

09

КЪ ВОПРОСУ О СМѢШАННЫХЪ СИСТЕМАХЪ ВИСЯЧИХЪ СТРОПИЛЬ.

А. Д. Крячковъ.

1948г

1954

Многіе изъ тѣхъ, кто занимался вопросомъ конструированія и постройки деревянныхъ и смѣшанныхъ системъ висячихъ стропиль, чувствовали недостатокъ въ необходимыхъ свѣдѣніяхъ по этому вопросу. Особенно ощутительно это сказывается при рѣшеніи вопросовъ практики: на какой системѣ остановиться, какъ ее рациональнѣе сконструировать, каковы должны быть детали и т. д., вотъ вопросы, требующіе ясныхъ отвѣтовъ, которыхъ не найти въ русской технической литературѣ. Излагаемая въ русскихъ курсахъ архитектуры и строительнаго искусства свѣдѣнія не велики, а, главное, не даютъ обстоятельной критической оцѣнки системъ висячихъ стропиль и ихъ отдѣльныхъ разновидностей; въ спеціальныхъ изданіяхъ и журнальныхъ статьяхъ этотъ вопросъ также не разработанъ. Исполнительные чертежи большинства желѣзнодорожныхъ сооружений обнаруживаютъ въ этой области поразительную консервативность русскихъ инженеровъ и архитекторовъ. Висячія стропила всѣми дорогами приняты только или деревянные или желѣзные, смѣшанныхъ конструкций совсѣмъ не встрѣчается; при этомъ нерѣдко можно встрѣтить яркіе примѣры нецѣлесообразности и нерациональности конструкций деревянныхъ висячихъ стропиль: примѣненіе ихъ въ случаяхъ, когда есть полная возможность устроить простые наслонные стропила, или устройство грузныхъ стропиль надъ малыми пролетами. Вообще же здѣсь наблюдается боязнь дерева—всѣ пролеты сверхъ 6 саж. перекрываются обязательно желѣзными стропилами. Счастливое исключеніе въ этомъ отношеніи составляютъ Сѣверныя желѣзныя дороги, и то лишь на участкѣ Петроградъ—Вятка: на этой линіи висячія стропила спроектированы безукоризненно, и нерѣдко встрѣчаются системы смѣшанныхъ стропиль.

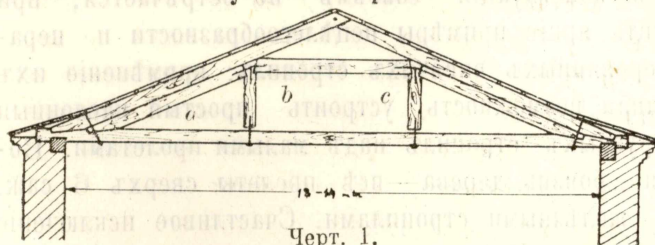
Далѣе особенно бросается въ глаза пристрастіе русскихъ строителей къ системѣ деревянныхъ стропиль, такъ назыв., „Палладіо“ въ первоначальномъ ея видѣ. Несмотря на всю нерациональность этой системы по сравненію съ другими,—статическую неопредѣлимость и слабость узловъ, вслѣдствіе тупыхъ угловъ соединеній въ нихъ,—она является до послѣдняго времени самой распространенной въ Россіи, начиная съ извѣстныхъ висячихъ деревянныхъ стропиль московскаго манежа, кончая современными перекрытіями желѣзно-дорожныхъ гражданскихъ сооружений и длиннымъ рядомъ общественныхъ зданій въ городахъ. Другія конструкции деревянныхъ и смѣшанныхъ стропиль встрѣчаются рѣдко и тоже не отличаются рациональностью; сравненіе ихъ съ богатствомъ приѣмовъ заграничнаго строительства особенно ярко отдѣняетъ отсталость російскихъ строителей въ этой области

Что касается причинъ этого печальнаго явленія, то едва-ли будетъ ошибкой, если значительную долю вины въ этой отсталости русскихъ инженеровъ отнести на счетъ специальныхъ высшихъ школъ. Руководители предметовъ этой специальности слишкомъ равнодушны къ прогрессу техники въ своей области, слишкомъ склонны повторять старое, отъ котораго жизнь ушла далеко впередъ.

Перечерчиваніе и проектированіе студентами всякихъ стропиль до сихъ поръ начинается съ итальянской системы деревянныхъ стропиль „Палладіо“. Почему именно съ нея—это является непонятнымъ. Всякому осмысленно работающему конструктору, всякому инженеру ясно, что эта система, какъ геометрически измѣняемая, не допускаетъ несимметричной нагрузки, а въ стропилахъ приходится имѣть дѣло главнымъ образомъ съ этими нагрузками—давленія на крышу вѣтра и снѣга. Послѣ разработки теоріи стержневыхъ сочлененій (расчета стропиль), послѣ того, какъ было такъ ясно и убѣдительно сказано, что „первымъ нагляднымъ признакомъ непригодности какой нибудь фермы какъ жесткаго тѣла можетъ служить удобоподвижность какой либо ея части“¹⁾, слѣдовало-бы рѣже примѣнять эту геометрически измѣняемую систему, отдавая предпочтеніе болѣе рациональнымъ, выработаннымъ современной техникой системамъ.

Почти въ такой-же степени относится къ этой системѣ и второй не менѣе очевидный признакъ непригодности фермъ, указываемый проф. Ясинскимъ—это существованіе въ фермѣ „такихъ узловъ, въ которыхъ сходятся только два стержня, лежащіе на одной прямой“²⁾.

Въ фермахъ системы „Палладіо“ элементы $a-b$ и $b-c$, черт. 1, при незначительныхъ уклонахъ крышъ сходятся подъ очень тупымъ угломъ, т. е.



Черт. 1.

