

Инженеръ Путей Сообщенія
К. А. ОПЕНГЕЙМЪ.
Преподаватель Варшавскаго Политехническаго Института
Императора Николая II.

МОСТЫ

ПОДЪ ОБЫКНОВЕННУЮ ДОРОГУ.

Новѣйшія данныя и указанія для
проектированія верхняго строенія мостовъ
подъ обыкновенную дорогу.

Пособіе для гг. инженеровъ, студентовъ, городскихъ и
земскихъ управъ.

Съ рисунками и таблицами въ текстъ.



ИЗДАНИЕ Г. В. ГОЛЬСТЕНА.
С.-Петербургъ, Литейный пр., 28.
1909.



Изданія Книжнаго Магазина Г. В. Гольстена.

С.-Петербургъ, Литейный пр., 28.

ШКОЛА

СОВРЕМЕННОГО ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Въ 12 томахъ.

Перев. съ нѣмецкаго и дополнилъ

В. И. ВИТЪ.

Инженеръ. Механикъ и Электрикъ.

Съ 1500 рис. и 16 раскрашенными таблицами.

Томъ 1. Электрической токъ, его законы и дѣйствія химическія, тепловыя и свѣтсыя 168 стр. съ 63 рис. Ц. 2 р. Томъ 2. Магнетизмъ и индукція 169 стр. съ 114 рис. и 2 табл. Ц. 2 р. Томъ 3. Абсолютная система единиць. Измѣр. приборы и способы электрич. измѣреній. 264 стр. съ 203 рис. Цѣна 3 р. Томъ 4. Динамомашини и электродвигатели постоянного тока. 239 стр. съ 142 рис. и 3 раскраш. табл. Ц. 3 р. Томъ 5. Динамомашини и электродвигатели однофазныхъ и многофазныхъ переменныхъ токовъ 216 стр. съ 15 рис. и 4 раскраш. табл. Ц. 3 р. Томъ 6. Трансформаторы: одно- и многофазныхъ перемен. токовъ 60 стр. съ 91 рис. и раскраш. табл. Ц. 1 р. Томъ 7. Описание выполненныхъ динамомашинъ и электродвигат. постоянного и перемен. токовъ и трансформаторовъ 169 стр. съ 3 раскраш. табл. Цѣна 2 р. 25 к. Томъ 8. Аккумуляторы электрич. тока. 194 стр. съ 174 рисунк. Цѣна 3 руб. Томъ 9. Системы распред. электрич. тока. 102 стр. съ 89 рис. Цѣна 1 р. 25 к. Томъ 10. Электрич. провода, ихъ производство, расчетъ и прокладка. 172 стр. съ 228 рисунками. Цѣна 2 р. 25 к. Томъ 11. Вспомогат. аппараты для электрич. установокъ. Электрич. освѣщ. Лампы накалив. Лампы съ вольт. дугой. Электрич. нагреват. и паяльн. приб. Электрич. печи 250 стр. съ 415 рис. Цѣна 3 р. Томъ 12. Электрич. перед. энергій. Электрич. жел. дор. электрич. автом. и ловки. 158 стр. съ 147 рис. Цѣна 2 р. 50 к.

Каждый томъ продается отдѣльно. Цѣна всего изданія (12 томовъ) 20 р. Допускается разсрочка отъ 3 р. Высылающіе сразу всю сумму 20 р. за пересылку не платятъ

Изданіе закончено.

ШКОЛА

СОВРЕМЕННОГО МЕХАНИКА.

Въ 15 томахъ, составляющихъ одинъ общій томъ съ отдѣльнымъ атласомъ.

Перевелъ съ нѣмецкаго

Инженеръ С. Ю. Калецкий.

Съ 947 рис. и 10 табл. изъ коихъ 74 въ краскахъ.

Томъ 1. Арифметика и алгебра Сост. Г. Фишеръ и А. Вэръ 256 стр. Ц. 2 р. 50 к. Томъ 2. Планиметрия Сост. А. Вэръ. 98 стр. съ 1 рис. Ц. 1 р. Томъ 3. Тригонометрія Сост. П. Кильманъ. 128 стр. съ 1 рис. Ц. 1 р. 50 к. Томъ 4. Стереометрія Сост. П. Кильманъ. 108 стр. съ 53 рис. Ц. 1 р. Томъ 5. Элементарное черченіе и начертательная геометрія Сост. Ф. Штаде и М. Зейдель. 87 стр. съ 43 рис. и 25 табл. Ц. 2 р. 50 к. Томъ 6. Физика. Сост. А. Нагль. 54 стр. съ 51 рис. Ц. 60 к. Томъ 7. Механика. Сост. Р. Гейгенмиллеръ. 218 стр. съ 163 рис. Ц. 2 р. Томъ 8. Сопротивленіе матеріаловъ. Сост. Л. Гуммель. 48 стр. съ 100 рис. Ц. 1 р. Томъ 9. Дифференціальное и интегральное исчисленія. Сост. Р. Гейгенмиллеръ. 95 стр. съ 42 рис. Ц. 1 р. 50 к. Томъ 10. Детали машинъ. Сост. А. Польшгаузенъ. 392 стр. съ 81 и 6 табл. Ц. 8 р. Томъ 11. Градостроительство. Сост. Л. Кильманъ 19 стр. съ 88 рис. и 4 табл. Цѣна 1 р. 50 к. Томъ 12. Паровыя котлы. Сост. А. Польшгаузенъ. 147 стр. съ 27 рис. и 5 табл. Цѣна 1 р. 50 к. Томъ 13. Подъемныя машины. Сост. А. Польшгаузенъ 40 стр. текста съ 30 рис. и 4 табл. Цѣна 1 р. 50 к. Томъ 14. Гидравлическіе двигатели. Сост. К. Деккеръ. 76 стр. съ 63 рис. и 1 табл. Ц. 1 р. 20 к. Томъ 15. Паровыя машины. Сост. Л. Гуммель. 141 стр. съ 71 рис. и 1 табл. Ц. 1 р. 50 к.

Каждый томъ продается отдѣльно. Цѣна всего изданія (15 томовъ) 20 р. въ переплетъ 22 р. 50 к. Допускается разсрочка отъ 3 р. Высылающіе сразу всю сумму 20 руб. за пересылку не платятъ.

ИЗДАНИЕ ЗАКОНЧЕНО.

ШКОЛА СОВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЯ.

Полный систематическій самоучитель по всемъ отраслямъ знаній, необходимыхъ строителю

Переводъ съ нѣмецкаго, съ дополненіями для русскихъ техниковъ.

Подъ редакціей Инженера С. Ю. Калецкаго.

Въ 20 томахъ, со множествомъ рисунковъ и раскрашенныхъ таблицъ.

Подписная цѣна на все изданіе 20 р., съ пересылкою 24 р. (Допускается разсрочка).

Томъ 1: Арифметика и алгебра Сост. А. Вэръ. 356 стр. Ц. 2 р. 50 к. Томъ 2: Планиметрия. Сост. А. Вэръ. 96 стр. съ 188 рис. Ц. 1 р. Томъ 3: Тригонометрія Сост. П. Кильманъ. 128 стр. съ 61 рис. Ц. 1 р. 50 к. Томъ 4: Стереометрія. Сост. П. Кильманъ. 108 стр. съ 53 рис. Ц. 1 р. Томъ 5: Физика. Сост. А. Вэръ. Около 72 стр. съ 188 рис. Томъ 6: Механика. Сост. Р. Гейгенмиллеръ. 218 стр. съ 160 рис. Ц. 2 р. Томъ 7: Строительная механика. Сост. Л. Гуммель. 165 стр. съ 133 рис. 2 р. Томъ 8: Градостроительство. Сост. П. Кильманъ. Ок. 100 стр. съ 88 рис. и 4 табл. Томъ 9: Проекціонное черченіе теорія тѣней. Составилъ Ф. Глазеръ. Ок. 14 стр. съ 154 рис. 25 табл. отчасти раскраш. Томъ 10: Геологія. Сост. Ф. Альбертъ. Ок. 27

стр. съ 116 рис. и 4 цветн. табл. Томъ 11: Перспектива. Сост. Ф. Альбертъ. Съ рисунками. Томъ 12: Каменные сооруженія. Сост. Ф. Штаде. Со многими табл. Томъ 13: Деревянные сооруженія. Сост. Ф. Штаде. Со многими табл. Въ двухъ частяхъ, Ч. 1. Ц. 2 р. Томъ 14: Архитектурныя формы. Сост. Р. Фогель. Съ 25 табл. 2 р. Томъ 15: Стереотомія. Обработка камня. Томъ 16: Желѣзные сооруженія. Со многими рисунками. Томъ 17: Отопленіе, вентиляція и освѣщеніе. Сост. Ф. Вильке. 100 стр. съ 19 рис. и 8 табл. черт. 3 р. 50 к. Томъ 18: Строит. матеріалы. Сост. Ф. Альбертъ. Ок. 61 стр. съ 1 раскр. табл. Томъ 19: Составленіе смѣтъ. Томъ 20: Вукгалтерія. Сост. А. Славинскій.

Каждый томъ составляетъ изъ себя законченное цѣлое и будетъ продаваться отдѣльно.

Томы 1, 2, 3, 4, 6, 7, 13, 14 и 17 вышли въ свѣтъ.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

I. Данныя для расчета пролетныхъ строеній.

A. Внѣшнія силы, вызывающія усилія въ частяхъ фермъ.

§ 1. Вертикальныя нагрузки	1
а) Постоянная нагрузка	1
Вѣсъ проѣзжей части	1
α Экипажный проѣздъ	2
β Тротуары	3
Вѣсъ главныхъ фермъ	5
α Деревяныя пролетныя части	5
β Желѣзныя пролетныя части	6
I Способъ. Опредѣленіе вѣса фермы по сравненію съ существующею аналогичною фермою	6
II Способъ. Опредѣленіе вѣса фермы по эмпирическимъ формуламъ	10
III Опредѣленіе вѣса фермы на основаніи ея теоретическаго вѣса	20
IV Способъ. Опредѣленіе вѣса фермы на основаніи вѣса ея основныхъ элементовъ	22
V. Указанія относительно пользованія указанными способами опредѣленія вѣса главныхъ фермъ	23
б) Временная нагрузка	23
A. Пѣшеходные и скотогонные мосты	23
B. Шоссейные мосты на дорогахъ безъ тяжелаго грузоваго движенія (на глухихъ и малопрѣздныхъ шоссе).	24
C. Городскіе мосты и шоссеиные мосты на дорогахъ съ тяжелымъ грузовымъ движеніемъ вблизи городовъ и промышленныхъ центровъ	25
D. Мосты на грунтовыхъ дорогахъ	31
с) Нагрузка отъ снѣга	31
d) Вертикальные удары	32
§ 2. Горизонтальныя нагрузки (давленіе вѣтра).	33
а) Величина давленія вѣтра	33
б) Расчетныя боковыя поверхности	34
Сплошныя фермы	34
Сквозныя фермы	35
Проѣзжая часть	37
Подвижная (временная) нагрузка	37
с) Распредѣленіе давленія вѣтра	38
1) Мосты съ вѣдою по верху	38

2) Закрытые мосты съ вздою по низу	43
3) Открытые мосты съ вздою по низу	43
§ 3. Вліяніе температуры	43

В. Допускаемая напряженія.

§ 1. Литое желѣзо	45
1) Для провѣжей части	45
2) Для главныхъ фермъ сквозныхъ	46
3) Для главныхъ фермъ сплошныхъ	51
4) Для главныхъ фермъ висячихъ	53
5) Для связей	53
6) Для заклепочныхъ соединеній	53
7) Для периль	54
§ 2. Сталь	55
§ 3. Чугунъ	57
§ 4. Дерево	58
§ 5. Камни, каменная и кирпичная кладки	60
§ 6. Бетонъ и желѣзо-бетонъ	62
С. Коэффициентъ упругости	63

D. Вѣсъ матеріаловъ.

a) Металлы	64
b) Дерево	64
c) Песокъ	64
) Кладки	65
e) Камни	65

II. Данныя относительно основныхъ размѣровъ пролетныхъ строеній и положенія низа фермъ.

A. Длина пролетныхъ строеній.

1) Для разрывныхъ балочныхъ фермъ	66
2) Для неразрывныхъ балочныхъ и консольно-балочныхъ фермъ	67
3) Для разрывныхъ арочныхъ фермъ	67
4) Для неразрывныхъ арочныхъ фермъ	68
5) Для висячихъ фермъ	68
6) Для фермъ поворотныхъ мостовъ	68

B. Высота пролетныхъ строеній.

Сплошныя фермы	68
Сквозныя фермы	69
1) Балочныя фермы	69
a) Фермы съ параллельными поясами	70
b) Параболическія фермы	70
c) Полупараболическія фермы	70
d) Гиперболическія фермы (Шведлера)	71
e) Полигональныя фермы	71
f) Фермы системы Паули	71
g) Фермы системы Лозе	7

2) Консольно-балочныя фермы	72
3) Арочныя фермы	72
а) Арочныя фермы съ вѣдою по верху	72
Деревянныя арки	72
Чугунныя арки	72
Желѣзныя арки.	73
б) Арочныя фермы съ вѣдою по низу	96
4) Консольно-арочныя фермы	97
5) Висячія фермы	97
С. Длина панелей	100

С. Ширина мостовъ.

1) Пѣшеходные мосты	104
2) Мосты на шоссе	104
3) Городскіе мосты	105
Е. Высота чистаго проѣзда и прохода въ закрытыхъ мостахъ.	113
Ф. Поперечная и продольная профиль мостового полотна	114
Г. Положеніе низа фермъ	117
§ 1. Возвышеніе низа фермъ путепроводовъ	117
§ 2. Возвышеніе низа фермъ мостовъ черезъ рѣки	118
а) Мосты на судоходныхъ рѣкахъ	118
б) Мосты на сплавныхъ рѣкахъ	119
в) Мосты на несудоходныхъ и несплавныхъ рѣкахъ	119

III. Общія указанія.

§ 1. Точность вычисленій при расчетахъ	119
§ 2. Исчисленіе точнаго вѣса металлическаго пролетнаго строенія	120
§ 3. Исчисленіе примѣрнаго вѣса металла въ пролетномъ строеніи	124
§ 4. Составленіе чертежей	125

IV. Краткій обзоръ существующихъ верхнихъ строеній и указанія для выбора системъ сквозныхъ верхнихъ строеній для мостовъ подъ обыкновенную дорогу.

Однопролетные мосты	129
А. Балочныя фермы (разрѣзныя)	129
1. Обзоръ балочныхъ фермъ	129
Фермы съ параллельными поясами	130
Фермы съ криволинейными поясами.	131
а) Фермы перваго класса	131
а) Параболическія фермы	131
б) Гиперболическія фермы	133
в) Фермы Паули	133
б) Фермы втораго класса	134
а) Полунапараллельныя фермы	134
б) Полупараболическія фермы	135
в) Полигональныя фермы	139
г) Эллиптическія фермы	140
д) Круговыя и полукруговыя фермы	141
е) Фермы Лозе	142

2) Фермы съ вогнутымъ нижнимъ поясомъ	142
Фермы съ вѣшнимъ распоромъ	143
2. Обзоръ рѣшетокъ	144
а) Раскосная система	144
а) Простая раскосная система	144
β) Полураскосная система	145
λ) Составная раскосная система	147
δ) Сложная раскосная система	148
б) Рѣшетчатая система	149
а) Простая треугольная система	149
β) Составная рѣшетчатая система	150
λ) Сложная рѣшетчатая система	151
с) Безраскосная система	152
3. Заключение о балочныхъ фермахъ	153
В. Консольно-балочная ферма съ двумя небольшими свѣсами	154
С. Арочная ферма	155
1. Обзоръ желѣзныхъ арочныхъ фермъ	155
Жесткія арочная ферма	157
а) Жесткія арочная ферма съ распоромъ	157
а) Арочная ферма, ограничивающаяся предѣлами арки	157
β) Арочная ферма съ нижнимъ поясомъ арочнымъ и съ верхнимъ поясомъ на уровнѣ провѣзжей части	159
б) Желѣзная арочная ферма безъ распора	161
Нежесткія арки съ фермой жесткости	165
2. Заключение объ арочныхъ фермахъ	166
Д. Висячія фермы	167
1. Обзоръ системъ висячихъ фермъ	167
а) Старыя висячія мосты	168
б) Новыя висячія мосты	169
а) Висячія мосты съ фермами жесткости	169
β) Висячія мосты съ жесткими стѣнками	171
γ) Висячія фермы съ прямолинейными наклонными струнами	175
2. Сравненіе дѣпи съ кабелемъ	176
3. Заключение о висячихъ фермахъ	179
Многопролетные мосты	180
А. Балочная разрывная ферма	180
В. Балочная неразрывная ферма	181
С. Консольно-балочная ферма	184
1. Двухпролетные мосты	184
2. Трехпролетные мосты	184
а) Консольная ферма съ двумя шарнирами въ среднемъ пролетѣ	184
б) Консольная ферма съ однимъ шарниромъ въ среднемъ пролетѣ	188
с) Консольная ферма съ шарнирами въ береговыхъ пролетахъ	189
3. Многопролетные мосты	189
4. Заключение о консольно-балочныхъ фермахъ	191
Д. Арочная разрывная ферма	192
Е. Арочная неразрывная ферма	193
Ф. Консольно-арочная ферма	195
Г. Висячія фермы	198
Н. Соединеніе фермъ разныхъ системъ	199

Добавленія.

Къ стр. 28. Вставить послѣ словъ „согласно рис. 9“: Въ Америкѣ нагрузка отъ электрическихъ трамваевъ при расчетѣ главныхъ фермъ мостовъ подъ обыкновенную дорогу принимается въ видѣ слѣдующей равномерно распределенной нагрузки на 1 пог. мт. моста:

а) для городскихъ мостовъ: при пролетѣ 30 мт.—2700 klg., а при пролетѣ 60 мт.—1800 klg.

б) для шоссеиныхъ мостовъ: при пролетѣ 30 мт.—1800 klg., а при пролетѣ 60 мт.—1500 klg.

Къ стр. 34. Вставить въ таблицу: Сѣв. Америка | 147 | 244 |

Къ стр. 44. Вставить послѣ словъ „(цирк. 1 сент. 1905 г.)“: Въ Сѣв. Америкѣ t принимается = 67° .

Къ стр. 51. Вставить послѣ словъ „для каждаго изъ усилій обоого рода“:

Иногда же сѣченія сжато—вытянутыхъ частей здѣсь рассчитываются на усилія, представляющія изъ себя суммы изъ большихъ усилій и 0,75—0,80 меньшихъ усилій.

Къ стр. 153. Кромѣ указанныхъ сочиненій слѣдуетъ еще указать на сочиненіе проф. Vierendeel'я: „Théorie Générale des poutres Vierendeel“—Mémoires de la Société des Ing. Civils de France. 1900 г. авг. и Передерій „Къ теоріи безраскосныхъ фермъ“. 1906 г.

Въ настоящее время безраскосная система примѣнена въ шоссеиномъ мостѣ чер. Escaut въ Avelgheim'ѣ (Изв. Собр. И. П. С. 1905 г. № 9) и въ мостѣ подъ узкоколейную жел. дор. (колеей въ 1 мт.) и подъ обыкновенную дорогу въ Beerzingen'ѣ на линіи Diest—Coursel—пролетомъ 20,4 мт. (Изв. Собр. И. П. С. 1908 г. № 5). Слѣдуетъ указать, что проф. Патонъ въ своей статьѣ „Къ вопросу о безраскосныхъ фермахъ системы Vierendeel“ (Инженеръ 1906 г.) доказываетъ, что для пролетовъ до 31 мт. безраскосныя фермы въ томъ видѣ, какъ онѣ проектируются проф. Vierendeel'емъ, т. е. при затратѣ значительнаго матеріала на усиленіе краевъ отверстій, лишены практическаго значенія, такъ какъ онѣ могутъ быть замѣнены простыми фермами со сплошной стѣнкой безъ лишней затраты матеріала.

Къ стр. 155. Изъ мостовъ съ вѣздой по-верху, кромѣ Stephanie—Brücke, намъ извѣстенъ еще одинъ — Windmühlenwegbrücke чер. Teltow Kanal, съ видимыми свѣсами; мостъ подъ обыкновенную дорогу, построенъ въ 1906 г. (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1906, стр. 858).

Къ стр. 163. О расчетѣ двухшарнирныхъ арокъ съ затяжкой см. статью Bohny, въ Zeit d. Ver. deut. Ing. 1907. №№ 18 и 20.

Къ стр. 182. Въ пунктѣ 6) — „Treskow—Brücke“ слѣдуетъ добавить, что описаніе этого моста помѣщено также и въ „Инженеръ“ за 1906 г. №№ 2—3.

Къ стр. 187. Въ пунктѣ 3) — „м. чер. Волховъ въ Новгородѣ“ слѣдуетъ добавить, что описаніе постройки этого моста помѣщено въ Журналѣ М-ва П. С. за 1902 г. Кн. 3.

Къ стр. 196. Слѣдуетъ добавить, что по фиг. 199 построенъ еще одинъ мостъ: Kixdorf—Moriendorfer—Brücke чер. Teltow — Kanal со среднимъ прол. 48^{mt.} и консолями длиной 20, 72^{mt.}, безъ подвѣсныхъ фермъ; мостъ подъ обыкновенную дорогу, построенъ въ 1906 г. (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1906 г. стр. 859).

Замѣченныя опечатки.

			Напечатано.	Должно быть:
Стр.	18	15 строка снизу	$+ (A_1 \frac{l}{h} + A_1' \frac{e}{d} + \dots$	$+ (A_1 \frac{l}{h} + A_1 \frac{l}{d} +$
"	21	16 " сверху	$+ \frac{150}{G_0}$	$+ \frac{150}{g_0}$
"	38	18 " "	19—06	1906
"	41	7 " снизу	$V^0 =$	$V_0 =$
"	47	въ таблицѣ	$1,75 - 0,002 \gamma^*$	$1,75 - 0,002 \lambda^*$
"	48	9 строка сверху	$\frac{l}{r} < 105$	$\frac{l}{r} \leq 105$
"	48	13 " "	R	R_1
"	48	17 " "	R'	R_1
"	100	9 " "	$\frac{Rf}{Edt}$	$\frac{Rf}{Eat}$
"	103	9 " "	g	G
"	113	11 " снизу	1902	1906
"	116	8 " "	$\frac{y}{i} =$	$\frac{y}{f}$
"	122	въ столбцѣ „количество“	$(dl)l =$	$(al)l =$
"	127	13 строка снизу	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{1000}$
"	151	14 " "	а) Сложныя . . .	γ) Сложныя



Предисловіе.

За послѣднее время въ Россіи стала развиваться нѣсколько постройка желѣзныхъ мостовъ подѣ обыкновенную дорогу; не говоря уже о С.-Петербургѣ, Москвѣ и Варшавѣ мы видимъ цѣлый рядъ и другихъ городовъ, которые уже украсились постоянными желѣзными мостами (Витебскъ, Тверь, Новгородъ, Смоленскъ, Кіевъ, Вильно, Ярославль, Рига, Псковъ, Боровичи и др.), или гдѣ постройка новыхъ мостовъ уже предпринята (Варшава, Гродно, Тифлисъ, Псковъ, Нарва и др.). Надо надѣяться, что мостостроительство въ городахъ и впредь будетъ еще больше развиваться.

Однако данныхъ для расчета мостовъ подѣ обыкновенную дорогу у насъ имѣется очень мало, а указаній для проектированія такъ и совсѣмъ не существуетъ. Для проектированія желѣзнодорожныхъ мостовъ существуютъ у насъ нѣкоторыя министерскія техническія условія и нѣкоторыя указанія; между тѣмъ для мостовъ подѣ обыкновенную дорогу такихъ техническихъ условій не существуетъ и потому при проектированіи подобныхъ мостовъ приходится пользоваться отчасти (напр. по отношенію къ допускаемымъ напряженіямъ) техническими условіями для желѣзнодорожныхъ мостовъ (что нельзя признать цѣлесообразнымъ), а отчасти тѣмъ, что установила практика у насъ, наконецъ, тѣмъ, что принято въ другихъ странахъ и т. п. Словомъ передѣ началомъ проектированія моста подѣ обыкновенную дорогу приходится раздобывать и изучать цѣлый рядъ пояснительныхъ записокъ къ существующимъ уже русскимъ и заграничнымъ мостамъ, просматривать различные курсы мостовъ и справочныя изданія (а этого у насъ весьма мало), и при томъ рѣдко удается найти отвѣтъ на всѣ искомыя вопросы; кромѣ того довольно трудно и раздобыть весь этотъ матеріалъ при существующемъ отношеніи нашихъ городскихъ и земскихъ управъ къ изданіямъ проектовъ мостовъ; вѣдь въ сущности говоря у насъ не изданъ ни одинъ проектъ городского моста, кромѣ моста въ Новгородѣ, издавнаго С.-Петербургскимъ Округомъ Путей Сообщенія; не только проекты мостовъ не издаются, но рѣдко когда и описаніе ихъ, хотя бы краткое, помещается въ какомъ-либо журналѣ.

Что же касается технических библиотекъ, то возможность пользоваться таковыми есть достояніе весьма немногихъ инженеровъ, живущихъ въ городахъ, имѣющихъ высшія техническія учебныя заведенія.

Въ виду изложеннаго мы, располагая достаточнымъ матеріаломъ, рѣшили облегчить нѣсколько проектированіе мостовъ подь обыкновенную дорогу изданіемъ настоящаго труда, представляющаго собой конспективное пособие справочнаго характера для составленія расчетныхъ данныхъ для проекта и для составленія эскизныхъ проектовъ мостовъ подь обыкновенную дорогу, при чемъ, насколько это только оказалось возможнымъ, нами указано все новѣйшее, имѣющееся въ области проектированія мостовъ подь обыкновенную дорогу. Послѣдніе имѣютъ такое же право гражданства, какъ и желѣзнодорожные мосты, а между тѣмъ у насъ о нихъ упоминается всегда лишь только вскользь. Настоящій трудъ является первымъ, который посвященъ исключительно мостамъ подь обыкновенную дорогу; онъ является большимъ пособиемъ для инженеровъ и студентовъ, а также для городскихъ и земскихъ управъ.

Настоящій трудъ состоитъ изъ двухъ частей.

I часть содержитъ въ себѣ данныя для расчета пролетныхъ строеній и данныя относительно основныхъ размѣровъ этихъ строеній и положенія низа фермъ.

II часть содержитъ въ себѣ краткій обзоръ верхнихъ строеній существующихъ и предполагаемыхъ мостовъ, какъ русскихъ такъ и заграничныхъ, и указанія для выбора системъ сквозныхъ верхнихъ строеній для мостовъ подь обыкновенную дорогу.

При составленіи I части нами приняты во вниманіе новыи циркуляръ Управленія внутреннихъ водныхъ путей и шоссеиныхъ дорогъ отъ 30 мая 1906 г. № ⁴⁷²⁹₁₂₅ (Вѣстникъ М-ва П. С. № 10 за 1906 г.) относительно расчетныхъ нагрузокъ для шоссеиныхъ мостовъ, новыи циркуляръ австрійскаго М-ва внутреннихъ дѣлъ отъ 16 марта 1906 г. (Oesterreichische Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst. 1906. Heft 13 u. 15) съ техническими условіями для проектированія мостовъ подь обыкновенную дорогу съ желѣзными или деревянными верхними строеніями, далѣе циркуляръ прусскаго М-ва публичныхъ работъ 29 апр. 1899 г. съ правилами расчета профъзжихъ и пѣшеходныхъ мостовъ съ металлическимъ верхнимъ строеніемъ для Королевской Берлинской желѣзнодорожной дирекціи, дѣйствующія на баварскихъ жел. дорогахъ правила отъ 1 сент. 1905 г. относительно проектированія желѣзныхъ мостовъ подь обыкновенную дорогу, наконецъ, техническія условія для расчета мостовъ города С.-Петербурга, составленныя въ 1905 г. особой комиссіей изъ профессоровъ и инженеровъ-мостовиковъ (Извѣстія Собранія Инженеровъ Путей Сообщенія 1905 г. № 11). Послѣднія техническія условія представляютъ по отношенію къ мостамъ подь обыкновенную дорогу

первая въ Россіи систематически разработанныя условія. Кромѣ того при составленіи I части обращено нами особенное вниманіе на практическую сторону дѣла, давая по возможности больше свѣдѣній о существующихъ мостахъ и о расчетныхъ данныхъ, принятыхъ при проектированіи новѣйшихъ русскихъ и заграничныхъ мостовъ подъ обыкновенную дорогу, а также приведены нѣкоторыя данныя, опредѣленные лично нами практически.

При составленіи II части мы задались цѣлью облегчить нѣсколько вопросъ о выборѣ системы сквозныхъ фермъ и ихъ рѣшетокъ для мостовъ подъ обыкновенную дорогу. При обзорѣ верхнихъ строеній мостовъ приводятся не только исполненныя верхнія строенія, но и нѣкоторые представляющіе интересъ неисполненные проекты верхнихъ строеній, представленные на нѣкоторыхъ новѣйшихъ конкурсахъ, а именно для слѣдующихъ мостовъ: чер. Неккаръ въ Мангеймѣ 1887 г. (первый мостъ), чер. Дунай въ Буда-Пештѣ 1894 г. (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1894; Centralbl. d. Bauv. 1894), чер. Рейнъ въ Боннѣ 1895 г. (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1895; Centralbl. d. Bauv. 1895; Deut. Bauz. 1895), чер. Рейнъ въ Вормсѣ 1896 г. (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1896 и 1897; Centralbl. d. Bauv. 1896; Deut. Bauz. 1896), чер. Зюдеръ-Эльбу въ Гарбургѣ 1897 г. (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1897), чер. Рейнъ бл. Кельна 1898 г. (второй мостъ), чер. Неккаръ въ Мангеймѣ (второй мостъ) 1901 г. (Centralbl. d. Bauv. 1901), въ порту Iakson въ Сиднеѣ (Centralbl. d. Bauv. 1901), чер. Рейнъ въ Базелѣ (третій мостъ) 1902 г. (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1902; Centralbl. d. Bauv. 1902), чер. East-River въ Нью-Йоркѣ 1902 г. (третій—Манатанскій мостъ) и чер. North-River въ Нью-Йоркѣ 1902 г., чер. Рейнъ между Рурпортомъ и Гомбергомъ 1904 г. (Zeit. d. ver. deut. Ing. 1904 и 1905), чер. Волгу въ Казани 1904 г. (Инж. дѣло 1904 г. № 4), чер. Одеръ бл. Нейзальца 1904 г. (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1905 г.) и наконецъ, для двухъ мостовъ чер. Фульду въ Касселѣ 1906 г. (Centralbl. d. Bauv. 1907).

Вообще въ настоящемъ трудѣ помѣщено много свѣдѣній о новѣйшихъ мостахъ, которыя въ русской литературѣ не появлялись, при чемъ всюду сдѣланы ссылки на литературу, что даетъ возможность лицу, интересующемуся извѣстнымъ мостомъ, найти его описаніе.

Послѣ обзора системъ верхнихъ строеній мы высказываемъ нѣкоторыя положенія, къ которымъ мы лично изъ практики пришли, а также дѣлаемъ нѣкоторыя указанія относительно выбора системъ верхнихъ строеній для мостовъ подъ обыкновенную дорогу. Такія указанія появляются въ литературѣ впервые и наше желаніе, чтобы они встрѣтили возраженія и вызвали обмѣнъ мнѣній; изъ столкновенія различныхъ мнѣній можетъ выясниться истина, а это крайне желательно и необходимо.

Въ заключеніе считаемъ нужнымъ отмѣтить, что настоящій трудъ составленъ въ началѣ 1906 г. и по независящимъ отъ насъ обстоятельствамъ онъ появляется изъ печати лишь въ 1908 г. Однако насколько только было возможно мы его при печатаніи дополнили новыми свѣдѣніями за 1906 г., 1907 г. и часть 1908 г., но, конечно, это удалось лишь отчасти. Всякія указанная намъ неточности и погрѣшности въ настоящемъ трудѣ будутъ нами приняты съ глубочайшею признательностью.

Инженеръ К. Опленгейшъ.

Апрѣль. 1908.

I. Данные для расчета пролетныхъ строеній.

A. Внѣшнія силы, вызывающія усилія въ частяхъ фермъ.

§ I. Вертикальныя нагрузки.

а) Постоянная нагрузка.

Постоянную нагрузку составляетъ собственный вѣсъ пролетныхъ частей. Этотъ вѣсъ составляется изъ вѣса проѣзжей части (экипажнаго проѣзда и тротуаровъ) и вѣса главныхъ фермъ со связями.

Вѣсъ проѣзжей части.

Вѣсъ проѣзжей части опредѣляется или точно или примѣрно.

Точно опредѣлять вѣсъ проѣзжей части по точно опредѣленнымъ и принятымъ размѣрамъ составныхъ частей требуется, когда необходимо опредѣлить вѣсъ главныхъ фермъ по возможности точный для опредѣленія усилій въ ихъ составныхъ частяхъ; въ этомъ случаѣ необходимо предварительно произвести точный расчетъ проѣзжей части.

Примѣрно-же опредѣлять вѣсъ проѣзжей части приходится, когда необходимо опредѣлять только примѣрный вѣсъ главныхъ фермъ—для сравненія выгодности примѣненія пролетныхъ частей различныхъ системъ и для составленія предварительной распѣточной вѣдомости на постройку моста.

Во второмъ случаѣ, т. е. для примѣрнаго подсчета вѣса проѣзжей части, можно пользоваться нижеслѣдующими данными; при этомъ рассмотримъ отдѣльно экипажный проѣздъ и отдѣльно тротуары.

Во всѣхъ случаяхъ вѣсъ приводится въ киллограммахъ на кв. метръ полотна.

2) Экипажный провадь.

Вѣсъ g_1 полотна $\frac{\text{kg.}}{\square \text{ mt.}}$ (безъ металла)

Родъ одежды полотна.	Формула вѣса $\frac{\text{kg}}{\square \text{ mt.}}$	Принимаемые размѣры частей	Наиболье употребительные раз- мѣры.	Вѣсъ при наиболье употребительномъ размѣрѣ.
Двойной досчатый настиль (сырой) Оба настила сосновые Оба настила дубовые Верхний настиль дубовый, а нижній сосновый.	9 (d_1+d_2) 11 (d_1+d_2) 11 $d_1+9 d_2$	Толщ. верхн. настила $d_1=5-10^c$ толщ. нижн. настила $d_2=7-10^c$	$d_1=6,3^c$ $d_2=10^c$	147 180 160
Двойной смѣшанный настиль (сырой) Верхний настиль досчатый ду- бовый. Нижний настиль брусчатый сосновый съ зазорами.		Толщ. верхн настила $d_1=5-10^c$ разм. брусевъ $12-20 \times 15-22^c$ Зазоры между брусьями $3-8^c$	$d_1=6,3^c$ брусья 15×20^c зазоры 7^c	200
Деревянная мостовая (сырая) Дубовые торцы. На деревянномъ сосновомъ настиль. То-же съ прослоемъ песка. На слой кирпичнаго бетона покрытаго слоемъ асфальта (литого). Сосновые торцы. На деревянномъ сосновомъ настиль. То-же съ прослоемъ песка. На слой кирпичнаго бетона покрытаго слоемъ асфальта (литого).	11 $d_1+9 d_2$ 11 $d_1+18d_2+9d_3$ 11 $d_1+16d_4+18d_5$ 9 (d_1+d_2) 9 $(d_1+d_2+2d_3)$ 9 $d_1+16d_4+18d_5$	толщ. шанект. $d_1=10-17^c$ толщ. настила $d_2=7-10^c$ толщ. слоя песка $d_3=5^c$ толщ. слоя асфальта $d_4=3^c$ толщ. бетона $d_5=6-15^c$	$d_1=15^c$ $d_2=10^c$ $d_3=5^a$ $d_4=3^c$ $d_5=8^c$	255 345 357 225 315 327
Асфальтовая мостовая (прессованный асфальтъ) На слой бетона изъ кир- пичнаго щебня. На слой бетона изъ гранит- наго щебня.	22 $d_1+18 d_2$ 22 $d_1+24 d_2$	толщ. асфальта $d_1=4-5^c$ толщ. бетона $d_2=6-15^c$	$d_1=5^c$ $d_2=10^c$	290 350
Каменная мостовая (гранитная) На слой песка (сырого) и на слой бетона, покрытаго слоемъ асфальта (литого).	24 d_1+18d_2+ $+16d_3+18 d_4$	толщ. камней $d_1=10-18^c$ толщ. песку $d_2=5-8^c$ толщ. асфальта $d_3=2-3^c$ толщ. бетона. $d_4=6-10^c$	$d_1=15^c$ $d_2=6^c$ $d_3=2^c$ $d_4=8^c$	644
Щебеночный слой На метал. настиль (безъ вѣса настила) На кирпич. свод. въ 1 кирпичъ въ 1/2 кирпича	20 d 20 $d+600$ 20 $d+400$	толщина слоя $d=15-20^c$	$d=15^c$	300 900 700

Вѣсъ g_2 металла $\frac{\text{kg.}}{\square \text{ mt.}}$

Родъ настила	При тяжелыхъ фурахъ. (вѣсомъ $> 10^t$)	При среднихъ фурахъ. (вѣсомъ $< 10^t$)
Лотковое желѣзо	180	130
Висячее цилиндрическое желѣзо	170	120
Волнистое желѣзо	190	140
Желѣзо Зоре	230	160

β) Тротуары.

Вѣсъ g_3 полотна $\frac{\text{kg.}}{\square \text{ mt.}}$

Устройство полотна.	Принимаемые размѣры.	Наиболье употребительные размѣры	Вѣсъ при наиболье употребительномъ размѣрѣ.
Одиночный сосновый досчатый настилъ (сырой) *)	толщина досокъ 5—6,3с	6,3с	60
Асфальтъ (литой) на кирпичномъ бетонѣ (съ цементной смазкой толщ. 1с) и на волнистомъ желѣзѣ.	толщ. асфальта 2—3с толщ. бетона 5—8с толщ. волн. желѣза 3—4 ^m / _m	3с 8с 3 ^m / _m	230
То-же на желѣзѣ Зоре	—	—	250
То-же на лотковомъ или цилиндрическомъ желѣзѣ.	толщ. желѣза 4—5 ^m / _m	—	300

* Двойной настилъ въ тротуарахъ примѣняется очень рѣдко.

Устройство полотна.	Принимаемые размеры.	Наиболье употребительные размеры.	Вѣсъ при наибольем употребительномъ размѣрѣ.
То-же на плоскомъ желѣзѣ	толщ. желѣза 6—7 м/м толщ. бетона 5с	—	200
Асфальтъ (литой) на дубовомъ настилкѣ изъ реекъ съ прокладкой толя или войлока.	толщ. асфальта 2—3с размѣры реекъ 5×6с	3с 5с	100
Асфальтъ (литой) на желѣзобетонныхъ плитахъ.	толщ. асфальта 2—3с толщ. плиты 5—7с	3с 6с	200
Каменные плиты (гранитныя)	толщ. плиты 8—15с	15с	360

Вѣсъ g_1 реберъ $\frac{\text{klg.}}{\square \text{ mt.}}$

Вѣсъ реберъ при тротуарахъ снаружи фермъ (на консоляхъ) составляетъ примѣрно 80, а при тротуарахъ между фермами $100 \frac{\text{klg.}}{\square \text{ mt.}}$

Вѣсъ перилъ на 1 пог. метръ длины.

Вѣсъ деревянныхъ перилъ: 50—130 klg, въ среднемъ 90 klg.

Вѣсъ желѣзныхъ перилъ:

съ сѣточнымъ (изъ проволоки) заполненіемъ: 15—16 klg.

съ скромнымъ заполненіемъ: 20—30 klg, въ среднемъ 25 klg.

съ пзящнымъ заполненіемъ: 35—45 klg, въ среднемъ 40 klg.

