѣнно начинаться въ томъ мѣстѣ, гдѣ асфальтъ долженъ примкнуть къ какимъ либо сооруженіямъ. Въ Берлинѣ стоимость устройства 1 кв. метра мостовой изъ прессованнаго асфальта съ бетоннымъ основаніемъ, толщиною 20 сант. составляетъ 16 марокъ, а безъ бетоннаго основанія 11½ марокъ.

Устройство же 1 кв. метра тротуаровъ изъ литаго асфальта толщиною 2 сант. обходится 4½ марки.

Извѣстный французскій инженеръ Barabant, (Ingenieur en Chef de la voie publique, въ Парижѣ) въ своемъ печатномъ отчетѣ о поѣздкѣ въ Лондонъ, въ 1883 году, говоритъ что онъ нашелъ Лондонскія асфальтовыя мостовыя въ отличномъ состояніи, такъ что онъ откровенно сознается, что они на столько же хороши, на сколько Парижскія асфальтовыя мостовыя того времени, были дурны, не смотря на то что парижскія улицы сдѣланы изъ того же асфальта, какъ Лондонскія. Г. Барабанъ находитъ, что явленіе это объясняется слѣдующими причинами: климатъ въ Парижѣ болѣе жаркій, чѣмъ въ Лондонѣ и подверженъ болѣе рѣзкимъ переходамъ; въ Лондонѣ нѣтъ столь значительнаго, быстро и тяжелаго передвиженія общественныхъ omnibusовъ (въ 3 лошади на 40 пассажировъ) которыя, какъ показалъ опытъ, имѣютъ вообще чрезвычайно разрушительное дѣйствіе на мостовыя; нѣкоторыя основанія подъ асфальтовыя мостовыя сдѣланы были въ Парижѣ недостаточной толщины и недостаточны тщательно, да при томъ изъ гидравлической извести, которая по качествамъ своимъ чрезвычайно разнообразна, на что не было обращено должнаго вниманія; за тѣмъ асфальтовая мостовая требуетъ постояннаго за нею наблюденія, а главное своевременнаго и тщательнаго ремонта, на что тоже не всегда обращалось должное вниманіе. Главнѣйшія недостатки асфальтовой мостовой того времени, по заявленію Г. Барабанъ заключались въ томъ, что асфальтовая поверхность становилась во многихъ мѣстахъ волнообразная и за тѣмъ начинали появляться трещины, а также

въ мѣстностяхъ, подверженныхъ значительному вліянію солнца, асфальтовая мостовая сильно размягчалась и на ней образовывались выбоины.

Прекрасные результаты, которые дали асфальтовые мостовыя въ другихъ городахъ, побудили Парижскихъ Инженеровъ къ разработкѣ новыхъ техническихъ условій на устройство асфальтовыхъ мостовыхъ въ Парижѣ и начиная съ 1884 года, тамъ снова приняты были обширныя работы по устройству асфальтовыхъ мостовыхъ. На основаніи послѣднихъ контрактовъ, заключенныхъ Городскимъ Управленіемъ Парижа съ частными предпринимателями на устройство асфальтовыхъ мостовыхъ (на срокъ съ Марта мѣсяца 1884 г. по Мартъ 1895 годъ,) предписывается, чтобы асфальтовый камень, былъ однородный известнякъ, бураго цвѣта, мелкозернистый, довольно плотный и равномерно пропитанный битумомъ; онъ не долженъ содержать въ себѣ колчедана и не болѣе 2% глины. Содержаніе битума въ асфальтовомъ камнѣ должно быть не менѣе 5%. Асфальтовый камень долженъ быть происхожденіемъ изъ Val de Travers'a, Seyssel' я и St. Jean de Maguejols. Битумъ не долженъ содержать ни какихъ постороннихъ примѣсей, ни воды, ни глины, ни легкихъ маслъ; нагрѣтый до температуры 110° онъ въ теченіи 48 часовъ не долженъ при этой температурѣ потерять болѣе 3% своего вѣса. Этими же условіями требуется, чтобы асфальтовые мостовыя устроены были непременно на бетонномъ цементномъ основаніи, толщиной не менѣе 15 сант. Толщина асфальтового слоя должна быть не менѣе 5 сант.; асфальтовый слой тщательно два раза утрамбовывается сначала легче, потомъ сильнѣе, затѣмъ сглаживается особымъ горячимъ металлическимъ утюгомъ и наконецъ укатывается паровымъ каткомъ, вѣсомъ отъ 500 до 600 килограммъ и по окончательной укаткѣ посыпается мелкимъ просѣяннымъ пескомъ.

Въ Лондонѣ асфальтовые мостовыя стали устраивать позднѣе чѣмъ первоначально въ Парижѣ, но такъ какъ тамъ мостовыя устраивали на прочномъ основаніи и работы произведены были изъ хорошихъ матеріаловъ и исполнены очень тщательно, то они сразу дали прекрасные результаты и потому получили обширное примѣненіе. Въ настоящее время City покрытъ почти весь асфальтовыми мостовыми. Въ Лондонѣ асфальтовые мостовыя устраиваютъ изъ слѣдующихъ асфальтовъ: Val de Travers и Seyssel, St. Jean de Maguejols (Gard) и Сицилійскій (изъ этаго асфальта дѣлаютъ мостовыя Лиммерское Общество.)