составляютъ линію, близкую къ прямой. Это соединеніе крайне невыгодно отзывается на работѣ фермы. Наиболѣе слабое мѣсто въ конструктивномъ отношеніи составляютъ сложные соединенія

(врубки) бабокъ ласточкинымъ хвостомъ въ тупомъ углѣ. Какъ-бы ихъ тщательно ни выполняли,—всегда будутъ мелкіе недостатки, которые на шести врубкахъ фермы дадутъ уже значительную деформацию ея. Далѣе усушка, усадка въ четырехъ мѣстахъ перпендикулярно волоконъ, не говоря уже о случайныхъ коробленіяхъ и трещинахъ, дадутъ болѣе значительныя измѣненія фермы, главнымъ образомъ, въ видѣ провѣса затяжки, который, при распространенномъ приѣмѣ неподвижнаго соединенія желѣзными хомутами бабки съ затяжкой, ничѣмъ не можетъ быть восстановленъ. Устройство же цѣлесообразнаго приспособленія для подтягиванія затяжки при помощи хомута съ двумя винтами является уже довольно сложнымъ сооруженіемъ. Если же къ этой стропильной фермѣ присоединить потолочную конструкцію, подвѣ-

¹⁾ Проф. Ф. Ясинскій. Устойчивость деформации и статика сооружений. С П.В. 1902, стр. 90.

²⁾ Ibid. стр. 90.

шенную къ ней, — этотъ чаще всего встрѣчающійся въ практикѣ гражданского строительства приемъ. — то слабости системы обнаружатся особенно ясно.

Геніальный зодчій Виченцы — Андреа Палладіо, сконструировавъ прототипъ этой фермы 480 лѣтъ тому назадъ, сдѣлалъ безспорно большой шагъ впередъ въ современной ему техникѣ перекрытія большихъ залъ. Для того времени господства дерева и полного отсутствія желѣза въ строительствѣ это было блестящимъ рѣшеніемъ важнаго вопроса. Допустимо, пожалуй, было это и для времени постройки (1816 г.) извѣстныхъ висячихъ стропиль московскаго манежа пролетомъ почти 22 саж., съ ихъ семью бабками, принимая во вниманіе рациональное введеніе въ нихъ раскосовъ, приводящихъ эту систему въ геометрически неизмѣняемую. Но для нашего времени, когда изслѣдованіе сопротивленія матеріаловъ показало, сколь велика усадка (сжатіе) параллельно волокнамъ такихъ породъ лѣса, какъ сосна ³⁾, съ одной стороны, и доступности желѣза и простѣйшихъ подблѣсокъ изъ него повсемѣстно, съ другой, — повтореніе конструкции Палладіо и примѣненіе деревянныхъ стропиль вообще является по меньшей мѣрѣ отсталостью въ техникѣ.

Если обратиться къ другимъ системамъ деревянныхъ висячихъ стропиль, то увидимъ, что всѣ конструктивные недостатки фермы Палладіо относятся и къ нимъ.

Они сводятся къ слѣдующему:

- 1, разстройство фермъ при усушкѣ лѣса,
- 2, разстройство фермъ отъ усадки частей, работающих на сжатіе,
- 3, ненадежность соединеній,
- 4, невозможность дать прочные, неизмѣняемые узлы вслѣдствіе грубости матеріала.

Эти крупные недостатки заставили западно-европейскихъ и американскихъ строителей перейти къ стропиламъ желѣзнымъ и желѣзо-бетоннымъ. Послѣднія стали примѣняться недавно, но заслуживаютъ большого вниманія. Особый интересъ они представляютъ для тѣхъ случаевъ, о которыхъ мы говоримъ здѣсь, т. е. для комбинированія стропиль вмѣстѣ съ потолочнымъ перекрытіемъ большихъ залъ въ гражданскихъ сооруженіяхъ.

Ихъ преимущество въ этомъ отношеніи передъ желѣзными заключается въ цѣлесообразномъ и простомъ соединеніи потолка со стропилами. Нижніе элементы стропильныхъ фермъ, объединенные между собою легкой желѣзо-бетонной плитой, составляютъ огнестойкое потолочное перекрытіе зала. Въ виду ихъ безукоризненныхъ качествъ — полной огнестойкости, неизмѣняемости формы, прочности, долговѣчности — все будущее за ними. Но теперь онѣ по своей цѣнѣ доступны только Западу, для такихъ-же мѣстъ, какъ Сибирь, онѣ примѣняются только какъ рѣдкое исключеніе.

На ряду съ желѣзными стропилами техника Запада совершенствовалась конструкціи деревянныхъ висячихъ стропиль, положивъ въ основу тѣ-же

³⁾ По послѣднимъ изслѣдованіямъ Механической Лабораторіи Томскаго Технологическаго Института усадка сосны къ началу разрушенія доходитъ до 26,0% при сухомъ лѣсѣ (влажность 8—10%)

В. Мраморновъ „Нѣкоторые данныя относительно прочности дерева сибирскихъ породъ“. Журналъ Об-ва Сибирскихъ Инженеровъ, 1915 г., № 1, стр. 19, табл. III.

начала, что и для желѣзныхъ фермъ. Считая самыми слабыми мѣстами деревянныхъ висячихъ конструкцій узлы элементовъ, работающихъ въ растяженіе, и невозможность регулировать осадку стропиль отъ разстройства узловъ, былъ созданъ цѣлый рядъ остроумныхъ конструкцій, въ которыхъ нѣкоторыя деревянные части были замѣнены желѣзными или чугунными.

Рациональное комбинированіе этихъ двухъ матеріаловъ, основанное на принципѣ примѣненія для всѣхъ элементовъ системы, подверженныхъ растягивающимъ усиліямъ или имѣющихъ сложныя ссединенія, ж е л ѣ з а, а подверженныхъ сжатію—д е р е в а, дало возможность строить дешевыя, легкія и красивыя перекрытія.

Принимая во вниманіе легкость постройки прочныхъ узловъ фермы изъ желѣза или чугуна, возможность регулировать провѣсъ и усушку лѣса при помощи болтовыхъ желѣзныхъ соединеній, а также незначительную усушку лѣса параллельно волокнамъ, эти стропила являются столь-же прочными и неизмѣняемыми, какъ и желѣзныя.

Эти, такъ называемыя, с м ѣ ш а н н ы я дерево-желѣзныя стропила, представляя собою рациональныя, стоящія на высотѣ современной техники конструкціи, явились логическимъ развитіемъ устарѣвшихъ д е р е в я н н ы хъ висячихъ системъ. И если на Западѣ, при легкой доступности желѣзныхъ перекрытій, они пользуются большимъ распространеніемъ и съ успѣхомъ конкурируютъ съ желѣзными стропилами, то для Россіи, и въ частности для Сибири, богатой лѣсами и бѣдой путями сообщенія, при отдаленности ея отъ промышленныхъ центровъ, эти конструкціи представляютъ особый интересъ. Желѣзныя стропила являются рѣдкой роскошью для сибирскихъ городовъ, расположенныхъ по желѣзнымъ дорогамъ и воднымъ путямъ, по которымъ только и возможна ихъ доставка, для мѣстъ-же, лежащихъ въ сторонѣ, они совсѣмъ недоступны, а между тѣмъ потребности растутъ быстро: постройка большихъ залъ—учебныхъ, публичныхъ и т. п., мастерскихъ, заводовъ съ каждымъ годомъ усиливается. Вотъ почему работающіе въ Сибири инженеры обязаны отнестись къ смѣшаннымъ системамъ перекрытій съ тѣмъ вниманіемъ, котораго онѣ заслуживаютъ, и которымъ пользуются на Западѣ.