Вѣсъ чугунныхъ перилъ: 50—100 klg, въ среднемъ 75 klg.

Вѣсъ смѣшанныхъ *) перилъ: въ среднемъ 60 klg.

Если обозначимъ черезъ b ширину экипажнаго проѣзда, а черезъ b_1 —общую ширину тротуаровъ, то получимъ вѣсъ F всей проѣзжей части на пог. метръ моста

$$F = (g_1 + g_2) b + (g_3 + g_4) b_1 + 2 \text{ п. м. перилъ.}$$

*) Изъ чугуна и желѣза.

Вѣсъ главныхъ фермъ.

Разсмотримъ отдѣльно деревянныя пролетныя части и желѣзныя пролетныя части.

а) Деревянныя пролетныя части.

Вѣсъ деревянныхъ пролетныхъ частей опредѣляется или путемъ сравненія проектируемыхъ частей съ аналогичными, вѣсъ которыхъ извѣстенъ и которыя мало отличаются по пролету, по системѣ и по конструкціи, или же по эмпирическимъ формуламъ.

Послѣдніе для балочныхъ фермъ имѣютъ слѣдующій общій видъ

$$p = (Cl + F) \frac{\text{kg.}}{\square \text{ mt.}}$$

гдѣ: p — полный вѣсъ на квадр. метръ площади полотна

C — коэффициентъ, зависящій отъ нагрузки и конструкціи

F — собственный вѣсъ проѣзжей части на кв. метръ полотна.

Собственный вѣсъ F проѣзжей части можно для примѣрныхъ подсчетовъ принимать по слѣдующимъ даннымъ Winkler'a

Устройство проѣзжей части	Предѣлы вѣса F	Вѣсъ F въ среднемъ
	$\frac{\text{kg}}{\square \text{ mt.}}$	$\frac{\text{kg}}{\square \text{ mt.}}$
а) Проѣздъ		
При одиночномъ настилѣ	100—170	130
„ двойномъ „	110—220	170
„ торцовой мостовой	240—350	300
„ щебеночной „	290—460	380
„ каменной „	550—820	690
б) Тротуары		
При одиночномъ настилѣ	90—200	150

Что касается коэффиціента C , то таковой имѣетъ слѣдующее значеніе:

1) Для фермъ (главные прогоны) изъ одиночныхъ балокъ.

По Heinzerling'у: $C = 11$.

По Winkler'у:

для легкихъ фуръ (давленіе на ось ≤ 5 tn.): $C = 7,2 - 9,4$
 „ тяжелыхъ фуръ („ „ „ $= 5 - 9$ tn.): $C = 10,2 - 11,8$
 „ очень тяжелыхъ фуръ (давленіе на ось > 9 tn.): $C = 11,6 - 13,4$

Меньшіе коэффиціенты относятся къ мостовому полотну изъ косчатого настила, а большіе къ каменной мостовой; при этомъ предполагается, что разстояніе между осями балокъ (фермъ) около 0,8 mt. Съ увеличеніемъ этого разстоянія на 0,1 mt. собственный вѣсъ уменьшается на 4⁰/%.

2) Для фермъ (главные прогоны) изъ составныхъ балокъ.

По Heinzerling'у: $C=10$

По Winkler'у:

для легкихъ фуръ:	$C=9$
„ тяжелыхъ фуръ:	$C=10$
„ очень тяжелыхъ фуръ:	$C=11$

Разстояніе между осями балокъ (фермъ) принято въ 1,2 mt.

При каждомъ увеличеніи или уменьшеніи этого разстоянія на 0,1 mt. коэффиціенты эти слѣдуетъ уменьшить или увеличить на 3⁰/%.

Эта же формула $p=C1+F$ (съ коэффиц. C и F , указанными Heinzerling'омъ и Winkler'омъ), данная для балочныхъ фермъ примѣняется также и для расчета собственного вѣса прогоновъ и полотна въ подкосныхъ, подвѣсныхъ и арочныхъ фермахъ; при этомъ въ подкосныхъ и подвѣсныхъ фермахъ за l слѣдуетъ принимать наибольшую длину частей, на которыя весь пролетъ фермы раздѣленъ подкосами или подвѣсками, въ арочныхъ же фермахъ за l слѣдуетъ принять разстояніе между двумя схватками.

Что касается вѣса связей, схватокъ и самой арки въ арочныхъ фермахъ, то таковой опредѣляется приблизительно: вѣсъ связей и схватокъ на основаніи принятыхъ размѣровъ, а вѣсъ арки—на основаніи опредѣленныхъ приблизительно ея размѣровъ.

3) Желѣзные пролетныя части.

Собственный вѣсъ желѣзныхъ фермъ, необходимый для ихъ расчета, опредѣляется по одному изъ слѣдующихъ способовъ: 1) путемъ сравненія проектируемой фермы съ аналогичною фермою, вѣсъ которой извѣстенъ и которая мало отличается по пролету, по системѣ и по конструкціи; 2) по эмпирическимъ формуламъ; 3) на основаніи теоретическаго вѣса фермъ, помножая его на конструктивный коэффиціентъ ψ ; 4) на основаніи вѣса основныхъ элементовъ фермы, помножая его на строительный коэффиціентъ μ .

I Способъ. Опредѣленіе вѣса фермы по сравненію съ существующею аналогичною фермою.

Этотъ способъ примѣнимъ только при наличности извѣстнаго запаса матеріала и данныхъ о существующихъ мостахъ. Главнымъ пособіемъ въ этомъ случаѣ для мостовъ съ фермами балочной и арочной системы является брошюра проф. Патона „Вѣсъ желѣзныхъ мостовъ“. Кіевъ 1905.

Если проектируемая ферма по пролету, по системѣ и по конструкціи мало отличается отъ существующей фермы, для которой извѣстенъ точный

вѣсъ, между тѣмъ какъ нагрузки обѣихъ фермъ разнятся между собой, то можно предположить съ достаточной точностью, что погонный вѣсъ проектируемой фермы относится къ погонному вѣсу существующей фермы, какъ полная погонная нагрузка проектируемаго моста къ полной погонной нагрузкѣ существующаго моста.

Введемъ слѣдующія обозначенія:

Нагрузки въ кил. на пог. метръ моста	Для проектируемаго моста.	Для существующаго моста.
Пог. вѣсъ фермъ	p_0^x	p_0
Пог. вѣсъ проѣзжей части и связей между фермами.	F^x	F
Пог. временная нагрузка	k^x	k
Полная погонная нагрузка	$p_0^x + F^x + k^x$	$p_0 + F + k$

Согласно вышеизложенному:

$$\frac{p_0^x}{p_0} = \frac{p_0^x + F^x + k^x}{p_0 + F + k}$$

откуда:

$$p_0^x = \frac{F^x + k^x}{F + k} \cdot p_0$$

По этой формулѣ можно рассчитать искомый вѣсъ p_0^x проектируемой фермы, если извѣстны остальные величины.

Наибольшее вліяніе на точность расчета по этой формулѣ оказываетъ разница въ пролетѣ сравниваемыхъ фермъ, почему эту формулу можно рекомендовать только тогда, если пролетъ проектируемой фермы не отличается отъ пролета существующей фермы, служащей для сравненія. Если же пролетъ проектируемой фермы отличается болѣе или менѣе отъ пролета существующей фермы, служащей для сравненія, то можно пользоваться формулами Resal'я.

Послѣдній предлагаетъ для существующей фермы, служащей для сравненія, опредѣлить такъ называемый „коэффициентъ экономичности“ и на основаніи его опредѣлить вѣсъ пог. единицы проектируемой фермы (безъ связей).

Въ дальнѣйшемъ примемъ слѣд. обозначенія:

p_0 — вѣсъ существующихъ главныхъ фермъ безъ связей на пог. единицу.

p_0^x — вѣсъ проектируемыхъ главныхъ фермъ (безъ связей) на пог. единицу.

p —полный вѣсъ существующаго пролетнаго строенія на пог. единицу.

F —вѣсъ проѣзжей части и связей между фермами въ существующемъ пролетномъ строеніи на пог. единицу.

F^x —вѣсъ проѣзжей части и связей между фермами, исчисленный для проектируемаго пролетнаго строенія на пог. единицу.

k —временная нагрузка, принятая въ существующемъ строеніи, на пог. единицу.

k^x —временная нагрузка, исчисленная для проектируемаго строенія, на пог. единицу.

l —расчетный пролетъ существующаго строенія.

l_x —расчетный пролетъ проектируемаго строенія.

K —коэффициентъ экономичности для существующаго строенія.

а) балочныя фермы:

Для фермъ существующаго строенія, служащаго для сравненія, опредѣляется коэффициентъ экономичности по формулѣ

$$K = \frac{P_0}{(P_0 + F + k) l}$$

а затѣмъ вѣсъ проектируемыхъ главныхъ фермъ (безъ связей) на пог. единицу исчисляется по формулѣ

$$P_0^x = \frac{K l_x (F_x + k^x)}{1 - K l_x}$$

Если для проектируемыхъ фермъ принимается допускаемое напряженіе R_x , отличающееся отъ того напряженія R , при которомъ были проектированы фермы существующаго строенія, служащаго для сравненія, то вмѣсто K слѣдуетъ брать

$$K' = K \cdot \frac{R}{R_x}$$

Коэффициентъ K колеблется въ тѣсныхъ предѣлахъ отъ 0,004 до 0,006

б) арочныя фермы.

Для арки и сквознаго заполнения существующаго строенія, служащаго для сравненія, опредѣляется коэффициентъ экономичности по формулѣ

$$K = \sqrt{\frac{l}{f}} \times \frac{6}{R} \cdot \frac{(A p + B k)}{p + k}$$

гдѣ: f —стрѣла подъема арки

A —коэф. = 0,0007—0,0010 } при единицахъ метръ и

B —коэф. = 0,0014—0,0020 } киллограммъ

R —принятое допускаемое напряженіе

а затѣмъ вѣсь проектируемой арки и сквознаго заполнения на пог. единицу исчисляется по формулѣ

$$p_0^x = K (p + k) l_x$$

Если для проектируемой арки принимается иное допускаемое напряженіе R_x , то вмѣсто K берется

$$K' = K \frac{R}{R_x}$$

Коэф. K колеблется въ предѣлахъ отъ 0,003 до 0,006.

γ) висячія фермы.

Для вѣса цѣпи и привѣсныхъ прутьевъ въ существующемъ гибкомъ висячемъ мостѣ, служащемъ для сравненія, коэффициентъ экономичности опредѣляется по формулѣ

$$K = \frac{8000}{R} \left(\frac{1}{8f} + \frac{5f}{3l} \right)$$

гдѣ: f —стрѣла провѣса,

а затѣмъ вѣсь цѣпи и привѣсныхъ прутьевъ для проектируемаго гибкаго висячаго моста на пог. единицу опредѣляется по формулѣ:

$$p_0^x = K (p + k) l_x$$

Если висячій мостъ имѣетъ сверхъ того жесткій прямолинейный поясъ (по типу моста въ Питсбургѣ), то коэффициентъ экономичности для него составляетъ .

$$K_0 = K + K_1$$

гдѣ: K —коэффициентъ экономичности для цѣпи и привѣсныхъ прутьевъ, опредѣляемый по предыдущей формулѣ.

K_1 —коэффициентъ экономичности для жесткаго пояса и сквознаго заполнения между этимъ поясомъ и цѣпью, опредѣляемый по формулѣ:

$$K_1 = \frac{8000}{R_1} \cdot \frac{k}{p_1 + k} \cdot \frac{1}{12f}$$

Слѣдовательно

$$K_0 = 8000 \left\{ \frac{1}{R} \left(\frac{1}{8f} + \frac{5f}{3l} \right) + \frac{1}{R_1} \cdot \frac{k}{(p + k)} \cdot \frac{1}{12f} \right\}$$

Здѣсь R —напряженіе, которое было принято для цѣпи и привѣсныхъ прутьевъ, а R_1 —для жесткаго пояса и сквознаго заполнения между нимъ и цѣпью.

Затѣмъ вѣсь цѣпи, привѣсныхъ прутьевъ, жесткаго пояса и заполнения между нимъ и цѣпью для проектируемаго моста на пог. единицу опредѣляется по формулѣ

$$p_0^x = [K (p + k) + K_1 (p_1 + k)] l_x$$

Resal даетъ слѣдующую табличку коэффициентовъ экономичности для $\frac{f}{l} = \frac{1}{8}$ и $\frac{1}{12}$ при различныхъ отношеніяхъ $\frac{k}{p+k}$ и для различныхъ R.

$\frac{f}{l}$	$\frac{k}{p+k}$	Гибкіе висячіе мосты			Жесткіе висячіе мосты		
		R =			R =		
		6×10^6	12×10^6	24×10^6	6×10^6	12×10^6	24×10^6
$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{4}$	0,0015	0,0008	0,0004	0,0022	0,0011	0,0006
	$\frac{1}{2}$	id.	id.	id.	0,0019	0,0010	0,0005
	$\frac{1}{4}$	id.	ib.	id.	0,0017	0,0009	0,0004
$\frac{1}{12}$	$\frac{3}{4}$	0,0021	0,0012	0,0006	0,0031	0,0015	0,0008
	$\frac{1}{2}$	id.	id.	id.	0,0028	0,0014	0,0007
	$\frac{1}{4}$	id.	id.	id.	0,0024	0,0012	0,0006

II. Способъ. Определеіе вѣса фермы по эмпирическимъ формуламъ.

Этотъ способъ отличается сравнительной простотой, но за то онъ менѣе точенъ, нежели прочіе способы, такъ какъ очень трудно совмѣстить въ простой формулѣ все факторы, вліяющіе на вѣсъ фермы.

Общій видъ большинства этихъ формулъ:

$$p = Cl + F \text{ или } p = Cl + C'l^2 + F, \text{ гдѣ } C, C' \text{ и } F$$

— постоянные коэффициенты; при этомъ члены Cl и $C'l^2$ выражаютъ вѣсъ главныхъ фермъ, а F вѣсъ проѣзжей части. Вѣсъ связей нѣкоторые относятъ въ членъ Cl , а другіе въ членъ F . Эти формулы обладаютъ той слабой стороной, что значенія коэффициентовъ C и C' остаются справедливыми лишь для фермъ данного типа, определенной высоты, при определенномъ коэффициентѣ допускаемаго напряженія и пр. Къ тому же онѣ не вполне точны, ибо законъ измѣненія вѣса при измѣненіи пролета выражается нѣкоторой параболой, а не прямой линіей. Въ виду сего мы этихъ формулъ ниже не приводимъ, а приводимъ только нѣныя эмпирическія формулы, въ которыхъ вѣсъ пролетныхъ частей выраженъ въ функціи величины пролета, вѣса проѣзжей части, высоты фермы, подвижной нагрузки и коэффициента допускаемаго напряженія. Этимъ послѣднимъ формуламъ слѣдуетъ отдать предпочтеніе.

а) Разрѣзныя и неразрѣзныя балочныя фермы.

1) Формулы Шведлера.

Обозначаемъ черезъ:

p —полный собственный вѣсъ пролетныхъ частей моста, включая и проѣзжую часть, въ тоннахъ на пог. метръ пролета.

k —временную нагрузку на пог. метръ пролета моста по всей его ширинѣ въ тоннахъ

F —полный вѣсъ проѣзжей части (включая и полотно) на пог. метръ пролета въ тоннахъ.

l —величину пролета въ метрахъ

h —высоту фермы въ метрахъ

R —допускаемое напряжение $\frac{\text{тн.}}{\square \text{ mt.}}$

γ —вѣсъ куб. единицы матеріала моста (куб. метра въ тоннахъ).

ψ —конструктивный коэффициентъ,

При этихъ обозначеніяхъ для разрѣзныхъ фермъ:

съ параллельными поясами

$$p = \frac{FR + 1,22 \psi k \gamma l \left(\frac{1}{6h} + 0,5 \right)}{R - \psi \gamma l \left(\frac{1}{6h} + 0,5 \right)}$$

съ криволинейными поясами

$$p = \frac{4h FR + 1,11 \psi k \gamma \left(l^2 + \frac{8}{3} h^2 \right)}{4h R - \psi \gamma \left(l^2 + \frac{8}{3} h^2 \right)}$$

для неразрѣзныхъ фермъ:

средніе пролеты

$$p = \frac{FR + 1,95 \psi k \gamma l \left(0,0642 \frac{1}{h} + 0,5 \right)}{R - \psi \gamma l \left(0,0642 \frac{1}{h} + 0,5 \right)}$$

крайніе пролеты

$$p = \frac{FR + 2,34 \psi k \gamma l \left(0,077 \frac{1}{h} + 0,5 \right)}{R - 1,2 \psi \gamma l \left(0,077 \frac{1}{h} + 0,5 \right)}$$

Если положить конструктивный коэффициентъ $\psi = 1,80$ и вѣсъ куб. метра литого жалѣза $\gamma = 7,85$ тн., то вышеприведенныя формулы замѣнятся слѣдующими:

для разрывных фермъ:

съ параллельными поясами

$$p^m = \frac{FR + 17,24 kl \left(\frac{1}{6h} + 0,5 \right)}{R - 14,13 l \left(\frac{1}{6h} + 0,5 \right)} \text{ на пог. метръ}$$

съ криволинейными поясами

$$p^m = \frac{FRh + 3,92 k \left(l^2 + \frac{8}{3} h^2 \right)}{hR - 3,53 \left(l^2 + \frac{8}{3} h^2 \right)} \text{ на пог. метръ}$$

для неразрывных фермъ:

средние пролеты

$$p^m = \frac{FR + 27,55 kl \left(0,0642 \frac{l}{h} + 0,5 \right)}{R - 14,13 l \left(0,0642 \frac{l}{h} + 0,5 \right)} \text{ на пог. метръ}$$

крайние пролеты

$$p^m = \frac{FR + 33,06 kl \left(0,077 \frac{l}{h} + 0,5 \right)}{R - 16,95 l \left(0,077 \frac{l}{h} + 0,5 \right)} \text{ на пог. метръ}$$

Относительно значенія величины F см. выше „вѣсъ проѣзжей части“.

2) Формулы, основанныя на выраженіи теоретическаго объема главныхъ фермъ (проф. Николаи).

Обозначаемъ черезъ:

p_0 —собственный вѣсъ главныхъ фермъ въ тоннахъ на пог. метръ пролета,

k —временную нагрузку на пог. метръ пролета моста по всей его ширинѣ, въ тоннахъ

F —полный вѣсъ проѣзжей части (включая и полотно) на пог. метръ пролета, въ тоннахъ.

T —вѣсъ связей на пог. метръ пролета, въ тоннахъ.

l —величину пролета, въ метрахъ.

h —высоту фермы, въ метрахъ.

R —допускаемое напряженіе $\frac{\text{tn.}}{\square \text{ mt.}}$

γ —вѣсъ куб. единицы матеріала моста (куб. метра въ тоннахъ).

ψ —конструктивный коэффициентъ.

При этих обозначениях для разрывных фермъ съ параллельными поясами.

$$P_0^{tn.} = \frac{\psi \gamma \left\{ (F+T) \left(\frac{l^2}{6h} + \frac{3l}{4} + \frac{h}{4} \right) + k \left(\frac{l^2}{6h} + \frac{2l}{24} + \frac{7}{24} h \right) \right\}}{R - \psi \gamma \left(\frac{l^2}{6h} + \frac{3l}{4} + \frac{h}{4} \right)} \text{ на пог. мет.}$$

съ параболическими поясами

$$P_0^{tn.} = \frac{\psi \gamma \left\{ (F+T) \left(\frac{2,126l^2}{8h} + \frac{2}{3} h - \frac{4}{9} \frac{h^2}{l} \right) + \frac{kh}{18} \left(\frac{3l}{h} - 4 \right) \right\}}{R - \psi \gamma \left(\frac{2,126l^2}{8h} + \frac{2}{3} h - \frac{4}{9} \frac{h^2}{l} \right)} \text{ на пог. мет.}$$

Если положить конструктивный коэффициентъ $\psi = 1,80$ и весь куб. метра литого желѣза $\gamma = 7,85 \text{ tn.}$, то $\psi\gamma = 14,13$.

Относительно значенія величины F см. выше „вѣсъ проѣзжей части“.

Величина T для связей между двумя фермами съ параллельными поясами опредѣляется по слѣдующей формулѣ:

$$T = (\alpha h + n) r \times \frac{5l}{4R} \psi \gamma,$$

гдѣ: α —коэффициентъ, зависящій отъ рѣшетки фермы:

для рѣшетчатыхъ фермъ $\alpha = 0,6$; для раскосныхъ фермъ съ малыми панелями (до 4 mt.) $\alpha = 0,5$; для раскосныхъ фермъ съ большими панелями $\alpha = 0,4$.

n —высота прямоугольника, замѣняющаго подвижную нагрузку.

r —давленіе вѣтра на кв. единицу боковой поверхности (при подвижной нагрузкѣ на мосту).

Принимая $n = 2 \text{ mt.}$, $r = 0,132 \frac{\text{tn.}}{\square \text{ mt.}}$, $\psi\gamma = 14,13$ (по прежнему) получимъ окончательно:

$$T^{tn.} = 2,33 (zh + 2) \frac{l}{R} \text{ на пог. метрѣ.}$$

Для параболическихъ фермъ вѣсъ связей меньше примерно на 25%, почему T для нихъ слѣдуетъ опредѣлять по слѣдующей формулѣ

$$T^{tn.} = 1,75 (zh + 2) \frac{l}{R} \text{ на пог. метрѣ.}$$

Эти формулы для T даютъ вѣсъ связей между двумя фермами, а потому, если число фермъ n , то вѣсъ связей на пог. метрѣ во всемъ пролетномъ строеніи составитъ: $(n-1) T$.

Полный вѣсъ пролетныхъ частей моста при двухъ фермахъ будетъ

$$p = (P_0 + F + T) \frac{\text{tn.}}{\text{mt.}}$$

3) Формулы Resal'я

Оставляя тѣ же обозначенія, что для формулъ, основанныхъ на выраженіи теоретическаго объема главныхъ фермъ, имѣемъ для *вѣса* p_0 *главныхъ фермъ*:

для разрывныхъ фермъ:

$$p_0 = \frac{\psi \gamma \left\{ (F+T) \left(\frac{l^2}{6h} + \frac{1}{4} \right) + k \left(\frac{l^2}{6h} + \frac{7}{24} l \right) \right\}}{R - \psi \gamma \left(\frac{l^2}{6h} + \frac{1}{4} \right)}$$

для неразрывныхъ фермъ:

средніе пролеты

$$p_0 = \frac{\psi \gamma \left\{ (F+T) \left(\frac{1,5l^2 + 6lh}{24h} \right) + k \left(\frac{3,3l^2 + 8lh}{24h} \right) \right\}}{R - \psi \gamma \left(\frac{1,5l^2 + 6lh}{24h} \right)}$$

крайніе пролеты

$$p_0 = \frac{\psi \gamma \left\{ (F+T) \left(\frac{2,5l^2 + 5lh}{24h} \right) + k \left(\frac{3,8l^2 + 8lh}{24h} \right) \right\}}{R - \psi \gamma \left(\frac{2,5l^2 + 6lh}{24h} \right)}$$

Эти формулы выведены Resal'емъ для фермъ со сплошными стѣнками, но онѣ могутъ быть примѣнены съ нѣкоторымъ приближеніемъ и для фермъ со сквозными стѣнками

Полный вѣсъ пролетныхъ частей моста будетъ:

$$p = (p_0 + F + T) \frac{mn}{mt}$$

4) Формула Häseleer'a

$$p = \underbrace{\left(\eta + \frac{F + 1,25k}{z-1} \right)}_{\text{фермы и связи}} l + F$$

проѣзжая часть.

Здѣсь обозначаетъ:

p —полный вѣсъ пролетныхъ частей, включая и проѣзжую часть, въ килогр. на пог. метръ. пролета

k —временную нагрузку на пог. метръ пролета, по всей ширинѣ моста, въ килограммахъ

F —полный вѣсъ проѣзжей части (включая и полотно) на пог. метръ пролета въ килограммахъ

l —величину пролета въ метрахъ.

η . l —вѣсъ связей, зависящій отъ пролета, въ килогр. на пог. метръ пролета; η принимается=3,5

ε — коэффициентъ, зависящій отъ допускаемаго напряженія R въ $\frac{\text{klg.}}{\text{cm}^2}$ отъ высоты фермы h въ метрахъ и отъ длины панели d въ метрахъ

$$\varepsilon = \frac{10000 R}{7850 \left(0,21 \frac{1}{h} + \frac{h}{d} + \frac{d}{4h} \right)}$$

5) Сравненіе приведенныхъ формулъ.

Приводимъ вѣсъ пролетнаго строенія, исчисленный по приведеннымъ формуламъ, для слѣдующаго моста: „Мостъ пролетомъ въ 100 mt., двѣ фермы съ параллельными поясами высотой 12,5 mt. $\left(\frac{h}{l} = \frac{1}{8} \right)$ раскосной системы съ большими панелями: ширина проѣзда 8,5 mt., а общая ширина 2 хъ тротуаровъ 4 mt.: вѣсъ проѣзжей части: въ эквивалентномъ проѣздѣ $0,6 \frac{\text{tn.}}{\text{mt.}}$ въ тротуарахъ — $0,3 \frac{\text{tn.}}{\text{mt.}}$, вѣсъ периль — $0,05 \frac{\text{tn.}}{\text{mt.}}$

На основаніи этихъ данныхъ опредѣлены прежде всего величины: F , k , T и R .

$$F = 0,6 \times 8,5 + 0,3 \times 4 + 2 \times 0,05 = 6,4 \frac{\text{tn.}}{\text{mt.}}$$

$$k = 0,44 (8,5 + 4) = 5,5 \frac{\text{tn.}}{\text{mt.}}$$

$$T = 2,33 (0,4 \times 12,5 + 2) \frac{100}{9500} = 0,17 \frac{\text{tn.}}{\text{mt.}}$$

$$R = 750 + 2l = 950 \frac{\text{klg.}}{\text{cm}^2} = 9500 \frac{\text{tn.}}{\text{mt.}}$$

Исчисленный полный вѣсъ p пролетнаго строенія приводимъ въ слѣдующей табличкѣ:

	p_0	F	T	$p \frac{\text{tn.}}{\text{mt.}}$
По формулѣ Resal'я	3,75	6,40	0,17	10,32
По форм. Шведлера	—	—	—	11,30
По форм. Häseleer'a	5,35	6,40	—	11,75
По форм. пр. Николаи	5,69	6,40	0,17	12,26

Насколько нами проверено наиболее удачные результаты дают формулы Häseleer'a и пр. Николая, каковые и рекомендуемъ.

3) Консольно-балочныя фермы (Герберера).

1) Иногда опредѣляютъ пѣкоторое среднее значеніе вѣса главныхъ фермъ всего строенія моста по форм. Resal'я:

$$p_0^m = \frac{\psi \gamma \left\{ (F+T) \left[\frac{l^2}{6h} + \frac{l}{4} \right] + k \left(\frac{3,5l^2 + 7lh}{24h} \right) \right\}}{R - \psi \gamma \left[\frac{l^2}{6h} + \frac{l}{4} \right]} \text{ на пог. метръ.}$$

гдѣ $\psi \gamma = 14,13$ (по прежнему).

Буквы выражаютъ тѣ-же величины, какъ и въ формулахъ для простыхъ балочныхъ фермъ.

2) Болѣе правильно опредѣляютъ отдѣльно вѣса консольныхъ фермъ, свободныхъ фермъ и консолей.

Вѣсъ консольныхъ фермъ опредѣляется при этомъ по формуламъ, приведеннымъ выше для крайнихъ или среднихъ пролетовъ неразрѣзныхъ фермъ, смотря по мѣсту, занимаемому пролетомъ. Этотъ вѣсъ можно опредѣлять также по формуламъ, приведеннымъ для разрѣзныхъ фермъ, но уменьшивъ при этомъ расчетный пролетъ на 15%.
Вѣсъ свободныхъ фермъ опредѣляется по приведеннымъ выше формуламъ для разрѣзныхъ фермъ.

Вѣсъ консолей опредѣляется слѣдующими способами. а) Во-первыхъ онъ исчисляется по формуламъ для разрѣзныхъ фермъ, принявъ за расчетный пролетъ—величину пролета отъ трехъ до четырехъ разъ большую противъ дѣйствительной длины консоли и присоединивъ къ расчетной подвижной нагрузкѣ на пог. единицу длины консоли величину: $n = \frac{(p+k)b}{2a}$, гдѣ a —длина консоли, b —длина свободной фермы, p и k —постоянная и временная нагрузка на единицу длины этой фермы. Величина $\frac{(p+k)b}{2}$ есть наибольшее давленіе, передаваемое свободной фермой на конец консоли. Указанное увеличеніе пролета въ три или четыре раза обусловливается тѣмъ, что въ балкѣ, закрѣпленной однимъ концомъ, наиб. моменты болѣе въ четыре раза, а перерѣзывающія усилія въ два раза противъ наиб. моментовъ и перерѣзывающихъ усилій въ балкѣ той-же длины, но свободно лежащей на двухъ опорахъ. б) Во вторыхъ вѣсъ главныхъ фермъ консолей исчисляется по слѣдующей формулѣ (проф. Николай):

$$p_0^a = \psi \gamma \left\{ \frac{3(p_0^b + kb)b(a^2 + 3ah + h^2) + (F + ka)a(2a^2 + 9ah + 3h^2)}{a[6Rh - (2a^2 + 9ah + 3h^2)\psi \gamma]} \right\}$$

гдѣ: a —длина консоли; b —длина свободной фермы;

p_0^a —собственный вѣсъ главныхъ фермъ консолей на пог. метръ.

P_0^b — собственный вѣсъ главныхъ фермъ свободного пролета на пог. метръ.

k^a — временная нагрузка на пог. метръ длины консоли.

k^b — временная нагрузка на пог. метръ длины свободного пролета.

F — полный вѣсъ проѣзжей части на пог. метръ длины консоли.

$\psi \gamma = 14,13$ (по прежнему)

h — высота консоли въ метрахъ.

с) Въ третьихъ, вѣсъ консоли на пог. единицу приравниваютъ иногда вѣсу пог. единицы смежнаго съ ней пролета, увеличивъ предварительно вѣсъ на 25^0 — 40^0 ‰.

γ) Арочныя фермы.

1) Формулы Кронна,

Обозначаемъ черезъ:

p — полный собственный вѣсъ арочныхъ фермъ (включая и проѣзжую часть), въ тоннахъ на пог. метръ.

k — временную нагрузку на пог. метръ пролета моста по всей его ширинѣ, въ тоннахъ.

F — полный вѣсъ проѣзжей части (включая и полотно) на пог. метръ пролета, въ тоннахъ.

l — подудлина осевой линіи арки, въ метрахъ.

f — стрѣла подъема, въ метрахъ.

d — расстояние между центр. тяжести обонхъ поясовъ прогона въ ключѣ въ метрахъ.

R — допускаемое напряжение $\frac{\text{tn.}}{\text{mt.}}$

γ — вѣсъ куб. единицы матеріала моста (куб. метръ въ тоннахъ): для литого желѣза $\gamma = 7,85$ tn.

ψ — конструктивный коэффициентъ, принимаемый = 1,75.

α — коэффициентъ, зависящій отъ коэффициента упругости, распиренія металла при измѣненіи температуры и пр.

для желѣза	$\alpha = 7000$	} при единицахъ метръ и тонна.
„ чугуна	$\alpha = 3400$	
„ стали	$\alpha = 8000$	

При этихъ обозначеніяхъ:

для арки съ задѣланнми пятами

$$p = \frac{6fRF + 1,3\psi\gamma k \left(3l^2 + 4f^2 + 3,66z \frac{dl^2}{fR - 2zd} \right)}{6fR - \psi\gamma \left(3l^2 + 4f^2 + 4,33z \frac{dl^2}{fR - 2zd} \right)}$$

106667

для арки съ двумя шарнирами

$$p = \frac{6fRF + 1,55\psi\gamma k \left(3l^2 + 4f^2 + 1,43\alpha \frac{dl^2}{fR - \alpha d} \right)}{6fR - \psi\gamma \left(3l^2 + 4f^2 + 2\alpha \frac{dl^2}{fR - \alpha d} \right)}$$

для арки съ тремя шарнирами

$$p = \frac{6fRF + 1,85\psi\gamma k (3l^2 + 4f^2)}{6fR - \psi\gamma (5l^2 + 4f^2)}$$

2) Формулы Winkler'a

для арочныхъ фермъ съ тремя шарнирами

Обозначаемъ черезъ:

p' —вѣсъ на пог. единицу главныхъ фермъ.

p —полный вѣсъ пролетнаго строенія на пог. единицу ($p = p' + F$).

k —временную нагрузку на пог. единицу, по всей ширинѣ моста.

R_p —допускаемое напряженіе для постоянной нагрузки.

R_k —допускаемое напряженіе для временной нагрузки.

l —пролетъ.

h —возвышеніе ключеваго шарнира надъ пятовыми шарнирами.

d —разстояніе между ц. т. поясовъ арки.

γ —вѣсъ куб. единицы матеріала моста.

ψ —конструктивный коэффициентъ, принимаемый = 1,75.

тогда:

$$p' = \psi\gamma l \left[\left(A_0 \frac{1}{h} + B_0 + C_0 \frac{h}{l} \right) \frac{p}{R_p} + \left(A_1 \frac{1}{h} + A_1' \frac{e}{d} + B_1 + C_1 \frac{h}{l} \right) \frac{k}{R_k} \right]$$

при чемъ, если за единицы принять метръ и тонну, то

а) для арки съ двумя параллельными поясами

$$A_0 = 0,125; B_0 = 0,02; C_0 = 0,25 - 0,33$$

$$A_1 = 0,07; A_1' = 0,036; B_1 = 0,29 - 0,47; C_1 = 0,25 - 0,33$$

б) для арки серповиднаго очертанія, гдѣ d —наиб. разстояніе между ц. т. поясовъ

$$A_0 = 0,125; B_0 = 0,03; C_0 = 0,29 - 0,33$$

$$A_1 = 0,078; A_1' = 0,052; B_1 = 0,12 - 0,18; C_1 = 0,29 - 0,33$$

в) для арочной фермы, состоящей изъ нижняго криволинейнаго пояса, **верхняго**—горизонтальнаго, соединенныхъ раскосами и стойками, гдѣ $d = d_0 + 0,5h$ и d_0 —разстояніе между ц. т. поясовъ въ ключѣ арки

$$A_0 = 0,125; B_0 = 0,04 - 0,06; C_0 = 0$$

$$A_1 = 0,125; A_1' = 0,013; B_1 = 0,20 - 0,32; C_1 = 0$$

г) для арочной фермы съ нижнимъ криволинейнымъ поясомъ, который

соединены только стойками съ верхнимъ горизонтальнымъ поясомъ, состоящимъ изъ раскосной фермы съ параллельными поясами.

$$A_0=0,125; B_0=0,02; C_0=0,33$$

$$A_1=0,125; A'_1=0,036; B_1=0,29-0,47; C_1=0,33.$$

Во всѣхъ приведенныхъ формулахъ наименьшее возможное значеніе $A_1 \frac{1}{h} + A'_1 \frac{1}{d}$ не должно быть менѣе $0,125 \frac{1}{h}$.

При достаточно пологихъ аркахъ коэффициенты A_0 , A_1 и A'_1 полезно умножить на: $1 + \frac{16}{3} \left(\frac{h}{l} \right)^2$

б) Висячія фермы:

1) Примѣрный вѣсъ можетъ быть опредѣленъ слѣдующимъ образомъ (проф. Николай).

Расчитавъ въ зависимости отъ подвижнаго груза и примѣрно собственного вѣса мостоваго полотна размѣры частей мостоваго полотна, можно опредѣлять нагрузку, приходящуюся на каждый привѣсный пруть, которая составитъ, слѣдовательно, изъ вѣса полотна и подвижной нагрузки.

Вѣсъ всѣхъ привѣсныхъ прутьевъ одной цѣпи, которая представляетъ параболу, составитъ

$$p = \omega \times \frac{2 \gamma f}{m^2} \times \frac{m(m+1)(2m+1)}{1.2.3.}$$

гдѣ: ω —поперечное сѣченіе прута.

γ —вѣсъ куб. единицы желѣза.

f —стрѣла провѣса цѣпи.

m —число промежутковъ между привѣсными прутьями.

Пренебрегаемъ первоначально собственнымъ вѣсомъ цѣпи; тогда усиліе, дѣйствующее въ ней и зависящее отъ вѣса полотна, прутьевъ и подвижной нагрузки.

$$S = \frac{P}{2} \sqrt{\frac{P^2}{16f^2} + 1}$$

гдѣ: l —пролетъ.

P —вся нагрузка на одну цѣпь.

Опредѣливъ усиліе S , опредѣляемъ сѣченіе цѣпи Ω , а затѣмъ и вѣсъ ея, который будетъ

$$P_1 = 2\gamma \Omega \frac{l}{2} \left[1 + \frac{1}{6} \left(\frac{4f}{l} \right)^2 \right]$$

Прибавляя P_1 къ P найдемъ болѣе точное значеніе напряженія цѣпи, а слѣдовательно и вѣса ея, и т. д.

2) Формула Виссманна для сложной висячей фермы, состоящей изъ соединенія висячей и обыкновенной балочной фермы.

Если обозначимъ черезъ

$q = p + k$ — полную нагрузку на пог. единицу сложной фермы.

q' и q'' — доли полной нагрузки, передающіяся на балочную ферму и на висячую ферму.

v , v' и v'' — объемы балочной фермы, цѣпи и прутьевъ.

R , R' и R'' — коэффициенты допускаемыхъ напряженій

l — пролетъ

f — стрѣла провѣса

γ — вѣсъ куб. единицы желѣза

то собственный вѣсъ моста будетъ

$$pl = \gamma (v + v' + v'') = \gamma \left[\frac{7}{2} q' \frac{l^3}{R} + \frac{q'' l}{24 R' f} (3 l^3 + 16 f^2) + \frac{1}{3} \cdot \frac{q'' f l}{R''} \right]$$

3) формулы Heinzerling'a:

для пѣшеходныхъ висячихъ мостовъ

$$p = (1,36 l + 153) \frac{klg}{\square \text{ mt.}}$$

для висячихъ мостовъ подъ дорогу

$$p = (6,5 l + 90) \frac{klg}{\square \text{ mt.}}$$

гдѣ: l — пролетъ въ метрахъ.

Этотъ вѣсъ p дается на квадратный метръ мостоваго полотна, считая за ширину моста — ширину экипажнаго проѣзда и тротуаровъ.

4) Разсматривая существующіе висячіе мосты можно придти къ заключенію, что вѣсъ ихъ получается на кв. метръ полотна:

для пролетовъ отъ	60 до 100 mt.	270 до 210 klg.
"	" " 100 " 135 "	въ среднемъ 200 "
"	" " 200 " 475 "	" 170 "

III. Способъ. Опредѣленіе вѣса фермы на основаніи ея теоретическаго вѣса.

Способъ этотъ заключается въ слѣдующемъ. Сперва опредѣляютъ усилія въ элементахъ фермы отъ временной нагрузки и отъ собственнаго вѣса поперечной конструкціи (проѣзжей части и связей между фермами), каковой вѣсъ долженъ быть точно и окончательно опредѣленъ до расчета фермъ. Имѣя эти усилія опредѣляютъ теоретическіе вѣса Q cadaго отдѣльнаго элемента: для этого опредѣляютъ ихъ теоретическія сѣченія путемъ раздѣленія наибольшаго опредѣленнаго усилія N на основное допускаемое напряжение R (на растяженіе и сжатіе). Такимъ образомъ, обозначая теоретическую длину элемента между центрами узловъ черезъ l , получимъ теоретическій объемъ V элемента.

$$V = \frac{N l}{R}$$

Теоретическій же вѣсъ Q элемента будетъ

$$Q = \gamma V$$

гдѣ γ — вѣсъ куб. единицы желѣза.