Асфальтъ Val de Travers есть известнякъ съ содержаніемъ отъ 10 до 13 битума, Seyssel'скій асфальтъ содержитъ битума около 8%.

Въ Сити есть такія улицы, на которыхъ для нагляднаго сравненія, мостовыя исполнены на одной и той же улицѣ, 3 различными Обществами, изъ асфальтовъ разнаго происхожденія. Бетонное основаніе подъ асфальтовые мостовыя дѣлается на порландскомъ цементѣ, толщиной не менѣе 15 и до 22½ сант. Нагрѣваніе асфальтоваго порошка на заводахъ производится до тѣхъ поръ, пока не испарится все количество воды и моментъ этотъ опредѣляется эмперическимъ путемъ, что узнается по цвѣту пара и происходитъ при температурѣ отъ 104 до 115 градусовъ для Val de Traver'sкаго и при нѣсколько меньшей, для Сицилійскаго.

Асфальтъ привозится на мѣсто работъ въ горячемъ состояніи и считается достаточно горячимъ, если въ моментъ употребленія, Val de Traver'sкій асфальтъ имѣетъ температуру въ 50°, а сицилійскій 40°; онъ доставляется на мѣсто работъ въ особыхъ плотно закрытыхъ повозкахъ. Асфальтъ разравнивается на бетонномъ основаніи граблями, при чемъ толщина слоя дѣлается на 2/5 болѣе той толщины слоя, которую хотятъ получить послѣ прессовки.

Въ Лондонѣ работы производятся съ замѣчательною тщательностію; тамъ придають большое значеніе, полученію совершенно однообразной, ровной поверхности съ одинаковой по всюду толщиной слоя. Устройство новой асфальтовой мостовой обходится въ Лондонѣ отъ 18 до 24 франковъ кв. метръ. Цѣны за ремонтное содержаніе мостовой чрезвычайно разнообразны, а именно отъ 40 сант до 2½ франк. кв. метръ ежегодно. При чемъ для улицъ съ обыкновеннымъ движеніемъ стоимость ремонтнаго содержанія 1 кв. метра считаютъ 1 франкъ 35 сантимовъ въ годъ.

Наблюденіе за состояніемъ мостовыхъ и ремонтнымъ содержаніемъ мостовыхъ, производится съ замѣчательною заботливостію и всякія неровности мостовыхъ, тотъ часъ же за дѣлываются. При ремонтѣ, поврежденное мѣсто вырубается зубиломъ, непременно вертикально, а не наклонно, при чемъ отнюдь не дозволяется приподнимать асфальтовый слой, такъ какъ замѣчено, что отъ этаго впослѣдствіи, происходятъ въ асфальтѣ трещины. Всѣ починки дѣлаются въ формѣ прямоугольника. По контрактамъ. Общества принявшія на себя устройство новой асфальтовой мостовой

отвѣчаютъ за ремонтное содержаніе въ теченіи 14 до 17 лѣтъ за опредѣленное ежегодное вознагражденіе съ каждаго квадратнаго метра устроенной мостовой. Старый асфальтъ снятый при перестилкѣ мостовой, идетъ на второстепенныя потребности, новыя же мостовыя дѣлаются всегда изъ новаго асфальта. Англійскія Инженеры придають большое значеніе тому, чтобы вода не застаивалась на асфальтовой мостовой и потому тамъ устраиваютъ очень много водосточныхъ колодцевъ. Поперечный уклонъ асфальтовой улицы придають 1/100. Асфальтовые мостовыя производятъ очень пріятное впечатлѣніе, содержатся хорошо и имѣютъ опрятный видъ. И извѣстный специалистъ по устройству мостовыхъ въ Лондонѣ Полковникъ — Haywood, весьма доволенъ полученными результатами относительно устроенныхъ имъ асфальтовыхъ мостовыхъ и признаетъ, что это самый лучший матеріалъ для мостовыхъ въ Сити, изъ всѣхъ до сего времени испробованныхъ.

Здѣсь слѣдуетъ упомянуть еще относительно скользкости асфальтовыхъ мостовыхъ, которая часто ставится имъ въ упрекъ. Статистическія свѣдѣнія показали, что опасенія на этотъ счетъ были очень преувеличены. При содержаніи асфальтовыхъ улицъ въ чистотѣ и при посыпкѣ ихъ въ сырую погоду и въ гололедицу пескомъ, случаи паденія лошадей не чаще чѣмъ при каменныхъ мостовыхъ, при чемъ какъ на преимущество ихъ указываютъ на то, что лошади отъ паденія не получаютъ столь сильныхъ ушибовъ. По этому поводу не безинтересно будетъ привести отзывъ Дирекціи Акціонернаго Общества омнибусовъ въ Берлинѣ. На запросъ Магистрата, по этому поводу, Берлинское Общество отвѣтило, что оно находитъ асфальтовые мостовыя устроенныя въ Берлинѣ, вполне удовлетворительными, такъ какъ сопротивленіе ихъ движенію очень малое, а между тѣмъ сохраненіе лошадей и экипажей весьма значительное; что касается случаевъ паденія лошадей, то ихъ нельзя отнести непосредственно къ винѣ асфальтовой мостовой, а слѣдуетъ въ большинствѣ случаевъ приписать невнимательности и неумѣлости кучеровъ.

