

ПОДПИСКА ПРИНИМАЕТСЯ

въ конторѣ редакціи:
С.-Петербургъ, Измайловскій полкъ,
5-я рота, д. № 12, кв. 4.

З О Д Ч И Я

ЦѢНА ЗА ГОДЪ:

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

№№ 7 и 8.

ЮЛЬ и АВГУСТЪ.

1888 г.

Объ искусственомъ замедленіи схватыванія портландскихъ цементовъ.

(Nouv. Ann. de la constr.)

Весьма часто встрѣчается необходимость въ цементахъ, твердѣющихъ съ извѣстной медленностью. Когда пропорція раствора достаточно тоща, какъ это напр. бываетъ при обыкновенной кирпичной кладкѣ, то медленность схватыванія въ большинствѣ случаевъ вполне достаточна, при употребленіи продуктовъ должного качества; но когда пропорція цемента относительно песку дѣлается болѣе значительной, срокъ схватыванія такого раствора мало отличается отъ срока схватыванія чистого цементнаго тѣста и въ этомъ случаѣ обыкновенно бываетъ гораздо менѣе 10—12 часовъ, что необходимо при нѣкоторыхъ работахъ.

Желательно найти практическое средство замедлять схватываніе такихъ цементовъ, не вредя, разумѣется, ихъ окончательной прочности.

Въ приморскихъ сооруженіяхъ эта задача рѣшается наиболѣе простымъ образомъ, такъ какъ давно уже извѣстно, что морская вода болѣе или менѣе сильно замедляетъ отвердѣваніе цементовъ.

Такимъ образомъ остается только рѣшить вопросъ о томъ, какая именно составная часть морской воды оказываетъ данное вліяніе.

Разсмотримъ сначала, въ чемъ состоитъ и въ какихъ предѣлахъ измѣняется дѣйствіе морской воды на цементы, въ зависимости отъ свойствъ послѣднихъ.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда для затворенія взята морская вода, схватываніе всегда наступаетъ позднѣе, чѣмъ при затвореніи прѣсной водою, но эта разница бываетъ болѣе или менѣе, въ зависимости отъ состава цементовъ и отъ времени, въ теченіи котораго они подвергались дѣйствію воздуха.

Далѣе, разница въ срокѣ схватыванія между цементами, затворенными на прѣсной и морской водѣ, гораздо болѣе замѣтна въ сильно обожженныхъ, чѣмъ въ слабо обожженныхъ цементахъ. Такимъ образомъ въ первыхъ разница эта достигаетъ нѣсколькихъ часовъ, въ послѣднихъ же можетъ ограничиваться лишь нѣсколькими минутами. Цементы, содержащіе избытокъ глины, въ этомъ отношеніи сходны съ слабо обожженными. Вообще говоря, цементы нормального состава и обжига, затворенные на морской водѣ, имѣютъ срокъ схватыванія отъ 3 до 6—8 часовъ; глинистые или недожженные цементы схватываются при тѣхъ-же обстоятельствахъ въ 15—20 минутъ. При употребленіи прѣсной воды схватываніе первыхъ продолжается различно — отъ 15 минутъ до 2—3 часовъ, у недожженныхъ оканчивается всегда въ нѣсколько минутъ.

Продолжительное соприкосновеніе съ влажнымъ воздухомъ существенно измѣняетъ результаты, которые получаются отъ тщательного сберегаемыхъ цементовъ. Цементы хорошаго качества при этомъ весьма долго сохраняютъ первоначальный срокъ схватыванія, какъ при морской, такъ и при прѣсной водѣ; дурно же обожженные или неправильно составленные цементы, хотя и сохраняютъ достаточно долго первоначальный срокъ схватыванія на прѣсной водѣ, но за то весьма сильно измѣняютъ схватываніе на морской водѣ, срокъ котораго черезъ нѣсколько мѣсяцевъ можетъ возрасти до 15—20 часовъ.

Наконецъ, если продолжительность времени, въ теченіи котораго цементъ подвергается атмосферной влажности, слишкомъ велика, то срокъ схватыванія дѣлается во всякомъ случаѣ почти одинаковымъ какъ для морской, такъ и для прѣсной воды и притомъ всегда очень долгимъ. Естественно, при этомъ цементъ уже потерялъ значительную часть своихъ достоинствъ и по качествамъ приближается къ гидравлической извести, схватываніе которой мало измѣняется отъ состава затворяющей воды.

Всѣ приведенные выводы имѣютъ лишь общій характеръ и могутъ быть совершенно справедливы только при абсолютно одинако-

выхъ условіяхъ температуры, пропорціи затворяющей воды, влажности воздуха и т. д. Одинъ литръ обыкновенной морской воды содержитъ среднимъ числомъ 35 гр. растворенныхъ въ ней солей; первое мѣсто среди ихъ принадлежитъ хлористому натрію; далѣе идутъ сѣрнокислая и хлористая магнезія, гипсъ, небольшія количества глауберовой соли и слѣды брома, іода, кремнія и т. д. Такъ напр., анализъ воды въ Boulogne-sur-mer (плотность 1,0246 при 15°) показываетъ на одинъ литръ ея 35,720 гр. солей, а именно:

| | |
|--------------------------------|------------|
| Углекислой извести | 0.096 гр. |
| Сѣрнокислой извести | 1.301 „ |
| Сѣрнокислой магнезіи | 2.143 „ |
| Хлористого магнія | 0.919 „ |
| Хлористого натрія | 30.248 „ |
| Прочихъ соединеній | 1.013 „ |
| | <hr/> |
| | 35.720 гр. |

А priori можно было бы предполагать, что хлористый натрій, находясь въ морской водѣ въ наибольшемъ количествѣ по сравненію съ прочими солями, долженъ вмѣстѣ съ тѣмъ оказывать и наибольшее вліяніе на схватываніе цементовъ. Съ цѣлью опредѣленія этого вопроса былъ приготовленъ рядъ растворовъ, содержащихъ отъ 10 до 50 гр. хлористого натрія на литръ воды.

Однако, затворяя различные цементы приготовленными растворами и прѣсной водою, не удалось получить сколько нибудь замѣтной разницы въ срокахъ схватыванія. Это показываетъ, что хлористый натрій не оказываетъ, по крайней мѣрѣ непосредственно, вліянія на схватываніе цемента. Приготовивъ затѣмъ растворъ въ 10 гр. сѣрнокислой магнезіи на литръ и затворивъ имъ цементъ, удалось получить схватываніе, болѣе медленное, чѣмъ при прѣсной водѣ, весьма приближающееся къ схватыванію при морской водѣ.

Растворъ 10 гр. хлористого магнія вызвалъ схватываніе нѣсколько болѣе медленное, чѣмъ при морской водѣ. Наконецъ, предполагая реакцію между хлористымъ магніемъ и гидратомъ извести, которую мы рассмотримъ далѣе, былъ испробованъ растворъ 10 гр. хлористого кальція и результатъ оказался чрезвычайно близокъ къ результатамъ хлористаго магнезіи.

Приводимъ здѣсь результаты упомянутыхъ испытаній, произведенныхъ надъ четырьмя цементами, различными по качеству и составу:

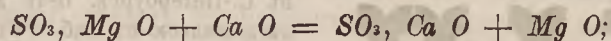
Продолжительность схватыванія, при затвореніи:

| № цемента. | Растворами (на литръ 10 гр.) | | | | | |
|------------|------------------------------|----------------|-----------------------|--------------------|---------------------|--|
| | Прѣсной водой. | Морской водой. | Сѣрнокислой магнезіи. | Хлористого магнія. | Хлористого кальція. | |
| 1 | 0 ч. 4 м. | 0 ч. 21 м. | 0 ч. 23 м. | 0 ч. 30 м. | 0 ч. 18 м. | |
| 2 | 0 > 25 > | 7 > 30 > | 4 > 40 > | 12 > 0 > | 10 > 00 > | |
| 3 | 5 > 00 > | 8 > 50 > | 12 > 00 > | 14 > 0 > | 14 > 00 > | |
| 4 | 0 > 22 > | 7 > 12 > | 6 > 00 > | 8 > 0 > | 6 > 50 > | |

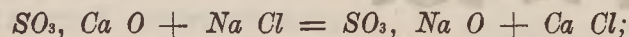
Приведенная таблица наглядно показываетъ ту роль, которую играютъ хлористая и сѣрнокислая магнезія въ морской водѣ и нельзя сомнѣваться въ томъ, что именно вліяніе названныхъ двухъ веществъ обуславливаетъ дѣйствіе морской воды на цементы *).

*) Здѣсь, какъ и въ дальнѣйшемъ изложеніи, мы обозначаемъ полный срокъ схватыванія цемента, т. е. время, прошедшее съ момента затворенія до того момента, когда игла въ 300 гр. не углубляется въ цементъ замѣтнымъ образомъ. Этотъ способъ даетъ весьма точные результаты при значительной или средней скорости твердѣнія цементовъ; для очень медленно твердѣющихъ цементовъ точность уменьшается и моментъ окончательнаго схватыванія тогда болѣе или менѣе неопредѣленъ. Это впрочемъ не осо-

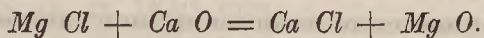
Реакція, происходящая при подобномъ дѣйствіи, весьма проста, а именно сѣрнокислая магнезія въ присутствіи извести переходитъ въ гипсъ, образуя магнезію:



Гипсъ и хлористый натрій при надлежащей температурѣ могутъ образовать глауберову соль и хлористый кальцій:



Хлористый магній и известь даютъ хлористый кальцій и магнезію:



Приведенныя наблюденія даютъ намъ возможность искусственно вызвать у цемента срокъ схватыванія, соответствующій тому, который наблюдается при дѣйствіи морской воды. Сѣрнокислая магнезія, образующая гипсъ и притомъ представляющая сравнительно дорогой матерьялъ, неудобна для данной цѣли. Болѣе удобенъ хлористый магній, вызывающій образование хлористаго кальція, который, какъ мы видѣли, является столь-же энергичнымъ дѣятелемъ, какъ и обѣ остальныхъ соли. Кромѣ весьма низкой цѣны послѣдняго матерьяла, получаемаго какъ побочный продуктъ, онъ еще удобенъ тѣмъ, что при немъ происходитъ весьма простая реакція, безъ образованія окисла, являющагося при двухъ другихъ реакціяхъ. Наконецъ, какъ мы покажемъ далѣе, употребленіе его не только не уменьшаетъ дальнѣйшей прочности цементнаго раствора, но онъ даже значительно увеличиваетъ ее, будучи примѣшанъ въ малыхъ дозахъ. Поэтому остановимся подробнѣе на дѣйствіи хлористаго кальція. Для изученія его были приготовлены растворы, содержащіе отъ 2 до 300 гр. хлористаго кальція на литръ воды. Результаты помѣщены въ слѣдующей таблицѣ:

| Растворъ хлористаго кальція, въ граммахъ на литръ. | Продолжительность схватыванія. | | | |
|--|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | № 1. | № 2. | № 3. | № 4. |
| 2 | 0 ч. 5 м. | 1 ч. 0 м. | 8 ч. 0 м. | 1 ч. 34 м |
| 5 | 0 > 8 > | 10 > 0 > | 12 > 0 > | 2 > 0 > |
| 10 | 0 > 18 > | 10 > 0 > | 14 > 0 > | 6 > 50 > |
| 20 | 1 > 0 > | 12 > 0 > | 10 > 30 > | 8 > 0 > |
| 40 | 4 > 35 > | 8 > 0 > | 6 > 30 > | 8 > 35 > |
| 60 | 3 > 20 > | 6 > 0 > | 4 > 0 > | 6 > 0 > |
| 100 | 0 > 3 > | 0 > 20 > | 0 > 30 > | 3 > 30 > |
| 200 | 0 > 3 > | 0 > 9 > | 0 > 5 > | 0 > 25 > |
| 300 | 0 > 2 > | 0 > 8 > | 0 > 3 > | 0 > 5 > |

Изъ этой таблицы видно, что по мѣрѣ увеличенія содержанія хлористаго кальція схватываніе сначала замедляется, достигаетъ извѣстнаго максимума и при дальнѣйшемъ увеличеніи крѣпости раствора опять сокращается.

Дѣйствіе болѣе или менѣе крѣпкихъ растворовъ хлористаго магнія вполне сходно съ предъидущимъ; при содержаніи соли свыше 100 гр. схватываніе становится почти мгновеннымъ. Поэтому употребленіе такихъ крѣпкихъ растворовъ послѣдней соли для ускоренія схватыванія неудобно въ практическомъ отношеніи.

Исслѣдованіе дѣйствія другихъ солей—силикатовъ и углекислыхъ щелочей даетъ весьма цѣнныя свѣдѣнія относительно свойствъ тѣлъ, образующихся при твердѣніи гидравлическихъ растворовъ, но въ отношеніи замедленія схватыванія интереса не представляетъ.

Вотъ, слѣдовательно, средство для доставленія цементнымъ растворамъ желаемой медленности схватыванія. Растворъ хлористаго кальція, который оказывается удобнѣе прочихъ, долженъ содержать 10—20 гр. безводной соли на литръ воды и при его употребленіи

важно, такъ какъ въ цементахъ, схватываніе которыхъ продолжается 6, 12 или 15 часовъ, ошибка даже на 30 минутъ не представляетъ особой важности, а при опредѣленіи помощью иглы въ 300 гр. погрѣшность вообще не превышаетъ этихъ размѣровъ. Можно было бы вмѣсто окончанія схватыванія, отмѣчать моментъ его начала и когда игла перестаетъ совершенно пронизывать цементную пробу. Однако послѣдній способъ, дающій хорошіе результаты при достаточно быстромъ схватываніи, совершенно непригоденъ при весьма медленномъ; происходящее въ послѣднемъ случаѣ высыханіе и осадка массы совершенно достаточны, чтобы воспрепятствовать иглѣ проникнуть насквозь толщѣ раствора гораздо ранѣе момента совершеннаго схватыванія. Кромѣ того, всѣ описываемые опыты производились, затворя цементъ количествомъ жидкости, равнымъ 25—26% вѣса самого цемента, на практикѣ же это количество обыкновенно бываетъ болѣе, чѣмъ замедляется и самое схватываніе.

срокъ схватыванія цементовъ, твердѣющихъ на рѣчной водѣ въ 15—20 минутъ, увеличивается до 8—10 часовъ для чистаго цемента и до 12—15 часовъ для цементнаго раствора, что вполне достаточно для удобства работъ. Цементы, твердѣющіе на рѣчной водѣ менѣе чѣмъ въ 10 минутъ, не должны быть употребляемы.

Самый удобный способъ примѣшиванія раствора хлористаго кальція къ затворяющей водѣ состоитъ въ предварительномъ заготовленіи болѣе крѣпкаго раствора въ 33—34° по ареометру Бомэ, причѣмъ 1 литръ будетъ содержать около 400 гр. соли. Далѣе, къ 1 куб. метру затворяющей воды надо прибавлять 25—30 литровъ заготовленнаго такимъ образомъ раствора, причѣмъ и получится окончательная крѣпость его въ 10—15 гр. на литръ.

Стоимость неочищеннаго хлористаго кальція (75%) на мѣстѣ около 8 руб. за пудъ; употребляя растворъ въ 10 гр., мы имѣемъ расходъ отъ 80 коп. до 1 р. на кубическій метръ воды, а такъ какъ для затворенія 1 кубич. метра раствора идетъ обыкновенно около 250 литровъ воды, то стоимость 1 куб. метра раствора увеличивается приблизительно на 20—25 коп. или, переводя на кубическія сажени, около 1 р. 60 к.—2 р. на куб. с. раствора.

Трудно желать болѣе простаго и дешеваго средства для замедленія схватыванія. Рекомендуемое обыкновенно для той же цѣли долговременное выдерживаніе цемента въ складахъ неудобно, такъ какъ стоимость цемента во все время нахождения его въ складѣ представляетъ мертвый капиталъ и кромѣ того, совершенно неудовлетворительно въ прочихъ отношеніяхъ. Въ кучахъ или въ боченкахъ цементъ можетъ лежать годами, не претерпѣвая никакихъ измѣненій. Если цементъ хранится въ кучахъ, то лишь верхній слой его подвергается дѣйствію атмосферной влажности; слѣдовательно, чтобы достигнуть сколько нибудь осозательныхъ результатовъ, надо его раскладывать болѣе или менѣе тонкимъ слоемъ и время отъ времени переворачивать лопатами. Эта операція, возможная въ малыхъ размѣрахъ, сильно увеличиваетъ стоимость продукта; въ большихъ же массахъ она просто невысказима. Далѣе, такое дѣйствіе атмосферной влажности въ большинствѣ случаевъ замѣтно понижаетъ дальнѣйшую прочность цемента и тѣмъ уменьшаетъ его достоинство; примѣсь же хлористаго кальція чувствительно увеличиваетъ прочность цемента и это не должно быть упускаемо изъ вида.

Иногда для улучшенія качества цемента рекомендуютъ выдерживать его въ ящикахъ или въ ямахъ; это можетъ быть примѣнимо къ естественнымъ цементамъ, добываемымъ изъ рухляковъ различнаго состава и содержащимъ всегда извѣстныя, болѣе или менѣе значительныя количества свободной извести. Въ такихъ случаяхъ выдерживаніе цемента въ ямахъ абсолютно необходимо, но вмѣстѣ съ тѣмъ само по себѣ еще далеко недостаточно.