Въ русской технической литературѣ, какъ сказано выше, кромѣ общихъ и не всегда удовлетворительныхъ указаній по этому вопросу, почти ничего нѣтъ.

У В. Г. Залѣскаго въ солидномъ трудѣ его „Курсъ архитектуры“ отведено нѣсколько страницъ этому вопросу и даны ясныя чертежи. Но, къ сожалѣнію, показанныя въ таблицахъ конструкціи по обилію сложныхъ чугунныхъ деталей на соединеніяхъ, въ видѣ коробокъ, башмаковъ и т. п. могутъ скорѣе запугать инженера, желающаго воспользоваться этими конструкціями, чѣмъ поощрить изысканія въ этомъ направленіи, ибо сложные чугунныя отливки часто бываетъ труднѣе получить, чѣмъ всю желѣзную ферму. Къ тому-же отсутствіе примѣровъ наиболѣе интересныхъ случаевъ конструирования этихъ системъ, въ связи съ конструкціей потолковъ верхнихъ этажей, перекрываемыхъ помѣщеній, дѣлаетъ малоцѣнными приводимыя указанія.

Французская и нѣмецкая литература по этому вопросу располагають прекраснымъ матеріаломъ. Въ капитальномъ изданіи Breumann'a, вышедшемъ шесть разъ, этому отдѣлу посвящена глава въ 150 страницъ. Въ специальныхъ журналахъ можно найти цѣлый рядъ описаній отдѣльных случаевъ, справочники тоже дають обильный матеріалъ по этому вопросу.

Въ гражданскихъ сооруженіяхъ наиболѣе часто встрѣчающимися и сложными конструкціями являются перекрытія большихъ залъ висячими конструкціями стропиль, объединенныхъ съ потолочными перекрытіями, такъ сказать, подвѣшенными къ стропильнымъ фермамъ. Здѣсь необходимо не только прочное стропильное перекрытіе, но, самое важное, неизмѣняемая конструкція висячаго потолка, т. е. затяжекъ фермы; а такъ какъ самымъ обычнымъ явленіемъ въ висячихъ стропилахъ бываетъ провѣсъ затяжекъ, то съ нимъ и приходится главнымъ образомъ считаться.

Указанія нѣкоторыхъ авторовъ ⁴⁾ на то обстоятельство, что потолки страдаютъ отъ переменнѣйшей нагрузки вѣтра и снѣга на стропила, соединенныя съ балками, за мою свыше десятилѣтнюю практику ⁵⁾ не подтвердились. Во всѣхъ устроенныхъ мною системахъ висячихъ стропиль, соединенныхъ съ потолочными конструкціями, въ штукатуркѣ потолковъ трещинъ отъ этой причины не появлялось.

Другимъ видомъ часто встрѣчающагося въ практикѣ перекрытія является такъ назыв. теплая крыша, устраиваемая по открытымъ висячимъ стропиламъ; эта конструкція примѣняется для фабрично-заводскихъ зданій. Самой раціональной системой въ этихъ случаяхъ является система Полонсо. По внѣшнему виду она является наиболѣе легкой и изящной, не загромождающей помѣщенія, а по простотѣ своей наиболѣе легкой для выполненія.

Три примѣра этого рода конструкцій, исполненныхъ мною, я и хочу привести.

Здѣсь висячія стропила выполнены безъ сложныхъ деталей,—всѣ обычно рекомендуемыя чугуныя части замѣнены простыми желѣзными соединеніями.

Для перваго и втораго перекрытія—залъ городскихъ училищъ въ г. Ново-Николаевскѣ, черт. 8, и залъ центрального городского корпуса въ Омскѣ, черт. 14,—принята была а м е р и к а н с к а я с м ѣ ш а н н а я система стропильныхъ фермъ; для третьяго—литейная при мастерскихъ Омскаго механико-техническаго училища, черт. 15—17, французская смѣшанная система Полонсо.

При выборѣ той или другой системы дерево-желѣзныхъ стропиль мы руководствовались слѣдующими соображеніями:

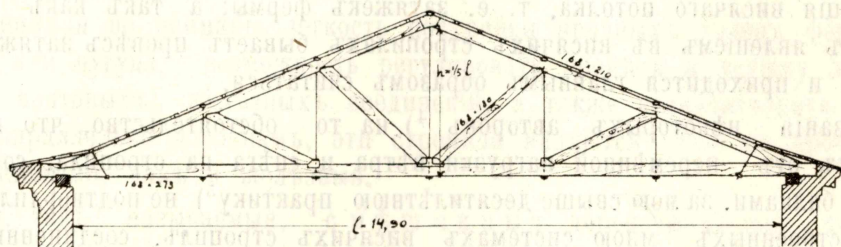
Изъ многочисленныхъ смѣшанныхъ системъ дерево-желѣзныхъ стропиль, имѣющихъ примѣненіе за границей, наиболѣе раціональными и употребительными являются слѣдующія четыре:

⁴⁾ В. Залѣсскій, проф. Архитектура. Москва 1904 г. стр. 413.

⁵⁾ Перекрытія залъ: Ново-Николаевскаго Общественнаго Собранія—пролетъ 6,00 саж., Ново-Николаевскаго реальнаго училища—пролетъ 5,00 саж., Н.-Николаевскаго городского училища—пролетъ 5,70 саж., Омскаго механико-техническаго училища—5,60 саж., Омскаго городского корпуса—7,20 саж., Томскаго средняго политехникума—8,00 саж.