Замѣчательно, что лошади привыкають къ асфальту и вообще скользкимъ мостовымъ и что случаи паденія происходятъ преимущественно тогда, когда лошади съ менѣе скользкихъ мостовыхъ переходятъ на болѣе скользкія.

Въ Парижѣ при устройствѣ тротуаровъ изъ литаго асфальта, толщина асфальтоваго слоя дѣлается не менѣе 1½ сант., при толщинѣ основанія въ 10 сант.; считая въ томъ числѣ слой въ 1 сант. изъ гидравлической извести; мостовыя дѣлаются изъ прессованнаго асфальта толщина слоя отъ 4—6 сант., на бетонномъ основаніи толщиной 15 до 20 сант.

Деревянные мостовыя.

Въ Америкѣ и въ Лондонѣ уже давно были озабочены примѣненіемъ дерева къ устройству мостовыхъ и хотя для этой цѣли брали и дорогіе сорта деревъ, какъ на примѣръ букъ и дубъ и придумывали въ техническомъ отношеніи весьма остроумные конструкціи, но всѣ эти попытки не удалась, мостовая обходилась дорого и продолжительность службы была не велика. Опыты эти привели однако къ слѣдующему убѣжденію: 1) что деревянные мостовыя слѣдуетъ устраивать непременно на вполне прочныхъ основаніяхъ и 2) что дерево слѣдуетъ брать такое, которое обладаетъ однородностію и свойствомъ одинаковой степени изнашиваемости. Въ 1870 годахъ, въ Лондонѣ деревянные мостовыя начали устраивать исключительно на бетонныхъ основаніяхъ и преимущественно изъ красной Шведской сосны и полученные результаты были на столько удовлетворительны, что деревянные мостовыя получили болѣе обширное примѣненіе, не только въ Лондонѣ, но и въ Парижѣ, а также едѣланы были попытки и въ Берлинѣ.

Во всѣхъ этихъ городахъ, деревянные мостовыя устраиваютъ теперь исключительно на бетонномъ основаніи. Бруска получаютъ отъ распиловки досокъ и имѣютъ слѣдующіе размѣры:

Въ Лондонѣ — шириною 76 мм. (3 дюйма), длиною 28³/₁₀ мм. (9 дюйм.) и высотой 15½ мм. (6 дюймовъ).

Въ Парижѣ — шир. 76—78 мм., дл. 22—28 мм. и выс. 15 мм.

Въ Берлинѣ — шириною 50—80 мм., длиною 12—22 см. и высотой 10—15 мм.

Высота брусковъ должна быть совершенно одинаковая и никакія уклоненія отъ установленныхъ размѣровъ не допускаются. Въ Берлинѣ бруски дѣлали сначала вышиною 15 мм.; затѣмъ нашли, что уменьшеніе высоты до 12 мм. не повліяло на прочность мостовой и въ послѣднее время, въ видѣ опыта, примѣняли бруски вышиною 10 мм. Бруска получаютъ отъ распиловки досокъ, которыя, при пріемѣ самымъ тщательнымъ образомъ сортируются, имѣющіе табачные сучки, гнилинки, червоточину и проч. вовсе бракуются.

Затѣмъ самые бруски при распиловкѣ сортируются на 3—4 сорта, смотря по достоинству дерева. Бруски употребляются на устройство мостового полотна или въ натуральномъ состояніи, или ихъ на заводѣ, опускаютъ на короткое время въ ванну съ креозотнымъ или другимъ составомъ, или ихъ при установкѣ на мѣсто, обмакиваютъ въ асфальтъ или смолистые растворы, или наконецъ самыя доски, передъ ихъ распиловкою на бруски пропитываются пневматическимъ способомъ, хлористымъ цинкомъ и другими составами, подобно желѣзнодорожнымъ шпаламъ.