Въ этомъ отношеніи выдерживаніе въ складахъ искусственныхъ цементовъ должнаго состава совершенно бесполезно, такъ какъ они свободной извести не содержатъ и поэтому могутъ быть употребляемы въ дѣло спустя лишь нѣсколько дней по ихъ изготовленіи.

Употребленіе крѣпкихъ растворовъ хлористаго кальція не вызвало даже черезъ три года никакого уменьшенія прочности въ растворахъ изъ чистаго цемента. Другая выгода употребленія хлористаго кальція заключается въ томъ, что онъ, подобно хлористому натрію, понижаетъ температуру замерзанія воды и поэтому даетъ возможность производить цементную кладку при довольно низкихъ температурахъ.

Убѣдившись въ томъ, что хлористый кальцій оказываетъ на срокъ схватыванія цементовъ вліяніе, вполне сходное съ вліяніемъ морской воды, мы вправѣ предположить такую же аналогію и въ дѣйствіи того и другого вещества на прочность раствора.

Такъ какъ примѣсь хлористаго кальція можетъ быть особенно полезна въ работахъ, производимыхъ не подъ водою, а на воздухѣ, то мы будемъ разсматривать лишь сопротивленіе цементовъ, сохраняемыхъ при этихъ условіяхъ.

Отмѣтимъ здѣсь одну особенность, свойственную лишь портландскому цементу. Это единственный изъ гидравлическихъ продуктовъ, который на воздухѣ, при извѣстной влажности послѣдняго достигаетъ большей твердости, нежели подъ водою. При этомъ примѣсь песку почти не уменьшаетъ его прочности; такъ напр., смѣсь изъ 1 ч. портландскаго цемента и 3 ч. песку черезъ нѣсколько лѣтъ почти приобретаетъ твердость чистаго цемента.

Приводимъ здѣсь средніе выводы изъ испытаній надъ 32 образцами различныхъ цементовъ. Пробы хранились все время на воздухѣ; для раствора употреблялся рѣчной песокъ достаточной чистоты, но ниже нормальнаго.

| Вода. | Составъ раствора. | Сопротивленіе разрыву въ килогр. на кв. сант. въ концѣ | | | | | |
|---------|----------------------|--|---------|--------|--------|--------|---------|
| | | 7 дней | 28 дней | 3 мѣс. | 6 мѣс. | 1 года | 2 лѣтъ. |
| Прѣсная | Чистый цементъ . . | 25,2 | 34,2 | 40,3 | 50,1 | 55,9 | 58,4 |
| | 1 ч. цем: 3 ч. песку | 10,1 | 14,8 | 22,2 | 27,5 | 30,2 | 31,7 |
| Морская | Чистый цементъ . . | 25,7 | 37,1 | 44,0 | 52,6 | 57,8 | 61,4 |
| | 1 ч. цем: 3 ч. песку | 13,3 | 18,5 | 25,8 | 33,4 | 37,4 | 41,2 |

Изъ этой таблицы видно, что морская вода увеличиваетъ прочность цемента и это увеличеніе не проходитъ съ теченіемъ времени. Покажемъ теперь, что дѣйствіе хлористаго кальція, подобно дѣйствію морской воды, также значительно увеличиваетъ сопротивленіе раствора.

растворами хлористаго кальція, имѣютъ пока лишь относительное значеніе, то мы ограничимся здѣсь выводами изъ испытаній надъ болѣе крѣпкими растворами, обнимающихъ собою двухлѣтній періодъ времени. Мы легко можемъ убѣдиться, что благоприятное для прочности раствора вліяніе хлористаго кальція точно также не уменьшается со временемъ.

Такъ какъ опыты, произведенные до сихъ поръ надъ слабыми

| № | Составъ затворяющей воды. | Составъ растворовъ. | Сопротивленію разрыву въ килогр. на кв. сант. въ концѣ | | | | | |
|---|---|--|--|---------|--------|--------|--------|---------|
| | | | 7 дней | 28 дней | 3 мѣс. | 6 мѣс. | 1 года | 2 лѣтъ. |
| 1 | Прѣсная вода . | 1 : 3 | 14,8 | 32,0 | 33,4 | 32,8 | 38,6 | 39,1 |
| | | Растворъ хлор. кальція въ 10° Ар. Бомэ. . . . | 1 : 3 | 21,1 | 32,0 | 38,5 | 46,7 | 53,1 |
| | Растворъ хлор. магнія въ 10° Ар. Бомэ. . . . | 1 : 3 | 20,9 | 29,4 | 38,0 | 47,5 | 52,4 | 57,5 |
| | | 2 | Растворъ хлор. кальція въ 10° Бомэ | 1 : 3 | 13,2 | 27,2 | — | — |
| 3 | Растворъ хлор. кальція въ 10° Бомэ | 1 : 3 | 16,1 | 28,3 | — | — | 49,0 | — |

Пробы сохранялись все время на воздухѣ; песокъ для раствора былъ приготовленъ изъ кварца, размолотаго до степени мелкости нормальнаго песку, который употреблялся во всѣхъ послѣдующихъ опытахъ.

растворахъ хлористаго кальція были изготовлены пробы растворовъ пропорціей 1 : 3, также сохранявшіеся все время на воздухѣ. Крѣпость раствора хлористаго кальція равнялась 20 гр. безводной соли на литръ воды.

Для сравненія сопротивленія при прѣсной водѣ и при слабыхъ

| № | Вѣсъ литра рыхло насыщеннаго цемента. | Остатокъ при просѣиваніи черезъ сито въ | | | Составъ затворяющей воды. | Срокъ схватыванія чистаго цемента. | Вѣсъ жидкости, употребленной для затворенія. | Сопротивленіе разрыву въ килогр. на кв. с. въ концѣ | | | | | |
|---|---------------------------------------|---|---------|----------|---------------------------|------------------------------------|--|---|---------|--------|------|------|------|
| | | 324 кл. | 900 кл. | 5000 кл. | | | | 7 дней | 28 дней | 3 мѣс. | | | |
| 1 | 1.265 | 0 | 7 | 35 | Прѣсная вода | 30 м. | 10,5 | 11,6 | 15,7 | 22,5 | | | |
| | | | | | | | | 20 гр. Са Cl | 6 ч. | 10,5 | 15,4 | 20,5 | 29,0 |
| | | | | | | | | 20 гр. Mg Cl | 6 ч. | 10,5 | 14,2 | 22,9 | 31,1 |
| 2 | 1.300 | 0 | 6 | 35 | Прѣсная вода | 1 ч. | 11 | 11,6 | 17,6 | 21,1 | | | |
| | | | | | | | | 20 гр. Са Cl | 8 ч. | 11 | 11,1 | 19,6 | 29,5 |

Слѣдующій рядъ испытаній имѣлъ цѣлью опредѣлить то процентное содержаніе хлористаго кальція, которое вызываетъ наилучшіе результаты. Употребленные для этого растворы содержали 10,

20 и 50 гр. безводной соли на литръ воды. Пробы оставались 24 часа въ формахъ, затѣмъ на сутки помѣщались въ чистую воду и остальное время сохранялись на воздухѣ.

| № | Вѣсъ литра жид- кости. | Остатокъ при просѣяннн черезъ сито въ | | | Составъ раство- ряющей воды. | Срокъ схватыванн чистаго цемента. | Вѣсъ воды, употребляе- мой для за- творенн въ фунт. | Сопротивленн на 1 кв. с. въ концѣ. | | |
|---|---------------------------------|---|------------|-------------|---------------------------------|--|---|---------------------------------------|----------|--------|
| | | 324 кл. | 900 кл. | 5000 кл. | | | | 7 дней. | 28 дней. | 3 мѣс. |
| 3 | 1,300 | 0 | 6 | 36 | Прѣсн. вода | — 30 м. | 11 | 10,4 | 15,7 | 22,5 |
| | | | | | 10 гр. Са Cl. | 12 ч. — | 11 | 11,0 | 23,1 | 28,9 |
| | | | | | 20 > > | 10 ч. — | 11 | 12,5 | 25,7 | 29,5 |
| | | | | | 50 > > | 9 ч. 10 м. | 11 | 13,7 | 23,7 | 34,0 |
| 4 | 1,280 | 0 | 3 | 26 | Прѣсн. вода | — 22 м. | 11 | 11,9 | 18,5 | 32,1 |
| | | | | | 10 гр. Са Cl. | 8 ч. 35 м. | 11 | 12,0 | 22,0 | 32,7 |
| | | | | | 20 > > | 6 ч. 50 м. | 11 | 17,8 | 27,5 | 37,4 |
| | | | | | 50 > > | 6 ч. 50 м. | 11 | 16,4 | 28,9 | 28,6 |
| 5 | 1,250 | 0 | 5 | 32 | Прѣсн. вода | — 5 м. | 11 | 9,2 | 15,6 | 26,1 |
| | | | | | 10 гр. Са Cl. | — 18 м. | 11 | 10,1 | 17,1 | 27,7 |
| | | | | | 20 > > | 5 ч. — | 11 | 11,5 | 23,4 | 31,7 |
| | | | | | 50 > > | 5 ч. 15 м. | 11 | 14,5 | 27,0 | 29,7 |
| 6 | 1,180 | 0 | 2 | 25 | Прѣсн. вода | — 40 м. | 11 | 9,1 | 19,1 | 23,0 |
| | | | | | 10 гр. Са Cl. | — | 11 | 9,8 | 20,2 | 25,9 |
| | | | | | 20 > > | 6 ч. 30 м. | 11 | 10,2 | 19,0 | 26,3 |
| | | | | | 50 > > | 6 ч. 12 м. | 11 | 10,5 | 17,7 | 24,6 |
| 7 | 1,230 | 0,5 | 5 | 32 | Прѣсн. вода | — 35 м. | 11 | 9,7 | 17,0 | 26,0 |
| | | | | | 10 гр. Са Cl. | 10 ч. — | 11 | 15,7 | 22,8 | 36,5 |
| | | | | | 20 > > | 10 ч. — | 11 | 14,9 | 24,5 | 30,5 |
| | | | | | 50 > > | 9 ч. 30 м. | 11 | 14,1 | 25,1 | 34,3 |
| 8 | 1,250 | 0 | 5 | 34 | Прѣсн. вода | 14 ч. — | 11 | 10,2 | 18,6 | 22,4 |
| | | | | | 10 гр. Са Cl. | 14 ч. — | 11 | 13,5 | 23,0 | 26,7 |
| | | | | | 20 > > | 14 ч. 30 м. | 11 | 10,0 | 16,0 | 26,3 |
| | | | | | 50 > > | 12 ч. — | 11 | 9,2 | 21,9 | 29,3 |
| 9 | 1,250 | 0 | 5 | 34 | Прѣсн. вода | — 25 м. | 11 | 8,5 | 20,0 | 21,3 |
| | | | | | 10 гр. Са Cl. | 1 ч. — | 11 | 12,9 | 24,8 | 28,5 |
| | | | | | 20 > > | 6 ч. 30 м. | 11 | 14,1 | 25,7 | 28,7 |
| | | | | | 50 > > | 5 ч. 35 м. | 11 | 15,7 | 22,5 | 24,9 |

Испытывавшіеся образцы были приготовлены по общимъ правиламъ приготовления пробъ для подобныхъ испытанн, т. е. сильно уколачивая ихъ въ формахъ. Однако, такъ какъ въ дѣйствительности растворы такому сильному уколачиванню не подвергаются и, кромѣ того обыкновенно примѣсь воды бываетъ болѣе значительна, то было сдѣлано еще нѣсколько опытовъ надъ болѣе жидко затворенными и не столь плотными растворами. Результаты послѣднихъ опытовъ помѣщены ниже, въ таб. I.

Совокупность всѣхъ произведенныхъ испытанн приводитъ къ тому заключенню, что хрѣпость раствора хлористаго кальція вообще наилучшая для прочности цемента, будетъ приблизительно 20 гр. безводной соли на литръ воды. Кромѣ того, растворъ въ 10 гр. хлористаго кальція даетъ почти тотъ же результатъ относительно прочности, что и 20 гр. растворъ и поэтому, въ видахъ экономн, вполне можно ограничиться этою, болѣе слабою пропорціей.

Для того, чтобы освободить отъ всякаго сомнѣнн дѣйствн хлористаго кальція, былъ предпринятъ новый рядъ опытовъ, гдѣ затворенн производилось чистой водой и растворомъ 20 гр. хлористаго кальція (таб. II). Брикетъ оставались подъ водою 2 дня и послѣ сохранялись во влажномъ воздухѣ.

Опыты надъ сопротивленнмъ разрыву дали хорошо согласуемые результаты, что еще болѣе подтвердилось опытами надъ сопротивленнмъ сжатню (см. таб. III).

Такимъ образомъ, дѣйствн хлористаго кальція можно считать вполне выясненнымъ и доказаннымъ путемъ приведенныхъ нами испытанн. Остается лишь рассмотреть съ теоретической точки зрѣнн разницу между дѣйствнмъ слабыхъ и болѣе концентрированныхъ растворовъ упомянутаго вещества, основываясь на работахъ Le Chatelier надъ условнми схватыванн и отвердѣнн гидравлическихъ растворовъ.

ТАБЛИЦА I.

| № цемента (по предмущимъ таблнцамъ). | Вѣсъ литра раствора на- сѣнаннаго це- мента. | Остатокъ при просѣяннн сѣвозъ сито въ | | | Составъ затвор. воды. | Срокъ схватыванн цемента. | Вѣсъ жидк. употребл. для затворенн. | Сопротивленн раз- рыву въ килограм. на кв. сант. въ концѣ. | | |
|---|---|---|------------|-------------|--------------------------|---------------------------------|---|---|---------|--------|
| | | 324 кл. | 900 кл. | 5000 кл. | | | | 7 дней | 28 дней | 3 мѣс. |
| 3 | 1,300 | 0 | 6 | 36 | Прѣсная вода | — ч. 30 м. | 15 | 6 | 10,9 | 21,8 |
| | | | | | 20 гр. Са Cl | 10 > — > | 15 | 11,9 | 17,2 | 29,0 |
| 5 | 1,250 | 0 | 5 | 32 | Прѣсная вода | — > 5 > | 15 | 6,5 | 13,2 | 17,1 |
| | | | | | 10 гр. Са Cl | — > 18 > | 15 | 7,0 | 13,5 | 19,4 |
| | | | | | 20 гр. Са Cl | — > 5 > | 15 | 9,4 | 16,0 | 22,6 |
| 4 | 1,280 | 0 | 3 | 26 | Прѣсная вода | — > 22 > | 15 | 8,0 | 13,9 | 21,1 |
| | | | | | 10 гр. Са Cl | 8 > 35 > | 15 | 8,1 | 13,5 | 22,7 |
| | | | | | 20 гр. Са Cl | 6 > 50 > | 15 | 10,3 | 17,2 | 27,1 |

ТАБЛИЦА II.

| № | Вѣсъ лигря рыло насл- панного це- мента. | Остатокъ при просѣиваніи сквозь сито въ | | | Вѣсъ жидко- сти употребл- ной для затворе- нія (въ грам- махъ). | Схватыва- ніе чис- того це- мента. | Прѣсная вода. | | Растворъ 20 гр. Са Сl | | | |
|----|---|---|------|------|---|---|---|---------|---|--|---------|--|
| | | 324 | 900 | 5000 | | | Сопротивленіе въ килогр. на кв. сант. въ концѣ. | | Схватыва- ніе чис- того це- мента. | Сопротивленіе въ килогр. на 1 кв. сант. въ концѣ | | |
| | | кв. | кв. | кв. | | | 7 дней | 28 дней | | 7 дней | 28 дней | |
| 1 | 1290 | 0 | 6 | 30 | 10,5 | 7 ч. — м. | 14,3 | 23,7 | 12 ч. 30 м. | 13,6 | 26,0 | |
| 2 | 1245 | 0 | 5 | 25 | 10,5 | 6 > 15 > | 11,9 | 20,5 | 7 > 15 > | 16,1 | 30,5 | |
| 3 | 1300 | 0 | 7,5 | 35 | 10,5 | 5 > 30 > | 13,8 | 23,0 | 7 > 30 > | 14,8 | 26,1 | |
| 4 | 1245 | 0 | 6 | 32 | 10,5 | — > 15 > | 13,6 | 20,7 | 5 > 15 > | 15,4 | 22,1 | |
| 5 | 1300 | 0,5 | 13,5 | 38 | 10,5 | 1 > 10 > | 8,9 | 18,8 | 4 > 40 > | 16,4 | 26,9 | |
| 6 | 1090 | 0 | 4 | 31 | 10,5 | — > 8 > | 14,0 | 21,0 | 4 > — > | 17,5 | 24,0 | |
| 7 | 1290 | 0 | 6 | 30 | 10,5 | 7 > — > | 9,9 | 18,0 | 10 > — > | 9,9 | 22,6 | |
| 8 | 1300 | 0 | 7,5 | 35 | 10,5 | 4 > — > | 7,5 | 18,2 | 8 > 30 > | 9,9 | 25,1 | |
| 9 | 1245 | 0 | 5 | 25 | 11,0 | 3 > 40 > | 11,2 | 17,4 | 7 > 50 > | 12,2 | 20,0 | |
| 10 | 1300 | 0,5 | 13,5 | 38 | 10,5 | — > 30 > | 7,9 | 14,0 | 6 > 30 > | 14,0 | 25,2 | |
| 11 | 1245 | 0 | 6 | 32 | 11,0 | — > 15 > | 8,3 | 14,2 | 7 > — > | 14,4 | 22,7 | |

ТАБЛИЦА III.

| № | Вѣсъ лигря рыло насл- панного це- мента. | Остатокъ при просѣиваніи сквозь сито въ | | | Вѣсъ жидко- сти употребл- ной для затворе- нія (въ грам- махъ). | Сопротивленіе сжатію въ килогр. на 1 кв. метр. | | | | | |
|---|---|---|-----|------|---|--|---------|--------|--|---------|--------|
| | | 324 | 900 | 5000 | | При прѣсной водѣ | | | При растворѣ 20 гр. хлористаго кальція. | | |
| | | кв. | кв. | кв. | | 7 дней | 28 дней | 3 мѣс. | 7 дней | 28 дней | 3 мѣс. |
| 1 | 1300 | 0 | 6 | 36 | 11 | 91,7 | 125,9 | 131,7 | 115,0 | 171,7 | 185,0 |
| 2 | 1300 | 0 | 6 | 33 | 15 | 37,0 | 81,7 | 95,0 | 37,0 | 115,0 | 135,0 |
| 3 | 1260 | 0 | 5 | 29 | 10,5 | 118,3 | 170,0 | — | 158,3 | 223,3 | > |
| 4 | 1300 | 0 | 6 | 32 | 10,5 | 125,0 | 160,5 | — | 175,0 | 238,3 | > |
| 5 | 1245 | 0 | 6 | 32 | 10,5 | 95,0 | 158,3 | — | 138,3 | 208,3 | > |
| 6 | 1290 | 0 | 6 | 30 | 10,5 | 115,0 | 165,0 | — | 158,3 | 205,0 | > |
| | | | | | | 105,0 | 145,0 | — | 161,3 | 195,0 | > |

Кристаллизація, сопровождающая всѣ продолжительные процессы твердѣнія въ соприкосновеніи съ водою, какъ должно предполагать, появляется вслѣдствіе насыщѣнія раствора; тоже самое замѣчается, если отвердѣніе происходитъ отъ соединѣнія двухъ сложныхъ тѣлъ, въ присутствіи воды.