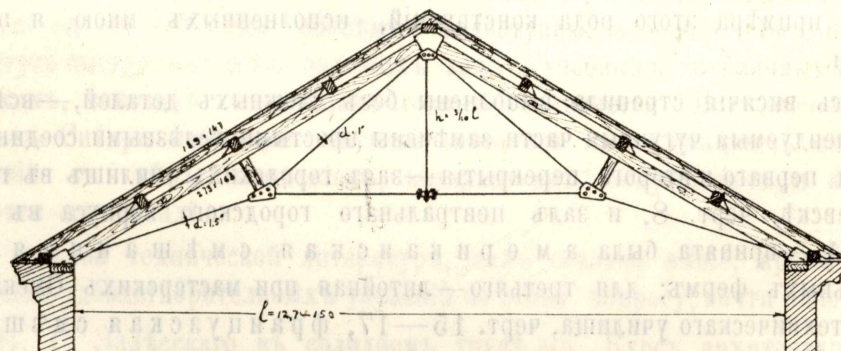
- 1, американская, черт. 2;
- 2, французская растяжная „Полонсо“, черт. 3;
- 3, кружальная, — а, по системѣ Эми, образецъ ея данъ на черт. 4;
- б, по системѣ де-Лормъ, примѣръ ея данъ на черт. 5 и 6, и
- 4, нѣмецкая, черт. 7.

Всѣ другія системы являются болѣе или менѣе удачной разновидностью послѣдней нѣмецкой системы.



Черт. 2.

Какъ эти послѣднія, такъ и кружальныя системы примѣнялись до сихъ поръ главнымъ образомъ для временныхъ помѣщеній, какъ выставочныя зданія, или построекъ открытаго типа — лѣтніе курзалы, вокзалы, перекрытія ипподромныхъ трибунъ, церковныхъ купольныхъ крышъ и т. п. сооружений, въ которыхъ деформациі въ извѣстныхъ предѣлахъ неопасны и мало замѣтны.

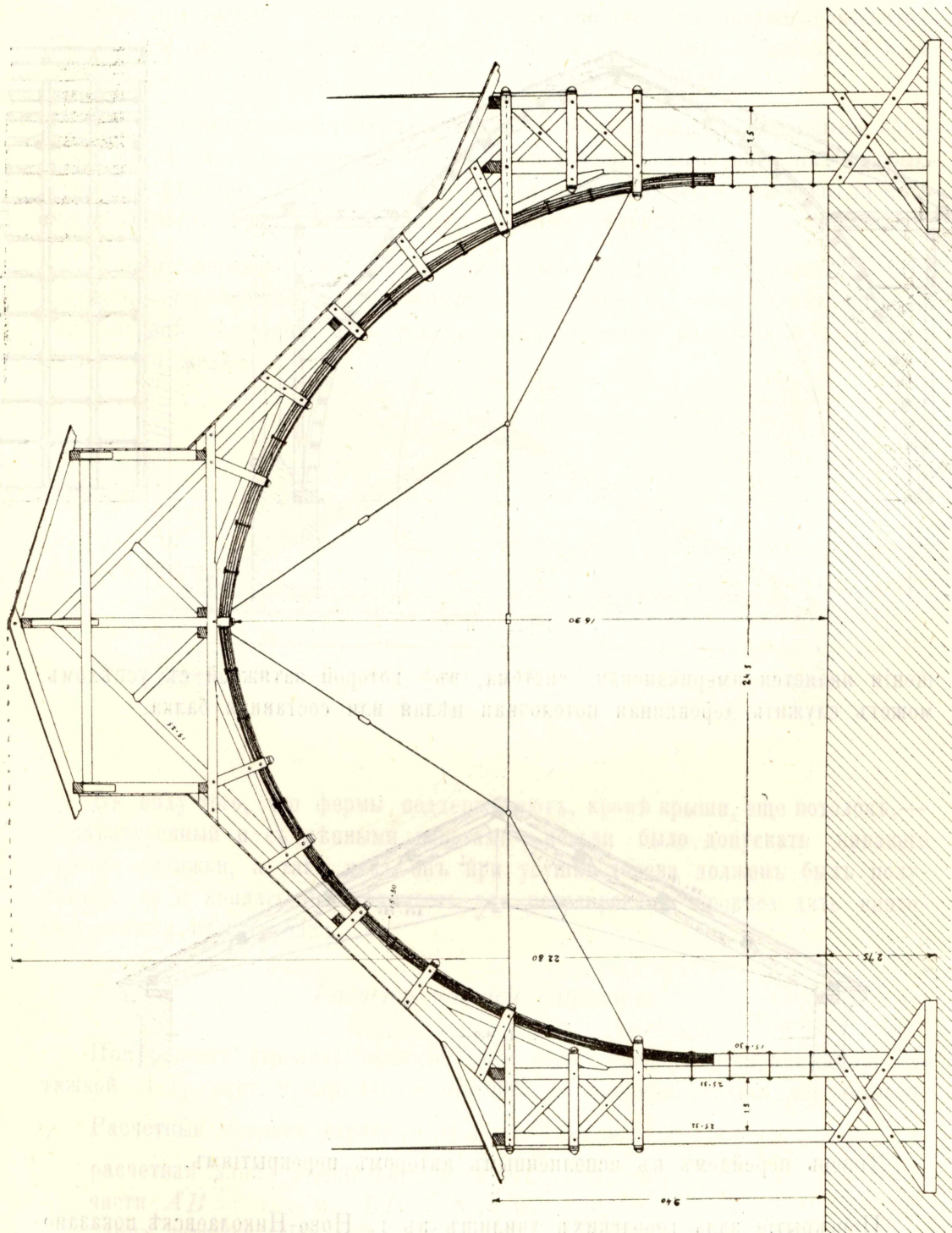


Черт. 3.

Изъ приведенныхъ чертежей — черт. 4 представляетъ перекрытіе зала празднествъ и гимнастики въ Дармштадтѣ. Примѣненіе этихъ конструкцій для тѣхъ зданій, гдѣ требуется большая прочность и постоянство размѣровъ конструкцій, нельзя признать рациональнымъ.