Теоретическій вѣсъ всей фермы будетъ ΣQ , а дѣйствительный вѣсъ ея g получится помножая этотъ теоретическій вѣсъ на конструктивный коэффициентъ ψ , т. е.

$$g = \psi \Sigma Q$$

Конструктивный коэффициентъ ψ опредѣляется эмпирически на основаніи подробнаго исчисленія вѣса существующихъ или проектированныхъ фермъ и составляетъ для всей фермы:

для пролетовъ отъ 20 до 55 mt. $\psi = 2,00—1,85$

для пролетовъ свыше 55 mt. $\psi = 1,85—1,75$

На основаніи этого мы рекомендуемъ принимать для малыхъ пролетовъ ψ не $< 1,90$, а для большихъ пролетовъ— $1,80$.

Замѣтимъ еще, что Engesser (Zeit. f. Bauwesen. 1878, стр. 208) опредѣляетъ конструктивный коэффициентъ по формулѣ: $\psi = 1,353 + \frac{150}{G^0}$, гдѣ g_0 —теоретическій вѣсъ 1 п. метра моста въ килограммахъ *).

Если извѣстны конструктивные коэффициенты $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \psi_4$ для верхняго пояса, нижняго пояса, раскосовъ и стоекъ, то лучше опредѣлять теоретическіе вѣса Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 этихъ частей отдѣльно и умножить каждый вѣсъ на соответствующій ему коэффициентъ ψ .

Тогда полный дѣйствительный вѣсъ фермы будетъ

$$g = Q_1\psi_1 + Q_2\psi_2 + Q_3\psi_3 + Q_4\psi_4$$

Относительно конструктивнаго коэффициента ψ замѣтимъ: 1) что онъ зависитъ отъ системы фермы, ея конструкціи и пролета; чѣмъ больше пролетъ, тѣмъ меньше ψ ; 2) что для существующихъ фермъ онъ получается путемъ дѣленія дѣйствительнаго вѣса на теоретическій; 3) что коэффициентъ ψ для всей фермы не равенъ среднему изъ коэффициентовъ для поясовъ, раскосовъ и стоекъ.

Дѣйствительный вѣсъ g фермы превышаетъ теоретическій вѣсъ ΣQ на томъ основаніи, что при опредѣленіи послѣдняго не принимается во вниманіе:

- 1) ослабленіе сѣченій заклепочными отверстиями.
- 2) продольный изгибъ при опредѣленіи сѣченій сжатыхъ частей.
- 3) неизбежный запасъ въ сѣченіяхъ вслѣдствіе невозможности математически точно ихъ подобрать.

*) О конструктивныхъ коэффициентахъ см. также Winkler, „Vorträge über Brückenbau“, IV Heft 1879, стр. 375—377 и Патонъ. „Вѣсъ желѣзныхъ мостовъ“ Киевъ 1905.

- 4) превышеніе дѣйствительной длины составныхъ частей элементовъ надъ теоретической длиной послѣднихъ.
- 5) вѣсъ различныхъ дополнительныхъ частей, необходимыхъ для взаимнаго соединенія элементовъ фермы.
- 6) вѣсъ рѣшетокъ въ составныхъ сѣченіяхъ (трубчатыхъ, двутавровыхъ и др.).
- 7) вѣсъ уголковъ для жесткости листовъ, подверженныхъ коробленію.
- 8) вѣсъ заклепочныхъ головокъ.

Разсматриваемый способъ опредѣленія вѣса главныхъ фермъ можно назвать универсальнымъ; будучи основанъ на расчетныхъ усиліяхъ въ элементахъ фермы онъ применимъ для фермъ всѣхъ пролетовъ и системъ: балочныхъ, консольно-балочныхъ, арочныхъ и всякихъ.

Этотъ способъ отличается большою точностью, ибо позволяетъ учесть величину и невыгоднѣйшее расположеніе нагрузки, допускаемая напряженіе, высоту и очертаніе фермы, систему ея рѣшетки и др. данныя.

IV. Способъ. Опредѣленіе вѣса фермы на основаніи вѣса ея основныхъ элементовъ.

Прежде всего замѣтимъ, что каждая ферма состоитъ изъ основныхъ элементовъ и изъ второстепенныхъ элементовъ. Къ основнымъ элементамъ относятся: пояса, раскосы и стойки; къ второстепеннымъ: стыковыя накладки, рѣшетки для взаимнаго соединенія частей составныхъ сѣченій (двутавровыхъ, трубчатыхъ и др.), узловыя вставки, накладки и прокладки, діафрагмы и прокладки между частями сѣченія, и наконецъ заклепочныя головки.

Разсматриваемый способъ опредѣленія вѣса фермъ заключается въ слѣдующемъ. Когда произведенъ подборъ сѣченія основныхъ элементовъ, то опредѣляется ихъ вѣсъ g , для чего площадь сѣченія brutto каждаго элемента помножается на его теоретическую длину, которая считается между центрами узловъ. Полный дѣйствительный вѣсъ G фермы получится тогда, если этотъ вѣсъ основныхъ элементовъ помножить на строительный коэффициентъ μ , т. е.

$$G = \mu \Sigma g.$$

Строительный коэффициентъ μ опредѣляется эмпирически на основаніи подробнаго исчисленія вѣса существующихъ и проектированныхъ фермъ и составляетъ въ среднемъ для всей фермы 1,30.

Если извѣстны строительные коэффициенты $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$ для верхняго пояса, нижняго пояса, раскосовъ и стоекъ, то лучше опредѣлять вѣса основныхъ элементовъ g_1, g_2, g_3, g_4 отдѣльно и умножать каждый вѣсъ на соответствующій ему коэффициентъ μ .

Тогда полный дѣйствительный вѣсъ G фермы будетъ:

$$G = g_1\mu_1 + g_2\mu_2 + g_3\mu_3 + g_4\mu_4.$$

Однако особенной надобности въ этомъ нѣтъ, ибо разсматриваемый способъ опредѣленія вѣса фермъ имѣетъ мало значенія для ихъ расчета;

онъ имѣть главнымъ образомъ значеніе для предварительныхъ расцѣночныхъ вѣдомостей, давая возможность опредѣлить полный вѣсъ фермъ до составленія детальныхъ чертежей, пользуясь результатами только расчета. Поэтому представляется вполне достаточнымъ принять для всей фермы одинъ общій строительный коэффициентъ $\mu = 1,30$.

Указанія относительно пользованія указанными способами опредѣленія вѣса главныхъ фермъ.

Если вѣсъ главныхъ фермъ требуется опредѣлить для предварительныхъ расцѣночныхъ вѣдомостей то слѣдуетъ пользоваться I и II способами; если же этотъ вѣсъ необходимъ для опредѣленія усилій въ элементахъ фермы, то рекомендуется примѣнять исключительно III способъ, какъ наиболее точный; IV способомъ приходится пользоваться весьма рѣдко и при томъ только для предварительныхъ расцѣночныхъ вѣдомостей.

б) Временная нагрузка.

Временная нагрузка для расчета мостовъ подъ обыкновенныя дороги принимается или въ видѣ сплошной равномерно распределенной нагрузки отъ толпы людей, или въ видѣ сосредоточенной нагрузки фуръ, или въ видѣ совокупности толпы людей и фуръ; въ послѣднемъ случаѣ мѣсто, занятое запряжкой, обыкновенно не заполняется толпою людей; около фуръ послѣдняя придвигается до самаго кузова.

Для проектированія шоссеиныхъ мостовъ даны нѣкоторыя указанія нашимъ М-вомъ Путей Сообщенія о временной нагрузкѣ (Цирк. Управл. Внут. Вод. Путей и Шосс. дорогъ 30 мая 1906 г. № $\frac{4729}{125}$), а для проектированія прочихъ мостовъ указаній нѣтъ, но практика выработала у насъ нѣкоторыя общія нормы, при чемъ по отношенію къ городскимъ мостамъ представляютъ интересъ выработанныя въ 1905 г. „Техническія условія для повѣрки напряженій существующихъ и расчета новыхъ городскихъ мостовъ въ С.-Петербургѣ“.

А. Пѣшеходные и скотогонные мосты.

При расчетѣ пѣшеходныхъ мостовъ балочной, арочной и висячей системы за временную нагрузку принимаютъ сплошную нагрузку отъ толпы людей $350\text{—}500 \frac{\text{klg}}{\text{m}^2}$ какъ у насъ, такъ и за границей, но чаще всего встрѣчается $400 \frac{\text{klg}}{\text{m}^2}$, каковая нагрузка представляется вполне достаточной. Однако для расчета пѣшеходныхъ мостовъ въ С.-Петербургѣ установлена нагрузка отъ толпы людей въ $530 \frac{\text{klg}}{\text{m}^2}$. При расчетѣ пѣшеходныхъ

канатныхъ (висячихъ) мостовъ временная нагрузка обыкновенно принимается $300 \frac{\text{klg}}{\square \text{ mt}}$.

Что касается скотопрогонныхъ мостовъ, то для ихъ расчета принимается временная нагрузка въ $400 \frac{\text{klg}}{\square \text{ mt}}$.

В. Шоссейные мосты на дорогахъ безъ тяжелаго грузоваго движенія (на глухихъ и малопроѣздныхъ шоссе).

(Мосты металлическіе и деревянные).

1) для расчета частей тротуаровъ принимается сплошная нагрузка отъ толпы людей въ $530 \frac{\text{klg}}{\square \text{ mt}}$, что составляетъ $3 \frac{\text{п д.}}{\square \text{ ф т}}$ и соответствуетъ вѣсу 7 людей. (Въ Германіи принимается 500 klg, а иногда даже 400 klg).

Если одежду полотна тротуара составляетъ досчатый настилъ, то доски его рассчитываются на сосредоточенный грузъ въ 160 klg., что соответствуетъ вѣсу человѣка съ тяжелой ношей.

2) для расчета частей экипажнаго проѣзда принимается невыгоднѣйшая изъ двухъ комбинацій нагрузокъ:

а) сплошной толпой людей въ $530 \frac{\text{klg}}{\square \text{ mt}}$

б) одной или двумя средними фурами вѣсомъ 8,2 тп. (500 пд.) для желѣзныхъ мостовъ и одной или двумя легкими фурами вѣсомъ 5 тп. (300 пд.) для деревянныхъ мостовъ и въ свободныхъ мостахъ толпой людей въ $440 \frac{\text{klg}}{\square \text{ mt}}$ (согласно цирк. Упр. Внут. Вод. путей и шосс. дорогъ 30 мая 1906 г. № $\frac{4729}{125}$).

Размѣры этихъ фуръ слѣдующія (рис. 1 и 2).

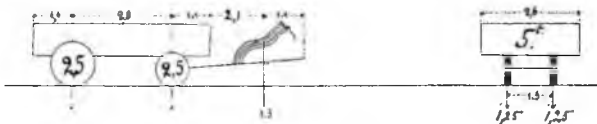


Рис. 1.

Для легкихъ фуръ взаимное разстояніе ихъ въ направленіи движенія—3,4 mt., а разстояніе между краями двухъ продольныхъ рядовъ фуръ (величина зазора)—0,2 mt.; для среднихъ фуръ эти разстоянія составляютъ соответственно—6,6 mt. и 0,2 mt.

3) для расчета главныхъ фермъ принимается нагрузка въ зависимости отъ величины пролетовъ (согласно цирк. Упр. Вн. Вод. путей и шосс. дорогъ 30 мая 1906 г. № $\frac{4729}{125}$). При пролетахъ свыше 20 mt.

тротуары и экипажный проѣздъ загружаются сплошной толпой людей въ $440 \frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$, что составляетъ 2.5 $\frac{\text{пд.}}{\square \text{ фут.}}$. При пролетахъ же менѣе 20 mt. разсматриваются три комбинаціи нагрузокъ:

а) тротуары и экипажный проѣздъ загружаются толпой людей въ $440 \frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$.

б) экипажный проѣздъ загружается однимъ или двумя рядами среднихъ фуръ для желѣзныхъ мостовъ и однимъ или двумя рядами легкихъ фуръ для деревянныхъ мостовъ, и въ свободныхъ мѣстахъ толпой людей въ $440 \frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$, каковой нагрузкой загружаются и тротуары.

в) экипажный проѣздъ загружается только паровымъ каткомъ (безъ толпы людей), а тротуары толпой людей въ $440 \frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$.

Изъ этихъ трехъ комбинацій принимается невыгоднѣйшая.

4) для расчета перилъ принимается равномерно распределенная нагрузка $40 \frac{\text{klg}}{\text{пог. mt.}}$ (см. дальше).

С. Городскіе мосты и шоссеиные мосты на дорогахъ съ тяжелымъ грузовымъ движеніемъ вблизи городовъ и промышленныхъ центровъ.

(Металлическіе и деревянные).

1) для расчета частей тротуаровъ принимается сплошная нагрузка отъ толпы людей въ 530 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$ (въ Германіи принимается 500 klg, а иногда даже 400 klg).

Если одежду полотна тротуара составляетъ досчатый настилъ, то доски его рассчитываются на сосредоточенный грузъ въ 160 klg., что соответствуетъ вѣсу человѣка съ тяжелой ношей.

2) для расчета частей экипажнаго проѣзда принимается невыгоднѣйшая изъ трехъ комбинаціи нагрузокъ:

а) сплошной толпой въ 530 $\frac{\text{kg}}{\square \text{ mt.}}$ (это установлено для городскихъ мостовъ въ С.-Петербургѣ).

б) одной или двумя средними форами вѣсомъ 8,2tn (500 пд.) для шоссеиныхъ мостовъ (согласно цирку. Упр. Вн. Вод. Путей и Шосс. дорогъ 30 Мая 1906 г. № $\frac{4729}{125}$) и 10tn (610 пд.) для город-

скихъ мостовъ, а въ свободныхъ мѣстахъ толпой людей въ $440 \frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$ (это установлено для городскихъ мостовъ въ С.-Петербургѣ).

Размѣры фуры вѣсомъ 8,2тп указаны на рис. 2, а размѣры фуры вѣсомъ 10тп на рис. 3 *).

Разстояніе между краями двухъ продольныхъ рядовъ фуръ (величина зазора) принимается въ 0,3мт.

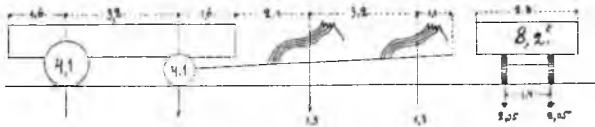


Рис. 2.

с) каткомъ, или вагонами трамвая, или артиллерійскимъ орудіемъ, въ зависимости отъ мѣстныхъ условий. При этомъ при расчетѣ съ катками (конными или паровыми) предполагается лишь одинъ катокъ, остальное же свободное пространство провѣзной части не загру-

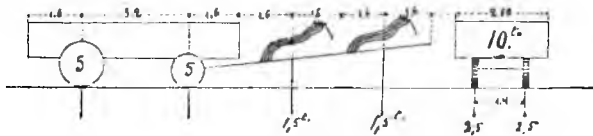


Рис. 3.

жается ни толпой людей, ни фурами (согласно цирк. Упр. Вн. Вод. Путей и Шосс. дорогъ 30 Мая 1906 г. № $\frac{4729}{125}$). Катки не принимаются въ расчетъ для такихъ мостовъ, хотя бы на оживленныхъ и важныхъ шоссе, которые по конструкціи своей могутъ быть просто и легко укрѣплены на короткое время для прохода пароваго катка (согласно того же циркуляра).

а) Ковный катокъ,

При употребленіи гранитнаго щебня наивыгоднѣйшимъ давленіемъ ненагруженнаго катка является 4—5тп, и полностью нагруженнаго катка 8—9тп на пог. метръ ширины цилиндра его; ширина цилиндра въ большинствѣ случаевъ бываетъ 1,3тп (варьируетъ между 1 и 1,5мт), такъ что наибольшее давленіе на ось катка составляетъ 10,4—11,7тп. Обыкновенно ограничиваются величиной 10,4тп.

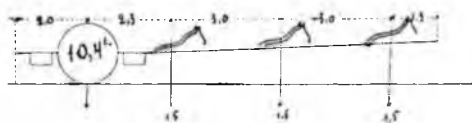


Рис. 4.

Запряжка располагается какъ показано на рис. 4.

*) Такая фура въ 10тп установлена для городскихъ мостовъ въ С.-Петербургѣ съ среднимъ грузовымъ движеніемъ и принимается здѣсь безъ запряжки.

При расчетѣ шоссейнаго моста черезъ Зүшу въ Зарѣчьѣ (1906 г.) конный катокъ принять ненагруженнымъ, вѣсомъ въ 5tn при ширинѣ катка 1,30mt, при чемъ запряжка принята изъ двухъ лошадей.

3) Паровой катокъ.

Вѣсъ паровыхъ катковъ колеблется въ предѣлахъ отъ 6 до 25tn, по наиболѣе практикуемымъ въ Россіи является вѣсъ отъ 11,5 до 15tn (700—900 пудовъ). Размѣры этихъ катковъ указаны на рис. 5 (согласно шпрк. Упр. Вн. Вод. Пуг. и Шосс. дорогъ 30 Мая 1906 г. № $\frac{4729}{125}$).

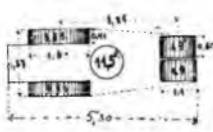


Рис. 5 I.



Рис. 5 II

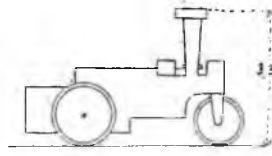


Рис. 5 III.

Иногда расчетъ ведется на катокъ вѣсомъ 11,5tn, а на катокъ вѣсомъ 15tn производится только повѣрка, при этомъ допускается перенапряжение до 25%. Катокъ вѣсомъ 11,5tn принять при расчетѣ, напримѣръ, моста чер. Руссановскій протокъ Днѣпра въ Кіевѣ (1905 г.), моста чер. Нѣманъ въ Гроднѣ (1906 г.) и др.

Иногда принимаютъ въ расчетъ катки и большаго вѣса; такъ напримѣръ, при расчетѣ Петинскаго путепровода чер. пути ст. Харьковъ—Товарный (1905 г.) принять катокъ вѣсомъ 16tn.; при расчетѣ путепровода для Калужскаго шоссе на Московской Окружной ж. дорогѣ (1904 г.)—катокъ вѣсомъ 20tn. Въ виду сего сообщаемъ размѣры такихъ катковъ (рис. 6).

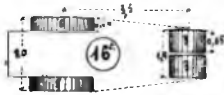


Рис. 6 I



Рис. 6 II.

Замѣтимъ здѣсь, что въ Австріи (Цирк. М-ва Вн. Д. 16 Марта 1906 г.) принимается для расчета мостовъ I класса катки вѣсомъ 18tn., а для мостовъ II класса—вѣсомъ 14t. Въ Италіи для расчета шоссейныхъ мостовъ принимаются катки вѣсомъ 17,5tn. (Jorini. Teoria e Pratica della costruzione dei ponti, 1905. стр. 41). Въ Германіи принимаются чаще всего катки вѣсомъ 20tn (м. чер. Неккаръ въ Канштадтѣ 1893 г., м. чер. Рейнъ въ Боннѣ 1898 г. и др.), а иногда 21,8tn (м. чер. Рейнъ въ Вормсѣ 1899 г.), 23tn (м. чер. Шпрее въ Oberschöneweide бл. Берлина. 1905) и даже 25tn (м. чер. Фульду въ Касселѣ 1906)*).

γ) Вагонъ конно-железной дороги.

Груженный вагонъ конно-железной дороги вѣсить въ среднемъ 8tn и имѣеть размѣры, указанные на рис. 7.

*) Въ Баваріи вѣсъ катка принимается въ 20tn (дирк. 1 сент. 1905).

Ширина колеи конно-железной дороги составляет обыкновенно 1,524mt (5 футов), так что расстояние между осями рельсов составит 1,56mt. Величина междунутья бывает 1,52—1,83—2,13mt. (5', 6' и 7'), но чаще всего 1,52mt.

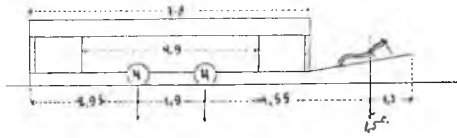


Рис. 7.

б) Вагонъ электрическаго трамвая.

Моторный вагонъ электрическаго трамвая о двухъ осяхъ вѣситъ въ нагруженомъ состояннн 16tn и имѣетъ размѣры, указанные на рис. 8.

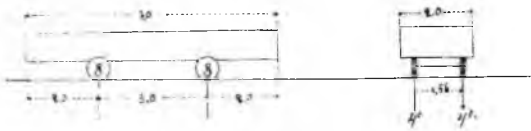


Рис. 8.

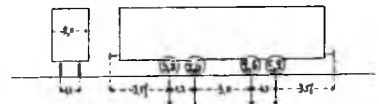


Рис. 9.

При расчетѣ „Herrenbrücke“ въ Любекѣ (1906 г.) принято четырехъ-осный вагонъ вѣсомъ 15,6 tn размѣрами согласно рис. 9.

в) Артиллерійское орудіе.

Артиллерійское орудіе можно принимать размѣровъ, указанныхъ на рис. 10.

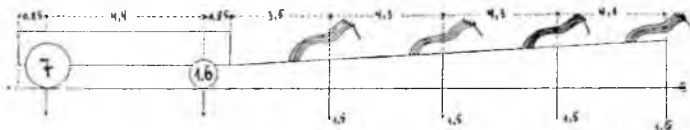


Рис. 10.

Если такое орудіе тянуть люди, то къ нему привязывается 6 канатовъ, у каждого каната тянуть по 150 человекъ, разставленныхъ въ шахматномъ порядкѣ въ разстояннн 0,60—0,70mt другъ отъ друга (рис. 11).

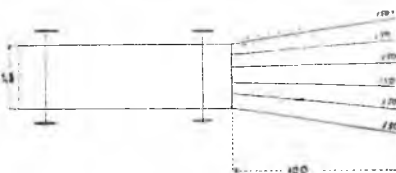


Рис. 11.

Это орудіе принято при расчетѣ „Третьяго“ моста чер. Вислу въ Варшавѣ (строится). При расчетѣ строящагося нынѣ моста чер. Вислу у кр. Ново-Георгіевскъ принято самое тяжелое современное крѣпостное орудіе вѣсомъ въ 9,6tn. съ давленіемъ на оси по 4,75tn., при разстояннн между ними въ 2,44mt., ширина хода ступка лафета составляетъ 1,52mt.

Иногда, смотря по мѣстнымъ обстоятельствамъ, вмѣсто среднихъ фуръ.

катковъ, вагоновъ трамвая и пр., расчетъ ведется только на одну тяжелую фуру вѣсомъ 18tn., 20tn. или 22tn. (обыкновенно безъ запряжки), располагая со всѣхъ сторонъ ея сплошную толпу въ $440 \frac{\text{klg}}{\text{mt.}}$ (рис. 12, 13 и 14).

Фура вѣсомъ 18tn. принята, напримѣръ, при расчетѣ путепровода для Калужскаго шоссе на Московской Окружной ж. дорогѣ; фура вѣсомъ 20tn. принята въ конкурсныхъ проектахъ для Дворцоваго и Охтенскаго мостовъ въ Петербургѣ, а равно при расчетѣ нынѣ строящагося городского моста („Третьяго“) въ Варшавѣ. Что касается фуры вѣсомъ 22t. то такая въ настоящее время установлена для расчета городскихъ мостовъ въ С.-Петербургѣ съ тяжелымъ грузовымъ движеніемъ.

Въ слѣдующей таблицѣ приведены свѣдѣнія о вѣсѣ фуръ, которыя были приняты при расчетѣ нѣкоторыхъ новѣйшихъ мостовъ въ Россіи:

Названіе моста.	Вѣсъ фуры
„Третій“ м. чер. Вислу въ Варшавѣ (строится)	1 ф. 20 ^{tn} . и 1 ф. 10 ^{tn} .
М. чер. Волховъ въ Новгородѣ (1899 г.)	2 ф. 8,2 ^{tn}
М. чер. Волгу Въ Твери (1900 г.)	1 ф. 10 ^{tn}
М. чер. Руссановскій пр. Днѣпра въ Кіевѣ (1905 г.)	2 ф. 8,2 ^{tn} и катокъ 11,4 ^{tn}
М. чер. Нѣманъ въ Гроднѣ (строится)	1 ф. 8,2 ^{tn} и катокъ 11,4 ^{tn}
Путепроводъ на ст. Иркутскъ (1903 г.)	1 ф. 8,2 ^{tn}
Пятницкій путепроводъ на ст. Смоленскъ	1 ф. 8,2 ^{tn}
Путепроводъ на ст. Брестъ	1 ф. 8,2 ^{tn}
Петинскій путепроводъ на ст. Харьковъ-Товарный	1 ф. 8,2 ^{tn}
Путепроводъ для Калужскаго шоссе на Московско-Окружной ж. д.	1 ф. 18 ^{tn}

3) для расчета главныхъ фермъ принимается нагрузка въ зависмости отъ величины пролетовъ (согл. цирку. Упр. Вн. Вод. Пут. и Шосс. дорогъ 30 Мая 1906 г. № $\frac{4729}{125}$). При пролетахъ свыше 20mt. троллеи и экипажный проѣздъ загружаются сплошной толпой людей въ

440 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$ *). При пролетахъ же меньше 20mt. разсматриваются для городскихъ мостовъ двѣ комбинаціи нагрузокъ:

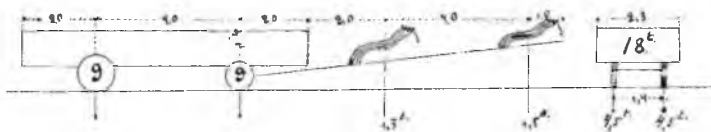


Рис. 12.

а) тротуары и экипажный проѣздъ загружаются толпой людей въ 440 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$

б) экипажный проѣздъ загружается по серединѣ пролета одной тяжелой фурой въсомъ въ 18tn. или 20tn. (или вагономъ трамвая или



Рис. 13

артиллерійскимъ орудіемъ), по бокамъ одной (иногда и двумя, если позволяетъ ширина моста) средней фурой въсомъ въ 8,2tn. или 10tn., а въ свободныхъ мѣстахъ толпой людей въ 440 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$, каковой на-

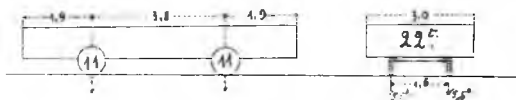


Рис. 14.

грузкой загружаются и тротуары (разстояніе между краями продольныхъ рядовъ фуръ—0,3mt.).

а для шоссеиныхъ мостовъ три комбинаціи:

а) тротуары и экипажный проѣздъ загружаются толпой людей въ 440 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$

б) экипажный проѣздъ загружается однимъ или двумя рядами среднихъ фуръ, какъ для желѣзныхъ мостовъ такъ и для деревянныхъ, и въ свободныхъ мѣстахъ толпой людей въ 440 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$, каковой на-

*) Нагрузка отъ толпы людей для расчета главныхъ фермъ принимается: а) въ Германіи: 350—400 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$; б) во Франціи—400 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$; в) въ Австріи: для дорогъ I класса—460 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$, для дорогъ II класса—400 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$ для дорогъ III класса 340 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$; д) въ Италіи: 300—400 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$

грузкой загружаются и тротуары (разстояніе между краями продольных рядовъ фуръ—0,2mt).

с) экипажный проѣздъ загружается только паровымъ каткомъ (безъ толпы людей), а тротуары толпой людей въ $440 \frac{\text{kgl.}}{\square \text{ mt.}}$.

Изъ этихъ комбинацій принимается невыгоднѣйшая.

4) для расчета перилъ рекомендуемъ принимать равномерно распределенную нагрузку отъ давленія людей въ $75 \frac{\text{kgl.}}{\text{пог. mt.}}$ установленную для расчета городскихъ мостовъ въ С.-Петербургѣ.

Замѣтимъ здѣсь, что Winkler принимаетъ эту нагрузку равной $40 \frac{\text{kgl.}}{\text{пог. mt.}}$.

Häselser: $50 - 70 \frac{\text{kgl.}}{\text{пог. mt.}}$, Пяж. Соловьевъ (мостъ чер. Волховъ)— $67 \frac{\text{kgl.}}{\text{пог. mt.}}$, Steiner— $70 \frac{\text{kgl.}}{\text{пог. mt.}}$; наконецъ въ Австріи она принимается— $40 \frac{\text{kgl.}}{\text{пог. mt.}}$ (цирк. 28 августа 1904 г. и 16 марта 1906 г.), а въ Баваріи— $100 \frac{\text{kgl.}}{\text{пог. mt.}}$ (цирк. 1 сент. 1905 г.)

Мы считаемъ нагрузку въ $40 \frac{\text{kgl.}}{\text{пог. mt.}}$ достаточной только для обыкновенныхъ шоссеиныхъ мостовъ, что нами выше и указано. Укажемъ еще что при расчетѣ мостовъ чер. Фульду въ Кассель (1906) нагрузка на перила принята въ $80 \frac{\text{kgl.}}{\text{пог. mt.}}$, а при расчетѣ мостовъ чер. Elbe—Trave—Kanal (1900) и моста Treskow въ Obershüneweide бл. Берлина (1905)—даже въ $100 \frac{\text{kgl.}}{\text{пог. mt.}}$; послѣднее представляется по нашему мнѣнію преувеличеннымъ.

Д. Мосты на грунтовыхъ дорогахъ. (Деревянные).

Для расчета деревянныхъ мостовъ на грунтовыхъ дорогахъ принимается фура вѣсомъ въ 5tn. (300 пд.) указанныхъ на рис. 1 размѣровъ.

Нагрузка отъ толпы людей принимается: для расчета фермъ— $440 \frac{\text{kgl.}}{\square \text{ mt.}}$, а для расчета проѣзжей части— $530 \frac{\text{kgl.}}{\square \text{ mt.}}$.

Замѣтимъ еще, что въ Баваріи для мостовъ на грунтовыхъ дорогахъ принимается фура вѣсомъ 4tn (безъ лошадей) и одновременно толпа людей въ $360 \frac{\text{kgl.}}{\square \text{ mt.}}$.

с) Нагрузка отъ снѣга.

При расчетѣ мостовъ подъ обыкновенную дорогу иногда (очень рѣдко) принимаютъ во вниманіе нагрузку отъ снѣга. Въ этомъ случаѣ достаточно принять въ расчетъ вѣсъ слоя плотно-слежавшагося снѣга толщиной въ 15ct.; принимая вѣсъ 1 кв. метра плотнослежавшагося снѣга въ 500kgl.,

получимъ нагрузку отъ снѣга въ $75 \frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$; при расчетѣ виадука „Hacker brücke“ чер. жел. дор. пути въ Мюнхенѣ вѣсь снѣга былъ принятъ въ $74 \frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$

d). Вертикальные удары.

Вертикальные удары отъ движенія по мосту зависятъ отъ состоянія мостоваго полотна, отъ скорости движенія и пр. и не подлежатъ точному расчету; они покрываются уменьшеніемъ коэффициента допускаемаго напряженія.

Нѣкоторые (Gerber, Winkler) предлагаютъ допускать различные коэффициенты напряженій для усилій отъ постоянной и подвижной нагрузокъ.

Болѣе распространенный способъ оцѣнивать вліяніе подвижной нагрузки это сравненіе ея съ постоянной нагрузкой различными коэффициентами (ударными), а именно усилія отъ подвижной нагрузки умножаются на эти коэффициенты и прибавляются къ усиліямъ отъ постоянной нагрузки, при чемъ принимается общій коэффициентъ напряженія.

Ударные коэффициенты α принимаются различные. Для мостовъ подъ обыкновенныя дороги ихъ приписываютъ:

Weyrauch — $\alpha = 1,2$ (для жел. дор. мостовъ 1,25)

Winkler — $\alpha = 1,2$ (для жел. дор. мостовъ 1,3)

Gerber — $\alpha = 1,5$ (тоже и для жел. дор. мостовъ)

Инж. Соловьевъ — $\alpha = 1,75 - 0,002 \lambda$, гдѣ λ — выраженная въ метрахъ длина загруженной части, при общемъ допускаемомъ напряженіи

$$R_0 = 11 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m}}$$

Проф. Николай — $\alpha = 1,50 - 0,002 \lambda$ при $R_0 = 10 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m}}$ или $\alpha = 1,80$

при $R_0 = 12 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m}}$ *) (тоже и для жел. дор. мостовъ).

Инж. Соловьевъ (м. чер. Волховъ въ Новгородѣ) применяетъ ударный коэффициентъ $\alpha = 1,75 - 0,002 \lambda$ какъ для расчета проѣзжей части, такъ и для расчета главныхъ фермъ: въ первомъ случаѣ онъ получается, само собой разумѣется, больше, что вполнѣ правильно, ибо вліяніе ударовъ подвижной нагрузки на проѣзжую часть и на главные фермы неодинаково. Укажемъ еще, что при расчетѣ конкурсныхъ проектов моста чер.

*) Проф. Николай это выводитъ изъ сравненія съ формулой допускаемаго напряженія при статическомъ расчетѣ, указанной нашимъ М-вомъ Пут. Сообщ., а именно: $R = (6,75 + 0,021) \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m}}$. Въ настоящее время предложено въ этой формулѣ 6,75 замѣнить на 7,50, такъ что данныя Пр. Николай должны нѣсколько измениться.

Рейнъ въ Рурортѣ (1904 г.) были приняты ударные коэффициенты: 1,4 для проѣзжей части и 1,2 для главныхъ фермъ.

Для расчета городскихъ мостовъ въ С.-Петербургѣ въ настоящее время принимается $\alpha = 1 + \frac{75}{100 + \lambda}$, гдѣ λ означаетъ то же, что и выше.

§ 2. Горизонтальныя нагрузки (давленіе вѣтра).

а. Величина давленія вѣтра.

Давленіе W на квадратную единицу поверхности при скорости v выражается формулой:

$$W = A v^2$$

гдѣ A при единицахъ метръ и килограммъ равно 0,12. Для расчета мостовъ скорость вѣтра принимается въ предѣлахъ 34—48 mt., что соотвѣтствуетъ давленію вѣтра въ 139—276 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$

Повѣрка устойчивости и прочности мостовъ на вѣтеръ производится при двухъ предположеніяхъ: 1) что на мостъ дѣйствуетъ самый сильный вѣтеръ, при которомъ движеніе по мосту не происходитъ (временная нагрузка отсутствуетъ) и 2) что на мостъ дѣйствуетъ наиболѣе сильный вѣтеръ, при которомъ движеніе по мосту еще возможно (временная нагрузка присутствуетъ). Нашимъ М-вомъ Путей Сообщенія установлены въ 1884 г. для желѣзнодорожныхъ мостовъ слѣдующія нормы для давленія вѣтра („Сводъ распоряженій М-ва П. С. по службѣ пути жел. дорогъ IV Отд. Гл. I § 8): при расположеніи на мосту временной нагрузки—132 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$, что

соотвѣтствуетъ $\frac{3}{4}$ $\frac{\text{пд.}}{\square \text{ фт.}}$, а при отсутствіи на мосту временной нагрузки—

235 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$, что соотвѣтствуетъ $1\frac{1}{3}$ $\frac{\text{пд.}}{\square \text{ фт.}}$

Эти нормы примѣняются обыкновенно и къ мостамъ подь обыкновенныя дороги *); однако для городскихъ мостовъ въ С.-Петербургѣ установлены въ настоящее время давленія вѣтра: 150 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$ —при нахожденіи на мосту временной нагрузки, и 250 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ mt.}}$ —при отсутствіи на мосту таковой нагрузки.

Въ слѣдующей таблицѣ приведены нормы для давленія вѣтра, установленныя въ другихъ государствахъ:

*) Въ журналѣ Инженернаго совѣта № 91 отъ 1897 г. есть указаніе, что эти нормы слѣдуетъ примѣнять при расчетѣ деревянныхъ мостовъ подь обыкновенную вѣду.

	Давленіе въ $\frac{\text{klm}}{\text{mt}}$		Примѣчаніе.
	при врем. нагр.	безъ врем. нагр.	
Пруссія (цирк. по каз. ж. д. 1 мая 1903).	150	250	Это нормы Winkler'a.
Австрія (цирк. 28 авг. 1904 г. и цирк. 16 марта 1906 г.).	170	270	
Франція (цирк. 29 авг. 1891 г.).	170	270	Это нормы Nördling'a и Fresnel'a.
Англія (1881).	274	—	Эта норма установлена послѣ крушенія моста чер. Тау въ Шотландіи (1879).
Швейцарія (цирк. 19 авг. 1892 г.).	100	150	Низкія нормы объясняются мѣстными условіями (гористой мѣстностью).
Саксонія (1895).	150	250	
Италія.	150	250	
Баварія (цирк. 1 сент. 1905).	150 *)	300	Это нормы Gerber'a.

Замѣтимъ здѣсь, что во Франціи и въ Швейцаріи опредѣленіе успліи отъ вѣтра при загруженномъ мостѣ требуется только для желѣзнодорожныхъ мостовъ.

Направленіе вѣтра при расчетахъ мостовъ принимается горизонтальнымъ.

в. Расчетныя боковыя поверхности.

Сплошныя фермы.

За расчетную боковую поверхность, подвергающуюся дѣйствию вѣтра, въ сплошныхъ фермахъ съ вѣдою по ивазу принимается обыкновенно сплошная поверхность передней фермы, при чемъ давленіемъ вѣтра на заднюю ферму обыкновенно пренебрегаютъ. Проф. Куницкій предлагаетъ въ этихъ случаяхъ вводить въ расчетъ давленіе вѣтра на заднюю ферму и принимать боковую поверхность главныхъ фермъ со сплошной стѣнкой, подверженную дѣйствию вѣтра, равной боковой поверхности передней фермы, встрѣчаемой вѣтромъ HL (гдѣ H —высота фермы, а L —расчетный пролетъ), сложенной съ частью боковой поверхности задней фермы: μHL , гдѣ коэффициентъ μ опредѣляется въ зависимости отъ разстоянія „а“ между фермами по слѣдующей таблицѣ:

$\frac{a}{H}$	0—1	1—1.5	1.5—2	2—3	3—4
μ	0	0.25	0.40	0.60	0.80

*) Для пѣшеходныхъ мостовъ только 75 $\frac{\text{klg}}{\text{mt}}$.

Въ случаѣ ѣзды по верху, когда главныя фермы покрыты мостовымъ полотномъ, за расчетную боковую поверхность, подвергающуюся дѣйствию вѣтра, принимается всегда лишь поверхность передней фермы.

Winkler даетъ для сплошныхъ фермъ слѣдующее выраженіе для расчетной боковой поверхности F , подверженной дѣйствию вѣтра, на пог. единицу пролета

$$F = h + 0,18 (n-1) a$$

гдѣ h —высота пролетнаго строенія (при ѣздѣ по низу это—высота фермъ, а при ѣздѣ по верху это—высота фермы + высота проѣзжей части)

a —разстояніе между фермами

n —число фермъ.

Сквозныя фермы.

Въ сквозныхъ фермахъ за расчетную боковую поверхность ихъ, подверженную дѣйствию вѣтра, принимается дѣйствительная поверхность передней фермы, сложенная съ частью боковой поверхности задней фермы, ибо вѣтеръ часто дѣйствуетъ косо или наклонно.

Для подверженной дѣйствию вѣтра поверхности двухъ фермъ одного пролета нашимъ М-вомъ Путей Сообщенія („Сводъ распоряженій М-ва П. С. по Службѣ Пути жел. дорогъ“ IV От. Гл. I § 8) указаны слѣдующія приблизительныя нормы:

$$F = 0,60 \Omega \text{ для рѣшетчатыхъ фермъ.}$$

$$F = 0,50 \Omega \text{ для раскосныхъ фермъ.}$$

гдѣ Ω —силовая площадь, ограниченная наружнымъ очертаніемъ одной фермы. При этомъ предполагается, что желѣзное строеніе проѣзжей части помѣщается между фермами.