Растворимость веществъ, долженствующихъ твердѣть въ присутствіи воды, вліяетъ на быстроту кристаллизаціи, а слѣдовательно и на быстроту отвердѣванія.

Поэтому примѣси, увеличивающія растворимость смѣшанныхъ съ водою веществъ, замедляютъ отвердѣваніе послѣднихъ и наоборотъ, уменьшающія ихъ растворимость—ускоряютъ процессъ отвердѣванія.

Дѣйствіе слабыхъ растворовъ хлористаго кальція вполне подчиняется этому общему закону, какъ показываютъ слѣдующіе опыты.

1. Дѣйствіе растворовъ хлористаго кальція на углекислую известь, въ сравненіи съ дѣйствіемъ чистой воды (при температурѣ 17°).

| Составъ растворяющей жидкости. | Количество растворившейся извести въ грамм. на литръ, по истеченіи: | | | |
|-----------------------------------|---|--------|---------|---------|
| | 10 мин. | 6 час. | 24 час. | 48 час. |
| Чистая вода | 1,371 | 1,298 | 1,298 | 1,298 |
| Растворъ Са Сl 14,91 гр. на литръ | 1,135 | 1,047 | 1,003 | 1,003 |
| > > 35,97 > > | 1,180 | 1,062 | 1,032 | 1,032 |
| > > 61,01 > > | 1,280 | 1,150 | 1,121 | 1,121 |
| > > 100,05 > > | 1,430 | 1,312 | 1,312 | 1,312 |

2. Дѣйствіе раствора хлористаго кальція и чистой воды на два образца портландскаго цемента, изъ которыхъ одинъ быстро, а другой медленно схватываются:

| № | Составъ растворяющей жидкости. | Количество растворившейся извести въ грамм. на литръ, по истеченіи: | | | |
|---|-----------------------------------|---|--------|---------|---------|
| | | 10 мин. | 6 час. | 24 час. | 48 час. |
| 1 | Чистая вода | 0,309 | 0,678 | 1,622 | 1,770 |
| | Растворъ Са Сl, 14,91 гр. | 0,339 | 0,560 | 1,209 | 1,239 |
| | > > 35,97 > | 0,221 | 0,604 | 1,239 | 1,219 |
| | > > 61,01 > | 0,236 | 0,663 | 1,401 | 1,298 |
| | > > 100,05 > | 0,280 | 0,619 | 1,504 | 1,416 |
| 2 | Чистая вода | 0,501 | 0,855 | 1,062 | 1,150 |
| | Растворъ Са Сl, 14,91 гр. | 0,501 | 0,645 | 1,268 | 1,239 |
| | > > 35,97 > | 0,486 | 0,663 | 1,180 | 1,327 |
| | > > 61,01 > | 0,472 | 0,634 | 1,209 | 1,386 |
| | > > 100,05 > | 0,489 | 0,663 | 1,268 | 1,416 |

Не отрицая возможности возраженій противъ общаго значенія послѣднихъ результатовъ, укажемъ только на то, что они какъ нельзя лучше согласуются съ результатами опытовъ надъ замедленіемъ схватыванія цементовъ, приведенными нами въ началѣ статьи. А именно, растворы въ 10, 20 и 40 гр. вызывали наибольшее замедленіе схватыванія; при растворѣ въ 60 гр. уже схватываніе происходило скорѣе, а при 100 гр. чрезвычайно быстро.

Такая значительная быстрота схватыванія при употребленіи болѣе крѣпкихъ растворовъ объясняется образованіемъ Са Сl, 3Са О.

Послѣдняя соль получается при дѣйствіи хлористаго кальція на гидратъ извести, но опыты Дитта показываютъ, что эта реакція имѣетъ мѣсто лишь при известной крѣпости раствора Са Сl, превосходящей по крайней мѣрѣ 85 гр. на литръ. И дѣйствительно, стѣнки стеклянныхъ сосудовъ, содержащихъ цементъ, размѣшанный въ растворахъ 15, 36 и 61 гр. хлористаго кальція, покрываются черезъ два дня значительными шестиугольными кристаллами гидрата извести*), тогда какъ въ растворѣ 100 гр. замѣчаются лишь

*) Въ чистой водѣ кристаллы эти появляются позже, въ большемъ числѣ и меньшихъ размѣровъ, что также составляетъ одно изъ явленій насыщѣнія растворовъ, изслѣдованныхъ Le Chatelier.

тонкія иглы Ca Cl_2 , 3 Ca O . Мы указывали уже, что цементы, затворенные съ растворомъ хлористого кальция плотностью въ $30 - 35^\circ$ Бомэ, содержащимъ слѣдовательно 300—400 гр. безводной соли на литръ, схватываются въ нѣсколько минутъ и черезъ нѣсколько часовъ уже обладаютъ значительной твердостью.

Но если цементъ долгое время подвергался дѣйствию сырого воздуха, результатъ получается совершенно иной; схватываніе остается медленнымъ и цементъ, достигнувъ уже известнаго сѣплѣнія, начинаетъ пучиться и иногда разрушается совершенно. Въ первомъ случаѣ схватываніе сопровождается значительнымъ возвышеніемъ температуры; во второмъ случаѣ замѣтнаго повышенія температуры не наблюдается.

Это можно объяснить слѣдующимъ образомъ: пока цементъ достаточно свѣжъ, соединенія извести съ алюминіемъ (алюминаты) и съ желѣзомъ, будучи легко разлагаемыми, отдаютъ всю известь; при этомъ образуется растворъ Ca Cl_2 , 3 Ca O , обладающій способностью сильно насыщаться и слѣдовательно быстро кристаллизоваться, производя такимъ образомъ быстрое повышеніе температуры, о которомъ мы упоминали выше.

Когда соединенная съ глиноземомъ и желѣзомъ известь продолжительнымъ дѣйствию атмосферного воздуха успѣваетъ обратиться въ углекислую, Ca Cl_2 , 3 Ca O можетъ образоваться лишь на счетъ трехъ-известкового силиката, отдающаго свою известь весьма медленно; при этомъ происходитъ продолжительный обмѣнъ, вызывающій послѣдовательную кристаллизацию, которая оканчивается вспучиваніемъ раствора. Это явленіе совершенно аналогично съ тѣмъ, которое происходитъ при затвореніи чистою водою цемента, содержащаго значительный избытокъ свободной извести.

Взглядъ на одну изъ формъ наружнаго покрытія древнерусскихъ церквей.

Во время научной экскурсіи гг. членовъ VII-го археологическаго съѣзда въ г. Ростовъ, мнѣ довелось совмѣстно съ Н. В. Никитинымъ и А. М. Павлиновымъ обследовать чердачныя помѣщенія нѣкоторые Кремлевскихъ церквей, устройство голосниковъ и проч. Всѣ сдѣланныя нами наблюденія, по возвращеніи гг. членовъ изъ экскурсіи въ г. Ярославль, были представлены вниманію съѣзда въ видѣ особыхъ рефератовъ. На мою долю пришлось говорить о формѣ сводовъ церкви Спаса на Сѣняхъ и о первоначальномъ устройствѣ ея наружнаго покрытія. Разсматривая сводъ этой церкви сверху на чердакѣ, видимъ, что онъ состоитъ (черт. 1-й) изъ четырехъ арокъ $aa'a'$, перекинутыхъ со стѣны на стѣну въ перекрещивающемся порядкѣ, причемъ средняя часть арокъ нѣсколько приподнята.

Арки эти внутри церкви не выступаютъ изъ поверхности сводовъ. Угловые части церкви перекрываются обрѣзками коробовыхъ сводовъ $bb' . . . b'b'$. . . , расположенныхъ, какъ въ углахъ сомкнутаго свода.

Пространства между угловыми сводами покрыты плоскими коробовыми сводиками $в, в'$. . . , опирающимися на забученныя части $кк$. главныхъ арокъ aa' На среднихъ частяхъ этихъ арокъ возведенъ сначала четырехугольный постаментъ, а на немъ, при посредствѣ маленькихъ парусовъ, поставленъ небольшой барабанъ съ главкой (черт. 3-й). Такимъ образомъ общее покрытіе церкви изнутри представляетъ собою какъ бы одинъ сплошной сомкнутый сводъ съ четырьмя взаимно пересѣкающимися распалубками въ видѣ креста, квадратная середина котораго вынута для отверстія барабана. Щелевые плоскости сводиковъ $вв'$. . . (черт. 2-й) около наружныхъ стѣнъ скошены, такъ что существующій нынѣ карнизъ четырехскатой крыши приходится почти у пяти этихъ сводиковъ. Каменная лѣстница $г$ (черт. 1-й), ведущая на чердакъ проходитъ внутри наружной стѣны и кончается надъ угловымъ сводомъ $б$. Въ пазухахъ угловыхъ сводовъ сдѣланы небольшія надкладки $д$ (черт. 1-й и 4-й), отвѣчающія существующимъ нынѣ закругленіямъ $е$. . . на угловыхъ дѣленіяхъ фасадовъ церкви (черт. 3-й).

Закругленія эти приходятся ниже внѣшняго очертанія угловыхъ сводовъ церкви $бб'$ (черт. 1-й и 4-й). Кладка въ углахъ церкви $ж$ (черт. 3-й и 4-й) надъ сводами $бб'$. . . , по сравненію съ кладкою и кирпичемъ сводовъ, сдѣланы видимо не одновременно съ построеніемъ самой церкви. Верхняя часть существующей крыши

— (Черт. 2-й и 4-й)*), врѣзываясь въ четырехугольный постаментъ главы, закрываетъ обдѣлку его нижней части $з$, которая при первоначальномъ видѣ церкви очевидно была не закрыта крышею.

Итакъ описанное устройство сводовъ и нынѣ существующей желѣзной крыши церкви Спаса на Сѣняхъ даютъ явный поводъ предположить, что первоначальное наружное покрытіе этой церкви было иное.

Рѣшая вопросъ, какимъ же могло быть первоначальное покрытіе этой церкви? мы приходимъ къ слѣдующимъ предположеніямъ.

А. Если надкладки $ж$ (черт. 3-й и 4-й) позднѣйшія и при построеніи церкви ихъ не было, то устройство сводовъ, при условіи рациональнаго выраженія внутренней конструкціи въ фасадахъ, допускало такое покрытіе крышъ, какъ показано на черт. 5-омъ, причемъ крыши среднихъ частей могли имѣть наклонное положеніе, какъ показано на черт. 4-мъ съ правой стороны пунктиромъ. Характеръ такого покрытія съ внѣшней стороны нельзя сказать, чтобы отвѣчалъ древнему русскому зодчеству, къ тому же боковыя плоскости возвышающихся срединъ $и$ (черт. 5-й), судя по свѣжести кладки, были всегда защищены отъ непогоды и никакихъ признаковъ кирпичныхъ карнизовъ на нихъ не замѣтно, наконецъ существованіе чердачной лѣстницы $г$, при такомъ устройствѣ крыши, совсѣмъ не оправдывается. Слѣдовательно предположенное внѣшнее покрытіе церкви становится крайне сомнительнымъ.

Б. Предположимъ теперь, что надкладки $ж$, хотя и позднѣйшія, но на ихъ мѣстѣ были сдѣланы такія же части при построеніи самой церкви. Тогда устройство крышъ и обработка фасадовъ могли быть сдѣланы такъ, какъ показано на черт. 6-омъ. Это предположеніе становится болѣе вѣроятнымъ, такъ какъ во первыхъ получается чердачное помѣщеніе, вполне оправдывающее назначеніе лѣстницы $г$, а во вторыхъ мотивъ фасада уже отвѣчаетъ характеру нашего древняго зодчества. Мнѣ, хотя и не приходилось видѣть такихъ церквей съ выступною фронтоначатою срединюю, но что такой мотивъ существовалъ въ древности, то у насъ отчасти указываютъ на это миниатюры, напр. въ житіи Николая Чудотворца и Сергія Преподобнаго, встрѣчаются такія изображенія, какъ на черт. 7-омъ и 8-омъ.

Относительно только что предположеннаго покрытія, является сомнительнымъ одно, что плоскіе фронтоны и прилоснутыя очертанія подъ ними не отвѣчаютъ остальнымъ довольно стройнымъ формамъ церкви.

В. Въ виду этого я больше склоненъ думать, что древнее наружное очертаніе среднихъ частей было полукруглое, какъ изображено на черт. 9-омъ.

В. Это предположеніе становится болѣе вѣроятнымъ потому, что такой же точно мотивъ фасадовъ и устройство крышъ мы встрѣчаемъ въ одномъ изъ памятниковъ XVI-го столѣтія, именно въ церкви на старомъ Ваганьковѣ въ Москвѣ (черт. 10-й изъ «Русской Старины» г. Мартынова). Здѣсь полукруглое очертаніе не выражаетъ дѣйствительный формы среднихъ частей свода, и это, по моимъ наблюденіямъ, случилось потому, что собственно обработка фасадовъ въ видѣ трехлопостной формы, какъ скажемъ ниже, вышла изъ другой конструкціи и въ данномъ случаѣ явилась какъ болѣе или менѣе подходящею къ формѣ сводовъ разсматриваемой нами церкви. Понятно, что если при построеніи церкви, фасады проектировались съ такою обработкою, то среднія части свода $вв'$ (черт. 1-й) даже не могли быть полукруглыми, такъ какъ нарушился бы законъ равновѣсія, а потому очертаніе среднихъ сводиковъ, хотя и дѣлалось нѣсколько приподнятымъ (черт. 15-й), но настолько, что кривыя давленія средней части арокъ aa' . . . не выходили изъ очертанія боковыхъ частей $а^0а^0$.

Г. Четвертое предположеніе о первоначальной формѣ внѣшняго покрытія и обработки фасадовъ церкви Спаса на Сѣняхъ можетъ быть слѣдующее. Допустимъ, что угловые надкладки $ж$ (черт. 3-й и 4-й) сдѣланы не одновременно съ самою церковью, и верхнія части фасадныхъ стѣнъ ограничивались полукругами въ срединахъ и дугообразными закругленіями въ угловыхъ частяхъ церкви (черт. 11-й). Крыша въ этомъ случаѣ могла быть сдѣлана по этимъ закругленіямъ, но для того, чтобы закрыть выдававшихся изъ такой крыши части сводовъ $бб'$. . . (черт. 1-й и 4-й), можно было устроить особые прямые или дугообразные скаты $кк'$ (черт. 11-й). Въ другомъ случаѣ фасадныя закругленія вмѣстѣ съ выдающимися частями сводовъ $бб'$ (черт. 4-й) могли быть покрыты прямыми

* Если мы отнимемъ одну изъ наружныхъ стѣнъ церкви Спаса на Сѣняхъ, то картина сводчатаго покрытія представится такою, какою показана на черт. 4-омъ.