Работы по устройству мостовыхъ производятся слѣдующимъ образомъ: сначала приступаютъ къ установкѣ брусковъ вдоль бортовыхъ троттуарныхъ камней и при томъ не въ плотную, а на разстояніи отъ 2 до 4 савт.; промежутки эти засыпаютъ пескомъ или заполняютъ жирною глиною, что дѣлается для того, чтобы дать возможность мостовой выпучиваться; бруски около бортовъ троттуаровъ укладываются, на 2 или 3 ряда вдоль оси улицы, образуя лотки; самая же мостовая дѣлается установкою брусковъ перпендикулярно оси улицы. Въ Лондонѣ и въ Парижѣ продольные швы дѣлаютъ очень узкіе, не болѣе 2 мм.; поперечные же швы ровно въ 1 см.: для того, чтобы между отдѣльными рядами брусковъ получить вполне ровные швы, шириною въ 1 см., по укладкѣ каждаго ряда брусковъ, къ нимъ прикладываютъ деревянные рейки, толщиною въ 1 см.; къ этимъ рейкамъ примыкаютъ слѣдующіе ряды брусковъ и т. д. Такимъ образомъ образуется мостовое полотно съ правильными поперечными швами въ 1 см. По установкѣ брусковъ на извѣстномъ пространствѣ, рейки эти осторожно вынимаютъ и тотчасъ же приступаютъ къ заполненію швовъ. Въ Парижѣ швы заполняются цементнымъ растворомъ изъ одной части цемента на двѣ части равнаго, чистаго, зернистаго песку; заполненіе это производится очень тщательно и затѣмъ вся мостовая поливается жидкимъ растворомъ цемента и посыпается слоемъ мелкаго гравія.

Въ Лондонѣ заполненіе швовъ производится или такимъ же образомъ, или же швы заполняются сначала на высоту отъ 3—4 см. горячею смѣсью изъ гудрона съ креозотомъ; смѣсь эта быстро охлаждается и прикрѣпляетъ бруски къ основанію въ томъ правильномъ положеніи, въ какомъ они должны находиться, образуя вмѣстѣ съ тѣмъ непроницаемый слой; окончательное заполненіе швовъ производится растворомъ изъ порландскаго цемента съ пескомъ и затѣмъ посыпаютъ мостовую слоемъ гравія и чрезъ 4—5 дней открываютъ для ѣзды.

Въ Лондонѣ 1000 штукъ брусковъ обходятся до 190 франк., а такъ какъ на кв. метръ идетъ 50 штукъ брусковъ, то квадратный метръ обходится около 10 франковъ. Установка деревянныхъ брусковъ производится весьма быстро, такъ что очень ловкій, опытный рабочій можетъ установить въ день до 100 кв. метровъ брусковъ, тогда какъ каменныхъ брусковъ мостовыхъ, такой же рабочій не въ состояніи сдѣлать болѣе 15 кв. метровъ въ день.

Въ Берлинѣ доски до распиловки ихъ на бруски пропитываются минеральными составами, если бруски находятся въ сыромъ состояніи, то ихъ до установки окунаютъ въ довольно густой растворъ битуминозныхъ веществъ и затѣмъ устанавливаютъ совершенно плотно другъ къ другу, отчего швы получаются очень тонкіе. При употребленіи же сухихъ брусковъ, ихъ окунаютъ по нѣскольку разъ въ болѣе жидкій составъ битуминозныхъ веществъ или же въ поперечные швы кладутъ прокладки изъ кровельнаго картона или кровельнаго войлока; эти прокладки на 1—2 см. ниже деревянныхъ брусковъ и ихъ непосредственно передъ употребленіемъ обмазываютъ асфальтовымъ лакомъ, такъ что происходитъ склеиваніе отдѣльныхъ рядовъ. Затѣмъ мостовая заливается жидкимъ цементнымъ растворомъ, который тщательно разматается для окончательнаго заполненія швовъ и посыпается тонкимъ слоемъ хряща или гравія, зерна котораго должны быть не менѣе 1 и не болѣе 8 мм. Все это дѣлается для того, чтобы по возможности препятствовать проникновенію влаги между брусками и разбуханію мостовой.

Изъ вышеизложеннаго видно, что способъ заполненія швовъ деревянной мостовой въ Берлинѣ разнится отъ способа заполненія швовъ практикуемаго въ Лондонѣ и въ Парижѣ. Я полагаю, что онъ хуже и что именно въ этомъ кроется причина, почему деревянные мостовыя Берлина, дали менѣе благоприятные результаты, чѣмъ въ Лондонѣ и Парижѣ.

Относительно степени изнашиваемости деревянныхъ мостовыхъ, въ Лондонѣ сдѣланы были тщательныя наблюденія и получились чрезвычайно интересныя результаты; а именно: для мостовыхъ, на которыхъ происходитъ большое передвиженіе экипажей степень изнашиваемости мостовой составляетъ около 1 мм. въ мѣсяцъ въ те-