Эти нормы были указаны М-вомъ въ 1884 г., когда мостовыя фермы проектировались съ небольшою высотой (до $\frac{1}{8} l$) и съ панелями длиною до 4 mt.: для такихъ фермъ ихъ можно считать пригодными. Для фермъ-же, проектируемыхъ въ настоящее время высотой до $\frac{1}{6} l$ и съ панелями до 7—8 mt., эти нормы являются нѣсколько преувеличенными. Для такихъ фермъ раскосной и треугольной системы можно смѣло принять $F = 0,40 \Omega$.

Проф. Куяницкій предлагаетъ вычислять подверженную дѣйствию вѣтра боковую поверхность пролетнаго строенія со сквозными фермами слѣдующимъ образомъ: а) для передней фермы принимать дѣйствительную боковую поверхность поясовъ и ея рѣшетки, б) для задней фермы принимать уменьшенную боковую поверхность поясовъ и рѣшетки, при чемъ коэффициентъ уменьшенія опредѣлять въ зависимости какъ отъ отношенія площади пустотъ въ рѣшеткѣ къ общей площади, ограниченной наружнымъ очертаніемъ фермы, такъ и въ зависимости отъ разстоянія „а“ между фермами по слѣдующей таблицѣ.

а Н.	Отношеніе площади пустотъ въ рѣшеткѣ къ общей площади.			
	до 0,40	0,40—0,60	0,60—0,80	болѣе 0,80
	Числа, на которыя нужно помножить дѣйствительную боковую поверхность задней фермы для полученія площади, на которую дѣйствуетъ вѣтеръ.			
до 1	0,20	0,40	0,80	1
1—1,50	0,40	0,60	0,85	1
1,50—2	0,50	0,65	0,90	1
2—3	0,70	0,80	0,90	1
3—4	0,80	0,90	1	1
болѣе 4	1	1	1	1

При этомъ предполагается, что желѣзное строеніе проѣзжей части помещается между фермами.

Winkler даетъ для пролетнаго строенія со сквозными фермами слѣдующее выраженіе для расчетной боковой поверхности фермъ F , подверженной дѣйствію вѣтра, на пог. метръ пролета.

$$F = 0,32 + 0,48 h. \square \text{ mt.}$$

гдѣ h —высота фермы. При этомъ объ фермы предполагаются передвинутыми одна относительно другой. При трехъ фермахъ площадь, подвергающаяся дѣйствію вѣтра, увеличивается на 25 0/0, а при четырехъ фермахъ—на 40 0/0 сравнительно съ площадью при двухъ фермахъ.

Во Франціи, а за послѣднее время и въ Германіи, за расчетную боковую поверхность F сквозныхъ фермъ, подвергающуюся дѣйствію вѣтра, принимаютъ дѣйствительную поверхность первой фермы Ω_{netto} съ прибавленіемъ дѣйствительной поверхности второй фермы, умноженной на отношеніе поверхности netto къ поверхности brutto въ первой фермѣ, т. е.

$$F = \Omega_n + \left(\frac{\Omega_{br.} - \Omega_n}{\Omega_{br.}} \right) \Omega_n = \left(2 - \frac{\Omega_n}{\Omega_{br.}} \right) \Omega_n.$$

Если напримѣръ, $\frac{\Omega_n}{\Omega_{br.}}$ составляетъ 0,20, то F получаемъ = 0,36 Ω_{netto} .

Поверхность слѣдующихъ фермъ (третьей, четвертой) не принимается въ расчетъ.

Въ Швейцаріи площадь F , при расположеніи ѣзды по-верху, рассчитывается по слѣд форм.: $F = (F'_g - F''_m) + (F''_g - F'''_m) \frac{F'_m}{F'_g} + (F''''_g - F''''_m) \frac{F'_m}{F'_g} \cdot \frac{F''_m}{F'_g}$ гдѣ $F'_g, F''_g, F'''_g, \dots$ полныя по наружному контуру площади фермъ первой второй, третьей, $F'_m, F''_m, F'''_m, \dots$ площади просвѣтовъ тѣхъ же фермъ.

Эта формула нынѣ принимается при расчетѣ городскихъ мостовъ въ С.-Петербургѣ.

Наконецъ въ Австріи (цирк. 28 авг. 1904 г. и 16 мая 1906 г.) за площадь, подверженную дѣйствию вѣтра, при незагруженномъ мосту принимается вся площадь первой фермы и часть площади второй; если отношеніе свободныхъ поверхностей фермы къ площади очертанія всей фермы составляетъ 0.4, 0.6, 0.8, то эта часть соответственно равна 0.2, 0.4, 1.0 площади второй фермы.

Проѣзжая часть.

Если строеніе проѣзжей части прикрывается сплошными фермами или поясами сквозныхъ фермъ, то оно не принимается въ расчетъ при опредѣленіи боковой поверхности, подверженной дѣйствию вѣтра. Если же оно расположено надъ поясами фермъ, то слѣдуетъ принять въ расчетъ всю его сплошную боковую поверхность. Если же оно частью прикрыто поясомъ фермы, то принимается въ расчетъ боковой поверхности только та полоса, которая не покрывается поясомъ. При отсутствіи на мосту временной нагрузки слѣдуетъ принимать также въ расчетъ боковой поверхности, подвергающейся дѣйствию вѣтра, и боковую поверхность периль, высота которыхъ, считая отъ поверхности тротуара, бываетъ отъ 1 mt. до 1,2 mt. (въ Австріи наименьшая высота периль установлена въ 1,1 mt.). При этомъ за расчетную боковую поверхность периль достаточно принимать 10 % отъ полной поверхности для легкихъ желѣзныхъ периль и 40—80 % для фундаментальныхъ чугунныхъ периль, смотря по роду заполнения.

Подвижная (временная) нагрузка.

При нахожденіи на мосту подвижной (временной) нагрузки (фуры или толпы людей) къ боковой поверхности, исчисленной для главныхъ фермъ и проѣзжей части, прибавляется еще поверхность этой нагрузки, не прикрытая передней фермой.

Поверхность подвижной нагрузки принимается въ видѣ сплошнаго прямоугольника, примыкающаго непосредственно къ полотну моста.

Высота такого прямоугольника, замѣняющаго собою фуры, принимается въ Австріи (цирк. 28 авг. 1904 г. и 16 марта 1906 г.) и Саксоніи (цирк. апрѣль 1895 г.) равной 2 mt. Высота прямоугольника, замѣняющаго толпу людей, принимается равной тоже 2 mt. Въ Баваріи эта высота установлена въ 2,5 mt. (цирк. 1 сент. 1905 г.).

По указаніямъ нашего Инженернаго Совѣта (журналъ № 91 отъ 1897 г. высота подвижной нагрузки должна приниматься въ 1 саж., т. е. 2,13 mt

Эта послѣдняя величина принята въ расчетъ моста чер. Волховъ въ Новгородѣ (1899 г.), „Третьяго“ моста чер. Вислу въ Варшавѣ (строится) и Дворцоваго и Охтенскаго мостовъ въ С. Петербургѣ (конк. проекты).

Проф. Патонъ въ расчетахъ мостовъ чер. Зушу въ Шейнѣ (1903 г.) и въ Зарѣчьи (1906 г.) принималъ высоту прямоугольника, замѣняющаго собою подвижную нагрузку, равной 2 mt.; эта же величина 2 mt. принята нами въ расчетъ моста чер. Нѣмапъ въ Гроднѣ (строится), моста чер. Вислу у кр. Ново-Георгіевскъ (строится), путепровода на 227 в. Варшаво-Калишской жел. дор. (1902 г.) и др. Для расчета городскихъ мостовъ въ С.-Петербургѣ установлена (1905 г.) эта высота въ 3 mt. Winkler принимаетъ высоту прямоугольника, замѣняющаго собою подвижную нагрузку, равной 3,2 mt. какъ для желѣзнодорожныхъ мостовъ, такъ и для мостовъ подъ обыкновенныя дороги; для послѣднихъ величина эта представляется преувеличенной и потому она даже въ Германіи не принимается, а принимается или 2 mt. (напр. Herrenbrücke въ Любекѣ. 1906 г.) или maximum 2,5 mt. (напр. м чер. Фульдъ въ Касселѣ 19—06 г., Treskow Brücke чер. Шпрее бл. Берлина 1905 г., шосс. м. чер. Рейнъ между Рурпортъ и Гомбергъ 1904, и др.) Мы полагаемъ, что совершенно достаточно принимать высоту прямоугольника, замѣняющаго собой подвижную нагрузку, равной 2 mt.

с. Распределеніе давленія вѣтра.

1) Мосты съ ѣздою по верху.

Въ мостахъ съ ѣздою по верху устраиваются обыкновенно верхнія и нижнія горизонтальныя связи, а также пролетныя и опорныя вертикальныя связи.

У насъ обыкновенно принимаютъ (что, какъ указано ниже, ошибочно), что давленіе вѣтра передается только связямъ, причемъ что оно распределяется между послѣдними слѣдующимъ образомъ:

Верхнія горизонтальныя связи рассчитываются.

а) на давленіе вѣтра на половину расчетной поверхности обѣихъ фермъ.

б) на давленіе вѣтра на проезжую часть, не прикрытую верхнимъ поясомъ.

γ) на $\frac{2}{3}$ давленія вѣтра на подвижную нагрузку.

Нижнія горизонтальныя связи рассчитываются:

а) на давленіе вѣтра на половину расчетной поверхности обѣихъ фермъ.

б) на $\frac{2}{3}$ давленія вѣтра на подвижную нагрузку.

Пролетныя вертикальныя связи передаютъ отъ верхнихъ горизонтальныхъ связей на нижнія исключительно $\frac{2}{3}$ давленія вѣтра на подвижную нагрузку, находящуюся въ предѣлахъ одной панели (слѣдовательно

при равенствѣ панелей нагрузка всѣхъ пролетныхъ вертикальныхъ связей одна и та-же).

Опорныя вертикальныя связи, передающія на опоры нагрузку отъ верхнихъ горизонтальныхъ связей, рассчитываются на наибольшее опорное давленіе этихъ связей.

Указанное, обыкновенно принимаемое, распределеніе на верхнія и нижнія горизонтальныя связи по $\frac{2}{3}$ давленія вѣтра на подвижную нагрузку установлено пашимъ М-вомъ Путей Сообщенія въ 1884 г. для желѣзнодорожныхъ мостовъ („Сводъ распоряженій М-ва Ш. С. по службѣ Пути жел. дорогъ“ IV отд. Гл. I § 8.), при чемъ въ виду статической неопредѣленности конструкции предписывается принимать на каждыя связи не $\frac{1}{2}$, а $\frac{1}{3}$ давленія вѣтра на подвижную нагрузку. Такое вообще распределеніе давленія вѣтра на подвижную нагрузку поровну между верхними и нижними связями является безусловно не правильнымъ. Неправильность заключается въ томъ, что сила, представляющая давленіе вѣтра на подвижную нагрузку, переносится параллельно самой себѣ въ плоскость, лежащую въ серединѣ между плоскостями верхнихъ и нижнихъ связей, безъ прибавленія пары силъ соответствующей величины, другими словами, не принимается во вниманіе моментъ крученія, являющійся вслѣдствіе эксцентрическаго дѣйствія этого давленія.

Равнымъ образомъ является неправильнымъ и отнесеніе давленія вѣтра на проѣзжую часть къ однимъ верхнимъ связямъ. Эта погрѣшность, впрочемъ, служитъ въ пользу прочности верхнихъ связей и нѣсколько исправляетъ ошибку, происходящую отъ неправильнаго распределенія давленія вѣтра на подвижную нагрузку.

Инженеръ Зотиковъ *) изслѣдовалъ вліяніе вышеуказаннаго момента крученія на напряженія въ частяхъ верхняго строенія съ прямыми параллельными поясами, при различныхъ типахъ расположенія связей, и вывелъ формулы для вычисленія нагрузокъ, передающихся на связи и главные фермы отъ дѣйствія эксцентрическихъ силъ, принявъ во вниманіе сложное сопротивленіе верхняго строенія сгибанію и крученію.

Приводимъ здѣсь только формулы, введенныя для рассматриваемаго нами типа расположенія связей, т. е. когда горизонтальныя связи находятся въ плоскости верхнихъ и нижнихъ поясовъ, а вертикальныя связи и на опорахъ и въ пролетѣ; пусть будутъ (рис. 15):

K , P и p —давленія вѣтра на единицу длины подвижной нагрузки, главныхъ фермъ и выступающей изъ за поясовъ поверхности проѣзжей части;

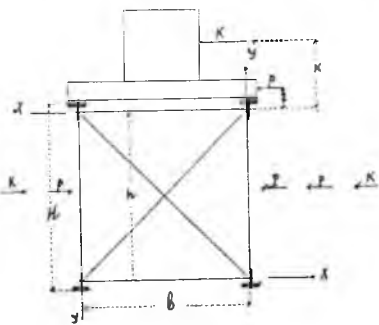


Рис. 15.

*) Е. Зотиковъ. Къ теоріи вѣтровыхъ связей въ мостахъ съ ѣздой по верху съ прямыми параллельными поясами. С.-Петербургъ. 1900 г.

R и r — вертикальныя разстоянія точекъ приложенія силъ K и p отъ центра тяжести сѣченія верхняго пояса;

h — теоретическая высота фермъ, т. е. разстояніе между ц. т. сѣченій поясовъ;

b — разстояніе между осями главныхъ фермъ

Давленіе P , направленіе котораго проходитъ черезъ ось верхняго строенія, производитъ только изгибъ его, т. е. такую деформацію, при которой прогибы верхней и нижней фермъ связей будутъ имѣть одинаковую величину. Силы же K и p , какъ эксцентричныя, приводятся къ силамъ K и p , дѣйствующимъ на верхнее строеніе центрально, слѣдовательно, также сгибающимъ его, и къ парамъ силъ $K-K$ и $p-p$ съ плечами

$$R + \frac{h}{2} \text{ и } r + \frac{h}{2}.$$

Центральныя силы P , K и p распределяются поровну между верхнею и нижнею фермами и поэтому нагрузка каждой изъ этихъ фермъ отъ дѣйствія сгибающихъ силъ будетъ:

$$W_0 = \frac{P+p+K}{2}$$

Пары силъ $K-K$ и $p-p$ производятъ скручиваніе верхняго строенія. Скручивающія силы приводятся къ четыремъ по парно равнымъ сгибающимъ силамъ, изъ которыхъ каждая дѣйствуетъ въ плоскости одной изъ четырехъ фермъ, составляющихъ верхнее строеніе. Силы Y , Y дѣйствуютъ на вертикальныя фермы: одна на правую ферму вверхъ, а другая на лѣвую ферму внизъ. Величина Y представляетъ такимъ образомъ перегрузку одной фермы насчетъ другой. Горизонтальныя же силы X , X дѣйствуютъ на горизонтальныя фермы. Сила, дѣйствующая на верхнюю ферму направлена въ сторону дѣйствія вѣтра, а дѣйствующая на нижнюю ферму направлена въ сторону противоположную.

Величина этихъ силъ слѣдующая:

$$X = \frac{p}{4} + \frac{pr}{2h} + \frac{K}{4} + \frac{KR}{2h}.$$

$$Y = \left(\frac{p}{4} + \frac{pr}{2h} + \frac{K}{4} + \frac{KR}{2h} \right) \frac{h}{b}.$$

Если теперь къ давленію W_0 , которое передается въ направленіи вѣтра на каждую изъ горизонтальныхъ фермъ отъ дѣйствія центральныхъ силъ P , p и K , присоединить силы X , X , зависящія отъ паръ силъ $K-K$ и $p-p$, принявъ во вниманіе направленіе этихъ силъ, то получимъ, что отъ совокупнаго дѣйствія сгибающихъ и скручивающихъ силъ горизонтальныхъ фермы связей подвергаются слѣдующимъ давленіемъ W на единицу длины въ направленіи дѣйствія вѣтра:

$$\begin{array}{l} \text{верхняя ферма} \dots \dots \dots W = W_0 + X \\ \text{нижняя ферма} \dots \dots \dots W_1 = W_0 - X \end{array}$$

а подставляя сюда значенія для W_0 и X получимъ по приведеніи:

$$W = \frac{P}{2} + \frac{3}{4} p + \frac{pr}{2h} + \frac{3}{4} K + \frac{KR}{2h}.$$

$$W_1 = \frac{P}{2} + \frac{p}{4} - \frac{pr}{2h} + \frac{K}{4} - \frac{KR}{2h}.$$

Формулы эти даютъ неодинаковыя величины для нагрузокъ верхнихъ и нижнихъ связей и такимъ образомъ находятся въ противорѣчій съ формулами, обыкновенно употребляемыми у насъ при расчетѣ связей.

Укажемъ теперь, что вышеприведенная формула, дающая величину давленій Y , передающихся отъ дѣйствія вѣтра на вертикальныя фермы, примѣнима лишь для расчета усилій въ частяхъ рѣшетки вертикальныхъ фермъ, а формулы, опредѣляющія нагрузку W и W_1 горизонтальныхъ фермъ, примѣнимы лишь для расчета связей ей. Что касается поясовъ то, такъ какъ они принадлежатъ и вертикальнымъ и горизонтальнымъ фермамъ, усилія въ нихъ зависятъ лишь отъ силъ, дѣйствующихъ въ плоскостяхъ тѣхъ и другихъ фермъ, отъ дѣйствія же нарѣ сплъ $K-K$ и $p-p$ въ поясахъ не возбуждается никакихъ напряженій. Такимъ образомъ усилія въ поясахъ отъ дѣйствія вѣтра имѣютъ такую величину, какъ если бы на каждую изъ горизонтальныхъ фермъ передавалась половина давленія вѣтра на фермы, проезжую часть и подвижную нагрузку, а вертикальныя фермы не подвергались отъ дѣйствія вѣтра никакой нагрузкѣ.

Переходимъ теперь къ опорнымъ стойкамъ и пролетнымъ вертикальнымъ связямъ.

Дѣйствіе вѣтра на опорныя стойки выражается тѣмъ, что одна стойка перегружается на счетъ другой. Эта перегрузка зависитъ отъ передачи на верхнюю оконечность опорной рамы горизонтальнаго давленія отъ верхней горизонтальной фермы и, кромѣ того, отъ перегрузки y вертикальной фермы. Находимъ:

$$V_0 = \frac{0,5 WL^1 h}{b} + 0,5 YL^1$$

гдѣ L^1 —полная длина фермы.

Вставляя сюда вмѣсто W и Y ихъ величины, указанныя выше, получимъ по приведеніи

$$V_0 = \left\{ \frac{P}{4} + \frac{p}{2} + \frac{pr}{2h} + \frac{K}{2} + \frac{KR}{2h} \right\} \frac{L^1 h}{b}.$$

Роль пролетныхъ вертикальныхъ связей заключается въ передачѣ на нижнія связи части давленія, производимаго вѣтромъ на проезжую часть и подвижную нагрузку (давленіе P , производимое вѣтромъ на фермы, не оказываетъ никакого вліянія на напряженіе пролетныхъ вертикальныхъ связей).

Изъ формулы, дающей величину давленія W_1 на нижнія связи, видно,

что отъ дѣйствія давленій p и K передается на нижнія связи слѣдующая нагрузка на единицу длины (при $P = 0$):

$$W_1 p + x = \frac{P}{4} - \frac{pr}{2h} + \frac{K}{4} - \frac{KR}{2h}.$$

Если вертикальныя связи состоятъ въ каждомъ узлѣ изъ одной діагонали или, что все равно, если сопротивленіемъ другой пренебрегаютъ, то усиліе въ этой діагонали, на основаніи предыдущаго уравненія будетъ:

$$D = \left(\frac{p}{4} - \frac{pr}{2h} + \frac{K}{4} - \frac{KR}{2h} \right) d \sec \alpha$$

гдѣ d —длина панели, а α —уголъ, образуемый осью діагонали съ горизонтомъ.

Слѣдовательно при равенствѣ длины панелей усилія всѣхъ пролетныхъ вертикальныхъ связей будутъ одинаковыя.

Въ заключеніе проанализируемъ формулы, дающія величины W_1 и D . Изъ формулы для W_1 видно, что W_1 обращается въ 0, если $h = \frac{2(pr + KR)}{2P + p + K}$, при этомъ по формулѣ для W получимъ, что $W = P + p + K$. Слѣдовательно при величинѣ $h = \frac{2(pr + KR)}{2P + p + K}$ все давленіе вѣтра на фермы, проѣзжую часть и подвижную нагрузку передается на однѣ верхнія связи, а нижнія связи совершенно не работаютъ, т. е. они являются излишними.

При величинѣ $h < \frac{2(pr + KR)}{2P + p + K}$, W_1 становится отрицательнымъ, т. е. на нижнія связи передается давленіе, направленное въ сторону противоположную дѣйствию вѣтра, а нагрузка верхнихъ связей дѣлается больше суммы $P + p + K$. Въ этомъ случаѣ нижнія связи вредны, ибо ведутъ къ увеличенію напряженія верхнихъ связей (вмѣсто предполагаемаго уменьшенія его).

Далѣе формула для усилія D въ діагонали пролетныхъ вертикальныхъ связей показываетъ, что при данномъ направленіи вѣтра усиліе въ діагонали можетъ быть положительнымъ или отрицательнымъ въ зависимости отъ высоты фермы, т. е. отъ высоты фермы зависитъ растягивается ли діагональ или сжимается.

Диагональ растягивается при $h > \frac{2(KR + pr)}{p + K}$, и сжимается при $h < \frac{2(KR + pr)}{p + K}$; при $h = \frac{2(KR + pr)}{p + K}$ усиліе діагонали = 0, т. е. при этой высотѣ фермъ пролетныя вертикальныя связи теоретически являются излишними и поперечныя сѣченія верхняго строенія сохраняютъ свою прямоугольную форму и безъ ихъ помощи.

Приведенныя изслѣдованія Инж. Зотикова желательно принимать во вниманіе при расчетахъ верхнихъ строеній мостовъ съ ѣздою по верху и съ прямыми параллельными поясами.

2) Закрытые мосты съ ѣздою по низу.

Въ закрытыхъ мостахъ съ ѣздою по низу устраиваются обыкновенно верхнія и нижнія горизонтальныя связи, а равно пролетныя и опорныя вертикальныя рамы. Распределение давленія вѣтра между этими связями принимается обыкновенно слѣдующее:

Верхнія горизонтальныя связи рассчитываются на давленіе вѣтра на половину расчетной поверхности обѣихъ фермъ.

Нижнія горизонтальныя связи рассчитываются

а) на давленіе вѣтра на половину расчетной поверхности обѣихъ фермъ;

б) на давленіе вѣтра на проезжую часть, если она не прикрыта нижнимъ поясомъ;

в) на давленіе вѣтра на всю подвижную нагрузку.

3) Открытые мосты съ ѣздою по низу.

Въ этихъ мостахъ отсутствуютъ верхнія горизонтальныя, а также и вертикальныя связи. Въ виду сего нижнія связи рассчитываются на давленіе вѣтра на всѣ исчисленныя боковыя поверхности фермъ, проезжей части и подвижной нагрузки.

§ 3. Вліяніе температуры.

Вліяніе температуры при расчетѣ балочныхъ мостовъ разсматривается только по отношенію къ движенію опорныхъ точекъ верхняго строенія, а при расчетѣ арочныхъ и висячихъ мостовъ и по отношенію къ напряженіямъ въ частяхъ фермъ. При неравномѣрномъ дѣйствіи температуры (въ солнечную погоду), когда одніе части верхняго строенія подвержены непосредственному вліянію лучей солнца, а другія защищены проезжей частью или другими выступающими частями, опорныя точки испытываютъ линейное перемѣщеніе и вращеніе, при чемъ послѣднее происходитъ отъ того, что верхнее строеніе испытываетъ изгибъ (если послѣдній происходитъ вверхъ, то опорныя точки верхняго строенія перемѣщаются не въ наружу, а во внутрь). При равномѣрномъ дѣйствіи температуры (въ пасмурную погоду) на всѣ части моста опорныя точки верхняго строенія испытываютъ только линейное перемѣщеніе. Хотя случай равномѣрнаго дѣйствія температуры на всѣ части моста весьма рѣдокъ, однако, для простоты расчета, онъ только и принимается во вниманіе при расчетѣ мостовъ. Въ этомъ случаѣ линейное перемѣщеніе подвижной опоры вдоль фермы выражается слѣдующимъ образомъ $\Delta = \alpha t l$,

гдѣ α —коэффициентъ линейнаго расширенія матеріала фермы при измѣненіи температуры на 1°C .

t —амплитуда колебаній температуры.

l —расчетный пролетъ фермы въ метрахъ.

Коэффициенты расширения α при изменении температуры на 1°C слѣдующіе:

для сварочнаго желѣза	0,0000123
„ литога желѣза	0,0000108
„ чугуна	0,0000111
„ закаленной стали	0,0000124
„ незакаленной стали	0,0000108

Амплитуда колебаній температуры t принимается, сообразуясь съ мѣстностью, для которой проектируется мостъ. Въ общемъ у насъ принимается $t = 60^\circ - 80^\circ\text{C}$. (напримѣръ, при расчетѣ моста чер. Нѣманъ на Запѣманскихъ жел. дорогахъ (1899 г.) и моста чер. Бузанъ на Астраханской ж. д. (1905 г.) принято $t = 80^\circ$, при расчетѣ моста чер. Зап. Двину на Бологое—Полоцкой жел. дорогѣ (1904 г.) и арочнаго моста чер. Москву на Моск. Окр. ж. д. (1904 г.) принято $t = 60^\circ$).

Принимая эти значенія для t получимъ слѣдующія расширенія αt на пог. метръ конструкціи изъ литога желѣза:

при $t = 60^\circ$	$\alpha t = 0,648\text{m/m}$
„ $t = 70^\circ$	$\alpha t = 0,756$ „
„ $t = 80^\circ$	$\alpha t = 0,864$ „

Укажемъ еще, что на прусскихъ каз. жел. дорогахъ предп. М-ва Публичныхъ работъ отъ 1 Мая 1903 г. предложено принимать $t = 70^\circ\text{C}$., имѣя въ виду низшую температуру -25°C и высшую $+45^\circ\text{C}$; тѣ же нормы установлены и въ Австріи предп. М-ва жел. дорогъ 28 Авг. 1904 и М-ва Вн. Дѣлъ 16 Мар. 1906.

Häseleer считаетъ достаточнымъ принять $t = 60^\circ\text{C}$., считая низшую температуру -25°C ., а высшую $+35^\circ\text{C}$. Эта величина t установлена въ Баваріи (цирк. 1 сент. 1905 г.).

Обращаемъ вниманіе, что при разсматриваніи вліянія температуры на верхне строеніе моста нѣтъ надобности принимать въ расчетъ самую высокую наблюдаемую въ мѣстности, для которой строится мостъ, температуру, а достаточно ограничиться нѣсколько нисшей температурой, ибо трудно предположить, что всѣ части моста одновременно нагрѣются до этой самой высокой температуры.

В. Допускаемая напряженія.

Допускаемая напряженія мы приводимъ для наиболѣе употребительныхъ въ мостахъ матеріаловъ, при этомъ считаемъ излишнимъ приводить напряженіе для сварочнаго желѣза, изъ котораго въ настоящее время верхнія строенія мостовъ болѣе не изготовляются. Укажемъ только, что допускаемая напряженія для верхнихъ строеній желѣзнодорожныхъ мостовъ изъ сварочнаго желѣза приведены въ I гл. IV Отдѣла „Свода распоряженій М-ва П. С. по службѣ Пути жел. дорогъ“.

Въ общемъ замѣтимъ, что допускаемыя напряженія для сварочнаго желѣза могутъ быть принимаемы въ среднемъ на 10% меньше соотвѣтственныхъ напряженій для литого желѣза. (цирк. Прусскаго М-ва Публ. раб. 1 Мая 1903 г.).

§ 1. Литое желѣзо.

Установленныхъ М-вомъ Путей Сообщенія или М-вомъ Ви. Дѣлъ допускаемыхъ коэффициентовъ напряженій литого желѣза для верхнихъ строеній мостовъ подь обыкновенныя дороги не существуетъ. Мы же рекомендуемъ принимать нижеслѣдующія напряженія, причемъ допускаемыя напряженія для скалыванія въ сплошныхъ стѣнкахъ и для заклепокъ беремъ въ соотношеніяхъ къ основному напряженію на растяженіе и сжатіе, выработанныхъ въ 1896 г. Мостовой Комиссіей при Инженерномъ Совѣтѣ.

1) для проѣзжей части (экипажный проѣздъ и тротуары) и для подвѣсокъ и стоекъ, служащихъ исключительно для поддержанія проѣзжей части:

На растяженіе и сжатіе въ клепанныхъ продольныхъ и поперечныхъ балкахъ, въ подвѣскахъ и стойкахъ **) $R = 800 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$ *).

То-же въ прокатныхъ балочкахъ $R = 700 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$

На скалываніе стѣнки, какъ въ клепанныхъ, такъ и прокатныхъ балкахъ $R_1 = 0,75 R = \begin{cases} 600 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}} & \text{— кл. б.} \\ 525 & \text{„ — пр. б.} \end{cases}$

На косое нормальное напряженіе $R = \begin{cases} 800 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}} & \text{— кл. б.} \\ 700 & \text{„ — пр. б.} \end{cases}$

На смятіе стѣнки (по Герберу) . . . $R_n = 2R^{***}) = \begin{cases} 1600 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}} & \text{— кл. б.} \\ 1400 & \text{„ — пр. б.} \end{cases}$

*) Для желѣзнодорожныхъ мостовъ это напряженіе установлено въ $750 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$ Прик. М-ра Пут. Сообщ. 20 Іюля 1906 г. № 112), а для желѣзнодорожнаго моста чер. Волгу въ Казани М-во П. С. разрѣшило въ 1905 г. допустить въ шарнирныхъ поперечныхъ балкахъ напряженіе даже $800 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$ Эта послѣдняя норма, по нашему мнѣнію, и должна быть примѣняема для проѣзжей части мостовъ подь обыкновенную дорогу.

**) Въ стойкахъ это напряженіе уменьшается въ виду продольнаго изгиба.

***) По Швейцарскимъ даннымъ $R_n = 3 R$; въ Америкѣ же нынѣ принимается $R_n = 1,5 R$. Наконецъ по послѣднимъ австрійскимъ предписаніямъ (Цирк. М-ва Ви. Д. 16 Мар. 1906 г.). R_n принимается $= 1600 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$, а по прусскимъ предписаніямъ (Цирк. М-ва Публ. раб. 1 Мая 1903)— $R_n = 2R_n$.

На растяжение и сжатие въ нижнемъ настиль полотна (настиль изъ цилиндрическаго, лотковаго и волнистаго желѣза, изъ желѣза Зоре и Вотерена, а также клепаный волнистый настиль) $R = 700 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ст.}}$

Замѣтимъ здѣсь, что въ тротуарахъ основное напряженіе R можно, строго говоря, принимать на 100 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ ст.}}$ больше, нежели въ экипажномъ проѣздѣ, однако, чаще оно принимается то же, что и въ экипажномъ проѣздѣ.

2) для главныхъ фермъ сквозныхъ:

а) основное напряженіе для растянутыхъ частей R_0 можно принять $= 12 \frac{\text{klg}}{\square \text{ м/м}}$, при чемъ при дѣйствіи одной вертикальной нагрузки сѣченія частей опредѣляются по формулѣ *).

$$\omega = \frac{N_p + \alpha N_k}{R_0} \quad (2)$$

гдѣ N_p —усиліе въ данной части отъ собственнаго вѣса строенія

N_k —усиліе отъ временной нагрузки

α —коэффициентъ приведенія временной нагрузки къ постоянной, который, при $R_0 = 12 \frac{\text{klg}}{\square \text{ м/м}}$, достаточно принять, по нашему мнѣнію, $= 1,50$.

R_0 —основное допускаемое напряженіе на растяженіе.

При совмѣстномъ дѣйствіи вертикальной нагрузки и вѣтра сѣченія поясовъ опредѣляются по формулѣ

$$\omega = \frac{N_p + \alpha N_k + 0,4W}{R_0} \quad (3)$$

гдѣ W —усиліе отъ дѣйствія вѣтра.

Приводимъ данныя о принятыхъ коэффициентахъ α и напряженіяхъ R_0 для нѣкоторыхъ городскихъ мостовъ въ Россіи и заграницей, рассчитанныхъ по способу приведенныхъ усилій.

*) Формулу допускаемаго напряженія вида $R = \alpha + \beta I$, преподанную нашимъ М-вомъ П. С. для желѣзнодорожныхъ мостовъ, подъ обыкновенныя дороги не рекомендуемъ примѣнять; примѣненіе ея вообще приводитъ къ результатамъ неоднороднымъ и неодинаковой достовѣрности; кромѣ того въ случаѣ неразрывныхъ фермъ, консольно—балочныхъ, арочныхъ и висячихъ примѣненіе ея становится затруднительнымъ и спорнымъ, ибо неизвѣстно, что считать за I . (См. статью пр. Николая „Объ опредѣленіи величины допускаемаго напряженія для различныхъ элементовъ мостовой фермы въ зависимости отъ величины пролета и системы фермы“. Журн. М-ва П. С. 1903 г. кн. VII).

Годъ оконча- нiя по- стройки	Названiе рѣки и мѣста.	Принятые.	
		α	$R_0 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m}^2}$
1900	Чер. Волховъ въ Новгородѣ.	1,75-0,002 [*]	11,0
1905	Чер. Руссановскiй пр. Днѣпра въ Кiевѣ	1,65	12,0
строится	Чер. Куру въ Тифлисѣ	1,85	12,0
"	Чер. Нѣманъ въ Гроднѣ	1,65	12,0
"	Чер. Вислу въ Варшавѣ („Третiй“ м.)	1,65	12,0
Конкурсн. проекты (1902)	Чер. Неву въ С.-Петербургѣ (Дворцовый и Охтен- скiй мосты.)	1,65	12,0
1899	Чер. Эюдеръ-Эльбу въ Гарбургѣ	1,50	17,0
1899	Чер. Рейнъ въ Вормсѣ	1,50	17,50
конкурсн. проекты (1895)	Чер. Рейнъ въ Боннѣ	1,80	15,15
" 1904	Чер. Рейнъ въ Рурортѣ	1,20	11,50

Замѣтимъ еще, что для расчета городскихъ мостовъ въ С.-Петербурѣ установлено (1905 г.) принимать:

$$\alpha = 1 + \frac{75}{100 + \lambda},$$

гдѣ λ —выраженная въ метрахъ длина загруженной части. При этомъ R_0 принимается:

а) при расчетѣ на дѣйствiе одной вертик. нагрузки— $12 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m}^2}$

в) при расчетѣ на дѣйствiе вертик. нагрузки и измѣненiя температуры отъ -40° до $+40^\circ$ Цельсия— $13 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m}^2}$

с) при расчетѣ на дѣйствiе вертикальныхъ силъ и горизонтальнаго давленiя вѣтра— $13 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m}^2}$

д) при расчетѣ на дѣйствiе вертикальной нагрузки, горизонтальнаго давленiя вѣтра и измѣненiя температуры отъ -40° до $+40^\circ$ Цельсия— $14 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m}^2}$

б) для сжатыхъ частей, подвергающихся продольному изгибу, сѣченiя опредѣляются по тѣмъ же формуламъ (α) и (β), но только основное

^{*}) λ —выраженная въ метрахъ длина загруженной части.

напряжение уменьшается въ зависимости отъ отношенія свободной длины (l) къ наименьшему радиусу инерции ($r = \sqrt{\frac{I}{\omega}}$), определенному для сѣченія brutto. Допускаемые напряжения для скатыхъ частей рекомендуемъ определять по формуламъ проф. Tetmajer'a (Die Gesetze der Knickungsfestigkeit der technisch wichtigsten Baustoffe. Zürich. 1896).

Для литого желѣза съ временнымъ сопротивленіемъ растяженію не выше $40 \frac{\text{klg}}{\text{cm}^2/\text{m}}$ проф. Tetmajer даетъ слѣдующія величины ломающаго напряжения β въ зависимости отъ отношенія $\frac{l}{r}$:

при $\frac{l}{r} < 105$

$$\beta = \left(31,00 - 0,114 \frac{l}{r} \right) \frac{\text{klg}}{\text{cm}^2/\text{m}} \quad (\text{форм. Тетмайера})$$

при $\frac{l}{r} > 105$

$$\beta = 212200 \left(\frac{r}{l} \right)^2 \frac{\text{klg}}{\text{cm}^2/\text{m}} \quad (\text{форм. Эйлера})$$

Наибольшее допускаемое напряжение R, при продольномъ изгибѣ должно быть во столько разъ (n) менѣ ломающаго напряжения (β), во сколько разъ основное прочное сопротивленіе растяженію R_0 менѣ временнаго сопротивления разрыву T, т. е.

$$R = \frac{1}{n} \beta = \frac{R_0}{T} \beta.$$

Слѣдовательно прочность скатой части, полное усиліе которой N, должна быть проверена по формулѣ

$$\frac{N}{\omega_n} < R = \frac{R_0}{T} \beta$$

* На основаніи обработанныхъ по способу наименьшихъ квадратовъ результатовъ опытовъ Тетмайера, Баушингера и Консидера проф. Ясинскій въ 1893 г. предложилъ („Опытъ развитія теоріи продольнаго изгиба“. С.-Петербургъ 1893 г.) нѣсколько иныхъ коэффициенты въ этихъ двухъ формулахъ ломающаго напряжения для литого желѣза, а именно:

при $\frac{l}{r} < 110,1$

$$\beta = \left(33,87 - 0,1483 \frac{l}{r} \right) \frac{\text{klg}}{\text{cm}^2/\text{m}}$$

при $\frac{l}{r} > 110,1$

$$\beta = 212790 \left(\frac{r}{l} \right)^2 \frac{\text{klg}}{\text{cm}^2/\text{m}}$$

Эти формулы сообщаемъ только для сравненія, пользоваться же рекомендуемъ болѣе повѣдными формулами проф. Тетмайера.

отсюда окончательно имѣемъ слѣдующую формулу для повѣрки прочности сжатыхъ частей

$$\frac{T}{\beta} \cdot \frac{N}{\omega_n} < R_0. \quad (7)$$

гдѣ R_0 — основное допускаемое напряженіе растяженію $= 12 \frac{\text{klg}}{\text{cm}^2}$.

За временное сопротивленіе T слѣдуетъ принимать наименьшее допускаемое у насъ временное сопротивленіе для литого желѣза, а именно $37 \frac{\text{klg}}{\text{cm}^2}$ (согласно приказа М-ра П. С. 8 окт. 1905 г. № 133).

Полезныя площади сжатыхъ частей считаются netto; въ вычисленіяхъ же радіусовъ инерціи площади и моменты инерціи считаются, какъ уже выше указано, brutto.

Прямые сжатые пояса открытыхъ мостовъ рекомендуется рассчитывать по способу, предложенному проф. Ясыскимъ („О сопротивленіи продольному изгибу“. 1893 и 1894.).

Не можемъ обойти молчаніемъ, что большинство русскихъ и множество заграничныхъ мостовъ прошла формула Лессля и Шюблера, которая предлагаетъ опредѣлять среднее допускаемое напряженіе R , при продольномъ изгибѣ, умноженіемъ основнаго напряженія R_0 на коэффициентъ

$$\varphi = \frac{1}{1 + \frac{k\omega l^2}{I}}$$

т. е. принимаетъ $R = \varphi R_0$ *).