скатами съ четырьмя фронтонами (*черт. 12-й*) т. е. крыша церкви представляла бы собою форму двухъ перпендикулярно пересѣкающихся двухскатныхъ крышъ. Этотъ способъ покрытія при данномъ устройствѣ сводовъ является весьма правдоподобнымъ, тѣмъ болѣе, что существованіе церквей съ такимъ покрытіемъ въ Московскій періодъ, подтверждается сохранившеюся церковью (XVI-го столѣтія) Вознесенія Господня или Блаженнаго Исидора въ г. Ростовѣ-Ярославскомъ (*черт. 13-й, 14-й и 15-й* — угловыя части фасада, разрѣза и плана). Заполненія *л* (*черт. 13-й*) повидимому хотя и позднѣйшія, но таковое покрытіе церкви и обдѣлка фасадовъ несомнѣнно предшествовали покрытію крышъ по закругленіямъ. Это мнѣніе я основываю на слѣдующихъ соображеніяхъ: самостоятельное покрытіе выдающихся частей сводовъ *кк'*. (*черт. 11-й*) во 1) представлялось затруднительнымъ, а во 2) мало художественнымъ. По-фронтонное покрытіе становилось здѣсь наиболѣе простымъ и уже традиционнымъ, ибо подобныя формы господствовали еще въ ранней эпохѣ Новгородско-Псковской архитектуры и, такъ какъ вначалѣ Московскаго періода большая часть мастеровъ была изъ Новгорода и Пскова, то фронтончатое покрытіе при данномъ устройствѣ сводовъ становится вполне вѣроятнымъ. Въ тѣхъ же случаяхъ, когда фасадныя закругленія признавались московскими строителями, не только какъ украшенія, но какъ самостоятельная форма фасадовъ, то прямыя скаты замѣнялись въ видѣ трахлопостныхъ закругленій и тогда при томъ устройствѣ сводовъ, какъ мы видимъ въ церкви Спаса на Сѣняхъ, боковыя закругленія фасадовъ *е* (*черт. 3-й*) пригонялись противъ внѣшняго очертанія сводовъ *бб'*... а среднія фасадныя полуокружія надкладывались. Тоже дѣлалось и въ тѣхъ случаяхъ, когда церкви покрывались простымъ сомкнутомъ сводомъ. При такомъ устройствѣ крышъ и убранствѣ фасадныхъ сторонъ церквей, послѣднія имѣли видъ, какъ наприм. показано на *черт. 24-мъ* Табл. II-ая.

Типъ такихъ церквей, можно сказать съ нѣкоторою достовѣрностью, былъ даже распространенъ въ русскомъ зодчествѣ, но почему-то незамѣтно сошелъ со сцены и со всѣми деталями не сохранился до насъ. Въ доказательство того, что такія церкви именно существовали въ Московскій періодъ можетъ служить примѣромъ церковь Св. Трифона въ Москвѣ. Верхняя часть этой церкви нынѣ покрыта четырехскатною крышею (*черт. 39-й* Табл. II-ая); но убранство фасадовъ и позднѣйшія надкладки *х* въ угловыхъ частяхъ церкви, указываютъ на то, что первоначальное ограниченіе фасадныхъ стѣнъ состояло изъ среднихъ полуокружій съ заостреніями и изъ особыхъ закругленій въ угловыхъ частяхъ церкви.

Первоначальная крыша, судя по изображенію разсматриваемой нами церкви на древнемъ образѣ Св. Трифона, находящемся въ этой же церкви, была сдѣлана по фасаднымъ закругленнымъ очертаніямъ. — Внутреннее устройство сводовъ въ церкви Св. Трифона и въ церкви Спаса на Сѣняхъ почти одинаково и разница видимо состояла въ томъ только, что угловые сводики въ церкви Св. Трифона приходятся противъ угловыхъ фасадныхъ закругленій, отчего и крыша имѣла такой видъ, какъ показано на древнемъ образѣ, т. е. безъ особыхъ скатовъ *кк'* (*черт. 11-й*); между тѣмъ въ церкви Спаса на Сѣняхъ угловые сводики *бб'*... (*черт. 3-й и 4-й*) приходятся выше фасадныхъ угловыхъ закругленій *е*, вслѣдствіе чего вызывалось устройство особыхъ кровельныхъ скатовъ. Если при этомъ мы примемъ во вниманіе еще и то, что лѣстница *г* (*черт. 1-ый*) не могла не обусловливать чердачнаго помѣщенія, то внѣшнее покрытіе церкви Спаса на Сѣняхъ вѣрнѣе всего имѣло видъ четырехскатной крыши съ врѣзывающимися полукруглыми выступами (*черт. 9-й*). Вѣроятно такой-же характеръ фасада носила и церковь Благовѣщенія въ Бѣлогостицкомъ монастырѣ близъ г. Ростова, такъ какъ устройство сводовъ ея почти одинаково со сводами вышеописанной церкви. Что касается того, насколько разсматриваемый типъ церквей былъ распространенъ въ русскомъ зодчествѣ, то на это можно сказать, что по крайней мѣрѣ въ миниатюрахъ этотъ мотивъ былъ довольно излюбленнымъ, и надо думать, что въ XVI-го вѣкѣ онъ часто примѣнялся не только въ церковныхъ постройкахъ, но и въ гражданскихъ, какъ это видно во многихъ миниатюрахъ, напр.: въ житіѣ Преподобнаго Сергія XVI-го ст. *черт. 16-й и 17-й* (изъ Епифаньевскаго списка, хранящагося въ Троице-Сергіевской лаврѣ, близъ Москвы).

Здѣсь надо сказать, что мотивъ такихъ церквей почти во всѣхъ миниатюрахъ представляется съ одной стороны (*черт. 18-й* изъ житія Зосима и Савватія, конца XVI-го вѣка принадл. Н. А. Вахрамѣеву) т. е. какъ будто, показанныя въ миниатюрахъ церкви, имѣютъ закругленія только на двухъ сторонахъ фасада; но если мы примемъ во вниманіе крайнюю условность перспективы того времени, то подобныя изображенія, какъ на *черт. 19-мъ и 20-мъ*

(изъ житія Пр. Сергія) иногда надо разсматривать какъ представленіе двухъ смежныхъ сторонъ церкви.

Описываемая нами обработка фасадовъ видимо съ успѣхомъ практиковалась также и въ особыхъ придѣлахъ къ церквамъ. Такъ при соборѣ Никитскаго монастыря, близъ г. Переяславля-Залѣскаго, мы видимъ (*черт. 21-й* Табл. II-ая), что убранство южнаго придѣла состоитъ изъ трехъ дѣлений, оканчивающихся въ срединѣ арочнымъ украшеніемъ съ заостреніемъ, а съ боковъ полу-арочками. Поверхъ этихъ закругленій, хотя и есть еще надстройка, но она, судя по архитектурѣ и высотѣ сомкнутаго свода, окончивающагося противъ нижнихъ закругленій, очевидно позднѣйшая.

Такимъ образомъ видно, что первоначальная форма крыши отвѣчала фасадной обработкѣ придѣла т. е. имѣла видъ, какъ показано на томъ же чертежѣ пунктиромъ. Другой примѣръ такого же устройства придѣла видимъ при соборѣ въ Савво-Звенигородскомъ монастырѣ (*черт. 22-й*). Здѣсь верхнее полуокружіе не сохранилось, но, судя по обработкѣ фасада, оно очевидно существовало въ древности.

Первоначальное внѣшнее покрытіе придѣла было сдѣлано вѣроятно также по фасаднымъ закругленіямъ, какъ показано пунктиромъ или какъ на *черт. 24-мъ* Табл. II-ая.

Существованіе придѣловъ въ нашей церковной архитектурѣ съ такою обработкою фасадовъ и внѣшнимъ покрытіемъ, можетъ считаться достовѣрнымъ и потому, что подобныя мотивы мы нерѣдко встрѣчаемъ и въ миниатюрахъ, какъ напр. въ житіѣ Пр. Зосима и Савватія (*черт. 23-й*).

По изображеніямъ церковныхъ зданій въ миниатюрахъ замѣтно еще и то, что разсматриваемая нами форма трехлопостнаго очертанія была настолько принята между нашими художниками и строителями что видимо нерѣдко практиковалась одновременно какъ въ самихъ церквахъ, такъ и въ придѣлахъ. Подобныхъ памятниковъ у насъ къ сожалѣнію кажется не сохранилось, хотя первоначальныя формы фасада Преображенскаго собора въ Соловецкомъ монастырѣ своимъ силуэтомъ сильно напоминаютъ вышеприведенныя миниатюрныя изображенія. Кромѣ того, что форма трехлопостнаго очертанія практиковалась въ строительномъ дѣлѣ, она также встрѣчается въ изобилии на царскихъ дверяхъ, въ иконостасахъ, кіотахъ и въ церковной утвари такъ напр. Сіонъ (XVII вѣка), находящійся въ патриаршей ризницѣ (*черт. 24*), представляетъ собою совершенно такой же мотивъ церкви, какъ мы разсматривали выше.

Такимъ образомъ церкви указаннаго характера безусловно существовали въ русскомъ зодчествѣ какъ особый типъ, но повидимому не получали господствующей роли, *) и по причинѣ недостатка памятниковъ такого типа, до сихъ поръ проходили незамѣченными археологическою наукою.

Относительно происхожденія формъ такихъ покрытій сказать что либо вполне достовѣрное трудно, но тѣмъ не мѣнѣе съ болѣею вѣроятностію можно провести слѣдующія взгляды: изъ сохранившихся памятниковъ Новгородско-Псковской архитектуры замѣтно что въ церквахъ еще XIV вѣка, угловыя помѣщенія *аа* (*черт. 25-й*) иногда покрывались полукоробовыми сводами (церковь Феодора Стратилата на Торговой сторонѣ) или двумя полукоробовыми отрѣзками въ видѣ четвертей сомкнутаго свода *а'а'*. Среднія же части *бб* перекрывались иногда также полукоробовыми сводами (церковь Рождества Богородицы на Молотовомъ полѣ, другая церковь Рождества Христова), и въ исключительныхъ случаяхъ даже полусомкнутыми сводиками *б'б'*... (церковь Рожд. Богор. на Молотовомъ полѣ). Большею-же частью пространства *бб'*... покрывались коробовыми сводами, отвѣчающими подпружнымъ аркамъ купола *аа*... (*черт. 27*).

Извѣстно также, что съ XIV вѣка въ Новгородско-Псковскихъ церквахъ появился новый мотивъ обработки стѣнъ и наружныхъ покрытій; **) сначала стѣны пробовали украшать одною трехлопостною впадинкою (*черт. 38 д*).

Затѣмъ церкви съ cadaго фасада раздѣлялись пилястрами и увѣнчивались въ средней части полукруглыми или трехлопостными впадинками, а по бокамъ однимъ, двумя или тремя закругленіями (*черт. 26-й*). Церкви, съ такою обработкою стѣнъ, покрывались крышею на восемь скатовъ ввидѣ двухъ перпендикулярно пересѣкающихся двухскатныхъ крышъ, образуя съ каждой стороны фасада по фронтону.

*) Можетъ быть потому, что подобная конструкція была удобопримѣнима только къ церквамъ небольшого размѣра.

**) Мое сочиненіе „*Матеріалы къ исторіи древней Новгородско-Псковской архитектуры*“ изданіе Императорской Академіи Художествъ и въ запискахъ С.-Петербургскаго Русскаго Археологическаго Общества за 1888 г.

Такое покрытие и обработка фасадовъ при устройствѣ въ средних частяхъ *bb...* коробовыхъ сводовъ, а въ угловыхъ частяхъ *aa'*... четвертей сомкнутого свода (черт. 27-й), естественно выражало внутреннее расположение сводовъ. Далѣе, когда строительное дѣло Новгородской области получило уже нѣкоторое развитіе, то нѣрѣдко, при постройкѣ малыхъ церквей, общепринятые тогда внутренніе столбы храмовъ стали устраняться и вмѣсто цѣлой системы сводовъ, церкви покрывали однимъ сомкнутымъ сводомъ (уничтоженные церкви Великомученика Димитрія въ Домонтовой крѣпости, церковь Спаса Преображенія Надолбина монастыря, существующая церковь Ново-Вознесенская и др. въ г. Псковѣ).

Въ сомкнутыхъ сводахъ такихъ церквей дѣлали для верхнихъ оконъ распалубки. Обдѣлка же фасадовъ продолжалась по принятому образцу т. е. съ закругленіями и фронтоначатыми покрытиями.

Такимъ же путемъ могли образоваться подобныя церкви и въ Московскій періодъ. Для этого стоило принять въ образецъ одну изъ Новгородскихъ церквей съ такимъ расположеніемъ сводовъ, какъ показано на *черт. 27* и не выводя столбовъ, сдѣлать только, вмѣсто полукруглыхъ арокъ *bb...* потерявшихъ устои, болѣе плоскія арки такъ, чтобы послѣднія своимъ распоромъ удерживали-бы полуарки и т. е. чтобы составныя части *bb* и *и* представляли какъ бы одну арку (черт. 15'). Продолжая затѣмъ расширять арки *bb...* до наружныхъ стѣнъ, мы такимъ образомъ получимъ совершенно такое же устройство сводовъ, какъ видѣли въ церквахъ Исидора Блаженного въ г. Ростовѣ, Св. Трифона въ Москвѣ, въ Бѣлого-стицкомъ монастырѣ близъ г. Ростова и въ другихъ церквахъ. Конечно если сомкнутый сводъ въ нашихъ церквахъ предшествовалъ этому устройству свода, то его конструкция могла образоваться и изъ сомкнутого свода съ четырьмя распалубками. Для этого нужно было только поднять распалубки до вершины сомкнутого свода (черт. 14-й и 15) и сдѣлать въ пересѣченіи ихъ квадратное отверстіе для барабана.

Въ очертаніяхъ сводовъ измѣнилось бы только-то, что среднія части получились-бы вмѣсто полукруглыхъ сводовъ—плоскіе, такъ что наружное убранство стѣнъ могло сохраниться по прежнему мотиву.

Что касается придѣловъ, о которыхъ я уже упоминалъ, то они по внутреннему и наружному устройству, въ общихъ чертахъ совершенно сходны съ маленькими церквами и съ нѣкоторыми придѣлами Псковскихъ церквей. Разница сначала выразилась только въ томъ, что фасады такихъ церквей въ Московскій періодъ приобрѣтали болѣе богатую обработку, чѣмъ въ Новгородско-Псковской архитектурѣ, т. е. пилястры въ пятахъ среднихъ полуокружій обдѣльвались въ видѣ капителей, у пяти боковыхъ закругленій протягивался карнизъ вокругъ церкви, закругленія обдѣльвались въ видѣ арокъ. Съ теченіемъ времени трехлопостное очертаніе церкви видимо настолько получило самостоятельную форму, вслѣдствіи убранства ея, что фронтоначатый карнизъ надъ нею казался излишнимъ наслоеніемъ; тогда прямые скаты при одномъ устройствѣ сводовъ замѣнились скатами по фасаднымъ очертаніямъ, а при другомъ, какъ показано на *чертежѣ 9-мъ* *).

Форма троечастнаго закругленія фасадовъ встрѣчается также и въ деревянныхъ церквахъ напр. надъ алтаремъ церкви въ селѣ Подпорожье, Архангельской губ. и уѣзда (черт. 28). Здѣсь эта форма обуславливаетъ тройное дѣленіе алтаря. Такія крыши въ деревянныхъ церквахъ не оправдывались внутреннею конструкціею храмовъ; а потому дѣлались довольно рѣдко и скорѣе принадлежали къ числу украшеній.

Здѣсь кстати сказать, что троечастное закругленіе крышъ едва ли представлялось нашимъ строителямъ чѣмъ нибудь особенно новымъ. Этому мотиву несомнѣнно предшествовало въ древнихъ деревянныхъ сооруженіяхъ бочечное покрытие, сначала въ видѣ одной бочки, какъ видимъ напр. (*черт. 29-й*) на церкви въ Ямцкой пустынѣ, Архангельской губ.; въ Черевковѣ, Вологодской губ. въ миниатюрахъ и въ др. мѣстахъ. Затѣмъ въ видѣ двухъ перпендикулярно пересѣкающихся бочекъ, какъ наприм. въ Пермчорской

церкви Вологодск. губ. (*черт. 30*), на древнемъ рисункѣ Тихвинскаго монастыря (черт. 31) и проч.

Возвращаясь къ предыдущей формѣ, укажемъ еще на то, что она нѣрѣдко примѣнялась въ нашемъ зодчествѣ къ церковнымъ звонницамъ. Такъ напр. при Звенигородскомъ соборѣ Московской губ. по нынѣ существуетъ звонница такой формы, какъ изображено на *черт. 32*. Совершенно такого же образца попадаются изображенія звонницъ въ миниатюрахъ *черт. 33-й* (изъ житія Алексѣя Митрополита XV столѣтія). Кромѣ того, судя по одному изображенію (*черт. 34-й*) на древнемъ образѣ церкви Воздвиженія въ гор. Ярославлѣ, эти формы очевидно примѣнялись и въ колокольняхъ.

Чтобы покончить съ разборомъ описываемой нами формы, упомянемъ еще о томъ, что если эта форма не имѣла господствующаго значенія въ храмовой архитектурѣ Московскаго періода, то съ успѣхомъ появлялась въ видѣ детальныхъ украшеній въ строительномъ и художественно-промышленномъ дѣлѣ, напр. украшенія, показанныя на *черт. 35*, встрѣчаются при основаніи главокъ (церковь Николая Мокраго въ Ярославлѣ). Въ Тихвинскомъ монастырѣ, какъ видно изъ древняго рисунка, хранящагося въ главномъ московскомъ архивѣ, эти формы увѣнчивали фасады Надъвратнаго храма. Въ Соловецкомъ монастырѣ такими-же формами оканчивались четыре верхніе угловые придѣла Преображенскаго собора. Кромѣ того подобныя же украшенія были излюбленнымъ мотивомъ въ обработкѣ царскихъ дверей, складней, каменныхъ и деревянныхъ оконъ XVII вѣка и т. п. На *черт. 36-мъ* представлено окно изъ миниатюрныхъ изображеній житія Св. Сергія.— Совершенно такого же характера существуютъ окна въ деревянной церкви, въ селѣ Черевковѣ, Вологодской губ.