ченіи первыхъ двухъ лѣтъ службы или въ среднемъ отъ 1 до 1½ см. въ годъ; для послѣдующихъ лѣтъ степень изнашиваемости увеличивается и въ общемъ деревянные мостовыя выдерживаютъ изнашивание отъ 5 до 6 см. и лишь послѣ этого изнашивания, мостовыя требуютъ сплошной перестилки. Исслѣдованія произведенныя по истеченіи 3 лѣтъ и 2 мѣсяцевъ надъ мостовой въ King-William-Street, ширина улицы 14 метровъ (устроена въ 1880 году), по которой ежедневно проѣзжаетъ 40,000 экипажей, обнаружили слѣдующее: въ самомъ бойкомъ мѣстѣ, мостовая изнасилась на 6,7 см., затѣмъ далѣе сообразно постепенному уменьшенію движенія экипажей, по этой улицѣ, износъ мостовой былъ 6, 5, 4 и 3½ см. Въ Brompton Road по истеченіи 5 лѣтъ износъ составлялъ 6 см., въ New-Osfort-Street, по истеченіи того же времени, 6,4 см. При этомъ слѣдуетъ замѣтить, что изнашивание происходило вообще довольно равномерно, по всей поверхности улицы, хотя конечно по срединѣ, нѣсколько болѣе чѣмъ по бокамъ, такъ что при устройствѣ деревянныхъ мостовыхъ слѣдуетъ имѣть въ виду общее пониженіе уровня мостовой отъ изнашивания. На основаніи полученныхъ опытныхъ данныхъ, продолжительность службы деревянныхъ мостовыхъ въ Лондонѣ, т. е. срокъ между двумя послѣдующими сплошными перестилками находится въ зависимости отъ количества передвиженія экипажей. Принимаютъ: а) для улицъ съ ежедневнымъ передвиженіемъ экипажей, достигающемъ 20—40 т. отъ 4—5 лѣтъ; б) то же, достигающемъ 10—20 т. отъ 6—7 лѣтъ; в) то же, достигающемъ менѣе 10 т. до 10 лѣтъ.

Въ Парижѣ не имѣется пока еще достаточныхъ данныхъ изъ которыхъ можно было бы вывести подобное заключеніе. Но въ Парижѣ, деревянная мостовая особенно цѣнится въ томъ отношеніи, что она не производитъ шума и пыли, а потому домовладѣльцы и торговыя предпріятія оказываютъ городу матеріальную поддержку на устройство деревянныхъ мостовыхъ. Въ 1884 году, Парижское городское управленіе сдало Societé francaise de ravage en bois устройство 38,000 кв. метр. деревянныхъ мостовыхъ, а обществу Societé anonyme de ravage en bois—144,000 кв. м. Въ 1886 году устроено деревянныхъ мостовыхъ обществомъ Societé Parisienne de Ravage на Площади Звѣзды—18,000 кв. м. и затѣмъ устроены самимъ городомъ, хозяйственнымъ способомъ, деревянные мостовыя въ новомъ кварталѣ Marboeuf. Всѣ эти работы производятся на бетонныхъ основаніяхъ съ замѣчательною тщательностію и надо полагать, послужатъ къ полученію окончательныхъ данныхъ— для разъясненія вопроса объ устройствѣ деревянныхъ мостовыхъ, т. е. о степени ихъ прочности, о стоимости и вообще о ихъ преимуществахъ и недостаткахъ.

Въ Англии расчетъ съ предпринимателями за устройство деревянныхъ мостовыхъ производится двумя способами, а именно: подрядчику уплачивается стоимость первоначально устроенной мостовой, затѣмъ онъ въ теченіи послѣдующихъ 2—3 лѣтъ никакой платы не получаетъ и затѣмъ въ теченіи отъ 13—15 лѣтъ, получаетъ ежегодно одну и ту же опредѣленную плату съ кв. метра, или же подрядчикъ за первоначально устройство единовременнаго вознагражденія вовсе не получаетъ, а получаетъ ежегодно съ кв. метра два платежа, а именно: одинъ въ погашеніе расходовъ по устройствѣ мостовой и въ вознагражденіе процентовъ на затраченный капиталъ, а другой въ возмѣщеніе расходовъ по ремонтному содержанію. Послѣдній способъ уплаты предпочитаютъ, такъ какъ онъ избавляетъ городскія управленія отъ большихъ единовременныхъ затратъ на первоначально устройство мостовыхъ. Послѣдній способъ расчета принять также и Парижскимъ городскимъ управленіемъ по упомянутымъ выше контрактамъ, а именно: подрядчикъ будетъ получать въ теченіи 18 лѣтъ, т. е. по срокъ окончанія контракта по 2 fr. 60 см. въ счетъ стоимости устройства и $\frac{1}{6}$ на затраченный капиталъ и 2 fr. 30 см. въ счетъ ремонтнаго содержанія съ квадратнаго метра деревянной мостовой ежегодно.

Въ Лондонѣ стоимость устройства деревянной мостовой очень различна; самая дешевая мостовая обошлась 13 fr. 83 см., а самая дорогая 20 fr. 93 см. кв. метръ. Въ улицѣ King William Street она обошлась по 26 fr. 91 см. но тамъ толщина бетоннаго слоя сдѣлана 23 сантим.