Въ этой формулѣ ω , I и l — площадь сѣченія, моментъ инерціи, расчетная свободная длина, k — коэффициентъ, опредѣленный на основаніи большаго количества опытовъ съ полосами различныхъ размѣровъ и формъ поперечныхъ сѣченій, и составляющій для желѣза 0,00008. Однако неизвѣстно, какому желѣзу это соответствуетъ: по всему вѣроятію это соответствуетъ сварочному желѣзу, если сообразоваться съ временемъ производства опытовъ; для литого же желѣза k должно быть меньше. Однако у насъ и для литаго желѣза принимается $k = 0,00008$. Формула Лессля и Шюблера примѣняется и въ настоящее время въ Америкѣ, но только для литого желѣза принимается $k = 0,000056$. Этотъ коэффициентъ и можно рекомендовать, если уже пользоваться для литого желѣза формулой Лессля и Шюблера. Кромѣ того въ Америкѣ принимается, что длина сжатаго элемента

*) Формула Лессля и Шюблера иногда пишется въ такомъ видѣ

$$\omega = \frac{N}{R} \left[1 + k \left(\frac{l}{r} \right)^2 \right]$$

въ этомъ видѣ она больше извѣстна подъ формулой Шварца-Ранкина: при этомъ по Шварцу $k = 0,0001$.

сквозной фермы не должна превышать наименьшаго радиуса инерціи болѣе, какъ въ 100 разъ.

Подставляя $\frac{1}{r} = 100$ въ формулу: $\varphi = \frac{1}{1 + 0,000056 \left(\frac{1}{r}\right)^2}$ получимъ,

что по американскому принципу коэффициентъ уменьшенія основнаго напряженія при продольномъ изгибѣ не долженъ быть менѣе 0,64.

Противъ пользованія формулой Лессля и Шюблера слѣдуетъ замѣтить, что коэффициентъ к опредѣленъ изъ опытовъ на раздробленіе, т. е. при такихъ напряженіяхъ матеріала, при которыхъ законы механики, соответствующіе напряженіямъ, не превосходящимъ предѣла упругости, теряютъ свое значеніе. Въ заключеніе замѣтимъ, что, если сравнить для литого жельза результаты формулы Лессля и Шюблера, принимая въ ней американскій коэффициентъ $k = 0,000056$, и новѣйшей формулы Тетмайера, принимая $T = 37 \frac{\text{klg}}{\text{cm m.}}$, то увидимъ, что для $\frac{1}{r} =$ до 105 по формулѣ Лессля и Шюблера получается φ больше на 20–28%, нежели по формулѣ Тетмайера. Хотя такимъ образомъ примѣненіе эмпирической формулы Лессля и Шюблера болѣе выгодно, однако, по нашему мнѣнію, слѣдуетъ отдать предпочтеніе опытамъ и теоретическимъ изслѣдованіямъ послѣдняго времени.

е) для сжато-вытянутыхъ частей сѣченія опредѣляются по тѣмъ же формуламъ (α), (β) и (γ), но только основное допускаемое напряженіе на растяженіе R_m — опредѣляется по формулѣ

$$R_m = \gamma R_0 = \left(1 - \frac{1}{3} \frac{\min N}{\max N}\right) R_0$$

гдѣ $\min N$ и $\max N$ — соответственно представляютъ наименьшее и наибольшее разноименное усиліе, которому подвергается рассматриваемая часть.

Коэффициентъ γ принимается различно; такъ по Вейрауху $\gamma = \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\min N}{\max N}\right)$, въ Америкѣ принимаютъ $\gamma = \left(1 - \frac{1}{3} \frac{\min N}{\max N}\right)$,

въ Швейцаріи — $\gamma = \left(1 - \frac{1}{5} \frac{\min N}{\max N}\right)$. Вопросъ о томъ, какой изъ этихъ коэффициентовъ наиболѣе правиленъ, еще окончательно не рѣшенъ.

Для мостовъ подь обыкновенныя дороги мы рекомендуемъ принимать

$$\gamma = \left(1 - \frac{1}{3} \frac{\min N}{\max N}\right) *).$$

Эта величина γ принята, между прочимъ, при расчетѣ верхнихъ

* Эта же величина γ нынѣ принимается у насъ иногда и при расчетѣ железнодорожныхъ мостовъ (напр. м. чер. Бузанъ на Астраханской ж. д. 1906 г.).

строений слѣд. мостовъ подь обыкновенныя дороги: Дворцоваго и Охтенскаго въ С.-Петербургѣ (конкурсные проекты 1902 г.), чер. Нѣмань въ Гроднѣ (1906 г.), Петинскаго путепровода на ст. Харьковъ-Товарный (1906 г.), моста чер. Зушу въ Зарѣчѣ (1906 г.) и чер. Вислу у Кр. Ново-Георгиевскъ (1907 г.).

Сѣченіе каждой сжато-вытянутой части должно одновременно удовлетворять двумъ условіямъ прочности, а именно:

а) наибольшему вытягивающему усилию $\max - N$, причемъ повѣряется по формулѣ

$$\frac{\max - N}{\omega_n} < R_m.$$

б) наибольшему сжимающему усилию $\max + N$, при чемъ повѣряется по формулѣ

$$\frac{T}{\beta} \cdot \frac{\max + N}{\omega_n} < R_m.$$

Замѣтимъ еще, что въ Америкѣ сѣченія сжато-вытянутыхъ частей исчисляются въ настоящее время такимъ образомъ, что они должны представлять изъ себя сумму сѣченій, потребныхъ въ отдѣльности для каждого изъ усилій обоого рода.

в) для главныхъ фермъ сплошныхъ.

Основное допускаемое напряженіе на растяженіе и сжатіе принимается по формулѣ, выработанной въ 1896 г. Мостовой Комиссіей при Инженерномъ Совѣтѣ, въ основу которой положенъ принципъ, что съ увеличеніемъ пролета коэффициентъ допускаемаго напряженія непрерывно увеличивается, а именно

$$R = \alpha + \beta l$$

гдѣ l — расчетный пролетъ въ метрахъ

β — коэффициентъ = 0,02 при дѣйствіи одной вертикальной нагрузки, и = 0,04 при дѣйствіи вертикальной нагрузки и вѣтра.

Приказомъ М-ра Пут. Сообщ. 8 окт. 1905 г. № 134 предписано для желѣзнодорожныхъ мостовъ, изготовляемыхъ изъ литого желѣза съ наименьшимъ временнымъ сопротивленіемъ разрыву въ $37 \frac{\text{klg}}{\text{cm}^2}$ *), принимать коэффициентъ $\alpha = 7,5 \frac{\text{klg}}{\text{cm}^2}$.

Такимъ образомъ основное допускаемое напряженіе на растяженіе и сжатіе опредѣляется по слѣдующимъ формуламъ:

*) Эта норма обязательна согласно приказа М-ра П. С. 8 окт. 1905 г. № 133.

2) при дѣйстви одной вертикальной нагрузки

$$R = 7,5 + 0,02 l \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m.}}$$

при этомъ R не должно быть болѣе $10,5 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m.}}$

3) при совмѣстномъ дѣйстви вертикальной нагрузки и вѣтра

$$R_0 = 7,5 + 0,04 l \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m.}}$$

при этомъ R_0 не должно быть болѣе $12,5 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m.}}$

Допускаемое напряженіе на скалываніе стѣнки R , принимается $= 0,75 R$, но съ тѣмъ, чтобы косыя нормальныя напряженія были $< R$.

Эти нормы напряженій, установленныя для желѣзнодорожныхъ мостовъ, принимаются у насъ часто и для мостовъ подъ обыкновенныя дороги.

Однако мы полагаемъ, что для послѣднихъ эти нормы должны быть безусловно повышены и должны опредѣляться, по крайней мѣрѣ, по формуламъ:

$$R = 8,0 + 0,02 l \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m.}}, \text{ но не болѣе } 10,5 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m.}}$$

$$R_0 = 8,0 + 0,04 l \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m.}}, \text{ но не болѣе } 12,5 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m.}}$$

Замѣтимъ здѣсь, что въ Австріи (цирк. 28 авг. 1904 г. и 16 марта 1906 г.), хотя меньшій предѣлъ допускаемаго временнаго сопротивленія для литого желѣза установленъ $36 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m.}}$, а не $37 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m.}}$ какъ въ Россіи, допускаемое напряженіе для мостовъ подъ обыкновенную дорогу принимается еще большее а именно:

$$R = 8 + 0,03 l \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m.}}, \text{ но не болѣе } 10,5 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m.}}$$

$$R_0 = 12 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m.}} \text{ (для всѣхъ пролетовъ).}$$

Въ неразрѣзныхъ сплошныхъ фермахъ въ участкахъ съ переменною знака напряженія допускаемое напряженіе уменьшается по формулѣ:

$$R_m = \gamma R = \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{\min M}{\max M} \right) R.$$

Въ заключеніе укажемъ, что подобно тому, какъ расчетъ частей сквозныхъ фермъ ведется по приведеннымъ усиліямъ, можетъ вестись и расчетъ сѣченій сплошныхъ фермъ по приведеннымъ моментамъ, при чемъ сѣченія опредѣляются по формулѣ: $\omega_m = \frac{M_p + \alpha M_k}{R_0}$, гдѣ M_p — моментъ отъ

постоянной нагрузки, M_k — момент от временной нагрузки, α — коэфф. приведения, R_o — основное допускаемое напряжение на изгиб. Данные о R_o и α указаны выше при рассмотрении допускаемых напряжений для сквозных ферм (стр. 47).

4) для главных ферм всячихъ.

Допускаемое напряжение желѣза принимается:

а) въ подвѣсныхъ и удерживающихъ цѣпяхъ

$$\left. \begin{array}{l} \text{при малыхъ пролетахъ} \text{ --- } \frac{1}{5} \\ \text{при большихъ пролетахъ} \text{ --- } \frac{1}{4} \end{array} \right\} \text{временнаго сопротивленія разрыву}$$

$$\text{б) въ подвѣскахъ} \left\{ \begin{array}{l} \text{при малыхъ пролет. --- } \frac{1}{15} \\ \text{при большихъ пролет. --- } \frac{1}{10} \end{array} \right\} \text{времен. сопротив. разрыву}$$

при этомъ наименьшее временное сопротивление разрыву допускается

$$37 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ (согласно приказа М-ра П. С. 8 Окт. 1905 г. № 133).}$$

5) для связей.

Въ горизонтальныхъ и вертикальныхъ связяхъ верхнихъ строеній со сквозными фермами основное допускаемое напряжение на растяжение

$$R'_o \text{ принимается } 11 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}.$$

Въ связяхъ же верхнихъ строеній со сплошными главными фермами допускаемое напряжение на растяжение принимается

$$R'_o = 7,5 + 0,04 l \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}.$$

$$\text{или правильнѣе } R'_o = 8,0 + 0,04 l \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}.$$

Все сказанное въ п. 2 о сжатыхъ и сжато-вытянутыхъ частяхъ главныхъ фермъ относится до такихъ же частей и связей.

6) для заклепочныхъ соединеній.

Заклепки для мостовъ изготовляются изъ сварочнаго или изъ литога желѣза *).

*) Въ Россіи заклепки дѣлаются обыкновенно изъ сварочнаго желѣза во избѣжаніе пережиганія, несмотря на то, что фермы дѣлаются теперь исключительно изъ литога желѣза. Въ Австріи это не рекомендуется, а предписано дѣлать заклепки изъ одинаковаго съ пролетнымъ строениемъ матеріала (цирк. М-ва жел. дор. 28 авг. 1904 г. и М-ва Вн. Д. 16 мар. 1906 г.).

Техническія условія на заклепочное желѣзо установлены нашимъ Министерствомъ Путей Сообщенія одинаковыя какъ для сварочнаго, такъ и для литого желѣза *). Въ виду сего и нормы допускаемыхъ напряженій на перерѣзываніе для заклепокъ, приводимыя ниже, принимаются одни и тѣ-же для обоого рода заклепокъ.

Допускаемыя напряженія на перерѣзываніе слѣдующія:

а) въ проѣзжей части

— въ обыкновенныхъ соединеніяхъ:

— въ прикрѣпленіяхъ балокъ проѣзжей части между собою, къ главнымъ фермамъ, къ подвѣскамъ и стойкамъ, а также въ прикрѣпленіяхъ подвѣсокъ и стоекъ, служащихъ для поддержанія проѣзжей части, къ главнымъ фермамъ:

— въ прикрѣпленіяхъ настила изъ плоскаго, цилиндрическаго, лотковаго желѣза къ ребрамъ проѣзжей части, а равно въ соединеніяхъ клепаннаго волнистаго настила:

600 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ст.}}$

б) въ главныхъ фермахъ сквозныхъ

для вытянутыхъ и сжатыхъ частей— $0,8 R_0$

для сжато-вытянутыхъ частей— $0,8 R_m$ [гдѣ $R_m = \left(1 - \frac{1}{3} \frac{\min N}{\max N}\right) R_0$]

в) въ главныхъ фермахъ сплошныхъ

въ соединеніяхъ— $0,8 (800 + 2 l) \frac{\text{klg}}{\square \text{ст.}}$

д) Въ связяхъ

для вытянутыхъ и сжатыхъ частей

связей верхняго — $0,8 R'_0$

для сжато-вытянутыхъ частей

строенія со сквозными фермами — $0,8 R'_m$

въ связяхъ верхняго строенія со сплошными фермами— $0,8 (800 + 4 l) \frac{\text{klg}}{\square \text{ст.}}$

7) для перилъ.

Въ частяхъ перилъ допускаемое напряженіе на растяженіе и сжатіе слѣдуетъ принимать $10,5 \frac{\text{klg}}{\square \text{m.m.}}$, т. е. наибольшее допускаемое для главныхъ фермъ напряженіе. Такой принципъ установленъ между прочимъ, и въ Австріи (пирк. М-ва Ви. Д. 16 мар. 1906 г.).

*) Техническія условія на заклепочное желѣзо для мостовъ установлены приказомъ М-ра П. С. 3 дек. 1899 г. № 146, при чемъ они дополнены цирку. Управ. жел. дорогъ 11/2 дек. 1901 г. № $\frac{52125}{247}$

§ 2. С т а л ь .

Сталь въ мостовомъ дѣлѣ находятъ главное примѣненіе въ опорныхъ частяхъ, въ шарнирахъ (при чемъ на катки и шарниры идетъ кованная сталь, а на балансиры, подушки и клинья—литая сталь) и въ канатахъ висячихъ мостовъ, а иногда, какъ исключеніе, въ фермахъ арочныхъ мостовъ (напр. м. чер. Миссисипи въ С. Луи 1874, м. Имп. Александра III чер. Сену въ Парижѣ 1900, Вашингтонскій м. чер. Harlem въ Нью-Йоркѣ 1879).

Нормъ допускаемыхъ напряженій въ мостовыхъ опорныхъ частяхъ, утвержденныхъ М-вомъ Путей Сообщенія, не существуетъ. Таковыя рекомендуемъ принимать нижеслѣдующія:

—на растяженіе и сжатіе при изгибѣ въ балансирахъ и подушкахъ 1000 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ ст.}}$

—на смятіе въ цилиндрическихъ шарнирахъ—350 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ ст. діам. сѣч. шарнира.}}$

—на смятіе въ каткахъ 40 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ ст. діам. сѣч. катка.}}$

При расчетѣ опорныхъ частей по формуламъ Герца допускаемое напряжение на смятіе $R\delta$ (въ вершинѣ катковъ и шарнировъ) принимается въ $\frac{\text{klg}}{\square \text{ ст.}}$ *).

Родъ касанія.	Стальное литье.		Кованная сталь (мягкая $G = 3700$).
	мягкое $G = 3000$	твердое $G \geq 3800$	
Свободное касаніе			
цилиндровъ	4000	5000	4900
шаровъ	5800	7300	7100
Плотное касаніе	1500	1900	1800

Для шаровыхъ поверхностей $R\delta = \varnothing 1,92 G$, а для цилиндрическихъ— $R\delta = \varnothing 1,32 G$, гдѣ G —предѣлъ упругости.

Въ слѣдующей таблицѣ указаны напряжения, принятые у насъ въ нѣ которыхъ новѣйшихъ мостахъ, а также напряжения, принимаемая нѣкоторыми нашими профессорами.

*) Е. Патонъ. Желѣзные мосты Т. II.

	Растяженіе и сжатіе при изгибѣ.	Смятіе въ шарнирахъ.	Смятіе въ каткахъ.
М. чер. Сунгари на Восточно-Китайск. ж. д. (1903)	600	178	36
М. чер. Зап. Двину на Бологое-Полоцкой ж. д. (1904 г.)	600	250	30
М. чер. Зап. Бугъ на Съдлецъ-Полоцкой ж. д. (1903 г.)	635	—	30
М. чер. Нѣманъ на Занѣманскихъ ж. д. (1899 г.)	635	165	30
М. чер. Волховъ въ г. Новгородѣ (1899 г.) .	635	—	30
М. чер. Нѣманъ въ г. Гроднѣ (1906 г.) . . .	635	250	30
М. чер. Зушу въ Шейнѣ (1903 г.)	700	—	33
М. чер. Зушу въ Зарѣчѣ (1906 г.)	800	—	40
М. чер. Москву на Моск. Окр. ж. д. (1906 г.)	760	367	—
Для городскихъ мостовъ въ С.-Петербургѣ установлено (1905 г.)	1000	—	40
М. чер. Бузанъ на Астраханской ж. д. (1906 г.)	635	250	35
М. чер. Вислу у кр. Ново-Георгіевскъ (1907 г.)	750	350	30
Пр. Николаи	635—760	250	30
Пр. Кунницкій	600	—	—
Пр. Проскуряковъ	635—760	—	30
Пр. Патонъ	635—760	250—350	30—35

Въ стальныхъ проволочныхъ канатахъ всякихъ мостовъ прочное сопротивление стали принимается:

а) въ подвѣсныхъ и удерживающихъ канатахъ

$$\left. \begin{array}{l} \text{при малыхъ пролетахъ} — \frac{1}{5} \\ \text{при большихъ пролетахъ} — \frac{1}{4} \end{array} \right\} \text{временнаго сопротивленія разрыву}$$

$$\text{в) въ подвѣскахъ} \left\{ \begin{array}{l} \text{при малыхъ пролетахъ} — \frac{1}{15} \\ \text{при большихъ пролетахъ} — \frac{1}{10} \end{array} \right\} \text{временнаго сопротивленія разрыву}$$

При этомъ временное сопротивление стали разрыву должно составлять отъ 120 $\frac{\text{klg}}{\text{m/m}}$ до 150 $\frac{\text{klg}}{\text{m/m}}$

Такъ, напримѣръ, принято временное сопротивление стальной проволоки:

$$1) \text{ въ м. чер. Дунай въ Буда-Пештѣ (1899 г.)} — 140 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m}}$$

2) въ м. Вильямбургскомъ между Бруклиномъ и Нью-Йоркомъ (1903 г.)—

$$140 \frac{\text{klg}}{\square \text{ м/м}}$$

3) въ м. чер. Рову у Жонсъ-Нивроза (1904 г.)—150 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ м/м}}$

4) въ пр. м. чер. Малый Бельтъ (1900)—120 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ м/м}}$

§ 3. Ч у г у н ь.

Чугунъ въ былое время употреблялся въ мостахъ подь обыкновенныя дороги или въ главныхъ фермахъ арочныхъ мостовъ или въ нижнемъ настилѣ мостоваго полотна въ видѣ плитъ (Николаевскій мостъ въ С.-Петербурѣ), или въ мостовой въ видѣ плитъ (Александровскій мостъ въ Варшавѣ). Въ настоящее время онъ находитъ примѣненіе лишь въ опорныхъ частяхъ (и то уже рѣдко), при этомъ, если онъ примѣняется въ балансирующихъ опорныхъ частяхъ, то только въ самыхъ балансирахъ и нижнихъ подушкахъ, а шарниры и катки въ этомъ случаѣ изготовляются изъ стали.

Нормъ допускаемыхъ напряженій въ чугунныхъ мостовыхъ опорныхъ частяхъ, утвержденныхъ М-вомъ Путей Сообщенія, не существуетъ.

Таковыя у насъ обыкновенно принимаются слѣдующія:

на растяженіе	.....	215—250	$\frac{\text{klg}}{\square \text{ ст.}}$
на сжатіе	при изгибѣ въ балансирахъ и подушкахъ	.....	$\frac{\text{klg}}{\square \text{ ст.}}$
	.....	600—750	$\frac{\text{klg}}{\square \text{ ст.}}$
на смятіе въ цилиндрическихъ шарнирахъ—	165	$\frac{\text{klg}}{\square \text{ ст.}}$	діам. сѣч. шарнира
на смятіе въ каткахъ	.....	30	$\frac{\text{klg}}{\square \text{ ст.}}$
	.....	25	діам. сѣч. катка
на срѣзываніе катковъ	.....	25	$\frac{\text{klg}}{\square \text{ ст.}}$
	.....	750	верт. сѣч. катка.
на раздробленіе въ плоскихъ подушкахъ	—	750	$\frac{\text{klg}}{\square \text{ ст.}}$

При расчетѣ опорныхъ частей по формуламъ Герца допускаемое напряженіе на смятіе $R\delta$ (въ вершинѣ катковъ и шарнировъ) принимается въ $\frac{\text{klg}}{\square \text{ ст.}}$ *).

Родъ касанія.	Мягкій чугунъ $G = 2000$	Твердый чугунъ $G \geq 2600$
Свободное касаніе		
цилиндровъ	2600	3400
шаровъ	3800	5000
Плотное касаніе	1000	1300

*) Е. Патонъ. Жельзные мосты Т. II.

§ 4. Д е р е в о .

Дерево, употребляемое для мостовъ, должно быть обязательно зимней рубки.

Относительно допускаемыхъ напряженій для дерева можно дать нижеслѣдующія общія указанія:

1) можно въ среднемъ принять, что, если R_1 —допускаемое напряженіе на растяженіе, R_2 —для сжатія, R_3 —для изгиба, то

$$R_2 = \frac{1}{2} R_1; R_3 = \frac{2}{3} R_1$$

2) при провѣркѣ сѣченій на совокупное дѣйствіе вертикальной нагрузки и вѣтра въ сквозныхъ фермахъ напряженія, допущенныя для опредѣленія сѣченій при дѣйствіи одной вертикальной нагрузки (какъ для хвойнаго лѣса, такъ и для дуба) могутъ быть увеличены на 10%.

3) допускаемыя напряженія во временныхъ мостахъ принимаются на 25% выше, нежели въ постоянныхъ мостахъ.

Замѣтимъ, что въ Австріи подъ временными мостами подразумѣваются мосты, построенные на срокъ до двухъ лѣтъ; временные же мосты, построенные на срокъ свыше двухъ лѣтъ, должны проектироваться какъ постоянные (цирк. М-ва Вн. Дѣлъ 16 Марта 1906 г.).

4) для дуба допускаемыя напряженія на растяженіе, сжатіе и изгибъ могутъ быть приняты на 25% выше соответственныхъ коэффициентовъ для сосны.

Нашимъ М-вомъ Путей Сообщенія установлены въ 1895 г. (Сводъ распоряженій М-ва П. С. по службѣ Пути желѣзныхъ дорогъ IV отд. Гл. VI § 1) нижеслѣдующія допускаемыя напряженія для дерева въ постоянныхъ желѣзнодорожныхъ мостахъ при расчетѣ таковыхъ на дѣйствіе одной вертикальной нагрузки.

Допускаемыя напряженія kg □ ct	Хвойный лѣсъ.		Дубъ отборнаго качества kg Rg ≥ 965 □ ct
	Обыкновеннаго качества. Rg ≥ 812 □ ct.	Лучшаго качества	
На растяженіе (непосредственное)	102 (100)	114	140 (140)
На сжатіе (непосредственное)	51 (60)	64	76 (90)
На изгибъ (норм. напряженіе)	64 (75)	76	102 (110)
На сжатіе (поперекъ волоконъ)	15 (20)	20	38 (40)

Rg — временное сопротивленіе разрыву.

Числа въ скобкахъ означаютъ напряженія, установленныя для расчета городскихъ мостовъ въ С.-Петербурѣ, для лѣса средняго качества.

*) При такомъ временномъ сопротивленіи разрыву въ 965 $\frac{\text{kg}}{\square \text{ ct}}$ временное сопротивленіе сжатію должно быть ≥ 482 $\frac{\text{kg}}{\square \text{ ct}}$, а временное сопротивленіе изгибу — ≥ 627 $\frac{\text{kg}}{\square \text{ ct}}$.

Примѣчаніе. Примѣненіе нормъ прочнаго сопротивленія, указанныхъ для хвойнаго лѣса лучшаго качества и для дуба отборнаго качества, требуетъ удостовѣренія въ достаточности временнаго сопротивленія употребляемаго лѣса разрыву или раздробленію.

Эти нормы для желѣзнодорожныхъ мостовъ примѣняются у насъ также и для деревянныхъ мостовъ подъ обыкновенныя дороги, а равно и для деревянныхъ частей металлическихъ мостовъ. Замѣтимъ здѣсь только, что при расчетѣ досчатаго настила (экипажнаго проѣзда и тротуаровъ) прочное сопротивленіе на изгибъ принимается $64-76 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$ для хвойнаго лѣса и $102 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$ для дуба, когда онъ рассчитывается на толпу людей или на давленіе колесъ до $2,5tn$; при расчетѣ же настила (какъ верхняго, такъ и нижняго) на давленіе колеса въ $5tn$ прочное сопротивленіе на изгибъ принимается для хвойнаго лѣса $110 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$, а для дуба — $140 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$, смотря по качеству лѣса.

Что касается допускаемыхъ напряженій на скалываніе и на смятіе вдоль волоконъ, то таковыя установлены для расчета городскихъ мостовъ (для лѣса средняго качества) въ С.-Петербургѣ слѣдующія:

Допускаемая напряженія $\frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$	Сосна.	Дубъ.
На скалываніе при изгибѣ	20	30
На скалываніе непосредственное	3	15
На смятіе вдоль волоконъ:		
а) при глубинѣ врубки до 20 м/м.	50	60
б) " " " " " 40 м/м.	40	50

Данныя сжатія стойки повѣряются на продольный изгибъ, при чемъ повѣрка эта можетъ быть сдѣлана по формулѣ Лессля и Шюблера

$$R_m = \frac{R}{1 + k \frac{\omega l^2}{I}}$$

гдѣ R_m — уменьшенное при продольномъ изгибѣ прочное сопротивленіе

R — принятое прочное сопротивленіе на растяженіе

k — коэффициентъ, равный для дерева $0,00016-0,0002$

l — расчетная длина стойки

ω — площадь сѣченія

I — наименьшій моментъ инерціи сѣченія.

Или по формуламъ Тетмайера, съ семернымъ запасомъ прочности.

Въ арочныхъ деревянныхъ мостахъ допускаемое напряженіе при изгибѣ (совмѣстно съ сжатіемъ), при точномъ расчетѣ арокъ, т. е. на изгибъ и на сжатіе, принимается, по указанію проф. Куницаго, въ брусчатыхъ аркахъ до $50 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ст.}}$, а въ досчатыхъ аркахъ до $64 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ст.}}$

При расчетѣ составныхъ балокъ, принимаемыхъ какъ цѣльныя по высотѣ, допускаемое напряженіе сравнительно съ простыми балками берется меньше, именно:

при 2-хъ балкахъ, соединенныхъ зубьями, на 20%	
„ 3-хъ „ „ „ „ 40%	
„ 2-хъ „ „ шпонками „ 30%	
„ 3-хъ „ „ „ „ 50%	

Это предписано въ Австріи (Цирк. 28 Авг. 1904 и 16 Мар. 1906 г.), а также это установлено для расчета городскихъ мостовъ въ С.-Петербурѣ.

Въ заключеніе приводимъ допускаемыя напряженія, принимаемыя въ Германіи для дерева въ постоянныхъ мостахъ подъ обыкновенныя дороги (Tschertou. Der Brückenbau. Wiesbaden. 1903).

Допускаемыя напряженія	$\frac{\text{klg}}{\square \text{ ст.}}$	Хвойный лѣсъ.	Дубь.
На растяженіе		120	180
На сжатіе ||-но волокнамъ		80	100
„ „ I-но „		13	32
На изгибъ		110	140
На скалываніе вдоль волоконъ		12	15
На смятіе		50	50

§ 5. Камни, Каменная и Кирпичная кладки.

а) Камни.

Допускаемыя напряженія на раздробленіе въ цѣльныхъ подферменныхъ камняхъ твердой породы, какъ напримѣръ, изъ гранита или плотнаго песчаника, принимаются 20—40 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ ст.}}$. У насъ въ Россіи старая общепотребительная норма прочнаго сопротивленія подферменныхъ камней—20 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ ст.}}$

Въ послѣднее же время стали отъ этой нормы часто отступать; такъ, напримѣръ, въ конкурсныхъ проектахъ Дворцоваго и Охтенскаго мостовъ въ С.-Петербурѣ (1902 г.) для гранитныхъ подферменныхъ камней допу-

Въ арочныхъ деревянныхъ мостахъ допускаемое напряженіе при изгибѣ (совмѣстно съ сжатіемъ), при точномъ расчетѣ арокъ, т. е. на изгибъ и на сжатіе, принимается, по указанію проф. Куницкаго, въ брусчатыхъ аркахъ до $50 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$, а въ досчатыхъ аркахъ до $64 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$

При расчетѣ составныхъ балокъ, принимаемыхъ какъ цѣльныя по высотѣ, допускаемое напряженіе сравнительно съ простыми балками берется меньше, именно:

при 2-хъ балкахъ, соединенныхъ зубьями,	на 20%
„ 3-хъ „ „ „ „	40%
„ 2-хъ „ „ шповками „	30%
„ 3-хъ „ „ „ „	50%

Это предписано въ Австріи (Цирк. 28 Авг. 1904 и 16 Мар. 1906 г.), а также это установлено для расчета городскихъ мостовъ въ С.-Петербурѣ.

Въ заключеніе приводимъ допускаемыя напряженія, принимаемыя въ Германіи для дерева въ постоянныхъ мостахъ подь обыкновенныя дороги (Tschertou. Der Brückenbau. Wiesbaden. 1903).

Допускаемыя напряженія $\frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$	Хвойный лѣсъ.	Дубъ.
На растяженіе	120	180
На сжатіе ||-но волокнамъ	80	100
„ „ |-но „	13	32
На изгибъ	110	140
На скалываніе вдоль волоконъ	12	15
На смятіе	50	50

§ 5. Камни, Каменная и Кирпичная кладки.

а) Камни.

Допускаемыя напряженія на раздробленіе въ цѣльныхъ подферменныхъ камняхъ твердой породы, какъ напримѣръ, изъ гранита или плотнаго песчаника, принимаются $20-40 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$. У насъ въ Россіи старая общеупотребительная норма прочнаго сопротивленія подферменныхъ камней— $20 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$

Въ послѣднее же время стали отъ этой нормы часто отступать; такъ, напримѣръ, въ конкурсныхъ проектахъ Двордоваго и Охтенскаго мостовъ въ С.-Петербурѣ (1902 г.) для гранитныхъ подферменныхъ камней допу-

щено на раздробленіе $38 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$; въ Днѣпровскомъ мостѣ черезъ Волчье Горло на Второй Екатерининской жел. дорогѣ и въ мостѣ чер. р. Москву на Московской Окружной дорогѣ допущено— $40 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$; въ мостѣ чер. Зушу въ Зарѣчѣ— $30 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$. Наконецъ, для городскихъ мостовъ въ С.-Петербургѣ допускаемое напряженіе на раздробленіе установлено (1905 г.)— $45 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$.

Замѣтимъ здѣсь, что составные гранитные камни должны рассчитываться, какъ тесовая кладка.

б) Каменная кладка.

Допускаемыя напряженія на раздробленіе различныхъ каменныхъ кладокъ принимаются слѣдующія:

- гранитная тесовая кладка на цемен. растворѣ 1 : 2 $30 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$
- тесовая кладка пзѣ плиты, известняка или песчаника на цементномъ растворѣ 1 : 2 $20 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$
- обыкновенная бутовая кладка на цементномъ растворѣ 1 : 3— $8 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$
- бутовая кладка изъ крупныхъ камней на цементномъ растворѣ 1 : 3 $10—11 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$

У насъ въ Россіи расчетъ подферменныхъ камней обыкновенно ведется въ предположеніи обыкновенной бутовой кладки и потому подферменные камни принимаются такихъ размѣровъ, чтобы давленіе на кладку не превосходило $8 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$.

Однако въ послѣднее время при проектированіи большихъ мостовъ иногда производятъ расчетъ камней, принимая за основу бутовую кладку изъ крупныхъ камней, для которой и допускаютъ $10—11 \frac{\text{klg}}{\square \text{ ct.}}$ (Дворцовый и Охтенскій мосты въ С.-Петербургѣ, Днѣпровскій мостъ черезъ Волчье Горло на Второй Екатерининской жел. дорогѣ, мостъ чер. Западную Двину на Бологое-Полоцкой жел. дорогѣ, мостъ чер. Зушу въ Зарѣчѣ).

в) Кирпичная кладка.

Кирпичная кладка для мостовыхъ опоръ въ настоящее время не употребляется. Она находитъ себѣ примѣненіе въ металлическихъ верхнихъ строеніяхъ мостовъ подъ обыкновенныя дороги небольшихъ пролетовъ (особенно во Франціи) въ нижнемъ настилѣ полотна въ видѣ сводовъ. При

расчетъ такихъ сводовъ изъ хорошей кирпичной кладки допускаемое напряжение на сжатіе принимается:

для сводовъ на известковомъ растворѣ	8	$\frac{\text{klg}}{\text{cm}^2}$
„ „ „ цементномъ растворѣ 1:3	11	$\frac{\text{klg}}{\text{cm}^2}$

Растягивающихъ напряженій при кирпичной кладкѣ не допускается.

§ 6. Бетонъ и желѣзо-бетонъ.

За послѣднее время бетонъ началъ находить себѣ примѣненіе въ нижнемъ настиль мостоваго полотна (плоскіе настилы и настилы въ видѣ сводчатыхъ покрытій) металлическихъ верхнихъ строеній мостовъ.

Настилы эти бываютъ или чисто бетонные, или желѣзо — бетонные

Точныя величины допускаемыхъ напряженій для бетона и желѣзо-бетона указать не представляется возможнымъ, ибо сопротивленіе бетона зависитъ отъ весьма многихъ факторовъ (отъ качества цемента, песка и щебня, отъ пропорцій смѣси, отъ количества воды, отъ возраста бетона, отъ тщательности трамбованія бетона и др.). Лучшее всего въ каждомъ частномъ случаѣ, если это представляется возможнымъ, опредѣлять величины временнаго сопротивленія бетона и желѣзо-бетона сжатію, растяженію, скалыванію и величину сдѣвленія металла съ бетономъ опытнымъ путемъ, придерживаясь тѣхъ матеріаловъ, изъ которыхъ предполагено устроить настиль, и тѣхъ условій, при которыхъ бетонъ будетъ работать, а затѣмъ допускаемыя напряжения назначить равными известной доли временнаго сопротивленія. Часто допускаемыя напряжения для бетона принимаются равными $\frac{1}{5}$ временнаго сопротивленія (это установлено, между прочимъ и циркуляръ Прусскаго М-ва Публ. раб. 16 апр. 1904 г.) *), однако мы рекомендуемъ въ виду того, что настиль подвергается ударамъ отъ подвижной нагрузки и что способы расчета его, основанные на разныхъ болѣе или менѣе допустимыхъ предположеніяхъ, неточны, принимать допускаемыя напряжения равными $\frac{1}{6}$ временнаго сопротивленія.

Однако не всегда представляется возможнымъ произвести непосредственные опыты надъ сопротивленіемъ бетона, а кромѣ того часто приходится при составленіи проекта моста рассчитывать настиль, не зная точно качества тѣхъ матеріаловъ, изъ которыхъ онъ будетъ устроенъ. Въ этихъ случаяхъ приходится руководствоваться нѣкоторыми средними цифровыми данными о временномъ сопротивленіи бетона, принимая во вниманіе результаты опытовъ, что сопротивленіе бетона растяженію составляетъ примѣрно $\frac{1}{6}$ отъ временнаго сопротивленія сжатію, а сопротивленіе скалыванію — примѣрно $\frac{1}{6}$ отъ того же временнаго сопротивленія; что же касается сдѣвленія металла съ бетономъ то такое, какъ показали опыты, въ общемъ выше сопротивленія бетона скалыванію, однако изъ опасенія, чтобы бе-

*) Centralblatt der Bauverwaltung, 1904, стр 253.

За время печатанія настоящаго труда вопросъ о нормахъ допускаемыхъ напряженій для желѣзобетонныхъ сооружений сильно продвинулся впередъ. Такъ въ 1906 г. появились министерскія нормы въ Швейцаріи и во Франціи (цирк. швейцарскаго союзаго департамента почтъ и желѣзныхъ дорогъ отъ 15 окт. 1906 г. и французскаго министерства общественныхъ работъ отъ 20 окт. 1906 г.); въ Германіи въ февралѣ 1906 г. Королевской Берлинской жел.-дорожной Дирекціей были изданы дополнительныя временныя условія для бетона въ мостахъ (Centralbl. d. Bauv. 1906, стр. 327). Затѣмъ въ 1907 г. въ Пруссіи появился новый циркуляръ м-ва публичныхъ работъ отъ 24 мая (Centralbl. d. Bauv. 1907 г., стр. 301), отмѣнившій цирк. 16 апр. 1904 г., о которомъ упоминается на стр. 62 и 63 настоящаго труда. Наконецъ, въ 1907 г. въ Австріи появились весьма обстоятельно составленныя предписанія для бетонныхъ и желѣзобетонныхъ зданій (цирк. М-ва Внутреннихъ дѣлъ отъ 15 ноября 1907 г.—Zeit. d. öst Ing. u. Arch. Ver. 1908 г. №№ 10 и 11), и кромѣ того для мостовъ подъ обыкновенную дорогу. Французскихъ и швейцарскихъ нормъ мы не приводимъ, ибо онѣ мало разработаны и потому мало интересны и кромѣ того относятся лишь до зданій, а приведемъ нормы прусскія и австрійскія.

1. Временныя условія для желѣзо-бетона въ мостахъ, установленныя Королевской Берлинской жел.-дорожной Дирекціей (1906 г.). (См. табл. А).

Указанныя условія для желѣзобетона въ мостахъ установлены въ дополненіе къ министерскимъ условіямъ для желѣзобетона вообще во всякихъ сооруженияхъ.

2. Прусскія нормы для желѣзо-бетона, установленныя циркуляромъ 24 мая 1907 г.

а. Допускаемое напряженіе на сжатіе при изгибѣ для бетона не должно превосходить $\frac{1}{6}$ временнаго сопротивленія на сжатіе; для желѣза допускаемое напряженіе на сжатіе и растяженіе не должно превосходить 1000 kg/□ст.

б. Если принимаютъ въ расчетъ сопротивленіе бетона на растяженіе, то допускаемое напряженіе на растяженіе принимается равнымъ $\frac{2}{3}$ отъ временнаго сопротивленія на растяженіе; если же величина временнаго сопротивленія на растяженіе неизвѣстна, то допускаемое напряженіе на растяженіе должно быть не болѣе $\frac{1}{10}$ допускаемаго сопротивленія на сжатіе.

в. При этомъ для сооружений, подверженныхъ большимъ сотрясеніямъ, какъ мосты, расчетная нагрузка принимается равной собственному вѣсу, сложенному съ увеличенной до двухъ разъ временной нагрузкой.

г. Напряженіе бетона на срѣзываніе не должно превосходить 4,5 klg/□ст.; если дѣйствительное напряженіе болѣе вышеуказаннаго въ 4,5 klg/□ст., то во всякомъ случаѣ оно не должно превышать $\frac{1}{3}$ временнаго сопротивленія на срѣзываніе.

д. Напряженіе при сѣблениі бетона съ желѣзомъ не должно превосходить допускаемаго напряженія на срѣзываніе.

Таблица А.