Не говоря о многочисленныхъ примѣрахъ подобныхъ формъ въ деревянной рѣзбѣ, укажемъ на одинъ примѣръ обработки такой формы въ металлической церковной утвари, *черт. 37* (часть кадила XVII ст., хранящагося въ Благовѣщенскомъ соборѣ, въ Москвѣ).

Такимъ образомъ, разсмотрѣнная нами форма, видимо имѣла въ русскомъ зодчествѣ свое естественное происхожденіе и довольно продолжительную жизнь. Сначала она появилась въ видѣ простыхъ очертаній выражавшихъ внутреннее устройство церковныхъ сводовъ, затѣмъ усложнялась нѣкоторымъ украшеніемъ, далѣе получала иногда преобладающую роль въ постройкахъ и наконецъ, когда въ устройствѣ церквей опять установился обычай примѣнять внутренніе столбы, то форма троечастныхъ закругленій, хотя и устранялась съ первенствующей роли, но въ силу того, что наши мастера сроднились съ нею, она не замерла, а перешла въ область детальныхъ украшеній. Что касается того вопроса, гдѣ впервые зародилась трехлопостная форма, и явилась-ли она въ нашемъ искусствѣ самостоятельно или заимствована, то мнѣ кажется, что этотъ вопросъ кромѣ необычайной трудности не имѣетъ важнаго значенія въ исторіи развитія русскаго искусства. Мы видѣли, что эта форма иногда получалась въ нашей строительной практикѣ сама собою напр., при устройствѣ нѣкоторыхъ папертей въ Псковскихъ церквахъ, своды имѣли такое расположение, какъ показано на *черт. 38 а, в и д* (церковь Св. Николая Соусохи).

Это очертаніе сводовъ переносилось какъ украшеніе въ видѣ впадинки и на наружныя стѣны, такъ что виѣшняя форма вполнѣ оправдывалась и внутреннимъ ея назначеніемъ. Далѣе видимъ также, что подобныя формы нѣрѣдко встрѣчаются на западѣ и на дальнемъ востокѣ; *) словомъ какъ и всякая другая простая форма попадаетъ въ искусствѣ многихъ народовъ. Это обстоятельство скорѣе отклоняетъ предположеніе о взаимныхъ вліяніяхъ и скорѣе даетъ поводъ думать, что разсмотрѣнная нами форма свойственна фантазіи каждаго народа. Она могла явиться въ разныхъ искусствахъ самостоятельно и нѣтъ возможности установить то или другое научное рѣшеніе подобнаго вопроса.

Акад. Арх. Вл. Сусловъ.

*) Это вѣроятно зависѣло отъ того, какой предполагался фасадъ церкви; если желали дать трехлопостному очертанію полную господствующую роль, то при такихъ сводахъ, какъ въ церкви Спаса на Сѣняхъ дѣлали по фасаду надъ средними сводами полукруглую надкладку (черт. 27-й), такъ что виѣшнее очертаніе угловыхъ сводовъ приходилось на высотѣ фасадныхъ угловыхъ закругленій. Если же фасадъ церкви предполагался такого мотива какъ на *черт. 10-мъ*, то плоское очертаніе среднихъ сводовъ при соединеніи съ наружными стѣнами получало полукруглую или стрѣльчатую форму, а выступающія виѣшнія очертанія угловыхъ сводковъ прикрывались особыми кровельными скатами.

*) Не утомляя читателя примѣрами такихъ формъ, изъ деталей Византийскаго, Магометанскаго и Западнаго искусствъ, укажемъ только на одну весьма любопытную форму храма, представленнаго на древн. планѣ Іерусалима (1308 г.) *черт. 40-й*.

Расчет подпорных стѣнъ по способу Leugue.

Опредѣленіе потребной толщины подпорныхъ стѣнъ составляетъ еще одинъ изъ спорныхъ вопросовъ въ современной инженерной наукѣ, хотя нѣтъ недостатка въ предложенныхъ для этого теоріяхъ, изъ которыхъ двѣ заслуживаютъ наибольшаго вниманія, а именно—старѣйшая Куломба и Понслэ, и болѣе новая, основанная на условіяхъ равновѣсія элементовъ земли и выработанная Винклеромъ и Ранкиномъ (независимо другъ отъ друга). Однако эта, болѣе новая теорія примѣнима лишь для неограниченныхъ вполнѣ однородныхъ тѣлъ и, не давая достаточныхъ указаній относительно передаваемого стѣнамъ давленія, плохо согласуется съ результатами опытовъ; поэтому на практикѣ обыкновенно довольствуются какою либо изъ болѣе старыхъ теорій, которыя всѣ основаны на томъ предположеніи, что поверхность скользенія отдѣляющейся земляной призмы есть плоскость.

Хотя это предположеніе и не вполнѣ согласуется съ результатами опытовъ, но замѣченные отклоненія настолько невелики, что оно до сихъ поръ постоянно допускалось, ради упрощенія получаемыхъ формулъ. Предположеніе это всегда приводитъ къ тому результату, что графически давленіе на поверхность стѣны выражается ввидѣ прямой, и слѣдовательно при насыпяхъ, давящихъ лишь собственнымъ вѣсомъ на опорную стѣнку съ плоской задней стороной, такъ называемая поверхность давленія на послѣднюю выразится въ видѣ треугольника; центръ тяжести этого треугольника, лежащій на $\frac{1}{3}$ высоты, будетъ точкою приложенія равнодѣйствующей давленія.

Французскій инженеръ Leugue первый отказался отъ этого предположенія и на основаніи своихъ, весьма обширныхъ изслѣдованій вывелъ новыя выраженія для опредѣленія величины равнодѣйствующей давленія земли и ея точки приложенія; въ своей статьѣ, помѣщенной въ *Annales des ponts et chaussées*, 1885, II, стр. 788—1003, онъ даетъ, на основаніи этихъ выраженій весьма простыя и удобныя формулы для опредѣленія потребной толщины стѣнъ, а также правила относительно наиболѣе цѣлесообразной ихъ формы, позволяющія сдѣлать значительное сбереженіе матеріала и уже вполнѣ успѣшно примѣненныя имъ при постройкѣ нѣкоторыхъ значительныхъ сооружений во Франціи.

Такъ какъ очевидно, что опредѣленіе давленія на подпорныя стѣны безъ цифровыхъ данныхъ, выведенныхъ изъ опытовъ и не принимая во вниманіе неравномѣрности насыпи, не даетъ пригодныхъ для практики будущихъ выводовъ, то безинтересно изслѣдовать ближе формулы Leugue'a, принимающія во вниманіе указанную неравномѣрность, тѣмъ болѣе, что при этомъ получаютъ весьма важныя результаты, указывающіе на существенную необходимость продолженія подобныхъ изслѣдованій. Опыты Leugue'a приводятъ его къ слѣдующимъ выводамъ:

1) Поперечный разрѣзъ поверхности скользенія при грунтѣ, лишенномъ сцѣпленія частицъ, представляется въ видѣ кривой, обращенной выпуклостью къ сторонѣ подпорной стѣны; кривизна ея при тѣхъ же прочихъ условіяхъ остается почти тою же самою, независимо отъ измѣненія высоты стѣны *). Измѣняется же эта кривизна въ зависимости отъ угла естеств. откоса φ земли, угла α , образуемаго стѣной съ вертикальной линіей и угломъ β земляного откоса поверхъ насыпи, а также въ зависимости отъ могущей встрѣтяться нагрузки.

2) Если обозначить черезъ l длину задней стѣнки поперечнаго сѣченія стѣны, то точка приложенія равнодѣйствующей давленія будетъ на высотѣ λl надъ подошвой задней стѣнки, гдѣ λ есть эмпирическій коэффициентъ, измѣняющійся отъ $\frac{1}{2}$ до $\frac{1}{3}$ въ зависимости отъ φ , α и β .

3) Направленіе давленія земли ϵ составляетъ съ нормалью къ поверхности стѣны уголъ ψ , представляющій собою уголъ тренія между землею и стѣнкою. Обыкновенно можно принимать уголъ ψ приблизительно равнымъ углу естественнаго откоса φ земли; при совершенно гладкой стѣнѣ разница не превосходитъ 5—6°.

4) Величина давленія ϵ для тѣхъ случаевъ, когда нѣтъ добавочной нагрузки, опредѣляется условіемъ:

$$I) \epsilon = \kappa g_0 h^2, \text{ гдѣ}$$

h — высота стѣны,

g_0 — вѣсъ 1 куб. метра грунта,

κ — численный коэффициентъ, зависящій исключительно отъ α , β и φ .

Разлагая силу давленія грунта на составляющія такъ, чтобы одна изъ нихъ была нормальна къ поверхности стѣны, а другая ей параллельно, имѣемъ:

$$II) \begin{cases} \epsilon_1 = \kappa_1 g_0 h^2 \\ \epsilon_2 = \epsilon_1 \operatorname{tg} \psi \\ \kappa_1 = \kappa \cos \psi \end{cases}$$

5) Вращающій моментъ давленія грунта относительно подошвы задней стороны подпорной стѣнки опредѣляется поэтому:

$$III) M = E_1 \lambda l = \frac{\lambda \kappa_1 g_0}{\cos \alpha} h^3 = \mu g_0 h^3 \text{ или}$$

$$IIIa) \mu = \frac{\lambda \kappa_1}{\cos \alpha}$$

Значеніе коэффициентовъ λ и κ , могутъ быть получены опытнымъ путемъ, посредствомъ пружинныхъ измѣрительныхъ приборовъ; значенія μ могутъ быть, независимо отъ выведеннаго выраженія, также опредѣлены посредствомъ рычажнаго прибора. По изслѣдованіямъ Leugue'a полученныя такимъ путемъ величины весьма хорошо согласуются съ результатами формулы.

6) Вліяніе добавочнаго груза u . Представивъ себѣ, что этотъ грузъ замѣненъ добавочной земляной насыпью, высота которой $= u$, мы можемъ пользоваться приведенными уравненіями I—IIIa, съ тѣмъ лишь измѣненіемъ, что вмѣсто коэффициентовъ λ , κ_1 , μ слѣдуетъ подставить λ_n , κ_n , μ_n , причемъ:

$$IV. \begin{cases} \lambda_n = \lambda (1 + 0,035 \frac{u}{h}) \\ \kappa_n = \kappa (1 + 0,66 \frac{u}{h}) \\ \mu_n = \mu (1 + 0,70 \frac{u}{h}) \end{cases}$$

Замѣтимъ здѣсь же, что значенія эти могутъ быть пригодны лишь до извѣстной величины и относительно h (опыты Leugue'a простираются лишь до $u = h$). Поэтому лучше было бы въ выраженіи для λ_n знаменатель послѣдняго члена выразить не черезъ h , а черезъ $h + u$, какъ въ теоріи Понслэ.

7) Степень мелко или крупнозернистости грунта и его влажность по Leugue'у принимаются во вниманіе настолько, насколько они измѣняютъ значеніе φ ; вмѣстѣ съ измѣненіемъ послѣдняго измѣняется также и κ_1 .

8) При существованіи бермъ или ломаного откоса насыпки слѣдуетъ интерполировать между различными значеніями λ и κ .

9. Опыты Leugue не простираются на стѣны съ кривой или ломаной задней поверхностью. Названный инженеръ считаетъ плоскую заднюю сторону наиболѣе цѣлесообразной и достигаетъ ее въ случаѣ необходимости посредствомъ соотв. забутки. Последнее однако не всегда выполнимо и поэтому желательно было бы распространить изслѣдованіе на такіе случаи.

10) Потребную толщину стѣны при трапециoidalномъ сѣченіи Leugue опредѣляетъ, обезпечивая ее противъ опрокидыванія, извѣстнымъ запасомъ прочности. Для того же, чтобы при могущихъ встрѣтиться небольшихъ увеличеніяхъ напора линія давленія не выходила изъ средней трети стѣны, онъ не принимаетъ коэффициента прочности ϑ , какъ прежде, равнымъ постоянной величинѣ (2), но измѣняетъ его сообразно формѣ сѣченія. Для наклонныхъ стѣнъ съ сѣченіемъ въ видѣ параллелограмма онъ примѣняетъ $\vartheta =$ отъ 2 до $2\frac{1}{2}$, для прямоугольнаго сѣченія $= 2\frac{1}{2}$, для симметричной трапеціи $=$ отъ $2\frac{1}{2}$ до 3.

Обозначивъ черезъ ζ уголъ образуемый передней стороной стѣны съ вертикалью, черезъ ω уголъ между вертикалью и діагональю отъ передняго угла подошвы до верхняго края задней стороны стѣны и черезъ h уголъ между вертикалью и задней стороной стѣны, (смотря по уклону послѣдней, уголъ этотъ будетъ положительный или отрицательный) будетъ имѣть:

*) По изслѣдованіямъ Форштеймера поверхность скользенія для песчанаго грунта будетъ почти плоскою. Значительно большая кривизна, полученная при опытахъ Leugue'a, можетъ быть отчасти объяснена тѣмъ, что послѣдній предполагаетъ разрушеніе стѣны вращеніемъ, что болѣе соотвѣтствуетъ дѣйствительности, нежели предполагаемое Форштеймеромъ параллельное передвиженіе стѣны.

$$V \begin{cases} \operatorname{tg} \omega = -\frac{A}{2} + \sqrt{\frac{A^2}{4} - B} \\ \eta = \operatorname{tg} \varphi \cos \alpha - \vartheta \sin \alpha \\ A = 2 \frac{g_0}{g_m} x_1 \eta - \operatorname{tg} \alpha \\ B = -2 \frac{g_0}{g_m} x_1 \left[\frac{\partial \lambda}{\cos \alpha} + \eta \operatorname{tg} \alpha \right] + \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \zeta}{3} \end{cases}$$

При этомъ слѣдуетъ имѣть въ виду положительное или отрицательное значеніе α . Всѣ 1 куб. метра кладки обозначены черезъ g_m .

Отсюда верхняя и нижняя толщина стѣны будутъ

$$V_a \begin{cases} b_0 = h (\operatorname{tg} \omega - \operatorname{tg} \zeta) \\ b_u = h (\operatorname{tg} \omega - \operatorname{tg} \alpha) \end{cases}$$

Иногда удобнѣе прямо задаваться толщиной b_0 стѣны вверху и опредѣлять уклонъ ζ или прямо нижнюю толщину b_u ; тогда имѣемъ:

$$VI \begin{cases} b_u = -\frac{M}{4} + \sqrt{\frac{M^2}{3} - N}, \text{ причёмъ} \\ \eta = \operatorname{tg} \varphi \cos \alpha - \vartheta \sin \alpha \\ M = 3 \frac{g_0}{g_m} x_1 \eta h + b_0 + \frac{h \operatorname{tg} \alpha}{2} \\ N = -3 \frac{g_0}{g_m} x_1 h^2 \frac{\partial \lambda}{\cos \alpha} - b_0 \left(\frac{b_0}{2} - h \operatorname{tg} \alpha \right) \end{cases}$$

Leugue считаетъ наиболѣе простыми и цѣлесообразными наклонныя стѣны съ сѣченіемъ въ видѣ параллелограмма. Онъ принимаетъ ширину основанія сѣченія $b = v \cdot h$ и даетъ для v слѣдующую эмпирическую формулу.

$$VIa \quad v = \left(0,405 + 0,08 \vartheta + \frac{\operatorname{tg}^2 \beta}{6,5 - \vartheta} \right) (1 - \operatorname{tg} \alpha) - 0,3 (1 - \operatorname{tg}^2 \alpha).$$

Эта формула довольно хорошо согласуется съ ур VI.

11) *Вліяніе контрфорсовъ*: а) когда они находятся лишь на наружной сторонѣ стѣны. Распредѣленіе давленія будетъ довольно сложно; наоборотъ, опредѣленіе устойчивости весьма просто и размѣры стѣны для данного ϑ легко опредѣляются, если дано отношеніе толщины контрфорсовъ p въ разстоянію q между ихъ осями. Обыкновенно $\alpha = 0$, т. е. задняя сторона стѣны вертикальна.

$$\text{Leugue полагаетъ } \frac{p}{q} = 0,5 + 0,05 h \text{ р.} = 2,5 + 0,25 h$$

и опредѣляетъ толщину стѣны d между контрфорсами изъ ур. $d = v h$ при $\vartheta = 1$, т. е. чтобы стѣна бозъ помощи контрфорсовъ находилась бы въ состояніи мгновенного равновѣсія; значеніе v опредѣляется изъ условія:

$$\frac{v^2 h^2}{2} g_m = \lambda x_1 h^2 g_0 - x_1 \operatorname{tg} \varphi \cdot v h^2 g_0, \text{ откуда}$$

$$VII) \quad v = -\frac{g_0}{g_m} x_1 \operatorname{tg} \varphi + \sqrt{\frac{g_0}{g_m} x_1 \left\{ \frac{g_0}{g_m} x_1 \operatorname{tg}^2 \varphi - 2 \lambda \right\}}$$

Если $s = v_1 h$ будетъ ширина подошвы контрфорса (отъ края стѣны) и коэффициентъ прочности $\vartheta =$ отъ 2 до 3, то, рассматривая стѣну и контрфорсъ какъ одно цѣлое и пренебрегая незначи-

тельной величиной $\frac{v_1^2 p}{69}$, имѣемъ

$$VIIa) \quad v_1 = \frac{\frac{g_0}{g_m} \mu (\vartheta - 1)}{\frac{g_0}{g_m} x_1 \operatorname{tg} \varphi + v}$$

Это послѣднее уравненіе вѣрно вообще лишь, приблизительно, такъ какъ въ него не входитъ отношеніе $\frac{p}{q}$.