Причина этого ясна, — она лежитъ въ томъ, что эти системы стропильныхъ фермъ, состоящія изъ множества мелкихъ деревянныхъ частей, подвергаются со временемъ значительнымъ измѣненіямъ при усушкѣ, коробленіи, а также вълѣдствіе значительнаго давленія, испытываемаго деревомъ

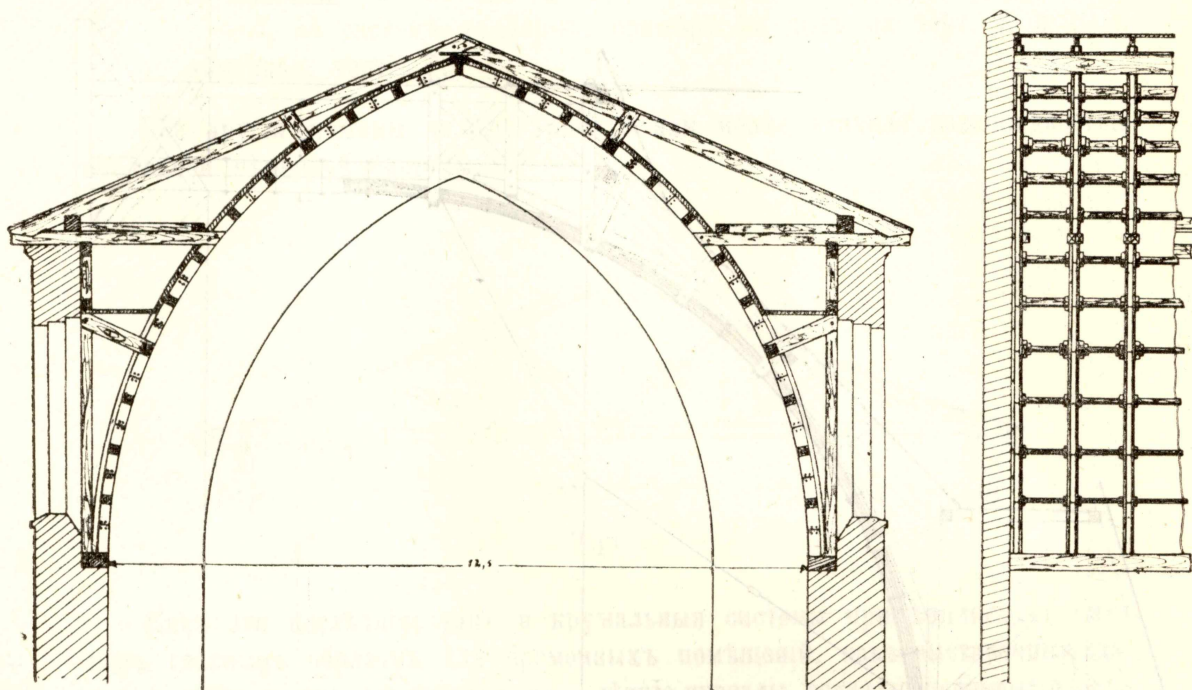
въ фермахъ. Слѣдовательно, ихъ нельзя считать пригодными для постоянныхъ, отапливаемыхъ построекъ. Вообще слѣдуетъ принять за правило, при



Черт. 4.

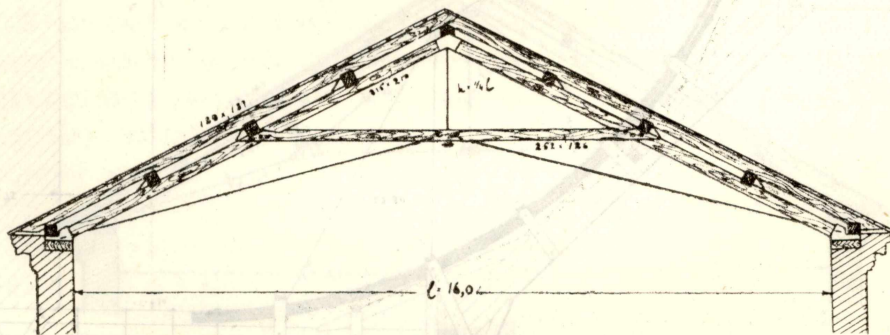
конструированіи смѣшанныхъ и деревянныхъ стропиль, предпочитать системы съ меньшимъ количествомъ отдѣльныхъ элементовъ и соединеній—это гарантируетъ меньшія деформации фермъ въ послѣдствіи.

Изъ остальныхъ перечисленныхъ выше системъ, единственной пригодной для перекрытія зала въ верхнемъ этажѣ, т. е. для случая устройства стропиль въ связи съ горизонтальнымъ потолочнымъ перекрытіемъ въ жиломъ помѣ-



Черт. 5 и 6.

щеніи является американская система, въ которой затяжкой съ успѣхомъ можетъ служить деревянная потолочная цѣлая или составная балка.



Черт. 7.

Теперь перейдемъ къ исполненнымъ авторомъ перекрытіямъ.

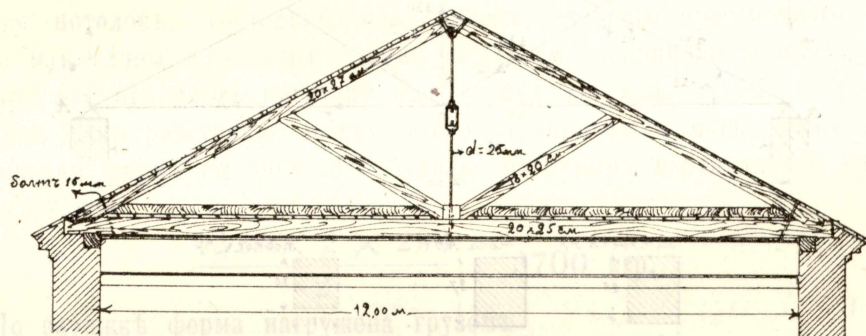
Перекрытіе зала городскихъ училищъ въ г. Ново-Николаевскѣ показано на черт. 8.

Конструкція стропиль и потолочнаго перекрытія выполнена, какъ показано на чертежѣ; разстояніе между фермами 2 метра, перекрываемый про-

леть въ свѣту 12 м. Конструкція потолка—обычно устраиваемая надъ жилымъ помещеніемъ: балки 20×25 см. обтесаны на четыре канта, расположены черезъ 2 м. ось отъ оси, между ними доски толщиной 9 см. на ребро; на нихъ простильный потолокъ изъ 6,5 см. досокъ. На простильномъ потолокъ лежитъ слой смазки изъ глины и рубленой соломы толщиной 10 см. Подъ балками подшивка и штукатурка потолка по войлоку.

При конструированіи фермъ вниманіе было обращено главнымъ образомъ на простоту желѣзныхъ частей и возможность выполнить ихъ въ обыкновенной кузницѣ. Всѣ башмаки и другія чугунныя части замѣнены простыми желѣзными хомутами, болтами и прочими поковками.