Въ среднемъ выводѣ деревянные мостовыя Парижа обойдутся городу, въ главныхъ улицахъ, около 5½ fr съ квадр. метра ежегодно. По окончаніи сроковъ первоначальныхъ контрактовъ, цѣна эта понизится, такъ какъ бетонное основаніе не потребуетъ почти никакихъ затратъ, а слѣдовательно весь расходъ ограничится лишь устройствомъ деревяннаго полотна, отчего надѣются, что деревянная мостовая будетъ обходиться отъ 2 до 2½ фр. за кв. метръ ежегодно. Макадамовыя мостовыя обходились городу въ главныхъ улицахъ отъ 12 до 16 фр. ежегодно и слѣдовательно, для такихъ улицъ

деревянными мостовыми достигается значительная экономія. Деревянные мостовыя высоко цѣнятся парижанами, такъ какъ они не производятъ ни шума, ни пыли, ни грязи и мало засоряютъ каналы. Вообще относительно деревянныхъ мостовыхъ слѣдуетъ сказать, что полученныя опытные данныя, не могутъ пока еще имѣть рѣшающаго значенія, какъ относительно продолжительности службы, такъ и стоимости этихъ мостовыхъ.

При частой промывкѣ и вообще опрятномъ содержаніи деревянныхъ мостовыхъ, они едва ли представляютъ неудобства относительно распространенія и вреднаго вліянія на здоровье.

Инженеръ А. Мерцъ.

Спб. 1887 г.

Химическіе процессы въ портландскихъ цементахъ и шлакахъ доменныхъ печей.

Химическая сторона процессовъ, происходящихъ при обжиганіи и отвердѣваніи цементовъ до сихъ поръ еще не изслѣдована съ достаточной степенью научной достовѣрности, несмотря на всѣ многочисленныя изысканія, производившіяся и производящіяся по этому предмету. Въ «Dingl. Polytechn. Journ.» помѣщены нѣкоторыя интересные результаты изслѣдованія одной стороны названныхъ процессовъ, а именно — вида соединенія извести съ кремнеземомъ и глиноземомъ.

На основаніи этихъ изслѣдованій (Hilgenstock) доменные шлаки, прежде разсматривавшіе какъ сингуло-силикаты, а въ послѣднее время какъ орто-силикаты, не могутъ быть считаемы таковыми въ виду ихъ плавкости и химическаго состоянія части находящейся въ нихъ извести, но представляютъ собою основной метасиликатъ и частичная формула шлаковъ поэтому будетъ не $Ca_2 Si O_4$, а $Ca Si O_3$.

$Ca O$, т. е. известковый метасиликатъ соединенъ съ одною частицею извести. Это заключеніе подтверждается и опытами Эльберса, принимающаго за первоначальный силикатъ соединенія $Ca_2 Si O_4$, которое обладаетъ большею энергіею насыщенія и поэтому легче сплавляется, чѣмъ соединеніе $2 Ca O . Si O_2$, считаемое неплавкимъ (Percy).

Причина такого химическаго отношенія не объясняется названными наблюдателями, хотя Эльберсомъ сдѣлана попытка объяснить ее механическимъ путемъ. Причина эта можетъ быть опредѣлена изъ свойствъ гидратовъ нѣкоторыхъ солей. Вообще говоря, всѣ нейтральныя соли или соли известныхъ кислотъ, обладающихъ способностью дальнѣйшаго насыщенія, легко гидратируются и въ состояніи гидратовъ являются не насыщенными соединеніями, способными принимать еще одинъ или нѣсколько паевъ основанія; всѣ такія соли имѣютъ кислотныя свойства и образуютъ упомянутымъ путемъ основныя соли. Такъ, напр., гидратъ хлористой мѣди можетъ принимать до 3-хъ частицъ окиси мѣди, купоросы образуютъ основныя сѣрнокислыя соли, уксуснокислый свинецъ растворяетъ окись свинца, силикатъ цинка соединяется съ 1 частицею $Zn O$, а углекислая известь — съ 1 ч. $Mg O$ и т. д. Происходящій при этомъ химическій процессъ можетъ быть изображенъ слѣдующимъ образомъ:

Гидратъ хлористой мѣди $Cu Cl + 2 H_2 O$ будетъ имѣть видъ $= Cu (OH)_2 (H Cl)_2$; при присоединеніи 1 ч. $Cu O$ развивается тепло, испаряющая 1 пай воды и образуется $Cu Cl_2 / Cu (OH)_2$; при дальнѣйшемъ выдѣленіи воды получается $Cu Cl_2 / Cu O$.

Процессъ соединеній, образующихся изъ силиката цинка аналогиченъ съ предыдущимъ: изъ $Zn (O H)_2 Si O (O H)_2$ чрезъ при- $Zn Si O_3$ соединеніе $Zn O$ получается кремнецинковая руда $Zn Si O_3 / Zn (O H)_2$, а

при дальнѣйшемъ выдѣленіи воды $Zn Si O_3 / Zn O$ или виллемитъ.

Тѣ же явленія наблюдаются и въ безводныхъ соляхъ, а слѣдовательно могутъ имѣть мѣсто въ соляхъ, находящихся въ расплавленномъ состояніи. Такъ, напр., хлорная окись ртути не гидратируется, но принимаетъ вмѣсто двухъ паевъ воды $H_2 (O H)_2$, которые она бы заключала въ видѣ водной соли—два пая окиси ртути, причѣмъ 4 H замѣщаются 2 Hg и получается $Hg Cl_2 / 2 Hg O$.