При наклонной задней сторонѣ стѣны, что встрѣчается сравнительно рѣже, выраженія для v и v_1 будутъ нѣсколько сложнѣе и поэтому мы ихъ здѣсь не приводимъ.

б) Контрфорсы находятся на задней сторонѣ стѣны. Легко убѣдиться, что по мѣрѣ увеличенія обратнаго уклона (α) или подрѣза задней стороны стѣны будетъ уменьшаться напоръ грунта (при $\varphi = 90^\circ$ $\varepsilon = 0$) а слѣдовательно уменьшится и потребная толщина стѣны, т. е. ея стоимость. Очевидно что далѣе известнаго предѣла стѣна будетъ стремиться во время постройки опрокинуться назадъ и въ этомъ случаѣ прибѣгаютъ къ устройству позади ея также контрфорсовъ. Leugue полагаетъ, что треніе земли о поверхности этихъ контрфорсовъ ослабляетъ напоръ ея собственно на стѣну и совѣтуетъ поэтому вовсе не принимать ихъ въ соображеніе, уменьшая взамѣнъ того напоръ за 10% противъ того который былъ бы при гладкой стѣнѣ. Въ доказательство значительныхъ размѣровъ происходящаго здѣсь трѣнія онъ указываетъ на случаи при разломѣ старинныхъ укрѣпленій въ Антверпенѣ, гдѣ всѣ задніе контрфорсы оказались оторваны отъ стѣны и углублены на 10 сант. въ фундаментъ. Однако при этомъ расчетъ уже теряетъ свою точность; поэтому Leugue совѣтуетъ въ подобныхъ случаяхъ, если можно, заполнять промежутки между задними контрфорсами забуткою, до устройства насыпи, получая такимъ образомъ вертикальную заднюю сторону стѣны. При этомъ еще достигается удобное просачиваніе воды и стѣна можетъ быть рассматриваема какъ одно цѣлое съ забуткою. Если же толщина стѣны такова, что линія давленія изъ нея не выходитъ, то давленіе въ швахъ забутки будетъ значительно менѣе и она можетъ быть сдѣлана изъ менѣе хорошаго матеріала. Линія давленія при этомъ опредѣляется точно также, какъ и въ сплошной стѣнѣ, причёмъ можно принять всѣ 1 куб. м. забутки нѣсколько менѣе, чѣмъ каменной кладки (приблизительно $= g_0$).

Въ подобномъ случаѣ, при сѣченіи стѣны въ видѣ параллелограмма, полагая $\vartheta =$ отъ 2 до 3 и рассматривая задніе кронштейны какъ состоящіе изъ одного матеріала съ забуткою толщина стѣны по горизонтальному направленію $d = v h$ опредѣляются изъ слѣдующихъ уравненій.

$$VIII. \begin{cases} v = -\frac{A}{2} + \sqrt{\frac{A^2}{4} - B} \text{ гдѣ} \\ A = \operatorname{tg} \alpha \left(1 + \frac{g_0}{g_m} \right) x_1 \operatorname{tg} \psi \\ B = -2 \frac{g_0}{g_m} \left[\vartheta x_1 \lambda - \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{3} + x_1 \operatorname{tg} \psi \right) \right] \end{cases}$$

Кромѣ приведенныхъ, Leugue предлагаетъ для подобныхъ стѣнъ еще слѣдующую, приблизительную формулу, гдѣ $g_0 : g_m$ принято $= 0,8$:

$$VIIIa. \quad v = \left(1,305 + 0,08 \vartheta + \frac{\operatorname{tg}^2 \beta}{6,5 - \vartheta} \right) \left(1 - \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2} \right) - 1,20$$

Формулы эти пригодны и въ томъ случаѣ, когда забутка проходитъ въ видѣ тонкой стѣнки позади контрфорсовъ, а остающійся клинообразный промежутокъ заполненъ плотно утрамбованнымъ грунтомъ (Ann. d. p. et ch. 1887, I. 113). При этомъ линія давленія должна проходить по возможности близко къ срединѣ передней стѣны.

Таб. I. Значенія λ , x_1 и μ для сухого, мелкаго песку, вѣсящаго (g_0) 1430 килогр. / 1 куб. м., при углѣ естеств. откоса $33^\circ 40'$, (т. е. $\operatorname{tg} \varphi = \frac{2}{3}$).

| t_g угла уклона α задней стороны стѣны. | Величина λ при | | | Величина χ_1 при | | | Величина μ | | | | | |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|
| | $t_g \beta = 0$ | $t_g \beta = \frac{1}{2}$ | $t_g \beta = \frac{2}{3}$ | $t_g \beta = 0$ | $= \frac{1}{2}$ | $= \frac{2}{3}$ | измѣренная для | | | вычисл. по ур. III α для | | |
| | | | | | | | $t_g \beta = 0$ | $= \frac{1}{2}$ | $= \frac{2}{3}$ | $t_g \beta = 0$ | $= \frac{1}{2}$ | $= \frac{2}{3}$ |
| $t_g \alpha = - \frac{3}{2}$ | 0,418 | 0,457 | 0,482 | 0,708 | 1,060 | 1,412 | 0,533 | 0,967 | 1,326 | 0,532 | 0,873 | 1,227 |
| - 1 | 0,431 | 0,462 | 0,485 | 0,392 | 0,591 | 0,784 | 0,239 | 0,425 | 0,574 | 0,238 | 0,386 | 0,537 |
| - $\frac{2}{3}$ | 0,438 | 0,467 | 0,478 | 0,243 | 0,337 | 0,474 | 0,127 | 0,214 | 0,290 | 0,128 | 0,189 | 0,273 |
| - $\frac{1}{3}$ | 0,437 | 0,459 | 0,476 | 0,136 | 0,199 | 0,258 | 0,063 | 0,103 | 0,136 | 0,063 | 0,096 | 0,130 |
| 0 | 0,427 | 0,443 | 0,470 | 0,070 | 0,105 | 0,138 | 0,030 | 0,047 | 0,065 | 0,030 | 0,047 | 0,065 |
| + $\frac{1}{3}$ | 0,400 | 0,430 | 0,450 | 0,031 | 0,044 | 0,054 | 0,016 | 0,024 | 0,032 | 0,013 | 0,020 | 0,026 |
| + $\frac{2}{3}$ | 0,385 | 0,410 | 0,439 | 0,018 | 0,029 | 0,035 | 0,009 | 0,014 | 0,018 | 0,008 | 0,014 | 0,018 |
| + $\frac{3}{2}$ | 0,5 | 0,500 | 0,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Находящаяся въ таблицѣ цифры взяты нами не изъ соч. Leugue, а изъ статьи проф. Lang'a (Рига), взявшаго на себя, трудъ ихъ провѣрить. Кромѣ сухого песка, таблица эта можетъ примѣняться ко всѣмъ грунтамъ съ $t_g \varphi = \frac{2}{3}$; для такихъ же грунтовъ, уголь

естеств. откоса которыхъ во влажномъ состояніи уменьшается, лучше пользоваться слѣдующими данными:

Таб. II. Значенія λ , χ , и μ для хряща при $g_0 = 740$ кил. \ 1 куб. м.; $\varphi = 26^{\circ}34'$, слѣд. $t_g \varphi = \frac{1}{2}$

| $t_g \alpha$ | Величина λ при | | | Величина χ при | | | Величина μ | | | | | |
|-----------------|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|--|-----------------|-----------------|
| | $t_g \beta = 0$ | $= \frac{1}{2}$ | $= \frac{2}{3}$ | $t_g \beta = 0$ | $= \frac{1}{2}$ | $= \frac{2}{3}$ | измѣренная при | | | вычисленная по ур. III α при | | |
| | | | | | | | $t_g \beta = 0$ | $= \frac{1}{2}$ | $= \frac{2}{3}$ | $t_g \beta = 0$ | $= \frac{1}{2}$ | $= \frac{2}{3}$ |
| - $\frac{1}{3}$ | 0,392 | 0,349 | | 0,203 | 0,350 | | 0,085 | 0,168 | | 0,084 | 0,166 | |
| 0 | 0,377 | 0,443 | | 0,149 | 0,243 | | 0,0553 | 0,108 | | 0,0562 | 0,108 | |
| + $\frac{1}{3}$ | 0,389 | 0,449 | | 0,085 | 0,133 | | 0,0376 | 0,663 | | 0,0348 | 0,063 | |

Для опредѣленія λ , χ и μ при такихъ величинахъ β и α которыя не находятся въ таблицахъ; всего удобнѣе изобразить обѣ приведенныя таблицы графически, въ видѣ кривыхъ, на графленой бумагѣ.

Такимъ образомъ Leugue опредѣляетъ съ достаточной точностью толщину стѣны противъ ея опрокидыванія; напротивъ того, онъ не даетъ точныхъ указаній относительно распределенія давленія на задней сторонѣ стѣны (т. наз. площадь давленія), нѣкоторые указываютъ какъ на внутреннее противорѣчіе на опредѣленіе напора по ур. I при единовременномъ предположеніи $\lambda > \frac{1}{3}$.

Однако здѣсь противорѣчія въ дѣйствительности не существуетъ, такъ какъ всегда возможно площадь давленія, выраженную первоначально треугольникомъ $\chi_1 (g_0 : g_m) h^2$, ограниченную сзади прямой линіей, замѣнить равною ей площадью съ центромъ тяжести на высотѣ λl , ограниченного сзади кривого. Тогда при возрастаніи h получится уже другая кривая и слѣдъ вмѣсто одной кривой мы будемъ имѣть цѣлый рядъ таковыхъ соотвѣтственно различнымъ значеніямъ h .

Форма такой кривой можетъ быть, конечно, опредѣлена графич-

ескимъ путемъ, здѣсь же мы покажемъ весьма простой способъ вычисленія ея уравненія, предложенный проф. Lang'омъ.

Задача заключается въ томъ, чтобы выразить давленіе земли въ формѣ нажимающей кладки причемъ ординаты поверхности давленія должны по величинѣ и направленію представлять высоту призмы, давящей на соотвѣтственный элементъ стѣны.

Если l длина задней стороны сѣченія стѣны, то $(1 - \lambda) l$ есть положеніе центра равнодѣйствующей, относительно верхняго края стѣны; полагая на этомъ краю начало координатъ, выбирая ось y такъ чтобы она совпала съ заднимъ краемъ стѣны и ось χ въ направленіи давленія земли такъ что уголь между осями будетъ $90 + \psi$, имѣемъ условное уравненіе.

$$(1 - \lambda) l \int_0^l \chi dy \cos \psi = \int_0^l \chi y dy \cos \psi,$$

которое вмѣстѣ съ ур. I—III дастъ слѣдующее уравненіе для кривой, ограничивающей сзади площадь давленія:

$$\text{IX} \begin{cases} \chi = C \cdot y^{\frac{1}{\lambda} - 2}, \text{ гдѣ} \\ C = \frac{g_0}{g_m} \left(\frac{1}{\lambda} - 1 \right) \frac{\chi_1 \cos^2 \alpha}{\cos^2 \psi} l^3 - \frac{1}{\lambda} = C_1 l^3 - \frac{1}{\lambda} \end{cases}$$

Постоянная C есть функция отъ высоты стѣны ($h = l \cos \alpha$) и слѣд. ур. IX даетъ для различныхъ высотъ рядъ кривыхъ, который остается тотъ же для постоянной C_1 , если значенія α , β и φ не измѣняются.

При $y = l$, $x_1 = C_1 l$ т. е. начало всѣхъ кривыхъ, соответствующихъ различнымъ l , находится на прямой, проходящей через верхній край стѣны. Лишь для жидкостей, свободныхъ отъ тренія, доказано, что $\lambda = \frac{1}{3}$ и тогда ур. IX обращается въ

IX а) $x = C_1 y$, т. е. здѣсь рядъ кривыхъ сливается въ одну прямую для всякаго значенія l , т. е. другими словами принятое досихъ поръ ограниченіе площади давленія прямою IXа есть частный случай ур. IX-го, относящійся лишь къ не производящимъ тренія жидкостямъ. Такъ напр. при напорѣ воды на стѣнку будемъ имѣть $\lambda = \frac{1}{3}$, $\psi = 0$, $g_e = 1$ и $\frac{1}{\lambda} - 1 = 2$; при $\alpha = 0$ будетъ $l = h$; $x_1 = \frac{1}{2}$; $3 - \frac{1}{\lambda} = 0$, слѣд.

$$C = \frac{1}{g_m} \text{ и}$$

$$\text{IX б) } x = \frac{y}{g_m} \text{ *)}$$

Ясно, что при криволинейномъ ограниченіи площади давленія уже не будетъ имѣть мѣсто теоретическая правильность треугольнаго сѣченія стѣны; на оборотъ, теоретически правильное сѣченіе также будетъ ограничено кривыми.

На основаніи всего сказаннаго уже легко вычислить такую, наклонную съ задней стороны стѣну, гдѣ линія давленія проходила бы черезъ середины всѣхъ горизонтальныхъ сѣченій.

Для стѣнъ съ добавочной нагрузкой можно совершенно такимъ же образомъ, на основаніи ур. IV, вывести слѣдующее уравненіе для кривой, ограничивающей площадь давленія:

$$X \left\{ \begin{aligned} x &= C_{11} \cdot (y + 0,035 l_u)^{\frac{1}{\lambda} - 2}, \text{ гдѣ} \\ C_{11} &= \frac{g_e}{g_m} \left(\frac{1}{\lambda} - 1 \right) \frac{x_u \cos^2 \alpha}{\cos^2 \psi} \cdot \frac{l^2}{(l + 0,035 l_u)^{\frac{1}{\lambda} - 1}} \\ &= C_{11} \cdot \frac{l^2}{(l + 0,035 l_u)^{\frac{1}{\lambda} - 1}} \end{aligned} \right.$$

Схема расчета:

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----|-------|------------|---|---------------|----------|-----------------------------|--------------|------------|
| r | y_r | $\log y_r$ | $\left(\frac{1}{\lambda} - 2 \right) \log y$ | $\log \chi_r$ | χ_r | $\frac{\chi_r}{\chi_r} - 1$ | Δy_r | ΔF |
| 1 | 0,25 | 9,3979 | 9,9221 | 9,7021 | 0,504 | 0,504 | 0,25 | 0,087 |
| 2 | 0,50 | 9,6990 | 9,9616 | 9,7416 | 0,552 | 1,056 | 0,25 | 0,110 |
| 3 | 1,00 | 0 | 0 | 9,7800 | 0,603 | 1,155 | 0,50 | 0,241 |
| 4 | 2,00 | 0,30103 | 0,0385 | 9,8185 | 0,659 | 1,262 | 1,00 | 0,526 |
| 5 | 3,00 | 0,4771 | 0,0611 | 9,8411 | 0,693 | 1,352 | 1,00 | 0,663 |
| 6 | 4,00 | 0,6021 | 0,0711 | 9,8571 | 0,717 | 1,410 | 1,00 | 0,587 |

$$F = \Sigma \Delta F = 2,114 \text{ кв. м.}$$

*) Примѣч. При $\lambda = \frac{1}{2}$ $x = C_1 l = \text{пост. вел.}$; при этомъ площадь давленія обращается въ паралелограммъ. Но такъ какъ $\lambda = \frac{1}{2}$ лишь при $\text{tg } \alpha = \frac{2}{3}$ и притомъ $x_1 = 0$, то ур. IX обращается въ $x = 0$.

гдѣ l_u обозначаетъ измѣреніе добавочной нагрузки, переведенной въ земляную насыпь, произведенное по направленію задней стороны стѣны; для $\alpha = 0$, $l = h$ и $l_u = u$.

Последнее уравненіе, конечно лишь приближенно: ошибка возрастаетъ вмѣстѣ съ отношеніемъ $h : l$, что слѣдуетъ имѣть въ виду при опредѣленіи давленія грунта на нижнія части стѣны съ ломаной (уступчатой) задней поверхностью.

Величины C и C_{11} постоянны при тѣхъ же значеніяхъ α , β и φ для всякой высоты стѣны и поэтому также могутъ быть заранѣе вычислены въ видѣ таблицъ.

Численный примѣръ всего лучше можетъ пояснить ходъ расчета. Пусть $h = 4 \text{ м.}$; $\text{tg } \beta = \frac{2}{3}$; $\text{tg } \alpha = 0$; $\frac{g_e}{g_m} = 0,8$; $\text{tg } \varphi = \text{tg } \psi = \frac{2}{3}$; тогда $l = 4 \text{ м.}$; $\cos \alpha = 1$; $\cos \psi = 0,832$; $x_1 = 0,138$; $\lambda = 0,47$; $\frac{1}{\lambda} = 2,128$, слѣд. $C = 0,6025$; $\log C = 9,7800$.