Такимъ образомъ въ фермѣ приняты—затяжка, стропильныя ноги и подкосы—деревянные; струны—вмѣсто деревянныхъ бабокъ—изъ круглаго желѣза; всѣ соединенія въ углахъ, какъ хомуты, накладки и т. п., изъ полосового желѣза.



Черт. 8.

Въ виду того, что фермы поддерживаютъ, кромѣ крыши, еще потолокъ,—оштукатуренный и съ лѣпными работами—нельзя было допускать никакого прогиба затяжки, а такъ какъ онъ при усушкѣ дерева долженъ былъ получиться, то и явилась необходимость для регулированія провѣса дать винтовые стяжки на струнахъ.

Расчетъ частей стропилъ.

При расчетѣ стропилъ принято, что весь распоръ воспринимается затяжкой AA_1 , черт. 9, стр. 10, и что поэтому опорная реакція вертикальна.

Расчетный пролетъ стропилъ $AA_1 = 12,3$ м.,

расчетная длина стропильной ноги $AC = 6,7$ м.,

части $AB = 3,70$ м., $BD = 3,30$ м.,

длина затяжки $DC = 3,30$ м.;

уголъ наклона стропильной ноги къ горизонту:

$$\alpha = 28^\circ; \cos \alpha = 0,88; \sin \alpha = 0,47.$$

Разстояніе между стропильными фермами 2 м.

Постоянная нагрузка.

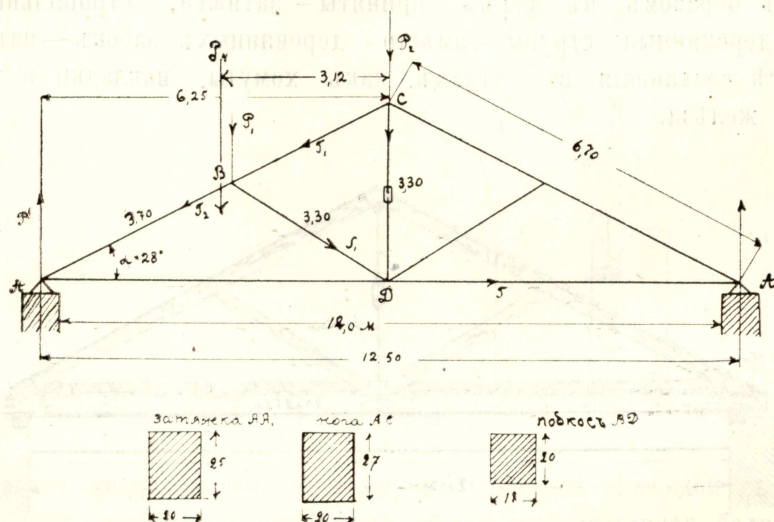
Нагрузка на 1 кв./м. кровли принимается:

кровли изъ желѣза 49 кгр.
обрѣшетинъ 41 кгр.

90 кгр.,

что составить на 1 кв. м. проекціи кровли:

$\frac{90}{\cos \alpha} = \frac{90}{0,88} = 102$ кгр., а вмѣстѣ съ собственнымъ вѣсомъ стропильной фермы даетъ около 150—160 кгр. на 1 м.² горизонтальной проекціи кровли.



Черт. 9—12.

Временная нагрузка.

Нагрузка отъ снѣга и вѣтра принимается наибольшая изъ трехъ величинъ

1, давленія снѣга на 1 м.² горизонтальной проекціи крыши

$$Q = 100 \text{ кгр.};$$

откуда давленіе на 1 м.² поверхности крыши

$$q_0 = 100 \cos \alpha \text{ кгр.};$$

а давленіе на 1 м.², нормальное къ скату крыши:

$$q = 100 \cos^2 \alpha = 100 \times (0,88)^2 = 77,44 \text{ кгр.};$$

2, давленія вѣтра на 1 м.² плоскости, перпендикулярной къ его направлению, считая, что направленіе вѣтра составляетъ уголъ въ 10° къ горизонту; примемъ

$$R = 180 \text{ кгр./м.}^2;$$

тогда давленіе вѣтра на 1 м.², нормальное къ скату крыши:

$$r = 180 \sin^2(\alpha + 10^\circ) = 180 \sin^2 38^\circ = 180 \times (0,63)^2 = 71,44 \text{ кгр.};$$

3, давленія, нормального къ скату крыши, на 1 м.² поверхности крыши при совмѣстномъ дѣйствіи снѣга и вѣтра:

$$P_1 = \frac{3}{4} q + \frac{2}{3} r = \frac{3}{4} \cdot 77,44 + \frac{2}{3} \cdot 71,44 = 105 \text{ кгр.}$$

Принимаемъ невыгоднѣйшую, нормальную къ скату крыши нагрузку, которая оказывается при случаѣ третьемъ, т. е. 105 кгр. на 1 м.², что составляетъ на 1 м.² горизонтальной проекціи крыши:

$$\frac{105}{\cos^2 \alpha} = \frac{105}{(0,88)^2} = 136,6 \text{ кгр./м.}^2$$

Полная нагрузка.

Вѣсъ кровли и фермы на 1 м.² проекціи кровли . . 160 кгр.
вѣсъ снѣга и вѣтра 137 кгр.

всего 297 кгр.

Кромѣ того, къ затяжкѣ стропильныхъ фермъ прикрѣпленъ непосредственно потолокъ, состоящій изъ балокъ, чернаго простильнаго потолка, смазки изъ глины и соломы слоемъ въ 10 см., подшивки и штукатурки по войлоку; все это даетъ нагрузку въ 70 пуд./кв. саж. = 177,7 кгр./м.² ⁶⁾.

Такъ какъ разстояніе между осями стропильныхъ ногъ равно 2 м., то стропильная ферма по ногѣ *AC* будетъ нагружена вертикальной равномерной нагрузкой

$$\frac{12,50 \times 2 \times 296}{2} = 3700 \text{ кгр.}$$

По затяжкѣ ферма нагружена грузомъ

$$177,7 \times 12 \times 2 = 4264,8 \text{ кгр.}$$

Въ точку *B* передается вертикальный грузъ

$$P_1 = \frac{3700}{6,70} \times \frac{(3,70 + 3,30)}{2} = 1932 \text{ кгр.}$$

Въ точку *C* передается вертикальный грузъ

$$P_2 = \frac{3700 \times 3,30}{6,70} = 1823 \text{ кгр.}$$

Въ точку *A* передается вертикальный грузъ

$$P_3 = \frac{3700 \times 3,70}{6,70 \times 2} = 1022 \text{ кгр.}$$

Определение усилий въ частяхъ фермы.