	Сопротивленіе бетона при изгибѣ.						Прочное сопротивленіе литого желѣза сжатію и растяженію.	Отношеніе коэфф. упру- гости литого желѣза и бетона.
	Временное.		Прочное.					
	Сжа- тію.	Растя- женію.	При толщинѣ бал- ластнаго слоя, считая отъ подошвы шпала.	При разстояніи отъ верха полотна до бетона (въ мостахъ подъ об. дорожн.)	Сжа- тію.	Растя- женію		
Для желѣзобетонныхъ частей пролетами до 5 ^{mt.} включ. желѣзнодорожныхъ мостовъ.	$\frac{R}{2}$	$\frac{R_1}{2}$	0,15 ^{mt.} 0,50 ^{mt.} $\geq 0,80$ (^{mt.}	—	$\frac{1}{5} R$ $\frac{1}{4} R$ $\frac{1}{3} R$	$\frac{1}{2,5} R_1$ $\frac{1}{2} R_1$ $\frac{1}{1,5} R_1$	800 $\frac{\text{kg.}}{\text{ct.}}$	10
Для желѣзобетонныхъ частей пролетами отъ 20 ^{mt.} и болѣе въ желѣзнодорожныхъ мостахъ и для желѣзобетонныхъ мостовъ подъ обыкновенную дорогу, разсчитываемыхъ на движеніе фуръ.	То же	То же	0,15 ^{mt.} $\geq 0,50$ (^{mt.}	$< 0,15$ ^{mt.} $> 0,40$ ^{mt.}	$\frac{1}{4} R$ $\frac{1}{3} R$	$\frac{1}{2} R_1$ $\frac{1}{1,5} R_1$	1000 $\frac{\text{kg.}}{\text{ct.}}$	10
Для желѣзобетонныхъ мостовъ подъ обыкновенную дорогу, разсчитываемыхъ на толпу людей, и для пѣшеходныхъ мостовъ.	То же	То же	—	—	$\frac{1}{3} R$	$\frac{1}{1,5} R_1$	1200 $\frac{\text{kg.}}{\text{ct.}}$	10

Примѣчаніе. а) при каменной мостовой величина временной нагрузки отъ фуръ увеличивается на 10%;

б) для иныхъ пролетовъ, не указанныхъ въ первомъ столбцѣ таблицы, а также для иной толщины балластнаго слоя и иныхъ разстояній отъ верха полотна до бетона, не указанныхъ въ 4 и 5 столбцахъ таблицы, прочныя сопротивленія бетона принимаются по интерполяціи.

3. Австрійскія нормы для бетона и желѣзобетона въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу, установленныя циркулярѣмъ 15 ноября 1907 г.

а. Бетонъ.

Эти нормы слѣдующія. (См. табл. Б).

Таблица Б.

	Составъ раствора.	Количество цемента на 1 кв. м. смѣси песка и щебня.		Допускаемое сопротивленіе, въ klg на \square ст.								
		kg.	kg. \square ст.	При изгибѣ.		На скатіе.			На растяженіе.	На скалываніе.	На сдвиганіе бетона съ метал.	Отношеніе коэфф. упрукости желѣза и бетона.
				На сжатіе.	На растяженіе.	При вѣнцен. давленіи.	При центр. давленіи.					
Бетонъ безъ арматуры.	1:3	470	170	$33 + 0,2l$	2	$33 + 0,2l$	20	3	3	—	15	
	1:4	350	150	$29 + 0,2l$	2	$29 + 0,2l$	15	3	3	—		
	1:5	280	130	$25 + 0,2l$	1,5	$25 + 0,2l$	16	2	2	—		
Бетонъ въ присутствіи арматуры.	1:3	470	170	$33 + 0,2l$	$10 + 0,1l$ но не > 22	$33 + 0,2l$	25	4	4	5	15	
	1:4	350	150	$29 + 0,2l$	$18 + 0,1l$ но не > 21	$29 + 0,2l$	22	4	4	5		
	1:5	280	130	$25 + 0,2l$	$16,5 + 0,1l$ но не $> 19,5$	$25 + 0,2l$	19	3	3	4		

Примѣчаніе. а) Растворы съ меньшимъ количествомъ цемента на 1 кв. метрѣ смѣси песка и щебня, какъ 280 klg., для желѣзобетонныхъ частей не допускаются.

б) Показанныя для различныхъ бетоновъ наименьшія временныя сопротивленія должны быть черезъ 6 недѣль.

в) l означаетъ пролетъ въ метрахъ.

б. Арматура.

Допускаемое напряженіе на растяженіе и сжатіе принимается:

для литого желѣза — $800 + 3l$, но не > 900 klg/ \square ст.

„ сварочн. „ — $750 + 2l$ „ „ > 800 „

Здѣсь l означаетъ пролетъ въ метрахъ.

Въ заключеніе укажемъ, что у насъ въ Россіи вопросъ о нормахъ для желѣзобетонныхъ сооружений поднимался на послѣднемъ сѣздѣ дѣятелей по цементному дѣлу, причемъ было намѣчено, что бетонъ при составѣ раствора 1:2:4 долженъ имѣть временное сопротивленіе сжатію не менѣе 150 klg/□ст. (для кубика со стороной въ 30 сант.); для такого бетона прочное сопротивленіе предположено принимать для сооружений, не подверженныхъ динамической нагрузкѣ, въ 30 klg/□ст., а для сооружений, подверженныхъ динамической нагрузкѣ, въ 25 klg/□ст. Что касается допускаемаго сопротивленія для желѣза, то для перваго рода сооружений такое намѣчено въ 1000 klg/□ст., а для втораго рода сооружений— 750 klg/□ст. Эти условія для желѣзобетонныхъ сооружений, насколько намъ извѣстно, пока не санкціонированы никакими правительственными учрежденіями.

тонная оболочка вокругъ металла не выкололась изъ общей толщи бетона, можно рекомендовать припимать сопротивленіе сдѣвленія металла съ бетономъ равнымъ сопротивленію скалыванію. Опыты показываютъ, что временное сопротивленіе сжатію обыкновеннаго бетона, при составѣ раствора 1:3 или 1:2:4 и въ возрастѣ его 3 мѣсяца, составляетъ не менѣе $180 \frac{\text{klg}}{\square \text{ct}}$, а въ присутствіи арматуры — въ среднемъ $240 \frac{\text{klg}}{\square \text{ct}}$.

Принимая эти временныя сопротивленія сжатію, а временныя сопротивленія растяженію, скалыванію и сдѣвленію, согласно выше указаннымъ даннымъ опыта, соответственно 18, 30 и $30 \frac{\text{klg}}{\square \text{ct}}$, можно установить для указаннаго бетона нижеслѣдующія допускаемыя напряжения, принимая шестикратный запасъ прочности:

на сжатіе при изгибѣ безъ арматуры	30 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ct}}$
” ” ” ” въ присутствіи арматуры	40 ”
на растяженіе	3 ”
на скалываніе и сдѣвленіе бетона	5 ”
на сдѣвленіе металла съ бетономъ	5 ”

(на кв. сант. поверхности сдѣвленія).

Что касается допускаемаго напряжения на сжатіе и растяженіе въ арматурѣ желѣзо-бетона, то для литого желѣза можно принимать въ среднемъ $1200 \frac{\text{klg}}{\square \text{ct}}$ (что, между прочимъ, установлено въ Пруссіи вышеуказаннымъ циркуляромъ), а для стали — $1300 \frac{\text{klg}}{\square \text{ct}}$.

Такіе высокіе коэффициенты напряженія арматуры оправдываются тѣмъ, что при опредѣленія растягивающаго напряженія въ арматурѣ при изгибѣ плиты, совсѣмъ не принимается въ расчетъ сопротивленіе бетона растяженію и, слѣдовательно, расчетное напряженіе желѣза бываетъ больше действительнаго, ибо часть растягивающаго усилія несомнѣнно воспринимается бетономъ; кромѣ того сопротивленіе желѣза съ теченіемъ времени не уменьшается, ибо оно не подвергается ржавчинѣ, и наковецъ желѣзо совершенно не ослаблено заклепками. Напряженіе металла арматуры на срѣзываніе принимается обыкновенно равнымъ 0,8 отъ допускаемаго напряженія на растяженіе.

С. Коэффициенты упругости.

Коэффициенты упругости матеріаловъ, употребляемыхъ въ мостовомъ дѣлѣ, принимаются слѣдующія:

Желѣзо сварочное вдоль волоконъ	2000000 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ct}}$
” ” листовое	1800000 ”
Желѣзо литое	2150000 ”

Сталь литая	2200000	"
Стальные отливки	2150000	"
Чугунъ сѣрый на растяженіе	1000000	"
" " на сжатіе	990000	"
Сосна вдоль волоконъ	110000	"
" поперекъ волоконъ	1100	"
Дубъ вдоль волоконъ	115000	"
" поперекъ волоконъ	1300	"
Ель	100000	"
Букъ	90000	"
Гранитъ	300000	"
Известнякъ плотный	350000	"
Бетонъ	180000—320000	"
Бетонъ Монье	66000	"

D. Вѣсь матеріаловъ.

Вѣсь куб. метра матеріаловъ, употребляемыхъ въ мостовомъ дѣлѣ принимается слѣдующій:

а) Металлы

Сварочное желѣзо	7770 ^{kg}	въ куб. метрѣ
Литое желѣзо	7850	"
Литая сталь	7850	"
Чугунъ (сѣрый) *)	7200	"
Свинецъ	11400	"

Приказомъ М-ра Путей Сообщенія 22 ноября 1905 г. № 142 предложены къ руководству при заказѣ металлическихъ сооружений нормы удѣльнаго вѣса сварочнаго желѣза—7,77 и литого желѣза—7,85, а приказомъ 5 Юля 1897 г. № 113 для литой стали—7,85 и для чугуна—7,2, что нами и принято во вниманіе при указаніи вѣса этихъ металловъ.

б) Дерево.

	Сухое.	Сырое.	
Сосна	600	900 ^{kg}	въ куб. метрѣ.
Дубъ	800	1000	"
Ель	600	860	"
Букъ	750	980	"

в) Песокъ

Песокъ сухой	1600 ^{kg}	въ куб. метрѣ
" сырой	1800	"
" мокрый	2000	"

* Для строительныхъ дѣлей примѣняется обыкновенно сѣрый чугунъ.

При опредѣленіи вѣса мостового полотна, въ которое входитъ песокъ, послѣдній принимаютъ обыкновенно сырымъ, ибо песокъ, заключенный между мостовой и нижнимъ настиломъ, рѣдко вполне просыхаетъ.

д) Кладки.

Кладка изъ обыкновеннаго кирпича сухая . . .	1500	<i>kg.</i> въ куб. метрѣ.
" " " " сырая . . .	1700	"
Кладка изъ клинкера сухая	1900	"
" " " сырая	2000	"
Бутовая кладка	2400	"
Гранитная кладка	2800	"
Бетонъ со щебнемъ изъ кирпича	1800	"
" " " " гранита	2400	"
" " " " известняка	2000	"
" изъ гравія	2200	"
" " угольнаго шлака	1600	"
" " кокса	1200	"
Желѣзо-бетонъ	2400—2500	"

е) Камни.

Гранитъ	2800	<i>kg.</i> въ куб. метрѣ.
Песчаникъ обыкновенный	2400	"
Очень твердый	2500	"
Кирпичъ обыкновенный	1800	"
" клинкеръ	2170	"
Гравій	1400—2000	"
Щебень гранитный укатанный	2000	"
б) Асфальтъ литой	1200	"
" пресованный	1800	"

II. Данные относительно основныхъ размѣровъ пролетныхъ строеній и полсженія низа фермъ.

A. Длина пролетныхъ строеній.

Длина фермы находится въ зависимости отъ типа фермы и величины пролета въ свѣту.

Пролетомъ въ свѣту называется разстояніе между лицевыми гранями опоръ.

Расчетнымъ пролетомъ, который берется въ основаніи расчета при опредѣленіи усилій въ фермѣ, называется разстояніе между крайними узловыми пунктами—между осями опорныхъ частей.

Слѣдовательно, длина фермы составляется изъ расчетнаго пролета съ прибавленіемъ двойнаго разстоянія отъ крайняго узловаго пункта до ближайшаго конца фермы; если послѣдняя имѣетъ опорныя стойки, то это разстояніе обыкновенно равно половинѣ ширины опорной стойки.

Для перехода отъ пролета въ свѣту L къ расчетному l въ металлическихъ мостахъ могутъ служить слѣдующія данныя:

1) для разрывныхъ балочныхъ фермъ.

$$l = (1 + \alpha) L.$$

Коэффициентъ α , на основаніи данныхъ изъ практики русскихъ мостовъ, имѣетъ слѣдующія значенія:

L въ саж.	8	10	15	20	25	30	40	50
α	0,08	0,071	0,05	0,04	0,035	0,03	0,025	0,02

при чемъ отъ определенной величины $(1 + \alpha) L$ допускаются отступленія отъ: $- 0,3 \text{ мт.}$ до $+ 0,6 \text{ мт.}$

Ограничиваться однако определением расчетного пролета только по этой формуле не следует.

Необходимо вместе с тем определить предварительно размеры подферменных камней, задаться расстоянием края этих камней от края устоя и тогда определять расчетный пролет по формуле

$$l = L + a + b$$

где: a — длина подферменного камня

b — расстояние края подферменного камня от края устоя (при $L < 8$ с. $b = 0,05$ саж., а при $L > 8$ с. $b = 0,10—0,15$ саж.).

Только после этого можно окончательно задаться расчетным пролетом, при чем последний обыкновенно для пролетов от 10 до 30 м назначается в полных метрах, а для пролетов свыше 30 м — в четных числах метров. Может ли при больших мостах, например, около 50 м, иметь место еще далее идущее округление, нужно исследовать ближе в каждом отдельном случае.

2) для неразрывных балочных и консольно-балочных ферм

$$\text{крайние пролеты: } l = \left(1 + \frac{\alpha^*}{2} \right) L + \frac{d}{2}$$

где d — толщина быка по верху (обыкновенно 1,40—1,70 саж.). Также, как и для разрывных ферм, расчетный пролет следует одновременно определять по формуле

$$l = L + \frac{a}{2} + b + \frac{d}{2}$$

в которую входят длина подферменного камня (a) и расстояние края его от края устоя (b).

$$\text{средние пролеты: } l_0 = L + d.$$

Иногда для облегчения расчета дѣлают $l = l_0$, хотя рациональнее, чтобы $l < l_0$.

3) для разрывных арочных ферм **).

$$l = L + 2n \cos \beta - 2h \sin \beta$$

где β — угол, составленный касательной к начальному элементу арки с вертикалью; $n = \frac{\alpha l^{**})}{2}$; h — высота подушки.

Если высота нижней опорной подушки довольно велика, то часто дѣлают $l = L$.

*) Коэффициент α указанъ въ п. 1 для разрывных балочных ферм.

***) Николай Мосты. Вып. I. 1901 г.

4) для неразрѣзныхъ арочныхъ фермъ *):

крайніе пролеты:

$$l = \left(1 + \frac{\alpha}{2} \right) L + \frac{d}{2}$$

гдѣ d —толщина быка по верху

средніе пролеты:

$$l_0 = L + d$$

Обыкновенно: $l_0 = l$.

5) для висячихъ фермъ **).

$$l = (1 + \alpha) L + 2i h + d$$

гдѣ h —высота опоры (пилона), i —уклонъ передней грани опоры (около $\frac{1}{20}$)

d —толщина опоры вверху.

6) для фермъ поворотныхъ мостовъ **).

$$l = \left(1 + \frac{\alpha}{2} \right) L + \frac{D}{2}$$

гдѣ D —толщина быка, превосходящая на 0,50с.—0,70с. діаметръ круга катанія (равный приблизительно разстоянію между крайними фермами). Эта длина относится собственно къ крайнимъ фермамъ, касательнымъ къ кругу катанія, или ко всѣмъ фермамъ, если не имѣется круга катанія, и всѣ фермы подвѣшены къ оси вращенія или опираются на нее при помощи общей поперечной балки. Если разстояніе между фермами менѣе діаметра круга катанія, то указанная длина уменьшается на ординату точки пересѣченія фермы съ кругомъ катанія, взятую относительно поперечнаго діаметра круга катанія.

В. Высота пролетныхъ строеній.

Сплошныя фермы.

Высотой сплошной фермы h принято обозначать высоту вертикальнаго листа. Въ новѣйшихъ мостахъ высота h колеблется въ предѣлахъ отъ 300 до 2000 м/м. Отношенія высоты фермы къ расчетному пролету колеблются въ предѣлахъ отъ $\frac{1}{6}$ до $\frac{1}{12}$, при чемъ это отношеніе тѣмъ меньше, чѣмъ больше пролетъ. Можемъ указать, что отношеніе $\frac{h}{l}$ принимается приблизительно слѣдующее при различныхъ расчетныхъ пролетахъ l :

*) Коэффициентъ α указанъ въ п. 1 для разрѣзныхъ балочныхъ фермъ.

***) Николай. Мосты. Вып. I. 1901 г.

l mt.	$\frac{h}{l}$
2,50—5	$\frac{1}{6} - \frac{1}{7}$
5—11	$\frac{1}{8} - \frac{1}{9}$
11—15	$\frac{1}{9} - \frac{1}{10}$
15—19	$\frac{1}{10} - \frac{1}{11}$, рѣдко $\frac{1}{9}$
19—22	$\frac{1}{11} - \frac{1}{12}$

При проектированіи путепроводовъ съ ѣздою по верху отношеніе $\frac{h}{l}$ принимается иногда меньше этихъ нормъ, если необходимо по мѣстнымъ условіямъ уменьшить конструктивную высоту строенія. Такъ, напримѣръ, въ путепроводахъ городской жел. дороги въ Вѣнѣ встрѣчаемъ $\frac{h}{l} = \frac{1}{16}$ — $\frac{1}{20}$.

Въ Европѣ сплошныя фермы примѣняются для пролетовъ до 22mt. въ Америкѣ же въ настоящее время онѣ примѣняются для пролетовъ до 40mt, при чемъ и въ этомъ случаѣ $\frac{h}{l}$ не менѣе $\frac{1}{12}$.



Рис. 16.

Замѣтимъ, что въ Америкѣ въ последнее время сплошныя фермы на концахъ закругляются, при чемъ уголокъ верхняго пояса идетъ непрерывно до нижняго пояса. Примѣръ виадука съ такими фермами представленъ на рис. 16.

Сквозныя фермы.

Разсмотримъ отдѣльно фермы слѣдующихъ системъ: балочныя, консольно-балочныя, арочныя, консольно-арочныя и висячія.

1) Балочныя фермы.

Отношеніе высоты фермъ h балочной системы къ расчетному пролету l колеблется въ предѣлахъ $\frac{1}{6} - \frac{1}{10}$.

Для различныхъ наиболѣе употребительныхъ типовъ балочныхъ фермъ мостовъ подъ обыкновенныя дороги $\frac{h}{l}$ обыкновенно принимается слѣдующее.

а) фермы съ параллельными поясами

$$\text{при ѳздѣ по низу} — \frac{h}{l} = \frac{1}{7} — \frac{1}{10}$$

$$\text{при ѳздѣ по верху} — \frac{h}{l} = \frac{1}{8} — \frac{1}{10}$$

$\frac{h}{l} = \frac{1}{7}$ принимается при ѳздѣ по низу обыкновенно при пролетахъ около 40mt, чтобы можно было устроить верхнія горизонтальныя связи (высота чистаго проѳзда должна составлять 4,5—5mt).

Въ неразрѣзныхъ фермахъ за l принимается пролетъ наибольшаго отверстия.

Новѣйшія изслѣдованія относительно наивыгоднѣйшей высоты фермъ помѣщены у Häselер'a „Der Brückenbau“, I Teil. 4 Lieferung, 1 Hälfte, § 99 и Gebauer. „Beitrag zur Theorie der günstigsten Trägerhöhe des Parallelträgers“. — Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1906 г. №№ 26, 27, 28.

б) параболическія фермы.

Уравненіе параболическаго пояса



Рис. 17.

$$y = 4 \frac{h}{l} \cdot \frac{x}{l} (l - x)$$

согласно которому и мѣняется высота фермы; $\frac{h}{l}$ принимается $\frac{1}{8} — \frac{1}{9}$ при ѳздѣ по верху, а при ѳздѣ по низу $\frac{1}{6} — \frac{1}{9}$ (въ отношеніи вѣса фермъ выгоднѣе принимать $\frac{h}{l} = \frac{1}{6} — \frac{1}{7}$)

в) полупараболическія фермы

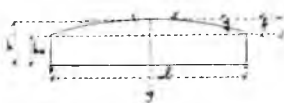


Рис. 18.

$$y = 4 f \frac{x^2}{l^2}$$

гдѣ $f = h - h_0$

Высота фермы мѣняется согласно уравненія

$$h_x = h - y.$$

$\frac{h}{l}$ принимается, какъ при ѳздѣ по верху, такъ и при ѳздѣ по низу, $\frac{1}{6} — \frac{1}{8}$ (при ѳздѣ по верху чаще $\frac{1}{7} — \frac{1}{8}$).

Высота на опорѣ h_0 обыкновенно принимается:

при ѣздѣ по низу:	при $l = 25 - 35 \text{ mt}$	$h_0 = 2 - 2,2 \text{ mt}$
	„ $l = 35 - 50 \text{ mt}$	$h_0 = 2,2 - 2,5 \text{ mt}$
	„ $l = 50 - 100 \text{ mt}$	$h_0 = 2,5 - 3 \text{ mt}$

Въ последнемъ случаѣ, т. е. когда $l = 50 - 100 \text{ mt}$, высоту на опорѣ принимаютъ такую, чтобы можно было на опорѣ на верху помѣстить поперечную распорку (высота чистаго проѣзда должна составлять 4,5—5 mt) при ѣздѣ по верху: $h_0 = 0,5h - 0,75h$.

d) гиперболическія фермы (Шведлера)

$$\frac{h}{l} \text{ принимается: } \frac{1}{6} - \frac{1}{7}.$$

Названіе моста.	Пролетъ	$\frac{h}{l}$
Путепроводъ на ст. Горловка	43,4 mt.	$\frac{1}{7}$
М. чер. Вислу у Торна	97,30	$\frac{1}{6,9}$
М. чер. Енисей на Сибирской ж. д. (1898 г.)	144,54	$\frac{1}{6,67}$
М. чер. Зап. Двину на Витебскъ-Жлобинской ж. д. (1902)	126,8	$\frac{1}{6,71}$

e) полигональныя фермы.

$\frac{h}{l}$ принимается при ѣздѣ по верху около $\frac{1}{9}$, а при ѣздѣ по низу $\frac{1}{6,5}$ — $\frac{1}{7,5}$.

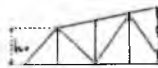


Рис. 19.

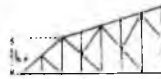


Рис. 20.

Высота на опорѣ h_0 , при ѣздѣ по низу, принимается такая, чтобы можно было на опорѣ на верху помѣстить поперечную распорку (высота чистаго проѣзда должна составлять 4,5—5 mt); при ѣздѣ по верху h_0 составляетъ обыкновенно $0,5h$, гдѣ h — высота по серединѣ пролета. При выборѣ высоты h_0 на опорѣ необходимо имѣть также въ виду, чтобы уголъ на опорѣ былъ не менѣе $35^\circ - 40^\circ$.

f) фермы системы Паули.

Мостовъ съ фермами системы Паули очень немного; самые извѣстные изъ нихъ слѣдующіе, въ которыхъ приняты слѣд. отношенія $\frac{h}{l}$

Названіе моста.	Пролетъ l	выс. между осями пояе. h	$\frac{h}{l}$	Примѣчаніе.
М. чер. Ааръ близъ Brugg'a	58,3 ^{mt.}	8,7 ^{mt.}	$\frac{1}{6,7}$	Жел. дор. м. съ ъздою по верху.
М. чер. Рейнъ въ Майнцѣ (1862)	105	15	$\frac{1}{7}$	Жел. дор. м. съ ъздою по низу.
М. чер. Monongahela въ Питсбургѣ.	110	15,25	$\frac{1}{7,21}$	М. подъ обыкнов. ъзду.

г) фермы системы Лозе.

Мостовъ съ фермами системы Лозе извѣстно слѣдующихъ два.

Названіе моста.	пролетъ l	высота фермы h	$\frac{h}{l}$	Примѣчаніе.
М. чер. Эльбу въ Гамбургѣ (1872)	102,18	20	$\frac{1}{5,11}$	Жел. дор. м. съ ъздою по низу.
М. чер. Эльбу въ Гамбургѣ (1888)	102	20,90	$\frac{1}{4,88}$	М. подъ обыкнов. ъзду съ ъздою по низу.

2) Консольно-балочныя фермы.

Для соображеній при проектированіи приводимъ слѣдующія данныя о высотѣ фермъ нѣкоторыхъ русскихъ мостовъ консольно-балочной системы, а такъ же заграничныхъ мостовъ тѣхъ типовъ, по которымъ сооружены русскіе мосты. (См. отдѣльную таблицу А).

Укажемъ здѣсь, что Днѣпровскій мостъ чер. Волчье Горло на II Екатеринбургской жел. дор. представляетъ собою, въ числѣ построенныхъ въ Россіи металлическихъ мостовъ, сооруженіе съ наибольшимъ пролетомъ, а именно въ 90 саж.

3) Арочныя фермы.

а) Арочныя фермы съ ъздою по верху.

Деревянные арки.

Стрѣла подъема деревянныхъ арокъ принимается обыкновенно въ предѣлахъ отъ $\frac{1}{7}$ до $\frac{1}{10}$ пролета и только въ рѣдкихъ случаяхъ при низкихъ берегахъ принимается до $\frac{1}{15}$ пролета.

Чугунныя арки.

Приводимъ слѣдующія данныя о чугунныхъ аркахъ нѣсколькихъ извѣстныхъ мостовъ подъ обыкновенныя дороги (два подъ желѣзную дорогу). (См. табл. В на стр. 74—75).

Въ чугунныхъ аркахъ отношеніе стрѣлы подъема арки къ длинѣ проле-

Гдѣ находится описаніе.	Русскіе мосты.						Т И П Ъ.	Заграничныя мосты.					Гдѣ находится описаніе.	
	Названіе моста.	l	a	H	$\frac{H}{l}$	$\frac{H}{a}$		$\frac{H}{a}$	$\frac{H}{l}$	H	a	l		Названіе моста.
		mt.	mt.	mt.						mt.	mt.	mt.		
Свѣдѣнія о мостѣ имѣются въ статьѣ Инженера Харламова „Къ вопросу о жел. дор. мостахъ системы Гербера въ Россіи“ (Изв. Собр. Инж. Пут. Сообщ. 1902 г. №№ 3 и 4).	М. чер. Нѣманъ у Олты (За Нѣманъ ж. д.) Инж. Харламовъ—1899.	73,15	13,72	9,14	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{1,5}$		—	—	—	—	—		
	М. ч. Нѣманъ въ Гроднѣ. Инж. Оппенгеймъ—1906 (пр.)	52	12	7	$\frac{1}{7,43}$	$\frac{1}{1,71}$		$\frac{1}{2,88}$	$\frac{1}{7,94}$	3,20	9,24	25,41	Мостъ черезъ Эмсъ у Тунсдорфа—1900.	Dortmund-Ems-Kanal. Zeit. f. Bauw. 1902, стр. 106, 243.
Изв. Собр. Инж. Пут. Сообщ. 1893 г. № 10. Статья Инж. Богуславскаго.	М. чер. Днѣстръ у Рыбницы (Юго-Запад. ж. д.) Инж. Богуславскій—1892.	92,6	12,8	9,42	$\frac{1}{9,83}$	$\frac{1}{1,36}$		$\frac{1}{3,57}$	$\frac{1}{9,43}$	7,0	25,0	66,0	М. чер. Кѳгѳс у Гнома 1893.	Foerster. Neue Brückenbauten in Oesterreich und Ungarn, стр. 31.
	М. чер. Ловать (Бологое-Псковск. ж. д.) 1896.	76,81	12,20	8,53	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{1,43}$		$\frac{1}{3,33}$	$\frac{1}{8,88}$	9,5	25,32	84,40	Мостъ черезъ Молдаву у Червена—1891.	Allg. Bauz. 1892, стр. 65, 73 и 89.
Инж. Соловьевъ. „Пояснительная записка къ проекту перестройки моста чер. Волховъ въ Новгородѣ“. С.-Петербургъ. 1899.	М. чер. Волховъ въ Новгородѣ, Инж. Соловьевъ—1900.	40,08	18,14	10	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{1,81}$		$\frac{1}{2,57}$	$\frac{1}{3,45}$	15,0	38,6	51,7	М. чер. Тиссу въ Токаѣ 1897.	Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1897, № 44, стр. 593—597.
Журн. М-ва Пут. Сообщ. 1900 г. № 6.	М. чер. Волгу въ Твери. Инж. Точинскій—1900.	47	36	15	$\frac{1}{3,13}$	$\frac{1}{2,4}$		$\frac{1}{1,89}$	$\frac{1}{4,27}$	13,13	24,9	56,15	М. Фридриха чер. Неккаръ въ Мангеймѣ 1890.	Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover 1889, стр. 630; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1891, Bd. 35, стр. 85; Centr. d. Bauw. 1887, стр. 430; Ann. d. tr. publ. 1888, май.
Альбомъ постройки Восточно-Донецкой жел. дороги.	М. чер. Донъ (Юго-Вост. ж. д.), пр. Бѣлелюбскій—1898.	73,16	12,91	8,92	$\frac{1}{8,2}$	$\frac{1}{1,45}$		$\frac{1}{2,91}$	$\frac{1}{3,6}$	22	64,03	79,3	М. Франца-Иосифа чер. Дунай въ Буда-Пештѣ 1897.	Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1897, № 9; Изв. Собр. И. П. С. 1897, № 6; Stahl. u. Eisen. 1898, № 3; Genie civil 1897, T. XXXI, № 2; Deut. Bauz. 1895, стр. 339.
	М. чер. Сулу (Харьк.-Никол. ж. д.) пр. Прескуряковъ—1898.	67,1	18,3	7,62	$\frac{1}{9,81}$	$\frac{1}{2,4}$		$\frac{1}{1,75}$	$\frac{1}{9}$	4	7	36	М. чер. Варгу у Познани 1876.	Zeit. f. Bauw. 1877, стр. 41.
Журн. М-ва Пут. Сообщ. 1896 г. кн. IX " " 1897 г. кн. I. Статья пр. Бѣлелюбскаго.	М. чер. Обь (Сиб. ж. д.) пр. Бѣлелюбскій—1897.	118,44	14,92	$H = 13,11$ $H_1 = 10,36$	$\frac{H}{l}$ $\frac{H_1}{l}$	$\frac{H}{a}$ $\frac{H_1}{a}$		$\frac{1}{1,5}$	$\frac{1}{7}$	9,64	14,46	67,48	М. чер. Варновъ въ Ростокѣ, 1886 (верхній поясъ прямой).	Zeit. d. Ver. Deut. Ing. 1886, стр. 1001, Deutsche Bauz. 1886.
Инж. Абрамовъ. „Мостъ чер. р. Западную Двину отв. 110 саж.“. С.-Петербургъ. 1904 г.	М. чер. Запад. Двину (Бологое Полоцкая ж. д.) Инж. Абрамовъ—1904.	128	30,5	$H = 15$ $H_1 = 10$	$\frac{H}{l}$ $\frac{H_1}{l}$	$\frac{H}{a}$ $\frac{H_1}{a}$		$\frac{H_1}{a}$	$\frac{H}{l}$	$H = 7,00$	7,18	52	М. чер. Варновъ въ Ростокѣ, 1886 (верхній поясъ прямой).	Allg. Bauz. 1900, Heft. 3; Foerster. Neue Brückenbauten in Oesterreich und Ungarn, стр. 30.
	М. чер. Кубань (Владикавказ. ж. д.) 1902.	56	11,2	$H_1 = 7,5$	—	$\frac{H_1}{a}$ $\frac{H}{l}$		$\frac{1}{2,43}$	$\frac{1}{7,43}$	$H_1 = 2,95$	—	—	—	—
Журн. М-ва Пут. Сообщ. 1905 г. кн. IV.	Днѣпровскій м. чер. „Волчье Горло“ (П. Екат. ж. д.), Инж. Лата—1906 (пр.)	38	76	29,79	$\frac{H}{l}$ $\frac{1}{6,33}$	—		—	—	—	—	—	—	—
Инж. Патонъ и Каменцевъ. „Описаніе и расчетъ шоссеаго моста чер. р. Зушу въ Зарѣчѣ“. Кіевъ. 1906.	М. чер. Зушу въ Зарѣчѣ, пр. Патонъ—1906.	72	7,2	$H = 12$ $H_1 = 7$	$\frac{H}{l}$ $\frac{H_1}{l}$	$\frac{H}{a}$ $\frac{H_1}{a}$		$\frac{1}{1,5}$	$\frac{1}{7}$	9,64	14,46	67,48	М. чер. Варновъ въ Ростокѣ, 1886 (верхній поясъ прямой).	Zeit. d. Ver. Deut. Ing. 1886, стр. 1001; Deutsche Bauz. 1886.
Отдѣльное изданіе.	М. черезъ Бузанъ (на Астраханской ж. д.), пр. Бѣлелюбскій и инженер. Персонъ—1906.	164	32	$H = 20,0$ $H_1 = 24,2$	$\frac{H}{l}$ $\frac{H_1}{l}$	$\frac{H}{a}$ $\frac{H_1}{a}$		$\frac{H_1}{a}$	$\frac{H}{l}$	$H = 17$	50	140	М. чер. Дунай у Чернаводы—1895.	Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1895, с. 517; Centr. d. Bauw. 1890, с. 175; Инж. Дѣло. 1904, № 4; Foerster. Brückenbauten in Oesterreich u. Ungarn 1899, с. 59. Инж. дѣло 1904, № 4.

та $\frac{f}{l}$ принимается въ большинствѣ случаевъ $\frac{1}{10} - \frac{1}{11}$ (рѣдко $\frac{1}{12} - \frac{1}{14}$). Высота арки въ ключѣ принимается въ $\frac{1}{10} - \frac{1}{30}$ пролета (въ среднемъ $\frac{1}{35}$) и удерживается обыкновенно постоянно на всемъ протяженіи арки; иногда же она увеличивается къ пятамъ приблизительно не болѣе какъ на 20% — 25%.

Желѣзные арки.

Разсмотримъ отдѣльно три системы желѣзныхъ арочныхъ фермъ: 1) когда арочная ферма ограничивается собственно предѣлами арки, т. е. когда находящіяся надъ послѣдней стойки, поддерживающія проѣзжую часть, не составляютъ необходимой принадлежности арочной фермы, при чемъ когда сама арка сплошная, 2) когда арочная ферма опять таки ограничивается предѣлами арки, но сама арка сквозная, 3) когда заполненіе между верхнимъ поясомъ и аркой состоитъ изъ стоекъ и раскосовъ, составляющихъ элементы собственно арки (въ этомъ случаѣ верхній поясъ находится на уровнѣ проѣзжей части). 1) Для сплошныхъ арокъ, предѣлами которыхъ ограничивается собственно арочная ферма, отношеніе стрѣлы подъема къ длинѣ пролета $\frac{f}{l}$ принимается $\frac{1}{6} - \frac{1}{12}$ (чаще $\frac{1}{8} - \frac{1}{10}$). Вы-

сота арки h_0 (обыкновенно двутавроваго сѣченія) принимается въ $\frac{1}{45} - \frac{1}{60}$ пролета и обыкновенно удерживается постоянно на всемъ протяженіи арки; въ рѣдкихъ случаяхъ высота арки увеличивается постепенно къ пятамъ, но не болѣе какъ на 10%—15% (въ существующихъ мостахъ встрѣчается даже $\frac{h_0}{l} = \frac{1}{40}$ и $\frac{1}{30}$): иногда высота h_0 принимается наибольшей въ сѣченіи съ наиб. изгибающимъ моментомъ (напримѣръ мостъ Александра III въ Парижѣ).

Приводимъ данныя о нѣсколькихъ наиболѣе извѣстныхъ мостахъ съ подобными арочными фермами. (См. табл. С на стр. 76—77).

Изъ арочныхъ фермъ разсматриваемаго типа самый большой пролетъ, насколько намъ извѣстно, у Вашингтонскаго моста въ Нью-Йоркѣ — 155,23mt.













2) Для сквозныхъ арокъ, предѣлами которыхъ ограничивается собственно арочная ферма, отношеніе стрѣлы подъема къ длинѣ пролета мѣняется въ широкихъ предѣлахъ въ зависимости отъ мѣстныхъ условій. Для соображеній при проектированіи приводимъ слѣдующія данныя о нѣкоторыхъ наиболѣе извѣстныхъ мостахъ съ подобными арочными фермами. (См. табл. D на стр. 78—79, 80—81).





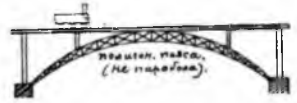


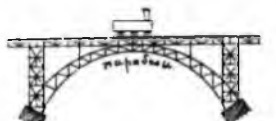
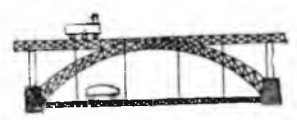
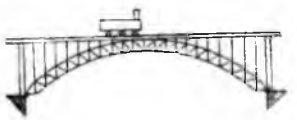
Изъ арочныхъ мостовъ разсматриваемаго типа самый большой пролетъ въ мірѣ, насколько намъ извѣстно, у моста чер. Ниагару близъ Clifton'a — 256mt.: въ Европѣ же — у моста чер. Дүэро въ Опорто (Luiz I) — 172mt.

Укажемъ еще, что у насъ въ Россіи въ 1903 г. былъ составленъ эскизъ

Название моста.	Пролетъ l mt.	Стрѣла подъема f mt.	$\frac{f}{l}$	Высота арки на опорѣ. mt.	Высота арки въ ключѣ. mt.	Г д ѣ находится описаніе.
М. чер. Кинцигъ у Оффенбурга (1845)	11,40	1,14	$\frac{1}{10}$	0,48	0,48	Becker. Gusseiserne Brücken der badischen Eisenbahn. стр. 15—39; Allg. Bauz. 1852, стр. 2.
М. на шоссе изъ Парижа въ Туръ	16,00	1,60	$\frac{1}{10}$	0,60	0,60	
Мостъ Радецаго въ Лалбахъ (трехшарнирные арки) (1866)	30,34	2,21	$\frac{1}{13,72}$	—	—	Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1868, стр. 23.
М. чер. Allier въ Vischy (1870)	37,0	3,73	$\frac{1}{10}$	1,0	1,0	Ann. d. p. et ch. 1873, II. стр. 9.
М. Solferino въ Парижѣ (1859)	39,93	4,0	$\frac{1}{10}$	—	0,90	Ann. d. p. et ch. 1864, II. стр. 207; Allg. Bauz. 1861. стр. 97.
Николаевскій м. въ С.-Петербургѣ (средній пролетъ) (1850)	47,55	4,37	$\frac{1}{10,88}$	1,37	1,07	Усовъ. Строительное Искусство. 1862, II. ч. стр. 406.
Карусельскій м. въ Парижѣ (1836)	47,70	4,90	$\frac{1}{9,73}$	0,86	0,86	Allg. Bauz. 1838. стр. 285; Ann. d. p. et ch. 1844, II. стр. 197; 1854, I. стр. 388; 1864, II. стр. 179 и 194.
М. чер. Севернъ въ Tewkesbury (1826)	51,80	5,18	$\frac{1}{10}$	—	—	Cresy. An encyclopaedia of civil engineering. London. 1847. Нов. изд. 1872), стр. 504.
М. въ Рочестеръ	51,82	5,18	$\frac{1}{10}$	—	—	
М. чер. Сену въ Suresnes	52,0	4,75	$\frac{1}{10,95}$	—	—	Morandière. Traité de la constr. des ponts et viaducs. Paris. 1876, стр. 635.
М. чер. Рону у Тараскона (м. жел. дор., (1852)	60,0	5,0	$\frac{1}{12}$	1,70	1,70	Ann. d. p. et ch. 1854, I. стр. 257; Zeit. f. Bauw. 1855, стр. 67; Civ.—Ing. 1856, стр. 121.
М. чер. Севернъ (жел. дор. мостъ)	61,0	6,10	$\frac{1}{10}$	1,37	1,37	
М. Св. Людовика въ Парижѣ (1862)	64,00	5,85	$\frac{1}{10,94}$	1,50	1,20	Ann. d. p. et ch. 1863, I. стр. 280; 1864, II. стр. 216; Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1865, стр. 3.