Располагаемъ результаты вычисленій въ видѣ таблицы, причемъ

опредѣляемъ не только значенія $x_r = C \cdot y_r^{\frac{1}{\lambda} - 2}$, но и площади ΔF отдѣльныхъ отрѣзковъ площади давленія; последнее необходимо, кромѣ проверки расчета, для вычерчиванія впоследствии линіи давленія. Такъ какъ ограничивающая кривая весьма быстро приближается къ прямой, то отрѣзки площади давленія по большей части могутъ быть опредѣлены какъ трапеціи, т. е. вообще

$$\Delta F_r = (\chi_r + \chi_{r-1}) (y_r - y_{r-1}) \frac{\cos \psi}{2} = (\chi_r + \chi_{r-1}) \Delta y_r \cdot 0,416.$$

Для перваго отрѣзка можно съ достаточной точностью принять

$$\Delta F_1 = \frac{5}{6} \cdot \chi_1 y_1 : \text{ послѣднія цифры могутъ быть въ обоихъ случаяхъ округлены.}$$

гдѣ $\chi_r = C \cdot y_r^{\frac{1}{\lambda} - 2}$

$$\text{По ур. I } F = \frac{E}{g_m} = \frac{0,8 \cdot 0,138}{0,832} \cdot 4 = 2,123 \text{ кв. м.}$$

Слѣдовательно, получаемая точность вполне достаточна для графическаго изображенія линіи давленія. Эти выводы сдѣланные на основаніи изслѣдованій Leugie'a останутся справедливыми и въ томъ случаѣ,

если болѣе новыя изслѣдованія дадутъ нѣсколько иныя значенія для λ , и λ ; поэтому весьма желательно, чтобы съ этой цѣлью были произведены еще новыя опыты. Если величина λ постоянно получится болѣе $\frac{1}{3}$, то это покажетъ, что допускаясь до сихъ поръ предположеніе полной однородности и отсутствія частичнаго сцепленія въ грунтѣ не согласуется съ дѣйствительностью даже для сухого песка, а тѣмъ болѣе для болѣе мягкихъ, сжимаемыхъ грунтовъ. Для расчета подпорныхъ стѣнъ не имѣетъ особой важности объясняется ли это явленіе совокупнымъ дѣйствіемъ тренія и частичнаго притяженія, или же измѣненіемъ угла естеств. откоса по мѣрѣ увеличенія глубины *).

До окончательнаго выясненія путемъ опытовъ намѣченныхъ здѣсь вопросовъ не можетъ быть и рѣчи о совершенно точномъ разборѣ вліянія состоянія насыпи на расчетъ стѣнъ и только рѣшивъ окончательно эти вопросы, можно надѣяться получить совершенно точное теоретическое изслѣдованіе давленія земли, согласное съ практикой.

До этого же времени способъ Leugue'a, по крайней мѣрѣ для несжимаемыхъ грунтовъ, **) можно считать весьма примѣнимымъ. Въ видахъ предосторожности можно при расчетѣ задаваться нѣсколько большими величинами λ , χ , и μ противъ приведенныхъ въ таб. I. и II.

Въ сравненіи съ теоріей Понслэ, вращающій моментъ напора земли получается по способу Leugue'a весьма сходный, если только насыпь ограничена сверху горизонтальной линіей; при наклонномъ профилѣ насыпи прежняя теорія даетъ вообще слишкомъ большія величины.

(Rigasche Industrie Zeitung).

Опредѣленіе коэффиціента полезнаго дѣйствія количества доставляемой теплоты и изслѣдованіе образа дѣйствія нагрѣвательныхъ приборовъ.

Введеніе.

Каково-бы ни было устройство нагрѣвательнаго прибора, во всякомъ случаѣ, въ общемъ — дѣйствіе его состоитъ въ передачѣ тепла, развиваемой топливомъ; но, только въ исключительныхъ случаяхъ, вся развиваемая при горѣніи теплота доставляется приборомъ, обыкновенно часть ея теряется бесполезно вѣстѣ съ извлекаемыми наружу продуктами горѣнія, вслѣдствіе неполности послѣдняго и т. п., причемъ: въ экономическомъ отношеніи, приборъ будетъ тѣмъ совершеннѣе, чѣмъ меньше бесполезная потеря, т. е. чѣмъ больше теплоты онъ можетъ доставить. Сообразно съ этимъ, если обозначить количество доставляемой теплоты, черезъ N_1 , развиваемой N_0 , то отношеніе: $\frac{N_1}{N_0}$ можетъ служить для оцѣнки степени экономическаго совершенства нагрѣвательнаго прибора; чѣмъ отношеніе это ближе къ единицѣ, тѣмъ больше будетъ количество тепла потребляемое въ пользу, т. е., какъ говорятъ, тѣмъ больше полезное дѣйствіе прибора. Названное отношеніе извѣстно подъ названіемъ коэффиціента полезнаго дѣйствія и обозначаетъ собственно ту часть каждой развиваемой единицы тепла, которая идетъ въ пользу; болѣею частью отношеніе это множатъ на 100 и тогда коэффицентъ выражается въ процентахъ, т. е. онъ показываетъ то количество единиц, которое потребляется полезно, на каждые сто развиваемыхъ единицъ тепла; слѣдовательно, обозначая названный коэффицентъ черезъ μ , получимъ:

$$\mu = 100 \frac{N_1}{N_0} \dots \dots \dots (A)$$

Отсюда мы видимъ, что коэффицентъ полезнаго дѣйствія можетъ служить для сравнительной оцѣнки нагрѣвательныхъ приборовъ; но этимъ еще не исчерпывается его назначеніе; названнымъ коэффицентомъ, опредѣленнымъ при извѣстныхъ условіяхъ, можно пользоваться еще для вычисленія количества тепла, которое данный нагрѣвательный приборъ, можетъ доставить въ помещеніе; и дѣйствительно:

$$100 \frac{N_1}{N_0} = \mu; \text{ отсюда:}$$

$$N_1 = \frac{N_0 \mu}{100}, \text{ гдѣ } N_1 \text{ и представляетъ искомое количество}$$

доставляемой теплоты.

Наконецъ, если, при опредѣленіи μ , могутъ быть изслѣдованы причины, обуславливающія ту или другую его величину, то подобныя изслѣдованія могутъ служить: для дальнѣйшаго совершенствованія нагрѣвательнаго прибора, установленія правильной топки и т. п., почему весьма естественно, что при развитіи той отрасли техники, которая занимается отопленіемъ, вопросъ о разработкѣ подлежащаго метода изслѣдованія нагрѣвательныхъ приборовъ приобретаетъ существенное значеніе.

Какъ выше было указано, для опредѣленія коэффиціента полезнаго дѣйствія, достаточно и необходимо найти: N_1 и N_0 ; послѣдняя величина, при данномъ количествѣ сгорѣвшаго топлива (P) и извѣстной его теплопроизводительной способности (F), можетъ быть найдена непосредственно, а именно:

$$N_0 = F \cdot P \text{ ед.}$$

Что же касается до N_1 , то его опредѣляютъ или непосредственно опытомъ, или же находятъ предварительно бесполезную потерю тепла; если назвать ее черезъ n_0 , то:

$$N_1 = N_0 - n_0; \text{ и:}$$

$$\mu = 100 \left(\frac{N_0 - n_0}{N_0} \right) = 100 \left(\frac{FP - n_0}{FP} \right)$$

Въ этомъ случаѣ, слѣдовательно, главная задача состоитъ въ опредѣленіи n_0 .

Здѣсь же замѣтимъ, что величина полезнаго дѣйствія зависитъ не только отъ устройства нагрѣвательнаго прибора, но и отъ ухода за нимъ, а также силы (интенсивности) топки; чѣмъ усиленнѣе топка, тѣмъ вообще меньше полезное дѣйствіе и, въ этомъ отношеніи, обыкновенно различаютъ два случая: 1) когда опредѣляютъ коэффицентъ для средней и 2) — усиленной, наибольшей топки.

Далѣе, каковъ бы методъ ни примѣнялся, во всякомъ случаѣ, предварительно, нагрѣвательный приборъ долженъ быть приведенъ въ надлежащее состояніе, для чего его, въ продолженіи извѣстнаго времени, топятъ правильно заранѣе опредѣленнымъ количествомъ топлива; послѣ того только приступаютъ къ наблюденіямъ *).

Ниже указано нѣсколько существующихъ способовъ опредѣленія коэффиціента полезнаго дѣйствія съ надлежащею ихъ критическою оцѣнкою, основанною на данныхъ непосредственнаго опыта.

Методъ непосредственнаго опредѣленія N_1 .

Примѣняя данный методъ, слѣдуетъ, въ общемъ случаѣ, предварительно окружить нагрѣвательный приборъ возможно непроницаемою для воздуха и тепла, оболочкою; въ послѣдней оставляется два отверстія, снабженныя каналами, площадь которыхъ должна быть заранѣе измѣрена; одно вверху, другое внизу; послѣднее служитъ для притока воздуха, который, согрѣвшись теплотою, выдѣляемою печью, извлекается черезъ верхнее отверстіе; слѣдовательно здѣсь, при непроницаемой оболочкѣ, вся теплота, доставляемая печью (N_1), потребляется на подогреваніе притекающаго воздуха и можетъ быть найдена, если опредѣлить количество и повышеніе температуры послѣдняго, что достигается помощью анемометровъ и термометровъ; опытъ обыкновенно производится слѣдующимъ образомъ: окруживъ печь оболочкою **, расположивъ термометры въ нижнемъ и верхнемъ каналахъ, анемометръ же только въ верхнемъ, начинаютъ по вышеуказанному топить печь и, когда послѣдняя придетъ въ надлежащее состояніе, то, не измѣняя способа топки, записываютъ черезъ каждые 5 до 10 мин. показанія термометровъ и анемометра; подобный опытъ продолжается отъ 2 до 3 часовъ; окончательно вычисляютъ среднія цифры. Такъ если количество топлива, сгорающее въ продолженіи часа, обозначить черезъ P , его теплопроизводительную способность F , среднюю скорость воздуха (при T'') v , площадь канала— A , температуру воздуха при входѣ— T' , при выходѣ— T'' , объемную теплоемкость воздуха— C_0 и коэффицентъ куб. расширенія α , то:

*) Brennecke's Grundbau стр. 78 и Siégler, Ann. d. p. et ch., 1887, I, стр. 502—504.

**) Для мягкихъ, жирныхъ грунтовъ во всякомъ случаѣ необходимы новыя опыты, такъ какъ въ нихъ, быть можетъ, имѣютъ мѣсто совершенно иныя законы передачи давленія).

*) Для приборовъ большой теплоемкости подготовка должна быть начата не менѣе какъ за три дня до опыта; для малой же теплоемкости достаточно однихъ сутокъ.

**) Оболочка можетъ быть сдѣлана деревянная, оббитая съ одной стороны цинкомъ по войлоку.

$$N_1 = 3600 \frac{v \cdot A \cdot C_0}{1 + \alpha T''} (T'' - T')$$

$$\mu = \frac{3.600 \cdot v \cdot A \cdot C_0 (T'' - T')}{P \cdot F (1 + \alpha T'')} \cdot 1 \cdot (I)$$

Способъ этотъ принадлежитъ къ самымъ точнымъ, но, въ тоже время, онъ обладаетъ слѣдующими недостатками:

1) Устройство оболочки стоитъ сравнительно дорого и не вездѣ можетъ быть допущено.

2) При опредѣленіи скорости воздуха посредствомъ анемометровъ, должны быть приняты надлежащія предосторожности, иначе полученные данныя могутъ значительно разниться отъ дѣйствительныхъ.

3) Способъ этотъ не можетъ быть примѣненъ къ нагрѣвательнымъ приборамъ, не выдѣляющимъ теплоты оболочкою; какъ-то: къ водянымъ и паровымъ котламъ и т. п.

4) Хотя здѣсь получается весьма близкое къ дѣйствительности значеніе N_1 , но нѣтъ совсѣмъ данныхъ, которые бы указывали на причины, обуславливающіе ту или другую величину названнаго количества.

Поэтому поименованный методъ можетъ быть примѣняемъ лишь въ исключительныхъ случаяхъ, когда требуется сравнить полезное дѣйствіе нагрѣвательныхъ приборовъ небольшого размѣра, преимущественно металлическихъ печей; когда, слѣдовательно, разъ устроенная оболочка можетъ служить для большого числа опытовъ и, притомъ, когда не требуется изслѣдованіе образа дѣйствія испытуемыхъ приборовъ.

Методъ непосредственнаго опредѣленія n_0 ,
(примѣнявшійся Мореномъ).

При дѣйствіи нагрѣвательнаго прибора потеря тепла состоитъ преимущественно изъ: 1) количества тепла, теряемаго вмѣстѣ съ продуктами горѣнія, извлекаемыми черезъ дымовую трубу при высокой температурѣ и 2) количества, теряемаго вслѣдствіе неполноты и несовершенства горѣнія, обозначая первое черезъ n_1 , второе — n_2 , получимъ:

$$n_0 = n_1 + n_2 \dots (2)$$

Основываясь на томъ, что величина n_2 болѣею частью не велика, Мореномъ былъ примѣняемъ методъ *), по которому количествомъ n_2 пренебрегалось; далѣе, для упрощенія вычисленій, было принято, что вѣсъ и теплоемкость продуктовъ горѣнія съ одной стороны и притекающаго въ топку воздуха, съ другой — равны между собою, тогда:

$$n_0 = n_1 \frac{V_0 C_0}{1 + \alpha T''} (T'' - T'), \text{ гдѣ: } V_0 \text{ — объемъ воздуха, притекающаго въ топку, } C_0 \text{ — объемную теплоемкость воздуха, } T'' \text{ — температура во вьюшкѣ, } T' \text{ — температура воздуха, притекающаго въ топку.}$$

Для опредѣленія V_0 , къ отверстию подувала, прилаживалась труба въ которой измѣрялась, посредствомъ анемометра, скорость притекающаго воздуха; начальная же температура воздуха и во вьюшкѣ опредѣлялась помощью термометровъ.

Методъ этотъ отличается простотою вычисленій, производство же его, хотя и проще предвидущаго, но требуетъ каждый разъ приспособленія приставной трубы и точной установки анемометра; далѣе здѣсь являются слѣдующіе, весьма серьезные недостатки:

1) При подкладываніи топлива черезъ дверцу притекаетъ значительное количество воздуха, которое не можетъ быть принято во вниманіе при опредѣленіи потери тепла, такъ какъ оно не указывается анемометромъ, помещеннымъ въ поддувалѣ; кромѣ того и въ остальное время, воздухъ притекаетъ не только черезъ поддувало, но еще черезъ поры матеріала, щели и т. п. неплотности; этотъ излишній притокъ, въ дѣйствительности уменьшаетъ полезное дѣйствіе, данныя же опыта укажутъ на совершенно обратное явленіе, такъ какъ отъ этого температура въ дымовой трубѣ будетъ нѣсколько ниже.

2) Вѣсъ продуктовъ горѣнія принимается равнымъ вѣсу поступающаго въ топку воздуха; въ дѣйствительности же онъ замѣтно болѣе, такъ какъ въ дымѣ заключается вѣсъ сгорѣвшаго топлива, поэтому дѣйствительная потеря тепла будетъ, опять таки, болѣе вычисленной.

3) Потеря тепла, вслѣдствіе неолности горѣнія не принимается во вниманіе, что также способствуетъ увеличенію, противъ дѣйствительности, полезнаго дѣйствія; обстоятельство это, при правильно устроенномъ нагрѣвательномъ приборѣ и надлежащемъ уходѣ, можетъ, все-таки, оказать вліяніе до 10%; но, при нѣкоторой неосторожности, оно приводитъ къ весьма ошибочнымъ результатамъ; такъ напр. если предположить, что горѣніе, вслѣдствіе слишкомъ малаго притока воздуха, будетъ замѣтно неполнымъ, то въ дѣйствительности полезное дѣйствіе значительно уменьшится; между тѣмъ опытъ укажетъ на совершенно обратное явленіе, такъ какъ съ уменьшеніемъ V_0 коэффициентъ увеличится; кромѣ того, при полномъ горѣніи, температура во вьюшкѣ станетъ ниже, что также обнаружится при вычисленіяхъ увеличеніемъ полезнаго дѣйствія; между тѣмъ, какъ въ дѣйствительности, оно происходитъ вслѣдствіе увеличенія бесполезной потери.

Подобное обстоятельство, между прочимъ, имѣло мѣсто при одномъ изъ опытовъ, опубликованныхъ Мореномъ и прошло не замѣченнымъ, при всей добросовѣстности и старательности этого ученаго; для одной изъ чугунныхъ печей*) коэффициентъ полезнаго дѣйствія получился равнымъ 90%, причемъ, на каждый фунтъ каменнаго угля, притекало 99 куб. ф. воздуха; между тѣмъ какъ теоретически, для полного отчисленія составныхъ элементовъ топлива, требуется не менѣе 125 куб. ф., на практикѣ-же объемъ этотъ долженъ быть увеличенъ вдвое; по этому здѣсь неминуемо происходило неполное горѣніе, сопровождаемое потерей тепла по крайней мѣрѣ въ 20%, причемъ полезное дѣйствіе соответственно будетъ уже 70%, если даже не принять во вниманіе другихъ погрѣшностей.

Отсюда мы видимъ, что всѣ, принятія въ данномъ методѣ допущенія, способствуютъ преувеличенію, противъ дѣйствительности, полезнаго дѣйствія, что крайне неудобно въ практическомъ отношеніи; кромѣ того неосторожное или недобросовѣстное отношеніе къ дѣлу, здѣсь, можетъ привести къ совершенно ложнымъ результатамъ; поэтому разсмотрѣннымъ методомъ можно пользоваться только въ исключительныхъ случаяхъ; вообще-же добытые имъ результаты едва-ли могутъ имѣть серьезное практическое или научное значеніе. Заключение это къ сожалѣнію, въ извѣстной мѣрѣ, можетъ быть отнесено и къ опытамъ Морена**) большая часть опредѣленныхъ имъ коэффициентовъ едва-ли соответствуетъ дѣйствительности; опыты произведенные по первому методу приводили къ инымъ результатамъ, причемъ разница доходила до 30%. Поэтому, для избѣжанія подобныхъ ошибокъ, необходимо былъ методъ, который, не требуя особо сложныхъ приспособленій, въ тоже время доставлялъ-бы данныя для точнаго изслѣдованія всѣхъ условій дѣйствія нагрѣвательнаго прибора.