Аналогично съ виллемитомъ можно объяснить и образование основнаго метасиликата $Ca Si O_3 / Ca O$ въ шлакахъ доменныхъ печей.

Но такъ какъ данный пай извести и Ca находится въ химическомъ состояніи, то онъ, конечно, теряетъ свои ѣдкія свойства.

Состояніе глинозема въ шлакахъ сходно съ предыдущимъ. Ненрихъ, Стоунъ и Эльберсъ уже указывали на то, что глиноземъ всегда имѣетъ кислотныя свойства при низкихъ температурахъ и наоборотъ, дѣйствуетъ какъ основаніе при высокихъ температурахъ (при плавленіи шлаковъ). Причину этого явленія слѣдуетъ искать въ температурахъ, свойственныхъ различнымъ гидратамъ глинозема. Такихъ гидратовъ въ настоящее время извѣстно три:

- 1) Гѣтитъ $Al_2 O_3 + H_2 O = Al_2 O_2 (O H)_3$
- 2) Бокситъ $Al_2 O_3 + 2 H_2 O = Al_2 O (O H)_4$
- 3) Гидрагилитъ $Al_2 O_3 + 3 H_2 O = Al_2 (O H)_6$

Этимъ гидратамъ соотвѣтствуютъ безводныя соединенія $Al_2 O_2 . O$, $Al_2 O . O_2$ и $Al_2 . O_3$. Каждому гидрату и соотвѣтственному ангидриту свойственна извѣстная температура, тѣмъ болѣе высокая, чѣмъ болѣе паевъ кислорода соединено съ аллюминіемъ въ одну группу.

Въ группировкѣ $Al_2 O . O_2$ степень окисленія совершенно сходна съ существующей въ кремнеземѣ и поэтому при температурѣ плавленія данное соединеніе будетъ дѣйствовать совершенно аналогично съ кремнеземомъ. Наоборотъ, группировка $Al_2 O_2 . O$, аналогичная съ основаніями, будетъ дѣйствовать какъ таковая.

Поэтому можно съ извѣстною вѣроятностью предположить, что если въ шлакахъ доменныхъ печей известковый силикатъ по составу соотвѣтствуетъ формулѣ $Ca Si O_3 / Ca O$, то и глиноземъ образуетъ

аналогичное соединеніе (аллюминатъ извести) вида $Ca Al_2 O . O_2 / Ca O$ или просто $Ca Al_2 O . O_3$.

Во всякомъ случаѣ и здѣсь известь лишается своихъ ѣдкихъ свойствъ.

Эльберсъ нашелъ, что шлаки доменныхъ печей вслѣдствіе извѣстной ихъ подготовки (Abröstungsverfahren) испытываютъ нѣкоторыя видоизмѣненія, дѣлающія ихъ пригодными для непосредственнаго приготвленія цемента; однако Эльберсъ не даетъ научнаго объясненія упомянутымъ процессамъ.

Такое объясненіе слѣдуетъ искать въ томъ, что осторожное вторичное нагрѣваніе шлаковъ вызываетъ пониженіе температуръ образованія находящихся въ нихъ силикатовъ и аллюминатовъ, вполне аналогичное съ явленіями закаливанія и отжиганія стали, такъ какъ въ обоихъ случаяхъ сущность явленія заключается въ молекулярныхъ перемѣщеніяхъ частицъ.

Такимъ образомъ происходитъ переходъ соединеній, находящихся въ расплавленномъ шлакѣ, въ химически связанномъ видѣ, въ соединеніи болѣе низкой температуры и, вслѣдствіе нарушенія химической связанности, возникаетъ возможность новыхъ реакцій, а прежде всего—возможность гидратации.

А въ этомъ и заключается главное условіе для полученія гидравлическаго раствора.

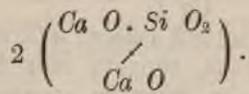
Описанныя свойства силикатовъ и аллюминатовъ весьма важны именно для приготвленія портландскихъ цементовъ. Основное условіе въ ихъ приготвленіи заключается въ правильной пропорціи смѣси и въ обжигѣ до спеканія известняка и глины, съ цѣлью полученія основныхъ известковыхъ силикатовъ и аллюминатовъ, способныхъ поглощать воду, безъ избытка свободной (ѣдкой) извести. Правильность пропорціи здѣсь зависитъ отъ вѣрности минералогическаго и химическаго анализа состава глины.

До настоящаго времени глина разсматривалась какъ водный полуторный силикатъ глинозема, согласно формулѣ $Al_2 Si_2 O_7 + 2 H_2 O$, или согласно эмпирической формулѣ $H_4 Al_2 Si_2 O_9$. Однако, глина на самомъ дѣлѣ не представляетъ собою такого силиката.

Такъ какъ при гидратации соединеній, по закону Берто образуется именно то соединеніе, которое обладаетъ наибольшей тепловой энергіей, то здѣсь въ силикатѣ глинозема образуется гидратъ глинозема вида $Al_2 O (OH)_4$ и поэтому глина должна быть разсматриваема какъ метасиликатъ водной окиси алюминія, вида $Al_2 O (OH)_4 (Si O_2)_2$.