Усиліе, сжимающее ногу,

$$S_1 = \frac{P_1 \sin (90^\circ - \alpha)}{\sin 2\alpha} = \frac{1932 \sin 62^\circ}{\sin 56^\circ} = \frac{1932 \times 0,88}{0,83} = 2050 \text{ кгр.}$$

Усиліе, сжимающее подкосъ,

$$S_1' = S_1 = 2050 \text{ кгр.}$$

⁶⁾ Гр. Н. И. де Рошефоръ. Иллюстр. Уточное Положеніе, стр. 170.

По обѣмъ подкосамъ сжимающія усилия передаются въ струну и даютъ равнодѣйствующее вытягивающее усилие по струнѣ

$$R = 1932 \text{ кгр.}$$

Итого въ точку C всего передается:

$$1823 + \frac{4264}{2} + 1932 = 5887 \text{ кгр.}$$

Усилие это разлагается по ногамъ, при чемъ на каждую ногу приходится:

$$T_1 = \frac{5887 \sin 62^\circ}{\sin 56^\circ} = \frac{5887 \times 0,88}{0,83} = 6241,74 \approx 6242 \text{ кгр.}$$

Усилие, сжимающее нижнюю часть стропильной ноги AB ,

$$T_2 = T_1 + S_1 = 6242 + 2050 = 8292 \text{ кгр.}$$

Растягивающее усилие въ струнѣ со стяжкой:

$$T = \frac{4264}{2} + 1932 = 4064 \text{ кгр.}$$

Растягивающее усилие T въ затяжкѣ опредѣляется изъ условія равновѣсія силъ—сумма моментовъ всѣхъ силъ P_1 , P_3 и T относительно точки C равна нулю:

$$\Sigma M = P_1 \times 6,25 - P_3 \times 3,12 - T \times 3,30 = 0,$$

гдѣ P_1 опорное сопротивление, равное

$$3700 + \frac{4264}{2} = \approx 5832 \text{ кгр.,}$$

P_3 —равнодѣйствующая вертикальной нагрузки по ногѣ AC , равная 3700 кгр.,

$$\text{тогда } T = \frac{5832 \times 6,25 - 3700 \times 3,12}{3,30} = 7549 \text{ кгр.}$$

Величина для T получилась положительная, это указываетъ, что усилие въ затяжкѣ растягивающее.

Определение размѣровъ частей фермы:

Часть AB стропильной ноги:

равномѣрно распределенная нагрузка:

$$2P_3 = 1022 \times 2 = 2044 \text{ кгр.};$$

составляющая, нормальная къ ногѣ,

$$P = 2044 \times \cos \alpha = 2044 \times 0,88 = 1799 \text{ кгр.};$$

сжимающее усилие $T_2 = 8292$.

$$M = \frac{Pl}{8} = \frac{1799 \times 370}{8} = 83204 \text{ кгр. см.};$$

моментъ сопротивленія сѣченія ноги, черт. 11,

$$W = \frac{23 \times 27^2}{6} = 2430 \text{ см.}^3;$$

отсюда получаемъ полное напряженіе

$$k = \frac{M}{W} + \frac{T_2}{\omega} = \frac{83204}{2430} + \frac{8292}{396} = 55,2 \text{ кгр./см.}^2,$$

что менѣе допускаемаго 60 кгр./см.²

Часть *BC* стропильной ноги; сечение то же— 20×27 см.

Повёрнуть его не требуется, так как усилия, действующія въ части *BC*, меньше, чѣмъ *AB*.

Равномѣрно распределенная нагрузка составляетъ 18,23 кгр.

Сжимающее усилие:

$$T_1 = 6242 \text{ кгр.}$$

Подкосъ испытываетъ сжимающее усилие:

$$S_1^1 = 2050 \text{ кгр.}$$

Сечение подкоса принято въ 18×20 см.

Напряжение матеріала будетъ

$$k = \frac{2050}{360} = 5,7 \text{ кгр./см.}^2.$$

большое сечение взято для удобства сопряжений.

Струна желѣзная испытываетъ растягивающее усилие, равное 4064 кгр.

Сечение струны принято круглое, діаметромъ въ 2,5 см., напряжение матеріала будетъ

$$k = \frac{4064 \times 4}{314 \times 2,5^2} = 828,12 \text{ кгр./см.}^2,$$

что менѣе допускаемаго 1000 кгр./см.²

Затяжка испытываетъ растягивающее усилие $T=7549$ кгр. и, кромѣ того, изгибающій моментъ отъ равномѣрной нагрузки въ 177,70 кгр./м².