Методъ непосредственнаго опредѣленія n_0 ,

разработанный и принятый Товариществомъ по устройству отопленія и вентиляціи зданій.

Для точнаго, научнаго изслѣдованія нагрѣвательныхъ приборовъ, преимущественно паровыхъ котловъ, съ давнихъ поръ уже примѣнялся методъ, основанный на анализѣ составныхъ элементовъ продуктовъ горѣнія, который доставлялъ достаточно данныхъ для сознательнаго отношенія къ условіямъ горѣнія***); предварительные опыты, произведенные Товариществомъ, указали, что методъ этотъ можетъ быть распространенъ на всѣ вообще нагрѣвательные приборы; необходимо было только разработать его такъ, чтобы облегчить по возможности производство наблюденій и составить уравненія, по которымъ, послѣ простой подстановки данныхъ опыта и — производства дѣйствій, означенныхъ знаками, можно было бы получить надлежащія указанія на степень совершенства нагрѣвательнаго прибора, выраженные въ достаточно-точныхъ цифрахъ.

Подобный методъ, съ самаго начала существованія Товарищества, примѣнялся ко всѣмъ типамъ, построенныхъ имъ приборовъ, и, путемъ послѣдовательнаго усовершенствованія, доведенъ до того вида, въ которомъ онъ, въ настоящее время, предлагается для всеобщаго пользованія.

Прежде всего замѣтимъ, что здѣсь наблюденія ограничиваются слѣдующими дѣйствіями: послѣ предварительной подготовки нагрѣвательнаго прибора по предвидущему, измѣряютъ, черезъ опредѣ-

*) Manuel pratique du chauffage et de la ventilation; Morin; page 83.

**) За исключеніемъ, впрочемъ, каминовъ, гдѣ указанные неточности не имѣютъ существеннаго значенія.

***) Les applications de la chaleur, par le professeur H. Valerius; page: 172—177.

*) Manuel pratique du chauffage et de la ventilation; par A. Morin.

ленные промежутки времени, в продолжении топки, температуру во вьюшкѣ и — комнатную, при чемъ забираютъ, въ газометръ равномерно продукты горѣнія. Последние затѣмъ подвергаются техническому анализу, чѣмъ и оканчивается опытъ; далѣе переходятъ къ вычисленіямъ, доставляющимъ всѣ необходимыя данныя для опредѣленія: 1) коэффициента полезнаго дѣйствія, 2) объема притекавшаго во время топки воздуха, 3) необходимаго для полного горѣнія объема воздуха, 4) количества тепла, доставляемаго приборомъ, 5) степени полноты горѣнія, 6) причинъ, обуславливающихъ ту или другую величину полезнаго дѣйствія прибора.

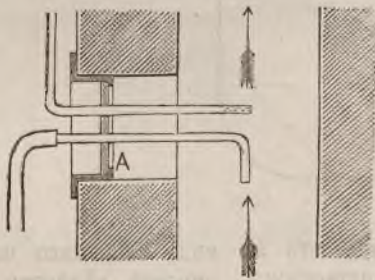
Ниже подробно рассмотрѣны, принятыя Товариществомъ типы аппаратовъ.

Измѣреніе комнатной температуры производится обыкновеннымъ, предварительно вывѣреннымъ, ртутнымъ термометромъ. Для измѣренія температуры во вьюшкѣ, удобнѣе всего, пользоваться также ртутнымъ термометромъ, въ которомъ пространство надъ ртутью должно быть заполнено водородомъ или азотомъ; подобный термометръ доставляетъ возможность, послѣ предварительной тарировки, измѣрять температуру до 450° Ц; для высшей температуры, которая бываетъ при правильномъ дѣйствіи нагрѣвательнаго прибора Товарищество крайне рѣдко пользуется калориметрическимъ термометромъ *).

Для собиранія продуктовъ горѣнія служитъ трубка съ загнутымъ концомъ, которая устанавливается въ центрѣ дымовой трубы и при томъ направляется въ сторону противоположную движенію продуктовъ горѣнія.

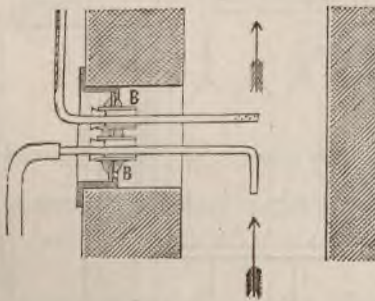
Для упрощенія установки термометра и трубки, во вьюшечное отверстие вводится плотно-пригнанный прямоугольный кусокъ картона *A* (чер. 1); тотъ и другой приборъ поддерживается или штативомъ, или-же подвывается къ крючку, забитому въ стѣну.

Чер. 1



Если опыты производятся надъ большимъ числомъ нагрѣвательныхъ приборовъ съ вьюшечными отверстиями одинаковой величины, то папка можетъ быть замѣнена листикомъ изъ кровельнаго желѣза (чер. 2) съ укрѣпленными въ немъ двумя стеклянными трубочками *B*; выше названные приборы вставляются съ пробками.

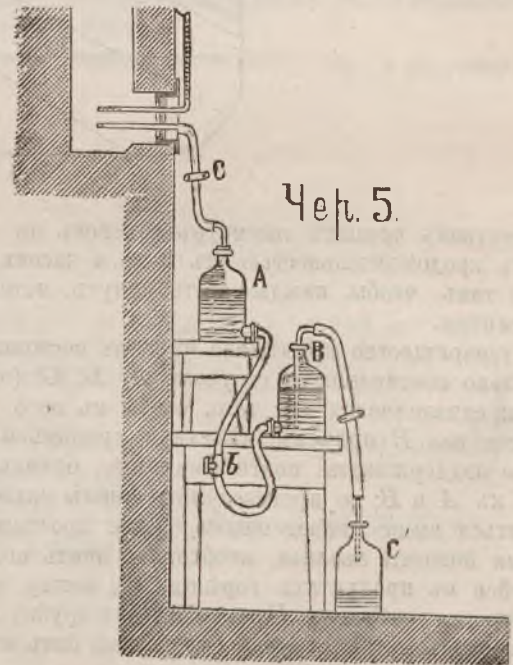
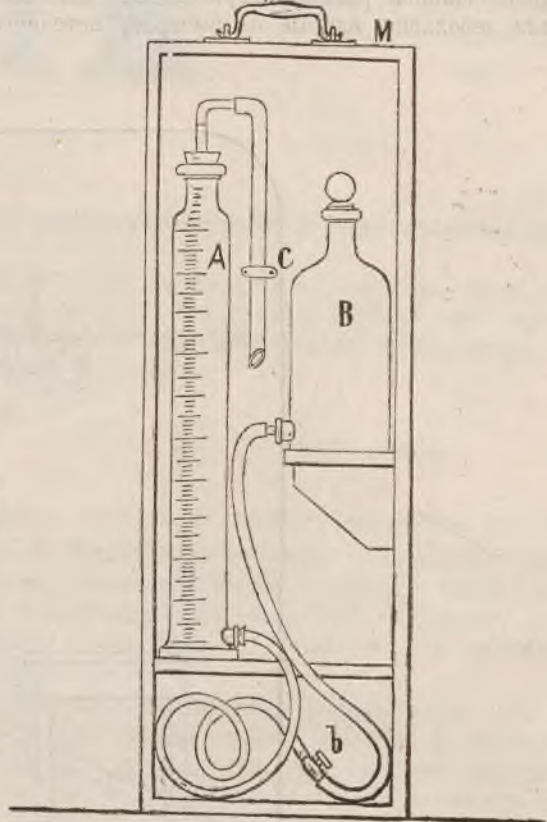
Чер. 2.



Наружный конецъ заборной трубки сообщается съ газометромъ, типъ котораго, окончательно принятый Товариществомъ, представленъ на прилагаемомъ чертежѣ (3); газометръ этотъ, отличающийся простотою устройства и приспособленій специально къ данному случаю, состоитъ изъ двухъ, сообщающихся между собою, стеклянныхъ сосудовъ *A*, *B*, которые для удобства при переноскѣ, помѣщаются въ деревянный ящикъ *M*; первый изъ названныхъ сосудовъ раздѣленъ на части равной емкости и служитъ собственно для собиранія газовъ; сосудъ *B* представляетъ резервуаръ, въ который, во время дѣйствія прибора, вытекаетъ, изъ сосуда *A*, жидкость; послѣдняя выбрана такъ, что-бы она не растворяла собранныхъ газовъ, въ виду того, что часто бываетъ неудобно дѣлать анализъ на мѣстѣ наблюденія и приходится перевозить газометръ;

при этомъ газы могутъ оставаться въ соприкасаніи съ жидкостью довольно продолжительное время.

Чер. 3.



Чер. 5.

Вода здѣсь не годилась въ виду того, что она поглощаетъ углекислоту, представляющую одну изъ главныхъ частей дыма; ртуть увеличила-бы значительно тяжесть газометра; кромѣ того цѣнность ея довольно высока; поэтому случайный потекъ могъ-бы сопровождаться большимъ расходомъ; наконецъ, по вредному дѣйствію ртути на организмъ, при опытахъ въ жилыхъ помѣщеніяхъ, подобные потечи представляли-бы серьезное неудобство; послѣ нѣсколькихъ пробъ, Товарищество остановилось на глицеринѣ, который представляетъ совершенно нейтральную жидкость и, при его не высокой цѣнности, общедоступенъ.

Необходимую принадлежность прибора составляетъ еще кранъ *b* и зажимъ *C*.

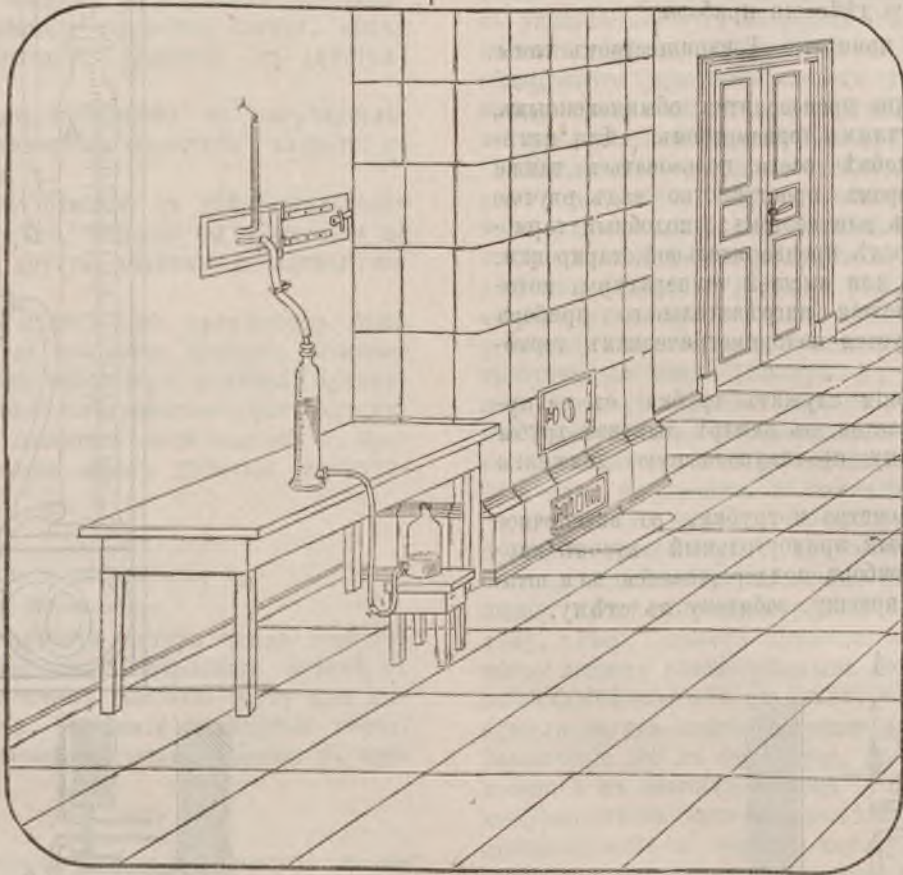
Передъ опытомъ, поставивши сосудъ *B* выше *A*, наливаютъ въ него глицеринъ, который по трубкѣ *a* течетъ въ *A*; когда послѣдній будетъ полонъ, то кранъ *b* закрываютъ, соединяютъ газометръ съ заборною трубкою и помѣщаютъ *B* ниже *A*, приблизительно на 10 верш. (около 0,5 м.); въ моментъ начала наблюденія (чер. 4) открываютъ кранъ *b* на столько, чтобы, въ опредѣленное время, натекало известное число дѣлений; при названной разности горизонтовъ и — объемъ газометра въ 1

*) См. Technologie der Brennstoffe; von F. Fischer; Seite: 60.

течения достаточно дѣлать черезъ каждыя 5 до 10 минутъ, одновременно съ наблюдениемъ температуры. По мѣрѣ вытекания жидкости въ *B*, — разность горизонтовъ т. е. напоръ постоянно уменьшается, но, при сравнительно большомъ диаметрѣ сосуда *B* и значительной первоначальной разности горизонтовъ, измѣненіе это оказываетъ сначала небольшое вліяніе на быстроту истечения; по про-

шествіи же нѣкотораго времени придется или поставить ниже сосудъ *B* или нѣсколько болѣе отвернуть кранъ *b*; во всякомъ-же случаѣ, такъ какъ глицеринъ вытекаетъ очень медленно и повѣрка напора производится часто, то можно удержать равномерность теченія въ весьма близкихъ предѣлахъ.

Чер. 4.



Товариществомъ приняты газометръ объемомъ въ 1 литръ и при наблюденияхъ продолжительностью отъ 3 до 4 часовъ, устанавливаются сосуды такъ, чтобы, каждые пять минутъ, патекало до 20 кубическихъ сантим.

Прежде товарищество примѣняло приборъ состоящій изъ трехъ послѣдовательно соединенныхъ сосудовъ *A*, *B*, *C* (чер. 5); третій сосудъ (*C*) предназначался для того, чтобы въ него стекала избытокъ жидкости изъ *B* причемъ дѣйствуя краномъ *d*, можно было весьма точно поддерживать, почти постоянно, одинаковую разность горизонтовъ въ *A* и *B*; но произведенные опыты указали, что можно довольствоваться выше приведеннымъ, болѣе простымъ приборомъ.

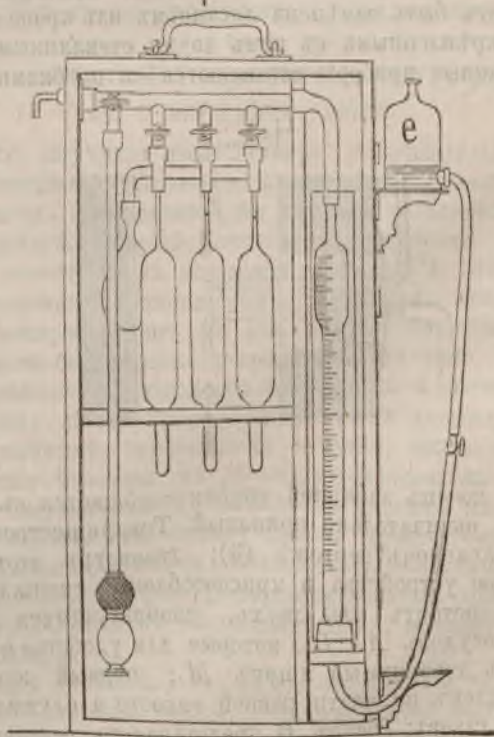
Если, для полноты анализа, необходимо знать количество сажи, заключающейся въ продуктахъ горѣнія, то, между заборною трубкою и газометромъ, помѣщаютъ *U* дуго-образную трубку со стеклянною, смоченною масломъ ватой; трубка эта должна быть взвѣшена до и послѣ наблюденія.

Для технического анализа продуктовъ горѣнія, въ настоящее время, существуетъ довольно много приборовъ; товариществомъ были испытаны приборы: Орза, Швангофера, Винклера и Бунте, но наиболѣе практическимъ найдеть приборъ Орза, который былъ еще снабженъ нѣсколькими приспособленіями.

Устройство прибора Орза общеизвѣстно; поэтому, не останавливаясь на немъ, замѣтимъ, что во время поглощенія газовъ, приходится (чер. 6) банку *C* перемѣщать постоянно вверхъ и въ низъ; операція эта сама по себѣ простая, но требуетъ нѣкотораго вниманія и часто случалось, что вода переливалась изъ бюретки въ одинъ изъ поглотительныхъ сосудовъ и наоборотъ; для избѣжанія этого, сбоку ящика была устроена передвижная полка, которая, при анализѣ соответствующими жидкостями, устанавливалась въ такое, заранее определенное опытомъ положеніе, что-бы жидкость не могла переливаться; при этомъ, слѣдовательно лице, дѣлающее анализъ, во время поглощенія газовъ, можетъ машинально производить перемѣщеніе банки *e* и, въ то же время, заниматься какою-либо другою работою; или-же одно и то же лице можетъ одновременно производить анализъ въ двухъ или даже трехъ приборахъ.

Здѣсь-же замѣтимъ, что въ виду большого числа наблюдений производимыхъ товариществомъ, анализъ дѣлается обыкновенно въ

Чер. 6.



Правленіи онаго, куда привозятся продукты горѣнія, собранные въ выше описанные газометры.

(Окончаніе слѣдуетъ).