При приготовленіи цемента необходима извѣстная пропорція смѣси. Опредѣляя ее синтетически такимъ образомъ, чтобы получить указаннаго нами выше соединенія, имѣемъ слѣдующее:

1) Для 2-хъ павевъ кремнезема надо образовать соединеніе



2) Для 1 пая глинозема—соединеніе $\begin{array}{c} Ca . Al_2 O . O_2 \\ \diagdown \\ Ca O \end{array}$

Слѣдовательно, въ смѣси $2 \left(\begin{array}{c} Ca O . Si O_2 \\ \diagdown \\ Ca O \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} Ca O . Al_2 O . O_2 \\ \diagdown \\ Ca O \end{array} \right)$

должно находиться:

	Чист. вѣсь.	Проценты.
6 павевъ $Ca O = 6 \times 56 = 336$	336	= 60,206
2 " $Si O_2 = 2 \times 60 = 120$	120	= 21,502
1 " $Al_2 O_3 = \text{—} = 102,08$	102,08	= 18,291
Итого	588,08	99,999

На самомъ дѣлѣ какъ известняки, такъ и глина и въ особенности послѣдняя, содержатъ въ видѣ примѣсей значительныя количества свободнаго кремнезема и поэтому на практикѣ процентное отношеніе измѣняется такимъ образомъ, что цементы содержатъ лишь отъ $\frac{1}{2}$ до $\frac{2}{3}$ пая глины (вмѣстѣ съ окисью желѣза) причемъ количество кремнезема увеличивается на $\frac{1}{6}$, соотв. $\frac{1}{2}$ пая.

При этомъ получаются слѣдующія смѣси:

	Чист. вѣсь.	Проценты.
6 павевъ . $Ca O = 6 \times 56 = 336$	336	= 60,32
2% > . $Si O_2 = 2\% \times 60 = 170$	170	= 30,51
0,5 > . $Al_2 O_3 = 0,5 \times 102,08 = 51,04$	51,04	= 9,16
Итого	557,04	99,99
или 6 > . $Ca O = 6 \times 56 = 336$	336	= 60,71
2,5 > . $Si O_2 = 2,5 \times 60 = 150$	150	= 27,10
0,66 > . $Al_2 O_3 = 0,66 \times 102,08 = 67,4$	67,4	= 12,17
Итого	553,4	99,98

Выведенныя процентныя отношенія совершенно согласуются съ анализами лучшихъ существующихъ цементовъ, пропорціи которыхъ найдены эмпирическимъ путемъ. При обжигѣ, доводимомъ до начинающагося плавленія или спеканія, изъ всѣхъ составныхъ частей прежде всего измѣняется известнякъ, обращающійся въ ѣдкую известь; послѣдняя дѣйствуетъ разлагающимъ образомъ на силикатъ глинозема, отдѣляя другъ отъ друга кремнеземъ и глиноземъ и образуя съ ними первичные силикаты и алюминаты.

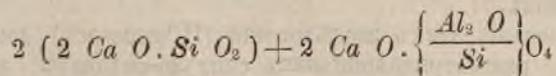
Соединенія эти, вслѣдствіе температуры ихъ образованія и вслѣдствіе взаимнаго соотношенія безводныхъ частей, чрезвычайно способны образовать гидраты.

Такое обращеніе основанія въ кислоту совершенно аналогично съ явлениями, наблюдаемыми въ составныхъ частяхъ обожженаго гипса; поэтому для облегченія изслѣдованія процесса обжига цементовъ весьма полезно разсмотрѣть взаимное отношеніе частей гипса.

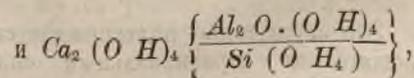
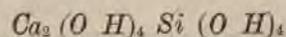
Гипсъ ($Ca S O_4 + 2 H_2 O$) слѣдуетъ разсматривать, какъ водную соль сѣрной кислоты, содержащей одинъ пай воды, согласно формулѣ: $Ca (OH)_2 . S O_2 (OH)_2$.

При нагреваніи до совершеннаго выдѣленія воды ($Ca O . S O_3$), какъ основаніе, такъ и кислота приходятъ въ состояніе такъ сказать химической напряженности, причемъ то и другое пріобрѣтаютъ ѣдкія свойства; такое состояніе влечетъ за собою возможность болѣе сильной гидратации, т. е. обожженный гипсъ, переходя въ гидратъ, будетъ содержать болѣе воды, нежели въ немъ ея содержалось до обжига, а именно 6 павевъ, причемъ соединеніе приметъ видъ $H_2 Ca (OH)_4 S (OH)_6$.

Тоже замѣчается на составныхъ частяхъ обожженаго цемента, гдѣ мы имѣемъ:



и слѣдовательно, при затвореніи цемента водою образуются гидраты вида



т. е. гидраты ортосиликата и ортосиликато-алюмината извести. Таковъ долженъ быть составъ этихъ гидратовъ, столь часто служившихъ предметомъ спора между различными изслѣдователями.