Название моста.	Пролетъ l mt.	Стрѣла подъема f mt.	$\frac{f}{l}$	Высота арки на опорѣ. mt.	Высота арки въ ключѣ. mt.	Примѣчаніе.	Гдѣ находится описаніе.
Жел. дор. мостъ	14,8	2,5	$\frac{1}{5,92}$	0,40	0,40	Трехъ-шарнирная арка.	Müller-Breslau. Theorie und Berechnung der eisernen Bogenbrücken. Berlin. 1880 стр. 161 и 180.
" " "	24,0	3,2	$\frac{1}{7,5}$	0,60	0,60	Двухъ-шарнирная арка.	
М. чер. каналъ въ Nansy (1880) . .	16	2	$\frac{1}{8}$	0,35	0,35	Мостъ подъ обыкновен. вѣду; арка съ задѣлан. пятами.	Ann. d. p. et ch. 1880, I sem.
М. на ж. д. изъ Mauves въ Nantes.	20	2,50	$\frac{1}{8}$	0,50	0,50		
Виадукъ на кружной дорогѣ чер. Kupfergraben въ Берлинѣ (1884) .	26,55	2,54	$\frac{1}{10,6}$	0,50	0,50	Двухъ-шарнирные арки.	Zeit. f. Bauw. 1884, стр. 233.
М. чер. Везеръ въ Ноуа у Бремена (1884)	31,7	3,3	$\frac{1}{9,6}$	0,40	0,40	М. подъ обыкновен. вѣду; средняя арка, двухъ-шарнирная.	Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hann. 1888, Heft 6 и 7.
М. чер. Ааръ близъ Olten (1854) . .	32	5,64	$\frac{1}{5,67}$	—	—	Мостъ желѣзнодорож-ный; арка съ задѣлан. пятами.	Civ.—Ing. 1857, стр. 214.
Виадукъ на кружной дорогѣ въ Вѣнѣ (чер. Döblinger Hauptstrasse) . . .	33,48	4,68	$\frac{1}{7,15}$	0,60	0,60	Двухъ-шарнирные арки.	Foerster. Neue Brückenbauten in Oesterreich und Ungarn. стр. 32; Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1897, стр. 405—409. 413—415.
Виадукъ на кружной дорогѣ въ Вѣнѣ (чер. Richthausen-Strasse)	36,4	3,79	$\frac{1}{9,6}$	0,70	0,70	Двухъ-шарнирные арки; средн. арка.	То-же стр. 33.
М. чер. Руръ у Дюссерна (1877) . .	48,07	5,95	$\frac{1}{8,08}$	0,75	0,75	М. жел. дорожный, двухъ-шарнирные арки, системы Phippsa.	Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hann. 1877, стр. 573.
М. чер. Неккаръ въ Канштадтѣ (König Karl-Brücke. 1893)	50,48	4,85	$\frac{1}{10,4}$	0,94	0,83	М. подъ обыкновенную вѣду; средняя арка, двухъ-шарнирная.	Zeit. f. Bauw. 1895, стр. 61.
М. чер. Эльбу въ Дрезденѣ (Königin Carolabrücke (1895)	52,9	4,0	$\frac{1}{13,2}$	1,0	1,0	Мостъ подъ обыкновенную вѣду.	
М. Victoria чер. Темзу въ Pimlico (1860 Лондонъ)	53,3	5,30	$\frac{1}{10}$	1,067	1,067	Мостъ желѣзнодорож-ный; арка съ задѣлан. пятами.	Inst. civ. Eng. T. 27.
М. Boieldieu въ Руанѣ (1888)	54,60	4,87	$\frac{1}{11,21}$	1,0	0,62	Мостъ подъ обыкновенную вѣду.	Ann. d. p. et ch. 1890, II sem.
М. Morand и Lafayette чер. Рону въ Лионѣ (1890)	67,4	4,44	$\frac{1}{15,2}$	0,94	0,94	Мостъ подъ обыкновенную вѣду.	Ann. d. p. et ch. 1893, II sem; Génie civil. XIX, стр. 201 и 269.
М. du Midi чер. Рону въ Лионѣ . . .	68,50	5,45	$\frac{1}{12,57}$	1,50	1,50	Мостъ подъ обыкновенную вѣду.	Génie civil. XX стр. 289.
Аркольскій мостъ чер. Сену въ Парижѣ (1855)	80	6,12	$\frac{1}{13,07}$	1,4	0,38	Мостъ подъ обыкновенн. вѣду; арка съ задѣлан. пятами.	Ann. d. p. et ch. 1854, II. стр. 246; 1864. II. стр. 195. Allg. Bauz. 1855, стр. 349.
М. чер. Erdre близъ Nantes на Орлеанской ж. д. (1878)	95	11,88	$\frac{1}{8}$	2,5	2,2	Двухъ-шарнирные арки, мостъ жел. дорожный.	Ann. d. p. et ch. 1879, I. стр. 331; Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hann. 1879, стр. 140.
М. Императора Александра III въ Парижѣ (1900)	107,5	6,28	$\frac{1}{17,12}$	1,0 (близъ опоръ) 1,5 (въ стѣнѣ съ наиб. моментъ)	0,9 (близъ средняго шарнира).	Арка стальная съ тремя шарнир. состоитъ изъ косяковъ, свинчен. болтами.	Ann. d. p. et ch. 1898, I. стр. 165; II. стр. 311; III. стр. 245; 1900. I. стр. 232; Centr. d. Bauw. 1898. стр. 595, 1900, стр. 162, 175, 193, 349; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1899, стр. 1053; Deut. Bauz. 1900.
Вашингтонскій мостъ чер. Гарлемъ въ Нью-Йоркѣ (1889)	155,23	27,43	$\frac{1}{5,66}$	3,96	3,96	Мостъ подъ обыкновенную вѣду; арки стальные, двухшарнирные.	Nouv. ann. de la constr. 1891, стр. 81; Schweiz. Bauz. 1892, I. стр. 33; Centralbl. d. Bauw. 1886, стр. 136 (проектъ); Инженеръ 1903, стр. 319.

Название моста.	Пролетъ	Стрѣла подъема	$\frac{l}{l}$	Высота арки на опорѣ.	Высота арки въ ключѣ.	Схема арочной фермы.	Гдѣ находится описаніе.
	l mt	f mt.		mt	mt.		
Пѣш. м. чер. Океръ при ул. Ottmer въ Брауншвейгѣ (1887)	24,0	5,2	$\frac{1}{4.61}$	0,20	0,35		Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hann. 1888, стр. 153.; Génie civil XIV, стр. 82.
М. чер. Адду въ Trezzo (1885)	62,6	26	$\frac{1}{2.41}$	—	—		Gaudard. Croquis des ponts métalliques. 1901 стр. 99.
Пѣшеходный мостъ чер. Сене на Парижск. выставкѣ между м. Alma и Jena. (1900)	75	14	$\frac{1}{5.36}$	—	2,0		Génie civil. XXXVII, стр. 49; Centralbl. d. Bauv. 1901, стр. 189; Инженерный журн. 1903 г.
Мостъ въ Passy на линіи Courselles-Champ de Mars (1901)	85,7	10,75	$\frac{1}{8}$	0	2,5		Engng. 1902 г., № 1881 и 1883; Génie civil. XXXVII, стр. 69.
М. чер. Javroz на дорогѣ изъ Bulle въ Boltingen (1877)	85,8	19,7	$\frac{1}{4.35}$	—	—		Die Eisenbahn, 1880, XIII, стр. 138; Bull. soc. vaud. 1880.
М. чер. Рейнъ въ Кобленцѣ (1864)	98,08	8,9	$\frac{1}{11}$	3,14	3,14		Zeit. f. Bauw. 1864, стр. 395, 529, 625.
М. чер. Рейнъ въ Майнцѣ (1885)	102,1	—	—	2,5	1,9		Centralbl. d. Bauv. 1885, № 18.
М. чер. Рейнъ въ Вормсѣ (1899)	106,3	11,06	$\frac{1}{9.20}$	1,20	2,10		Deut. Bauz. 1900, стр. 569.
М. чер. Рейнъ у Hochheim выше Кобленца (1875)	106,6	8,78	$\frac{1}{12.14}$	2,75	2,75		Zeit. f. Bauw. 1881, стр. 87; Deut. Bauz. 1879, стр. 223; Woch. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1878, стр. 179.
М. чер. Шварцвассеръ у Берна (1882).	114,0	21,48	$\frac{1}{5.3}$	3,5	1,5		Усиленіе моста. Zeit. f. Bauw. 1902, стр. 518, X—XII. Die Eisenbahn. 1882, XVII, стр. 132; Zeit. f. Bauw. 1886, стр. 354; Schweiz. Bauz. 1884, IV, стр. 141; Il Politecnico, 1884;
М. чер. Неккаръ въ Мангеймѣ (пр. „Sichel“ 1901)	114,20	14,0	$\frac{1}{8.16}$	—	3,00		Centralbl. d. Bauv. 1901.
М. чер. Ааръ въ Бернѣ (Kornhausbrücke. 1898)	114,9	31,54	$\frac{1}{3.51}$	4,2	1,6		Centralbl. d. Bauv. 1898, стр. 397. Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1898, стр. 1289; Deut. Bauz. 1898, стр. 339; Schweiz. Bauz. 1898, I, стр. 92, 188; 1899, II, стр. 1; Gen. civ. XXXIV, стр. 49; Bull. soc. vaud. 1898, стр. 103.

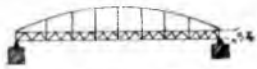


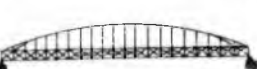







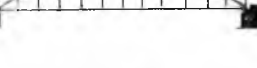
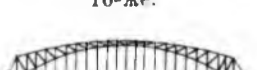




Название моста.	Пролетъ l mt.	Стрѣла подъема f mt.	$\frac{f}{l}$	Высота арки на опорѣ. mt.	Высота арки въ ключѣ. mt.	Схема арочной фермы.	Гдѣ находится описаніе.
М. чер. Москву на Московской окр. дор. (пр. Проскуракова 1907) . . .	135	15	$\frac{1}{9}$	1,0	4,0		Описанія еще нѣтъ.
М. чер. Адда въ Падерно (1889) . . .	150	37,5	$\frac{1}{4}$	8,16	4,30		Röthlisberger. Il viadotto di Paderno sull' Adda. Torino, 1899. Nouv. ann. de la Constr. 1888; Edilizia Moderna. 1892.
М. чер. каналъ Nord-Ostsee у Грин- енталя (1892)	156,5	23,33	$\frac{1}{6.7}$	1,0	4,10		Centralbl. d. Bauv. 1891, с. 214; 1895, с. 269; Zeit. f. Bauw. 1898, стр. 729; Génie civil XX, стр. I; Edilizia Mo- dra, 1884
М. чер. Миссисипи въ С.-Луи (1874). (Фермы изъ стали).	158,5	14,31	$\frac{1}{11}$	3,66	3,66		Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1874, стр. 65; Ann. d. p. et ch. 1877, II стр. 1.
М. чер. Дуэро въ Опорто (м. Pia Magia. 1874)	160	42,50	$\frac{1}{3.77}$	1,72	10,0		Ann. d. p. et ch. 1878, I стр. 101. Deut. Bauz. 1878, стр. 113; Zeit. f. Arch. u. Ing. Ver. zu Hann. 1879, стр. 539; Engng. 1878, I стр. 458, II стр. 29; Soc. ing. civ, 1878
М. чер. каналъ Nord-Ostsee у Левен- зау (1894)	163,5	21,2	$\frac{1}{7.74}$	5,39	3,84		Centralbl. d. Bauv. 1894, стр. 508; Zeit. f. Bauw. 1899, стр. 99; Génie civil. XXVII, стр. 105.
Виадукъ Garabit чер. Трууёге на ж. д. между Марвежомъ и Нессар- гомъ (1889)	165	56,66	$\frac{1}{2.91}$	2,7	10		Eisenbahn. 1880. XIII стр. 93; Centralbl. d. Bauv. 1881, стр. 120, 1884, стр. 104; Rev. gen. d. ch. de fer 1884, июнь. Engng. 1885. I стр. 549; Génie civil. 1885.
Мостъ чер. Вупперъ въ Мюнгстенѣ (Kaiser-Wilhelm-Brücke. 1897) . . .	170,0	73,33	$\frac{1}{2.31}$	12,21	4,0		Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1897, стр. 1321; Centralbl. d. Bauv. 1895. № 16, стр. 161; 1897, стр. 149. Schweiz. Bauz. 1898, I стр. 18; Nouv. ann. de const. 1902, №№ 1 и 2; Deut. Bauz. 1897, стр. 367, 428, 502. Génie civil, XXXIII стр. 133
М. чер. Дуэро въ Опорто (м. Luiz I. 1885)	172,0	52,6	$\frac{1}{3.28}$	16,75	8,0		Génie civil, 1886, стр. 129; Schweiz. Bauz. 1886, II, стр. 99; Engng. 1886, II стр. 7; Mém. de la soc. d. ing. civ. 1886, стр. 38.
М. чер. Ниагару, близъ Clifton'a (1898).	256,1	45,73	$\frac{1}{5.6}$	7,93	7,95		Centralbl. d. Bauv. 1898, стр. 318; 1899, стр. 569; Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1899, июль, авг. №№ 30 и 31.

Т а б л и ц а Е.











Название моста.	Пролетъ 1 mt.	Стрѣла подъема f mt.	$\frac{f}{l}$	Высота арки на опорѣ. mt.	Высота арки въ ключѣ. mt.	Примѣчаніе.	Гдѣ находится описаніе.
М. чер. Шпре у Берлина (Unterspreerbrücke. 1865)	16,39	1,37	$\frac{1}{12}$	2,00	0,75	Средняя арка. Первые трехъ-шарнирные арки.	Zeit. f. Bauw. 1866, стр. 122, 267, 312.
Виадукъ на гор. ж. д. въ Берлинѣ чер. Praesidentenstrasse (1884)	19,7	3,25	$\frac{1}{6,1}$	3,25	0,47	Трехъ-шарнирные арки.	Zeit. f. Bauw. 1885, стр. 5: „Die Bauten der Berliner Stadtbahn“. Berlin. 1886.
То-же чер. Stallstrasse (1884)	22,4	3,66	$\frac{1}{6,1}$	3,80	0,47	То-же.	„Die Bauten der Berliner Stadtbahn“. Berlin. 1886.
Виадукъ черезъ Ulrichstrasse въ Магдебургѣ (на ж. д. Potsdam-Magdeb., (1872)	23,0	2,0	$\frac{1}{11,5}$	2,33	0,47	То-же.	Zeit. f. Bauw. 1879, стр. 506.
Звѣринскій мостъ чер. Виллю въ Вильнѣ (1907)	32,0	3,20	$\frac{1}{10}$	—	—	Двухъ-шарнирные арки.	Описанія нѣтъ.
М. чер. Вѣну въ Вѣнѣ (Tegetthofbrücke. 1872)	34,6	3,14	$\frac{1}{11}$	3,17	2,21	Трехъ-шарнирная арка. Мостъ подѣ обыкновенную ѣзду.	Allg. Bauz. 1877, стр. 12.
М. чер. Неккаръ м. Гейдельбергомъ и Нейенгеймомъ (1877)	35	3,75	$\frac{1}{9,33}$	—	0,60	Двухъ-шарнирные арки. Мостъ подѣ обыкновенную дорогу.	Zeit. f. Bauw. 1883, стр. 445.
Мостъ чер. Майнъ въ Франкфуртѣ (Unter-Main-Brücke. 1874)	36,75	3,68	$\frac{1}{10}$	3,75	0,25	Средняя арка—закрѣпленная въ пятахъ. М. подѣ обыкновен. ѣзду.	Schmick. Brücken- und Ufer Bauten in Frankfurt a/M.—Zeit. f. Bauk. 1879, стр. 241.
М. чер. Руръ у Мюльгейма (1865) (на ж. д. Osterrath-Essen)	36,29	4,92	$\frac{1}{7,39}$	5,56	0,34	Двухъ-шарнирные арки. Желѣзнодорожный мостъ.	Hartwich. Erweiterungsbauten der rheinischen Eisenbahnen. Berlin. 1867—1870.
М. чер. Тиссу у Чегедина (1858) (на ж. д. Чегединъ-Вѣна)	41,48	5,14	$\frac{1}{8,07}$	5,8	0,91	Двухъ-шарнирные арки. Желѣзнодорожный мостъ.	Zeit. f. Bauw. 1861, стр. 303 и 653; Ann. d. p. et ch. 1859, I стр. 334.
Мостъ чер. Зап. Двину въ Витебскѣ (1885)	43,7	6,15	$\frac{1}{7,1}$	6,1	0,70	Мостъ подѣ обыкновенную ѣзду.	Журн. М-ва П. С. 1885, (статья Инж. Ляхницкаго).
М. чер. каналъ St. Denis на ж. д. Paris-Creil (1858)	45,16	4,71	$\frac{1}{9,59}$	5,0	0,68	Первые арки съ шарнирами въ пятахъ.	Ann. p. et ch. 1860, стр. 161; Zeit. f. Bauw. 1862, стр. 237; Allg. Bauz. 1864, стр. 78.
М. чер. каналъ у Орлеана, на ж. д. Orleans-Oien	50	5	$\frac{1}{10}$	5,0	0,97	Желѣзнодорожный мостъ.	
Мостъ чер. каналъ Дунай въ Вѣнѣ (Franzensbrücke. 1900)	52,80	4,2	$\frac{1}{12,5}$	—	0,68	Трехъ-шарнирные арки. Мостъ подѣ обыкновенную ѣзду.	Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1900. № 18.

Название моста.	Пролетъ 1 mt.	Стрѣла подъема. f mt	$\frac{f}{1}$	Высота арки н. опоръ mt.	Высота арки въ ключѣ. mt.	Примѣчаніе.	Гдѣ находится описаніе.
Виадукъ чер. Heiligen-Städterstrasse въ Вѣнѣ	56	5,4	$\frac{1}{10.4}$	6,13	0,82	Двухъ-шарнирные арки. Желѣзно- дорожный мостъ.	Foerster. Neue Brückenbauten in Oester- reich und Ungarn. 1899, стр. 34.
М. чер. Саринъ въ Тинѣ (1891) . . .	56	5	$\frac{1}{8}$	—	—	Трехъ-шарнирные арки. Мостъ подь обыкновенную ѣзду.	Mémoriai Gonin des travaux publics du canton de Veud.
М. чер. оврагъ (Nose) на шоссе въ Дермуло въ Гиродъ (1888)	60	10	$\frac{1}{6}$	11,26	1,50	Двухъ-шарнирные арки. Мостъ подь обыкновенную ѣзду.	Centralbl. d. Bauv. 1890, стр. 220; Zeit. d. ost. Ing. u. Arch. Ver. 1889, стр. 71—73.
М. чер. Мозель у Гюльса на ж. д. Coblentz-Trèves (1878)	65,6	7,0	$\frac{1}{9.4}$	7,88	0,90	Двухъ-шарнирные арки. Желѣзно- дорожный мостъ.	Deut. Bauz. 1879, стр. 223; Zeit. f. Bauw. 1887, стр. 569.
М. чер. Дунайскій каналъ въ Вѣнѣ (1884)	69,6	7,17	$\frac{1}{9.7}$	6,78	0,84	Двухъ-шарнирные арки. Желѣзно- дорожный мостъ.	Allg. Bauz. 1886, стр. 101; испы- таніе моста: Woch. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1884, стр. 335.
Литейный мостъ въ С.-Петербургѣ чер. Неву (1879)	74,80	6,56	$\frac{1}{11.4}$	7,76	1,20	Двухъ-шарнирные арки. Мостъ подь обыкновенную ѣзду.	
М. чер. Еппс близъ Тернберга (1890).	76	10,8	$\frac{1}{7.04}$	13,0	2,20	Двухъ-шарнирные арки. Мостъ подь обыкновенную ѣзду.	Foerster. Neue Brückenbauten in Oester- reich und Ungarn. 1899, стр. 36.
„Третій“ мостъ чер. Вислу въ Вар- шавѣ (строится)	80	9,65	$\frac{1}{8.29}$	10,46	1,20	Мостъ подь обыкновен. ѣзду. Двухъ- шарнирная арка.	Описанія еще нѣтъ.
Пѣш. м. чер. Целлину въ Montereale.	83	10,8	$\frac{1}{7.69}$	11,2	0,40	Двухъ-шарнирные арки. Мостъ пѣ- шеходный.	
М. чер. Рейнъ въ Боннѣ (1898) (край- ніе пролеты)	93,6	8,5	$\frac{1}{11}$	—	—	Двухъ-шарнирные арки. Мостъ подь обыкновенную ѣзду.	Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1899, стр. 272, 309; Deut. Bauz. 1898, стр. 645, 653, 657.
Мостъ чер. Дунай въ Буда-Пештѣ (Margaretenbrücke. 1876)	100,69	7,37	$\frac{1}{13.66}$	—	—	Арки съ задѣланными пятами.	Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1874, стр. 229; Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hann. 1876, стр. 381; Zeit. f. Bauk. 1880, стр. 191.
М. чер. овр. Anger на альпійской линии Tauern-Bahn (1906)	110,0	14,0	$\frac{1}{7.86}$	—	—	Двухъ-шарнирные арки.	Deut. Bauz. 1905, стр. 525; Engng. news. 1905, 5 окт.; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1905, № 51.
М. чер. р. Замбезе (1905)	152,5	27,50	$\frac{1}{5.55}$	32,0	4,5	Двухъ-шарнирные арки. Желѣзно- дорожный мостъ.	Centralbl. d. Bauv. 1896, стр. 343; 1897, стр. 592; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1898, стр. 1105; Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1896, № 50; Gén. civ. XXXIII, стр. 337; Ann. d. p. et ch. 1897, стр. 402.
М. чер. вод. Ніагару (1897)	167,7	34,75	$\frac{1}{4.8}$	40,85	6,1	Двухъ-ярусный мостъ для ж. дор. и для обыкновенной ѣзды. Двухъ- шарнирные арки.	

Т а б л и ц а F.

Название моста.	Пролетъ	Стрѣла подъема *)	r	Высота арки на опорѣ.	Высота арки въ ключѣ.	Схема арочной фермы.	Гдѣ находится описаніе.
	l	f					
М. Wasserthor въ Берлинѣ	24,4	3,85	$\frac{1}{6,34}$	—	—		
М. въ Ишль (Johannesbrücke) (1898)	40,2	5,72	$\frac{1}{7,02}$	9,75	0,75		Allg. Bauz. 1899; Foerster. Neue Brück. in Oest. u. Ung. 1899, стр. 37.
Пѣш. м. чер. Elbe-Grave-Kanal (1900)	44,77	5,0	$\frac{1}{8,95}$	—	—		Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1900, № 24.
Виадукъ въ Halensee	60,0	9,00	$\frac{1}{6,66}$	—	—		
М. Фердинанда чер. Муръ въ Грацѣ (1882)	67,8	8,65	$\frac{1}{7,85}$	2,9	0,60		Zeit. d. ost. Ing. u. Arch. Ver. 1883.
М. чер. Муръ въ Гоберницѣ	70,56	7,5	$\frac{1}{9,4}$	0,56	0,56		Foerster. Neue Brück. in Oest. u. Ung. 1889, стр. 39.
М. въ Бамбергѣ	75,9	11,0	$\frac{1}{6,9}$	—	—		
Виадукъ чер. жел. дор. пути въ Мюнхенѣ (Hackerbrücke) (1892)	28,91	6,9	$\frac{1}{4,13}$	4,3	1,2		Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1893, № 47, стр. 1441.
М. чер. каналъ Dortmund-Ems	34,72	6,12	$\frac{1}{5,7}$	5,15	1,60		Zeit. f. Bauw. 1902, стр. 106, 243.
Мосты въ Штеттинѣ: чер. Одеръ Bahnhofbrücke (1900)	47,46	9,00	$\frac{1}{5,25}$	—	1,75		Deut. Bauz. 1906, № 18 и 20.
„ „ Hansabrücke (1903)	40,0	8,0	$\frac{1}{5}$	—	1,80		„ „ 1906, № 22, 23.
„ „ Baumbrücke (1905)	48,0	11,0	$\frac{1}{4,36}$	—	2,10		„ „ 1906, № 26, 27.
чер. Парницъ: Parnitzbrücke (1905)	32,0	8,8	$\frac{1}{3,64}$	—	1,80		„ „ 1906, № 26, 27.
М. чер. Муръ въ Леобенѣ (1882)	60,06	10,8	$\frac{1}{5,6}$	5,7	1,8		Foerster. Neue Brück. in Oest. u. Ung. 1899, стр. 39.
М. чер. Мозель въ Трарбахѣ (1899)	64,35	11,0	$\frac{1}{5,85}$	5,55	1,8	То-же.	Centralbl. d. Bauw. 1899, № 4
М. чер. Гавель между Шпандау и Эйсвердеръ (1903)	61,15 75,28	10,2 14,0	$\frac{1}{6}$ $\frac{1}{5,38}$	5,9 8,4	2,0 2,0		Zeit. f. Bauw. 1904, стр. 65.
М. чер. Тинъ въ Виламѣ	73,0	14,85	$\frac{1}{4,91}$	—	—		Genio civile. 1880.
М. чер. Эндеръ-Ельбу въ Гарбургѣ (1893)	100,96	17,0	$\frac{1}{5,95}$	8,65	3,2		Centralbl. d. Bauw. 1898, № 8.

*) До верхняго пояса.

Название моста.	Пролетъ	Стрѣла подъема *)	f	Высота арки на опорѣ.	Высота арки въ ключѣ.	Схема арочной фермы.	Гдѣ находится описаніе.
	mt.	f	mt.	mt.	mt.		
М. чер. Руссановскій протокъ Двѣпра въ Кіевѣ (1905)	104	17,51	$\frac{1}{5,94}$	8,91	3,3	То-же. Тоже, съ тремя шарнирами (безъ затяжки).	Описанія еще нѣтъ. Описанія еще нѣтъ.
М. чер. Мсту въ Боровичахъ (1905)	107	19,85	$\frac{1}{5,4}$	10,5	3,52		
М. чер. Рейнъ бл. Майнца на ж. д. Mainz-Wiesbaden (1904)	107,2	12,5	$\frac{1}{8,57}$	11,5	3,5		Deut. Bauz. 1904, стр. 230; Centralbl d. Bauv. 1904, стр. 221.
	116,8	13,8	$\frac{1}{8,46}$	11,5	4,0		
М. чер. Рейнъ въ Вормсѣ (1900) (железнодорожный)	116,6	22,0	$\frac{1}{5,28}$	11,4	3,5		Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1900, № 48; Deut. Bauz. 1900, стр. 585; Gén. civ. XLVIII.
М. чер. Эльбу въ Магдебургѣ (1901)	135	23,0	$\frac{1}{5,86}$	—	5,33		Centralbl. d. Bauv. 1900, стр. 14.
М. чер. Рейнъ въ Дюссельдорфѣ (1898)	181,25	36,8	$\frac{1}{4,92}$	10,84	5,0		
М. чер. Рейнъ въ Боннѣ (1898) (средній пролетъ)	187,2	34,4	$\frac{1}{5,45}$	10,14	4,8	То-же.	Gén. civ. XXXV, стр. 49; Centr. d. Bauv. 1898, стр. 557, 572; Deut. Bauz. 1898, стр. 629; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1899, стр. 320.
Конк. пр. м. Hafenbrücke чер. Фульду въ Кассель:	84,0	14,26	$\frac{1}{5,9}$	7,0	2,25		Gén. civ. XXXIV, стр. 33; Cent. d. Bauv. 1898, стр. 617, 632; Deut. Bauz. 1898, стр. 645, 653, 657.
		„Glückauf“	14,70	$\frac{1}{5,7}$	6,78			2,70
Виадукъ на ст. Иркутскъ (1903)	20,50	6,6	$\frac{1}{3,1}$	6,6	0		Centr. d. Bauv. 1907.
М. чер. каналъ Elbe-Trave у Mölln (1900)	32,25	5,53	$\frac{1}{5,83}$	5,66	0,52		
Троицкій мостъ чер. Неву въ С.-Петербурѣ (1902) (средній пролетъ)	99,29	8,2	$\frac{1}{12,1}$	8,6	2,0		Bernhard. Die Brücken des Elbe-Trave-Kanals. Zeit. d. Ver. deut. Ing. Bd. XLIV, 1900, № 24, стр. 766.
Мостъ Mirabeau чер. Сену въ Парижѣ (1896)	99,34	6,17	$\frac{1}{16,1}$	2,0	0,84		Centralbl. d. Bauv. 1904, стр. 42
М. чер. Рио-Гранде на Тихоокеанской ж. д. въ Кеста-Рика. (1902)	136,8	17,05	$\frac{1}{8}$	20,59	3,84		Centralbl. d. Bauv. 1897, стр. 241, 257; Génie civil XXIX, стр. 17; Engng. news. 1896, 12 ноябр., Engin. и Engng. 1896, 19 июня.
Виадукъ чер. р. Viaruz на ж. д. Sartraux-Rodez. (1900)	220,0	53,73	$\frac{1}{4,1}$	55,0	2,76		Engng. 1902, №№ 1921 и 1923; Изв. Собр. Инж. Пут. Сообщ. 1903, № 4.
							Ann. d. p. et ch. 1899, 1 trim. стр. 57 и 4 trim. стр. 79; 1901, III стр. 244; Nouv. ann. de la constr. 1903, стр. 1; Revue gén. d. ch. d. fer. 1903, № 1.

*) До верхняго пояса.

а) Цѣпные висячіе мосты.

Система	Названіе моста.	Пролетъ въ метрахъ l.	Стрѣлка провѣса въ метрахъ f.	г l	Примѣчаніе.	Гдѣ находится описаніе.
СЪ ЖЕСТКИМЪ МОСТОВЫМЪ ПОЛОТНОМЪ.	Пантелеймонскій мостъ чер. Фонтанку въ С.-Петербургѣ (1824) *).	16	2	$\frac{1}{8}$	Полотно не жесткое.	Malberg. Kettenbücken in Petersburg. Zeit. f. Bauw. 1859.
	Пѣшеходный мостъ черезъ Ааръ у Берна.	58	4	$\frac{1}{14,5}$	Выс. жел. фермы жесткости 1.10 mt.	Dulk. Zeit. f. Bauw. 1864.
	Мостъ черезъ Сену у Suresnes (1840).	62	6,2	$\frac{1}{10}$		Nouv. ann. de la Constr. 1872; Ann. d. p. et ch. 1842; Усовъ Строит. искусство, ч. II, стр. 323.
	М. чер. Муръ въ Грацѣ (м. Франца-Карла 1843).	63,8	6,47	$\frac{1}{9,86}$		Neuwerth. Allg. Bauz. 1846; Усовъ. Строительное искусство, ч. II, стр. 289.
	М. чер. Регницъ въ Бамбергѣ (1828) **).	64,26	4,31	$\frac{1}{14,90}$		Becker. Der Brückenbau. Stuttgart. 1854, стр. 206. Усовъ. Строительное искусство, ч. II, стр. 287.
	М. чер. Великую въ Островѣ (1853).	95,0	8,21	$\frac{1}{11,57}$	Выс. фермы жесткости (Гау) 2.13 mt.	Усовъ. Строительное искусство. 1862, ч. II, стр. 264.
	М. чер. Маасъ въ Серенгѣ (1843).	105	7	$\frac{1}{15}$		Lintz. Allg. Bauz. 1848.
	М. чер. Темзу въ Лондонѣ (1827).	121,8	8,96	$\frac{1}{13,59}$		Werther. Allg. Bauz. 1853.
	М. чер. Молдаву въ Прагѣ (1842).	132,70	9,83	$\frac{1}{13,50}$		Schnirch. Beschreibung der Kettenbrücke zu Prag-Prag 1842. Усовъ. Строительное искусство, ч. II, стр. 277.
	М. чер. Днѣпръ въ Кіевѣ (Николаевскій. 1853).	185,42	8,92	$\frac{1}{15,18}$	Ферма жесткости деревянная Гау.	Усовъ. Строительное искусство. 1862, ч. II, стр. 251. Усиленіе моста: Инженеръ. 1904, стр. 203.
	М. чер. Дунай въ Буда-Пештѣ (1845).	202,4	14,41	$\frac{1}{14,04}$	Выс. фермы жесткости дерев. 2.59 mt.	Allg. Bauz. 1841.
Мостъ чер. Рейнъ въ Боннѣ (неисп. пр. „Wolper-Warpen“).	225	26,5	$\frac{1}{8,49}$		Centralbl. d. Bauv. 1895; Deut. Bauz. 1895; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1895. Здѣсь всѣ конкурсные проекты для этого моста.	

*) Мостъ этотъ теперь разобранъ.

**) Мостъ теперь замѣненъ арочнымъ.

Название моста.	Пролетъ въ метрахъ l.	Отръбка прогиба въ метрахъ l.	$\frac{l}{1}$	Примѣчаніе.	Гдѣ находится описаніе.
М. у Виссгамонга въ Новой Гранаѣ (1870)	56	3,50	$\frac{1}{16}$	Высота фермы жестк. 1 мт. Мостъ подъ обыкновенную ѣзду.	
Пѣшеходный м. п. Sitter въ Brüggen (1870)	65,5	6,0	$\frac{1}{10,91}$	Высота фермы жестк. 1,2 мт.	
М. чер. Арень у Лангенаргена (Боденское озе- ро 1898)	72,0	9,0	$\frac{1}{8}$	Высота фермы жестк. по серединѣ 1,91 мт., а по концамъ 2,11 мт.	Centralbl. d. Bauw. 1898, стр. 71; Daut. Bauz. 1898, стр. 67; Südd. Bauz. 1898, стр. 47.
М. чер. Сену у Conflans St. Honorine (1839)	77,5	8,5	$\frac{1}{9,12}$		Ann. d. p. et ch. 1833; Allg. Bauz. 1836.
М. чер. Domboge у Subzaca (1839)	109	12	$\frac{1}{9,08}$	Перекрестные ванты.	Ann. d. p. et ch. 1835; Allg. Bauz. 1839.
М. чер. Nonne Cannes-Ecluse (1894)	116,0	11,6	$\frac{1}{10}$		
Пѣшеходный м. чер. Дунай въ Passau (1809)	127,4	5,8	$\frac{1}{12,8}$	Высота фермы жесткости 1,22 мт	Zeit. d. bayr. Arch. u. Ing. Ver. 1871.
М. чер. Scott у Лорента	183,6	14,34	$\frac{1}{22}$	Мостъ подъ обыкновенную ѣзду.	Becker. Der Brückenbau. Stuttgart. 1854, стр. 242. Усовъ. Строительное искусство, т. II, стр. 317.
М. чер. Vilaine у Roche-Bernard (1839)	193,0	15,2	$\frac{1}{13,04}$		Leblanc. Ann. d. p. et ch. 1839.
М. чер. Poux у Консъ-Шевроза (1904)	200	21	$\frac{1}{9,52}$	Высота фермы жесткости 2,5 мт.	Genie Civil. 1904, XLVI, стр. 20; Журн. М-ва Пут. Сообщ. 1905 г., кн. VIII, стр. 134.
М. чер. Ниагару (постр. 1855, разбор. 1897)	250,0	16,45	$\frac{1}{15,20}$	Выс. фермы жесткости 5,28 мт. М. былъ подъ желѣзную и обыкн. дороги.	Nouv. ann. de la Constr. 1865; Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hann. 1866; Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1867, Усовъ. Строительное искус- ство, т. II, стр. 292.
М. чер. Saane у Фрейбурга (1832)	265,2	19,28	$\frac{1}{13,8}$	Выс. фермы жесткости дерев. 1,5 мт.	Allg. Bauz. 1836; Zeit. f. Bauw. 1863. Усиленіе моста: Nouv. ann. de la Constr. 1881.

Названіе моста.	Пролетъ въ метрахъ f.	Стрѣлка провѣса въ метрахъ f.	$\frac{f}{l}$
М. чер. Дунай въ Буда-Пештѣ (Schwurplatz- brücke, 1903)	290,0	29,0	$\frac{1}{10}$
М. чер. Малый Бельтъ (проектъ 1900)	300,0	37,5	$\frac{1}{8}$
М. чер. Ohio въ Wheeling'ѣ	307,7	18,50	$\frac{1}{16,6}$
М. чер. Ohio въ Cincinnati (1867).	322,0	27,15	$\frac{1}{11,86}$
Пѣшеходный м. чер. Ниагару	386,4	27,50	$\frac{1}{14,05}$
Манатанскій м. чер. East-River въ Нью-Йоркѣ (1905, исп. пр. Best'a.)	446,5	45,72	$\frac{1}{9,8}$
Бруклинскій м. чер. East River въ Нью-Йоркѣ (1879)	486,3	38,9	$\frac{1}{12,5}$
Вильямсбургскій мостъ чер. East-River въ Нью- Йоркѣ (1903).	487,7	54,25	$\frac{1}{9}$
М. чер. Дунай въ Буда-Пештѣ (пр. Kübler'a 1894).	316,0	27,5	$\frac{1}{11,49}$

Примѣчаніе.	Гдѣ находится описаніе.
Высота фермы жесткости по серединѣ 4,75 mt., надъ быками—6,98 mt.	Schweiz. Bauz. 1904; Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1904, стр. 261, 277; Engineer. 1904, I, стр. 379, 429, 438, 503, 514, 579, 628; Zeit. deut. Ing. 1900, стр. 592
	Stahl u. Eisen. 1900, № 41; Mem. et Compte-rendu d. trav. de la soc. d. Ing. Civ. de France, 1900, anp
	Culmann. Allg. Bauz. 1852.
	Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1866 и 1868; Zeit. f. Bauw. 1868.
Высота фермы жесткости 2,0 mt.	Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1870.
	Engng. news 1903, I стр. 183, 576; II стр. 102, 525; 1904, II стр. 1; Engng. record. 1903, I стр. 196; II стр. 730; 1904, II стр. 23.
Высота фермы жесткости 4,60 mt. М. подъ желѣзн. и обыкнов. дороги.	Engineer 1874, 1877, 1881; Engng. 1878, 1879; Nouv. ann. de la constr. 1879 и 1880; Schweiz. Bauz. 1883; Centralbl. d. Bauw. 1883; Woch. d. Ver. deut. Ing. 1883.
Высота фермы жесткости по серединѣ 11,20 mt., а у опоръ—12,19 mt.	Centralbl. d. Bauw. 1896, стр. 442. Engng. news 1896—1903; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1896, с. 1032; 1901, с. 1212; 1902; с. 1326; 1904, с. 57, 396; Génie civil 1897, с. 152; Schweiz. Bauz. 1897, с. 105; 1902, II с. 255; 1904, I с. 14.
Выс. фермы жестк. по сер. 5,7 mt., а по конц. 7,4 mt. М. подъ обыкн. вѣду.	Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1894; Centralbl. d. Bauw. 1894; Инженерный журналъ. 1897 г. № 4.

ный проект моста съ арочными фермами разсматриваемаго типа для моста чер. Дибъръ въ Александровскѣ на П Екатериненской жел. дорогѣ: пролетъ средней арки взять 188m^t , а стрѣла подъема— 26m^t , такъ что $\frac{f}{l}$ составляетъ $\frac{1}{7,23}$

Ш. Для сквозныхъ арочныхъ фермъ отношеніе стрѣлы подъема къ длинѣ пролета принимается обыкновенно въ предѣлахъ $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{12}$; въ рѣдкихъ случаяхъ доходитъ эта величина до $\frac{1}{5}$ или $\frac{1}{14}$.