Такъ какъ затяжка поддержана по серединѣ, то изгибать затяжку будетъ сила

$$P = \frac{12,50 \times 2 \times 177,70}{2} = 2221 \text{ кгр.}$$

Изгибающій моментъ

$$M = \frac{2221 \times 600}{8} = 1665,6 \text{ кгр. см.}$$

Затяжка состоитъ изъ бруса сеченіемъ $20 \times 25 = 500$ см.²

Моментъ сопротивленія

$$W = 2 \frac{20 \times 25^2}{6} = 4166 \text{ см.}^3$$

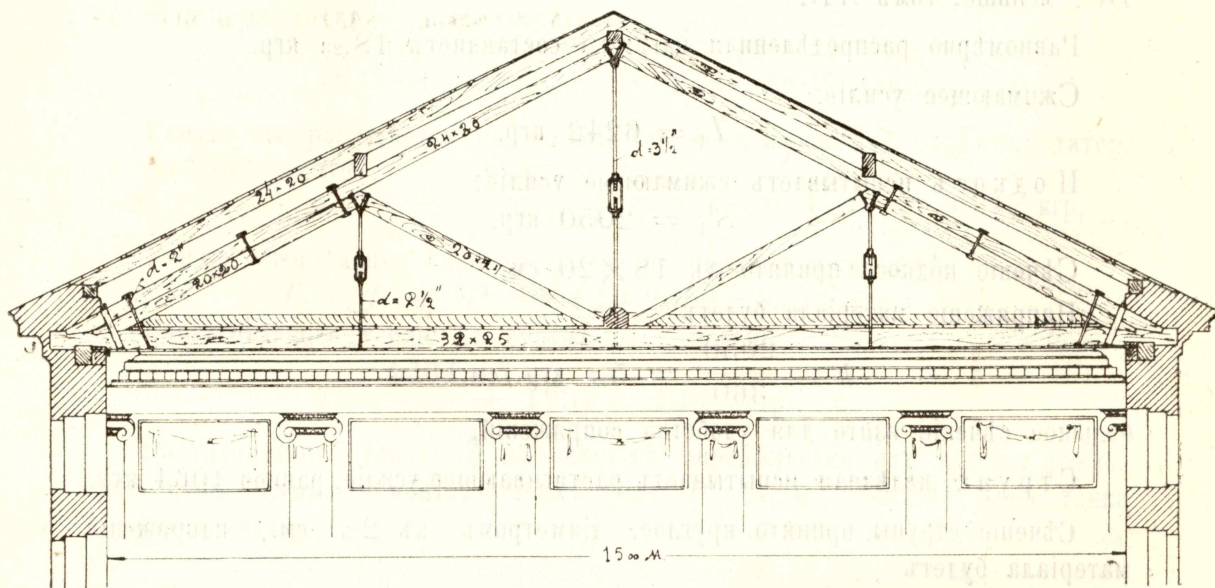
Напряжение матеріала въ затяжкѣ будетъ:

$$k = \frac{M}{W} + \frac{T}{\omega} = \frac{166560}{4166} + \frac{7549}{500} = 55,10 \text{ кгр./см.}^2,$$

что менѣе допускаемыхъ 100 кгр./см.²

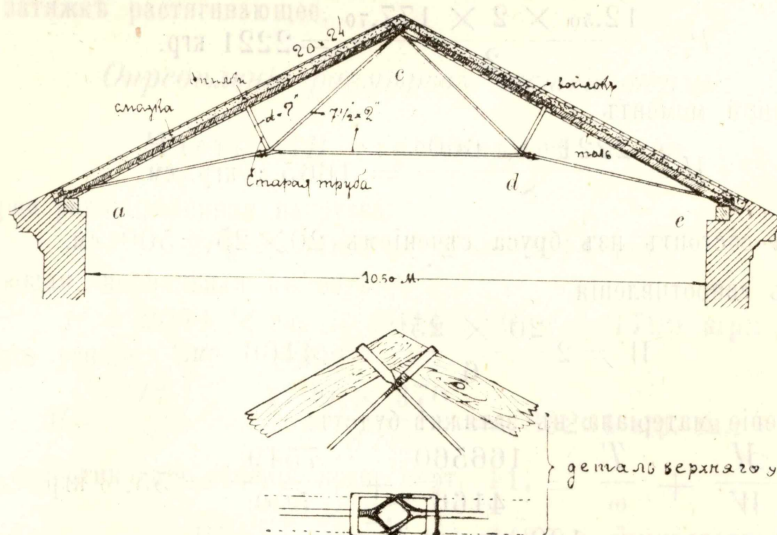
Далѣе на черт. 14 представленъ видъ всякихъ стропиль смѣшанной конструкции „американской“ системы надъ большимъ заломъ Омскаго торговаго корпуса пролетомъ 15 м. Конструкция ихъ близка къ описанной выше, черт. 8; размѣры частей ея показаны на чертежѣ.

Особенностью въ этихъ фермахъ является расположеніе стропильныхъ ногъ независимое отъ фермъ. Фермы поставлены на разстояніи 3,5 метр. другъ отъ друга, между ними уложено по одной промежуточной балкѣ, подвѣшен-



ной болтомъ къ среднему нижнему прогону; на фермы уложены прогоны два боковыхъ и средній верхній, служащіе опорами для стропильныхъ ногъ. Последнія уложены въ разстояніи 1,75 метр. другъ отъ друга.

Въ заключеніе укажемъ перекрытіе литейной при мастерскихъ Омскаго механико-техническаго училища, черт. 15—17.



Конструкція перекриття принята, какъ было сказано выше, фермами Полонсо; по стропиламъ устроена теплая крыша.

Фермы поставлены въ разстояніи 1.80 м. ось отъ оси. Стропильныя ноги изъ сосновыхъ брусковъ 20×24 см. опираются на деревянные мау-

эрлаты. Всѣ остальные части фермъ, работающія на растяженіе, выполнены изъ полосового желѣза $5,5 \times 1,5$ см.; нижніе концы полосъ, обдѣланные въ круглую болтовую форму, пропущены сквозь просверленные нижніе концы стропильныхъ ногъ и кончаются винтовой парѣзкой; гайка на ней при помощи шайбы изъ полосового желѣза, длиною отвѣчающей толщинѣ бруса $5,5 \times 15$ см., передаетъ давленіе на большую площадь торца стропильной ноги, чѣмъ предупреждено смятіе дерева. Верхніе концы полосъ охватываютъ хомутами слегка зарубленные верхніе концы стропильныхъ ногъ, какъ это показано въ планѣ. Соединеніе полосъ между собою сдѣлано при помощи заклепокъ. При этомъ слѣдуетъ указать на особенную простоту и легкость этихъ соединеній въ фермахъ Половсо. Такъ какъ полосы a-b-c и c-d-e цѣлыя, слѣдовательно, остается только къ нимъ приклепать горизонтальную затяжку b—d, т. е. поставить 6—8 заклепокъ. Регулированіе деформаций отъ усушки и т. п., которая въ нашемъ случаѣ, благодаря малому числу соединеній, ничтожна, возможно при помощи винтовъ на концахъ желѣзныхъ полосъ. Стойки въ фермѣ, работающія на сжатіе, выполнены изъ старыхъ желѣзныхъ $2\frac{1}{2}$ " трубъ. Трубы врѣзаны на 2,5 см. въ стропильную ногу четырехугольнымъ гнѣздомъ, въ которомъ подложена въ предупрежденіе смятія подкладка изъ котельнаго желѣза толщиной $\frac{1}{4}$ дюйма = 0,6 см. Другой конецъ стойки опирается на полосу затяжекъ, къ которымъ приклепаны общими заклепками родъ простыхъ ребордъ для образованія гнѣзда. Простота, быстрота сборки и дешевизна этого перекрытія очевидны.

Въ заключеніи пожелаемъ отечественнымъ строителямъ перейти возможно скорѣе отъ устарѣвшихъ деревянныхъ конструкцій висячихъ стропилъ къ современнымъ стропиламъ. Пусть сибирскіе инженеры въ этой области идутъ впереди и скажутъ новое слово.