Для соображеній при проектированіи приводимъ слѣдующія данныя о нѣкоторыхъ наиболѣе извѣстныхъ мостахъ съ арочными сквозными фермами. (Таблица Е. стр. 82—83 и 84—85).

Въ заключеніе скажемъ нѣсколько словъ о много-пролетныхъ мостахъ съ арочными разнѣдными фермами. Въ такихъ мостахъ пяты арокъ во всѣхъ пролетахъ располагаются на одной горизонтали, положеніе которой опредѣляется горизонтомъ наивысшихъ водъ. Въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу полотну придается продольный уклонъ отъ середины моста къ устоямъ; для этого необходимо соотвѣтственно уменьшать стрѣлы подъема; при этомъ цѣлесообразно уменьшать и пролеты отъ середины моста къ берегамъ, сохраняя по возможности для всѣхъ пролетовъ одно и то же отношеніе стрѣлы подъема къ пролету; при такомъ способѣ на быкахъ распоры отъ двухъ смежныхъ арокъ при отсутствіи временной нагрузки или при полномъ загруженіи таковой нагрузкой обыкновенно взаимно уничтожаются, такъ что на быки дѣйствуютъ только одни вертикальныя давленія. Если ставится условіе, чтобы эти распоры при указанныхъ нагрузкахъ совсѣмъ уничтожались, то при параболическихъ аркахъ требуется равенство значеній $\frac{q l^2}{8 f}$, гдѣ q —полная нагрузка арки на пог. метръ горизонтальной проекціи, l —пролетъ, f —стрѣла подъема. Если можно принять для всѣхъ пролетовъ q одинаковымъ, то получится слѣдующее условіе для взаимнаго уничтоженія вышеуказанныхъ распоровъ на быкахъ:

$$\frac{l^2}{f} = \text{постоянное.}$$

Замѣтимъ здѣсь, что нецѣлесообразно и некрасиво, уменьшая для задачи уклона полотну стрѣлы подъема въ различныхъ пролетахъ, дѣлать послѣднія одинаковой величины; при такомъ способѣ пришлось бы всѣ быки проектировать различныхъ размѣровъ.

в) Арочныя фермы съ ѣздою по низу.

Арочныя фермы съ ѣздою по низу проектируются подвѣсной системой, при чемъ они имѣютъ видъ возвышенныхъ арокъ съ затяжкой или безъ нея, въ которыхъ и подвѣшивается проѣзжая часть. Арки въ большинствѣ случаевъ проектируются двухшарнирныя; очертаніе ихъ поясовъ по кругу или по параболѣ.

Отношеніе высоты фермы *) къ длинѣ пролета принимается обыкновенно въ предѣлахъ $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{6}$ для сквозныхъ арокъ, а при малыхъ пролетахъ въ среднемъ $\frac{1}{4}$.

Для фермъ типа по рис. 21 высота арки по серединѣ пролета принимается въ предѣлахъ $\frac{1}{25}$ — $\frac{1}{20}$ и иногда до $\frac{1}{10}$.

Для соображеній при проектированіи приводимъ слѣдующія данныя о нѣкоторыхъ наиболее извѣстныхъ арочныхъ мостахъ разсматриваемаго типа подѣ обыкновенныя дороги. (Два моста подѣ жел. дорогу). (Таблица F, стр. 86—87 и 88—89).

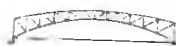


Рис. 21.

4) Консольно-арочныя фермы.

Для соображеній при проектированіи приводимъ слѣдующія данныя о наиболее извѣстныхъ консольно-арочныхъ мостахъ (стр. 88—89).

5) Висячія фермы.

Стрѣла провѣса f принимается въ настоящее время отъ $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{15}$ (въ старыхъ мостахъ встрѣчается до $\frac{1}{18}$) пролета. Для жесткихъ проволочныхъ висячихъ фермъ наивыгоднѣйшее отношеніе стрѣлы провѣса къ пролету при желѣзныхъ пилонахъ составляетъ $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{8}$; при каменныхъ пилонахъ наивыгоднѣйшее отношеніе меньше.

Въ многопролетныхъ мостахъ съ пролетами различной величины стрѣлы провѣса въ отдѣльныхъ пролетахъ зависятъ отъ стрѣлы провѣса f въ среднемъ пролетѣ длиной l , для котораго распоръ H составляетъ $H = \frac{pl^2}{8f}$. Въ такихъ случаяхъ обыкновенно ставятъ условіе, чтобы распоры для всѣхъ пролетовъ были одинаковые. Отсюда получаемъ условіе

$$\frac{l^2}{f} = \frac{l_1^2}{f_1} = \frac{l_2^2}{f_2} \dots$$

откуда и имѣемъ

$$f_1 = f \cdot \frac{l_1^2}{l^2}; \quad f_2 = f \cdot \frac{l_2^2}{l^2} \dots$$

гдѣ f принимается, какъ уже сказано, $= \frac{1}{8} l - \frac{1}{10} l$.

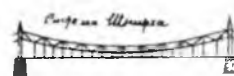










Уголь привѣса подвѣсной цѣпи (т. е. уголь наклоненія, составляемый касательной къ подвѣсной цѣпи у опоръ съ горизонталью) измѣняется въ предѣлахъ отъ 15° до 21° . Уголь же схода удерживающей цѣпи принимается 30° — 40° ; наивыгоднѣйшая величина его— 45° .

Въ висячихъ фермахъ (трехшарнирныхъ), въ которыхъ соединеніе цѣпи съ прогономъ раскосное, высота фермы h_0 по серединѣ пролета принимается, при $\frac{f}{l} = \frac{1}{16}$ — $\frac{1}{20}$, въ предѣлахъ отъ $0,03 l$ до $0,05 l$.

По Melan' у наивыгоднѣйшая высота $h_0 = 0,15 l$ — $0,3 f$. Въ висячихъ фермахъ, которымъ придана жесткость посредствомъ фермы жесткости,

*) Отъ пяты до верхняго пояса.

с) Висячіе мосты с жесткой стѣнкой.

Название моста.	Пролетъ въ метрахъ l	Стрѣла провѣса въ метрахъ f	f l	Схема фермы.	Примѣчаніе.	Гдѣ находится описаніе.
М. чер. Неккаръ въ Мангеймѣ (постр. 1845 г., разобр. 1889 г.)				То-же.		Deut. Bauz. 1867.
М. чер. каналъ Дуная въ Вѣнѣ (Aspernbrücke 1864 г.)	65					
М. чер. каналъ Дуная въ Вѣнѣ (Verbindungsbahnbrücke) (постр. 1860 г., разобр. 1884 г.)	80,8	4,06	$\frac{1}{19,9}$	То-же.	Высота цѣпи 1,22 mt.	Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1860; Zeit. f. Bauw. 1861 и 1862; Engineer 1873; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1894.
Пѣш. м. чер. пути на ст. Гота (1871 г.)	48,08	6,0	$\frac{1}{8}$		Высота цѣпи 1,2 mt.	Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hann. 1872; Deut. Bauz. 1879.
М. чер. Гудзонъ (North-River) (Lindenthal)	945	94,5	$\frac{1}{10}$		Жесткое полотно и жесткая цѣпь. Цѣпь составлена изъ канатовъ.	
М. чер. Монгангала въ Питсбургѣ (1877 г.)	243,8	26,8	$\frac{1}{9,70}$			Deut. Bauz. 1879; Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hann. 1879; Ann. d. p. et ch. 1878; Engng. news. 1878; Engng. record 1903. XLVII, стр. 2—10, 1904, XLIX, стр. 424, 455.
М. чер. Тибръ въ Римѣ (1859 г.)						
Манатанскій мостъ чер. East-River въ Нью-Йоркѣ (проектъ Lindenthal'я 1902 г.)	448,05	56,04	$\frac{1}{8}$			Amer. Soc. of. Civ. Ing. 1904 г., авг
М. чер. св. Лаврентія при Quebec (проектъ Lindenthal'я)	548,63	54,80	$\frac{1}{10}$	То-же.		Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1865 и 1868; <i>примѣчаніе этого моста</i> : id. 1896, стр. 480.
М. чер. Молдану въ Прагѣ (м. Франца-Иосифа) (1868 г.)	149,01					Engng. 1871 и 1872; Deut. Bauz. 1872 Engineer 1873; Ann. d. p. et ch. 1876 I; Engineer 1879.
М. Альберта чер. Темзу въ Лондонѣ (1872 г.)	122,0			То-же.		Journ. of the Franklin Inst. 1876; Engng. 1877.
М. на Пенсильванской ж. д. въ Филадельфій (1876 г.)	57,0			То-же.		Heinzerling. — Hängebrücken Abt. I, Heft 5. 1880; <i>Rzih. Eisenbahn-Unter- und Oberbau</i> . Bd. II. 1877.
Пѣшеходный м. чер. Майнъ между Франкфуртомъ и Саксгаузеномъ (1869 г.)	79,7	6,40	$\frac{1}{12,45}$			Heinzerling. id.
Пѣшеходный мостъ чер. пути на ст. Гота (неисп. проектъ)	48,0	4,5	$\frac{1}{10,66}$	То-же.		Centralbl. d. Bauv. 1895; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1895.
М. чер. Рейнъ въ Боннѣ (неисп. пр. Kübler'a 1895 г.)	212,8	20,0	$\frac{1}{10,64}$		Верхній поясъ изъ каната.	Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1863; Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hann. 1864; Zeit. f. Bauw. 1866; Allg. Bauz. 1866.
М. Lambeth чер. Темзу въ Лондонѣ (1862 г.)	85,4	8	$\frac{1}{10,57}$		Верхній поясъ изъ каната.	Centralbl. d. Bauv. 1894, стр. 235; Stahl und Eisen. 1894; стр. 383.
М. чер. Эльбу у Лошвица (1893 г.)	146,68	24,0	$\frac{1}{6,11}$		Верхній поясъ представляеть гиперболу.	

средняя высота h этой последней должна приниматься по возможности $\frac{1}{30} l - \frac{1}{60} l$ ($\frac{h}{l} = \frac{1}{30} - \frac{1}{60}$, это лучшее отношение на основании условия минимума суммы объемов ее частей).

Вohnу определяет в среднем $h = \frac{1}{60} l$, но принимая во внимание, что абсолютно наибольший момент превышает среднее значение из всех частных моментов примерно на 30%, он рекомендует принимать $h = \frac{1}{45} l$. Melan для определения высоты фермы жесткости в проволочных висячих мостах по середине пролета дает след. формулу

$$h = 0,53 \frac{R \cdot f}{E \Delta t} \cdot \frac{l}{L}$$

гдѣ: R — допускаемое напряжение

f — стрѣла провѣса

l — пролетъ

$L = l + 2l_1$, $\text{Sec}^2 \alpha$,

E — модуль упругости

α — коэффициентъ расширения

t — изменение температуры

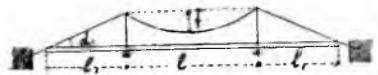


Рис. 22.

Если принять $R = 750 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, $E \alpha = 23,8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, $t = 40^\circ$, то получимъ

$$h = 0,418 \frac{l}{L} \cdot f.$$

Для однопролетной фермы L колеблется въ предѣлахъ отъ $2l$ до $2,5l$; для такой фермы слѣдовательно будемъ имѣть:

$$h = \text{отъ } 0,209 f \text{ до } 0,167 f.$$

По этимъ формуламъ определяется высота фермы жесткости для середины пролета и эта высота принимается обыкновенно постоянная для всей фермы; однако при очень большихъ пролетахъ можно рекомендовать высоту фермы жесткости у опоры принять несколько больше, нежели по серединѣ, придавъ нижнему поясу небольшую выпуклость. (Вильямсбургскій мостъ въ Нью-Йоркѣ, м. Schwurplatz въ Буда-Пештѣ и др.)

Приводимъ данныя о стрѣлѣ провѣса въ нѣкоторыхъ извѣстныхъ висячихъ мостахъ. (Стр. 90—91, 92—93 и 98—99).

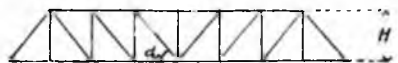
с) Длина панелей.

При металлической профѣзжей части длина панели оказываетъ большое влияние на весь рѣшетки фермы (на весь поясъ влияние не велико) и на весь профѣзжей части. Отъ длины панели, при извѣстной высотѣ фермы, зависитъ уголъ наклоненія раскосовъ, а отъ этого угла и зависитъ ихъ весь. При параллельныхъ поясахъ наиболее выгодный уголъ наклоненія раскосовъ къ горизонту въ простой раскосной рѣшеткѣ — $35^\circ 15'$, а въ треугольной рѣшеткѣ — 45° . На практикѣ, однако, эти углы не принимаются. Для облегченія проектированія фермъ нѣкоторыхъ системъ приводимъ ниже слѣдующую таблицу, въ которой нами указано, какія панели обыкновенно принимаются на практикѣ.

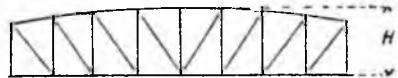
С х е м а.

Принимаемая на
практикѣ панели.

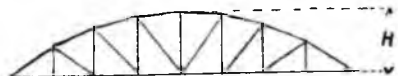
Примѣчаніе.



$d = 0,7 H - H$
(чаще $0,84 H - H$)
 $\alpha = 65^\circ - 45^\circ$
(чаще $50^\circ - 45^\circ$)



$d = \sim 0,6 H$

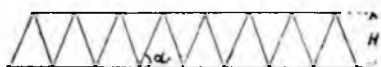


$d = 0,6 H - 0,8 H$
(чаще $0,6 H - 0,7 H$)

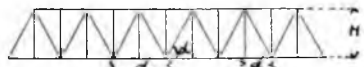


$d = 0,6 H - 0,9 H$
(чаще $0,5 H - 0,9 H$)

при
 $l = 75 - 100 \text{ mt.} : d_1 = 5,5 - 7,0 \text{ mt.}$
 $l = 100 - 170 \text{ mt.} : d_1 = 7,0 - 8,0 \text{ mt.}$



$d = 0,73 H - 1,15 H$
 $\alpha = 70^\circ - 60^\circ$

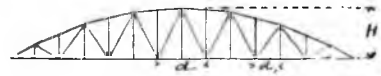


$d = 1,15 H - 1,7 H$
 $\alpha = 60^\circ - 50^\circ$



$d = 0,9 H - H$

при
 $l = 50 - 75 \text{ mt.} : d_1 = 4,0 - 5,0 \text{ mt.}$
 $l = 75 - 110 \text{ mt.} : d_1 = 5,0 - 7,0 \text{ mt.}$



$d = 0,8 H - H$



$d = 0,7 H - 0,84 H$
(лучше $\sim 0,7 H$)
 $\alpha = 35^\circ 30' - 31^\circ$
(лучше $35^\circ 30'$)



$d = 0,5 H$ или $0,5 \left(\frac{H + H_0}{2} \right)$



$d = \sim 0,5 h$



при
 $l = 50 - 100 \text{ mt.} : d = 2,3h - 2,5h$
 $l = 100 - 150 \text{ mt.} : d = \sim 2h$
 $l = 150 - 200 \text{ mt.} : d = \sim 1,5h$
но не $> 8 - 9 \text{ mt.}$

при
 $l = 40 - 50 \text{ mt.} : d = 3,0 - 4,0 \text{ mt.}$
 $l = 50 - 75 \text{ mt.} : d = 4,0 - 5,0 \text{ mt.}$
 $l = 75 - 100 \text{ mt.} : d = 5,0 - 6,5 \text{ mt.}$
 $l = 100 - 150 \text{ mt.} : d = 6,5 - 7,5 \text{ mt.}$
 $l = 150 - 200 \text{ mt.} : d = 7,5 - 9,0 \text{ mt.}$

Если пѣть какихъ либо особыхъ препятствій, то при выборѣ длины панели слѣдуетъ имѣть въ виду теоретически наивыгоднѣйшую длину ея, при которой на ребра проѣзжей части будетъ затрачено наименьшее количество матеріала.

Общее выраженіе вѣса g пог. метра балки имѣетъ слѣдующій видъ, если длину ея обозначимъ черезъ a :

$$g = A + B a.$$

Для двутавровыхъ продольныхъ и поперечныхъ балокъ будемъ имѣть слѣдующія среднія значенія для B (коэффициенты A для разсматриваемаго вопроса не имѣютъ значенія, какъ то видно будетъ ниже, почему ихъ не разсматриваемъ). При этомъ мы предполагаемъ, что всѣ балки изъ литого желѣза, вѣсъ куб. сант. котораго = 0,00785 klg, а допускаемое напряженіе на сжатіе и растяженіе для котораго = 750 — 800 $\frac{\text{klg}}{\text{cm}^2}$. Имѣемъ:

а) для промежуточной продольной балочки.

$$\text{при среднемъ } \frac{h}{l} = \frac{1}{10}$$

$B_1 = 8,5$ — при разстояніи между продольными балочками въ 1,4mt.

$B_1 = 7,5$ — " " " " " " " " въ 1mt.

Въ среднемъ $B_1 = 8$.

Вѣсъ промежуточной продольной балочки $g_1 = A_1 + B_1 a$.

д) Для крайней продольной балочки:

$$\text{при среднемъ } \frac{h}{l} = \frac{1}{12}$$

$B_2 = 6$ — при разстояніи между продольными балочками въ 1,4mt

$B_2 = 4$ — " " " " " " " " въ 1mt.

Въ среднемъ $B_2 = 5$.

Вѣсъ крайней продольной балочки $g_2 = A_2 + B_2 a$.

с) Для поперечной балки.

Называя черезъ b пролетъ поперечной балки будемъ имѣть вѣсъ 1 п. м. поперечной балки

$$g_3 = B_3 + A_3 a$$

a вѣсъ ея на 1 п. м. панели выразится

$$\frac{g_3 b}{a} = \left(A_3 + \frac{B_3}{a} \right) b.$$

Для указанных въ отдѣлѣ „Временная нагрузка“ фуръ вѣсомъ 8,2^{тн} 10^{тн}, 18^{тн}, и 20^{тн}. будемъ имѣть слѣдующія значенія для B_3 при $b = 6, 7, 8\text{ мт.}$

b	Д а в л е н и е к о л е с а ф у р ы .			
	2,65 <i>тн.</i>	2,5 <i>тн.</i>	4,5 <i>тн.</i>	5 <i>тн.</i>
6 <i>мт.</i>	105	111	131	133
7 <i>мт.</i>	120	126	146	149
8 <i>мт.</i>	134	140	162	165

Выраженіе для вѣса реберъ всей проѣзжей части g на 1 пог. метръ панели будетъ:

$$G = n_1 g_1 + n_2 g_2 + \frac{g_3 b}{a}$$

гдѣ: n_1 — число промежуточныхъ продольныхъ балочекъ

n_2 — число крайнихъ продольныхъ балочекъ (обыкн. 2)

Подставляя сюда значеніе для $g_1 g_2 g_3$ получимъ

$$G = n_1 A_1 + n_1 B_1 a + n_2 A_2 + n_2 B_2 a + A_3 b + \frac{B_3 b}{a} =$$

$$= \underbrace{\left[n_1 A_1 + n_2 A_2 + A_3 b \right]}_{\text{постоянное}} + \underbrace{\left[n_1 B_1 a + n_2 B_2 a + \frac{B_3 b}{a} \right]}_{\text{переменное}}$$

Приравниваемъ производную нулю, тогда имѣемъ

$$\frac{dG}{da} = n_1 B_1 + n_2 B_2 - \frac{B_3 b}{a^2} = 0$$

Отсюда получаемъ невыгоднѣйшую длину панели a

$$a = \sqrt{\frac{B_3 b}{n_1 B_1 + n_2 B_2}}$$

Если, напримѣръ, разстояніе между осями фермъ (длина поперечной балки) = 8^{мт.}, поперечная балка рассчитывается на фуръ въ 10^{мт.}, число промежуточныхъ продольныхъ балочекъ 7, а крайнихъ — 2, то будемъ имѣть невыгоднѣйшую длину панели въ отношеніи вѣса реберъ проѣзжей части

$$a = \sqrt{\frac{140 \times 8}{7 \times 8 + 2 \times 5}} = 4,13\text{ мт.}$$

Если число промежуточных продольных балочек будетъ 5, то наимыгоднѣйшая длина панели будетъ

$$a = \sqrt{\frac{140 \times 8}{5 \times 8 + 2 \times 5}} = 4,75^{mt}.$$

Если почему либо крайнія продольныя балочки проектируются одинаковыми съ промежуточными то предыдущая формула принимаетъ видъ

$$a = \sqrt{\frac{B_2 b}{n B_1}}$$

гдѣ n — число всѣхъ продольныхъ балочекъ.

Замѣтимъ, что отступленія $\pm 0,5^{mt}$ отъ опредѣленной по даннымъ формуламъ наимыгоднѣйшей длины панели почти не вліяютъ на вѣсь реберъ проѣзжей части: въ крайнемъ случаѣ можно безъ значительнаго увеличенія вѣса реберъ проѣзжей части допустить даже отступленія отъ наимыгоднѣйшей длины панели $\pm 1,0^{mt}$.

Въ общемъ можно указать, что при металлической проѣзжей части длина панели колеблется въ предѣлахъ 2,0—8,0^{mt} (иногда и 9,0^{mt}) и больше этого встрѣчаются панели какъ рѣдкое исключеніе (напр. въ строящемся мостѣ чер. р. Св. Лаврентія бл. Quebec'a на Второй Тихоокеанской ж. д. панели приняты длиной 15,24—17, 15^{mt}). Нормальнымъ предѣломъ длины панели слѣдуетъ считать 5,0^{mt}.

Д) Ширина мостовъ.

Ширина моста опредѣляется въ зависимости отъ назначенія его, отъ предполагаемаго размѣра движенія по мосту и отъ расположенія проѣзжей части, а въ извѣстныхъ случаяхъ, и отъ длины моста.

Относительно ширины (полезной) мостовъ разсмотримъ пѣшеходные мосты, мосты на шоссе и городскіе мосты.

1) Пѣшеходные мосты.

Полезная ширина пѣшеходныхъ мостовъ принимается обыкновенно въ предѣлахъ 1, 5 — 4^{mt} (въ Россіи обыкновенно 2 — 3^{mt}) въ зависимости отъ предполагаемаго размѣра движенія по мосту. Въ крайнихъ случаяхъ она доходитъ до 8^{mt} (напр. пѣшеходный мостъ чер. Сену въ Парижѣ, построенный въ 1900 г. на территоріи выставки, длиной 120^{mt}).

2) Мосты на шоссе.

Мосты на шоссе, въ отношеніи ширины ихъ, можно раздѣлить примѣрно на слѣдующіе типы (рис. 23 — 27).

На шоссе второстепеннаго значенія вдали отъ населенныхъ и торговыхъ мѣстъ, мостъ слѣдуетъ проектировать по типу I или II, въ зависимости отъ того, на сколько необходимы отдѣльные тротуары.

На шоссе первостепеннаго значенія мосты проектируются по типу III или IV; въ большинствѣ случаевъ достаточно принять типъ III, допускающій скрещиваніе двухъ экипажей, а типъ IV, допускающій скрещиваніе трехъ экипажей, приходится принимать въ исключительныхъ случаяхъ, если на мосту дѣйствительно ожидается большое скопленіе экипажей.

Наименьшую ширину тротуаровъ для шоссеиныхъ мостовъ слѣдуетъ

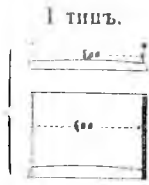


Рис. 23

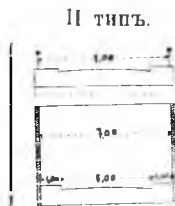


Рис. 24.

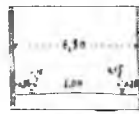


Рис. 25.



Рис. 26.

IV типъ

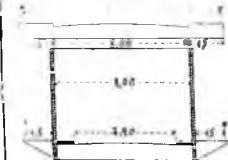


Рис. 27.

принимать въ 1^м, а наибольшую — въ 1,5^м, при устройствѣ двухъ тротуаровъ; въ случаѣ устройства всего только одного тротуара ширина такого должна быть не менѣе 1,8^м.

У насъ нѣтъ утвержденныхъ нормъ для ширины шоссеиныхъ мостовъ: только въ V отдѣлѣ гл. 1 § 2 „Свода распоряженій М-ва П. С. по службѣ пути жел. дорогъ“ имѣется слѣдующее указаніе: „ширина полотна путевода проѣзжей дороги, считая таковую между перилами, и ширина проѣзда подъ желѣзнодорожнымъ путепроводомъ не должны быть менѣе 3-хъ саженихъ на шоссе, торговыхъ и почтовыхъ дорогахъ, и 2-хъ саженихъ на сельскихъ и полевыхъ дорогахъ.“

3) Городскіе мосты.

Ширина городского моста назначается въ зависимости отъ того, лежитъ ли онъ въ предѣлахъ улицы, или въ предѣлахъ площади, или же онъ соединяетъ двѣ части города, раздѣленные рѣчкой. Въ первомъ случаѣ ширина моста обыкновенно принимается равной ширинѣ улицы, ведущей къ мосту; такіе мосты обыкновенно перекрываютъ каналы, овраги или рѣчечки, почему длина ихъ въ общемъ незначительная и нѣтъ особеннаго расчета уменьшать ширину моста противъ ширины улицы. Во второмъ случаѣ ширина моста принимается возможно большей, дабы по возможности меньше стѣснить движеніе (Синій мостъ чер. Мойку въ С. Петербургѣ, лежащій въ предѣлахъ площади, имѣетъ напримѣръ, ширину 45 саж.) Въ третьемъ случаѣ ширина моста принимается въ зависимости отъ мѣстныхъ условій, при чемъ ширина проѣзда въ существующихъ мостахъ встрѣчается въ предѣлахъ отъ 6,5 до 22^м, а ширина тротуаровъ отъ 1,20 до

10^{мт.} Въ общемъ представляется рациональнымъ принимать для мостовъ, соединяющихъ двѣ части города, слѣдующую ширину:

	ширина проѣзда	ширина тротуаровъ ^{*)}
въ уѣздныхъ городахъ:	6,40 ^{мт.} (= 3 саж.)	1,50 ^{мт.}
въ губернскихъ городахъ:	6,40 ^{мт.} (= 3 саж.)	1,50 — 2 ^{мт.}
	или 8,50 ^{мт.} (= 4 саж.)	
въ столичныхъ городахъ:	14 — 18 ^{мт.}	3 ^{мт.}

Относительно мостовъ въ губернскихъ городахъ слѣдуетъ замѣтить еще слѣдующее. Если по мосту предполагается уложить одинъ путь для трамвая, то таковой слѣдуетъ расположить по одному изъ краевъ около тротуара (разстояніе оси пути отъ края тротуара должно быть 1,10^{мт.}) и тогда ширина проѣзда въ 6,40^{мт.} вполне достаточна. Если же на мосту предполагается уложить два трамвайныхъ пути, то ширину проѣзда достаточно принять въ 8,5^{мт.}; расположивъ пути по краямъ, около обоихъ тротуаровъ. Если же по какимъ либо соображеніямъ необходимо бы было расположить два трамвайныхъ пути непременно по серединѣ моста, то необходимо съ каждой стороны путей дать полосу въ 3,0—3,5^{мт.} для проѣзда одного ряда экипажей. Принимая обычную величину междоутія въ 1,50^{мт.}, ширину колесъ въ 1,0^{мт.} и ширину вагоновъ въ 2,0^{мт.} полоса, занимаемая двумя трамваями, получится въ 4,50^{мт.} и слѣдовательно необходимая минимальная ширина проѣзда въ этомъ случаѣ получается.

$$4,50 + 2 \times 3,0 = 10,5^{мт.}$$

Приводимъ въ слѣдующихъ таблицахъ данныя о ширинѣ наиболѣе извѣстныхъ русскихъ и заграничныхъ городскихъ мостовъ. (Стр. 107 и 108—109).

Изъ таблицы на стр. 108 видно, что за границей въ нестоличныхъ городахъ ширина проѣзда принимается обыкновенно 6,50—8,50^{мт.}, также какъ у насъ въ губернскихъ городахъ, и въ рѣдкихъ случаяхъ 10,0—11,0^{мт.} если того требуютъ трамвайные пути: въ столичныхъ же городахъ ширина проѣзда принимается въ предѣлахъ 10—15^{мт.} (чаще 11—15^{мт.}); такую ширину проѣзда, какъ имѣетъ мостъ Императора Александра III, въ 20^{мт.} слѣдуетъ считать исключительной; она принята была по совершенно особымъ соображеніямъ.

Что касается разстоянія между главными фермами и слѣдовательно, числа ихъ, то замѣтимъ, что расположеніе главныхъ фермъ находится въ связи съ шириной мостового полотна, величиною пролета, системою фермъ, расположеніемъ проѣзжей части (по верху или по низу) и расположеніемъ тротуаровъ (снаружи фермъ или между ними). Относительно выгоды обоихъ способовъ расположенія тротуаровъ можно сдѣлать только тѣ указанія, что при большой ширинѣ моста выгоднѣе устраивать тротуары снаружи фермъ, а при малой ширинѣ внутри. Далѣе, въ всякихъ мостахъ, при двухъ фермахъ, расположеніе тротуаровъ снаружи фермъ слѣдуетъ допу-

*) Ширина тротуара обыкновенно въ среднемъ составляетъ $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ отъ ширины проѣзда.

Русскіе мосты.

	Названіе моста.	Расположеніе бѣды.	Ширина въ мт.		Дли-на мост мт.
			Проѣзда.	Каждога тротуара	
Уѣздные города.	М. чер. Великую въ Островѣ (1853) . . .	По низу.	5,38	0,47	94
	М. чер. Мсту въ Боровичахъ (1905) . . .	"	6,67	1,50	107
Губернскіе города.	Николаевскій м. чер. Днѣпръ въ Кіевѣ (1853)	По низу.	10,27	1,22	701
	Зеленый м. чер. Вилію въ Вильнѣ (1894)	"	8,50	1,50	87
	М. чер. Волховъ въ Новгородѣ (1900)	"	8,22—8,53	2,69—1,84	170
	М. чер. Волгу въ Твери (1900)	"	6,40	2,56	190
	М. чер. Руссановскій притокъ Днѣпра въ Кіевѣ (1907)	"	8,11	внутри 1,28	—
	Звѣринскій м. чер. Вилію въ Вильнѣ (1907)	По верху.	8,50	1,50	—
	Чер. Зап. Двину въ Витебскѣ (1885)	"	7,92	1,07	180
	Чер. Зап. Двину въ Ригѣ (1896)	"	10,76	1,60	525
	Чер. Днѣпръ въ Смоленскѣ (1902)	"	6,40	1,22	—
	Чер. Нѣманъ въ Гроднѣ (строится)	"	8,50	2,10	165
Чер. Куру въ Тифлисѣ (строится)	—	12,7 *)	2,13	—	
Столичные города.	Александровскій м. чер. Вислу въ Варшавѣ (1866)	По низу.	10,47	2,50	450
	Николаевскій м. чер. Неву въ С.-Петербур-гѣ (1850)	По верху.	13,80	3,13	350
	Литейный м. чер. Неву въ С.-Петербур-гѣ (1879)	"	17,06	3,20	430
	Троицкій м. чер. Неву въ С.-Петербур-гѣ (1903)	"	17,65	2,90	480
	„Третій“ м. чер. Вислу въ Варшавѣ (строится)	"	15,0	3,20	504
	Двордовый м. чер. Неву въ С.-Петербур-гѣ (конк.)	—	21,97	2,88	260
	Охтенскій м. чер. Неву въ С.-Петербур-гѣ (конк.)	—	17,70	2,88	385

*) Такая ширина объясняется укладкой двухъ трамвайныхъ путей.

З а г р а н и ч н ы е м о с т ы .

Название моста.	Расположение възды.	Ширина въ мт.		Длина моста мт.	Гдѣ находится описаніе.	Примѣчаніе.
		Проѣзда.	Каждаго тротуара			
Мосты Sully чер. Сены въ Парижѣ (1876)	по верху.	12,0	4,0	98 и 143	Ann. d. p. et Ch. 1880, II стр. 483.	
M. Carcusselle " " " (1836)	"	7,0	2,50	—	См. стр. 74—75.	
M. Tolbiac " " " (1895)	по низу.	11,0	2,0	162	" " 88—89.	
M. Mirabeau " " " (1896)	по верху.	12,0	4,0	174	" " 76—77.	Трамвайныхъ путей нѣтъ.
M. Alexandre III " " " (1900)	"	20,0	10,0	174		
M. Jannowitz чер. Шпрее въ Берлинѣ (1883)	по верху.	11,0	4,0			
M. Ebert " " " (1894)	"	11,0	3,0		Centralbl. d. Bauw. 1895, стр. 376.	
M. Weidendammer " " " (1896)	"	12,4	5,0			
M. Sandkrug чер. кан. Шпандау " (1883)	"	15,0	5,5			
M. Waldemar чер. кан. Луны " (1890)	"	12,0	4,0			
Badbrücke	"	11,40	—			
M. Treskow въ Oberschöneweide бл. Берлина (1905)	по низу.	7,5	2,50		Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1905.	
M. Westminster чер. Темзу въ Лондонѣ (1865)	по верху.	13,2	4,00	240	Zeit. f. Bauw. 1857, стр. 221.	
M. Waterloo " " "	"	8,00	—			
M. Tegetthoff чер. Вьну въ Вѣнѣ (1872)	по верху.	11,40	3,80	35	См. стр. 82—83.	
Виадукъ чер. пути ж. д. Императрицы Елизаветы	по низу.	7,60	2,0			
M. Brigitta чер. Дунайскій каналъ	"	11,30	3,8		Allg. Bauz. 1876.	
M. Франца Иосифа чер. Дунайскій каналъ (1900)	по верху.	8,00	4,0	53	Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1900, № 18.	
Старый висячій м. чер. Дунай въ Буда-Пештѣ (1845)	по низу.	7,40	1,83	385	Allg. Bauz. 1841.	
M. Маргариты " " " (1876)	по верху.	11,00	2,85	—	См. стр. 84—85.	2 пути трамвая по бокамъ.
M. Франца-Иосифа " " " (1897)	по низу.	10,5	2,90	335	" "	
M. Kaiserin-Elisabeth " " " (1903)	"	11,0	3,60	380	" "	
M. Kornhaus чер. Ааръ въ Бернѣ (1898)	по верху.	7,2	2,70	240	См. стр. 78—79.	2 пути трамвая.
M. Kirchenfeld " " " (1883)	"	7,2	2,70	229	Schweiz Bauz. Bd. III, стр. 128; 1893, I, стр. 137.	
M. чер. Quai въ Прессбургѣ	по низу.	6,50	1,65	—		
M. чер. Дунай " " "	"	6,50	1,65		Deut. Bauz. 1891, № 5.	
M. Carola чер. Эльбу въ Дрезденѣ (1895)	по верху.	9,60	3,20	161		
M. чер. Майнъ въ Франкфуртѣ (Unter-Main-Brücke (1874)	по верху.	8,70	2,90	170	См. стр. 82—83.	
M. чер. Рейнъ въ Вормсѣ (1899)	по низу.	6,50	2,0	297	См. стр. 78—79.	
M. чер. Рейнъ въ Боннѣ (1898)	по низу.	7,15	2,5	400	См. стр. 88—89.	2 пути трамвая.
M. чер. Рейнъ въ Дюссельдорфѣ (1898)	по низу.	8,2	2,25	380	См. стр. 88—89.	2 пути трамвая.
M. чер. Эльбу въ Магдебургѣ (1901)	по низу.	9,5	3,5	135	См. стр. 88—89.	2 пути трамвая.

Название моста.	Расположение възды.	Ширина въ mt.		Длина моста mt.	Гдѣ находится описаніе.	Примѣчаніе.
		Провѣда.	Каждого прогугара.			
М. чер. Неккаръ въ Мангеймѣ (Friedrichsbrücke (1890)	по низу.	10,0	5,0	187		
" " " " " " (строится)	"	10,0	2,50	240		2 пути трамвая по срединѣ.
М. въ Люцернѣ (Seelbrücke)	по верху.	7,50	3,70	147	Ann. d. p. et Ch. 1873.	
М. чер. Везеръ въ Бременѣ (Kaiserbrücke)	по низу.	8,50	3,00	—		
М. чер. Elbe-Trade-Kanal въ Любекѣ (Burghthor-Brücke. 1897)	по верху.	11,0	3,5	88	Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1900. № 24.	2 пути трамвая по бокамъ.
М. чер. Elbe-Trade-Kanal въ Любекѣ (Mühlenthor-Brücke. 1897)	по низу.	9,6	3,0	80		Путей трамвая нѣтъ.
М. чер. Рейнъ въ Майнцѣ (1885)	по верху.	7,80	2,90	490		Путей трамвая нѣтъ.
М. чер. Одеръ въ Штеттинѣ (Bahnhofs-Brücke. 1900)	по низу.	6,5	2,75	200	Deut. Bauz. 1906. №№ 20, 22, 23.	Путей трамвая нѣтъ.
" " " " " (Hansa-Brücke. 1903)	"	8,5	2,85	110		2 пути трамвая по бокамъ.
М. чер. Эльбу въ Гамбургѣ (системы Лозе) (1888)	по низу.	—	2,0	400	Ann. d. p. et ch. 1891, pl. 40.	
М. Kornhaus чер. кан. Zoll (1891) въ Гамбургѣ	"	11,0	3,0	—	Ann. d. p. et ch. 1891, pl. 41.	
М. чер. Oberhafen " " (1906) " "	"	7,0	2,5	180	Zeit. f. Bauw. 1907.	Путей трамвая нѣтъ.
М. Wettstein чер. Рейнъ въ Базелѣ (Obere-Brücke 1879)	по верху.	7,60	2,5	310	Deut. Bauz. 1879, стр. 243; Zeit. d.	
М. Johanniter чер. Рейнъ въ Базелѣ (Untere-Brücke. 1882)	"	7,60	2,5	310	Arch. u. Ing. Ver. zu Hann. 1879 u 1880; Eisenbahn XIII, стр. 50.	
Кам. м. чер. Рейнъ въ Базелѣ (Mittlere-Brücke. 1905)	"	11,0	3,5	170	Schweiz. Bauz. XLVII. №№ 1, 2 и 4	2 пути трамвая по срединѣ.
М. Фридриха-Августа чер. Сирскую долину въ Плауэнѣ (1905)	по верху.	11,0	3,0	100	Schweiz. Bauz. 1905.	2 пути трамвая по срединѣ.
М. чер. Фульду въ Касселѣ (Hafenbrücke. стр.)	по низу.	10,0	3,0	90	Centr. d. Bauv. 1907.	2 пути трамвая по срединѣ.
" " " " " (Fuldabrücke. стр.)	"	10,0	3,0	90		

скать только при небольших пролетах; при значительных же пролетах полезно имѣть большое разстояніе между фермами, почему въ этихъ случаяхъ слѣдуетъ тротуары располагать внутри фермъ.

Относительно расположенія тротуаровъ снаружи фермъ замѣтимъ здѣсь, что при немъ получается меньшій вѣсъ поперечныхъ балокъ (въ виду меньшаго ихъ пролета) и меньшая длина промежуточныхъ опоръ (быковъ); кромѣ того при расположеніи поперечныхъ балокъ надъ поясами фермъ, при устройствѣ ихъ неразрѣзными, является возможность разгружать нѣсколько промежуточныхъ фермы расположеніемъ тротуаровъ снаружи. Наконецъ расположеніе тротуаровъ снаружи придаетъ мосту болѣе красивый видъ.

Разсмотримъ отдѣльно мосты съ ѣздою по верху и по низу.

а) Мосты съ ѣздою по верху.

Въ мостахъ съ ѣздою по верху нижняя часть мостового полотна располагается или непосредственно на главныхъ фермы или при помощи продольныхъ и поперечныхъ балокъ. Въ первомъ случаѣ разстояніе между главными фермами зависитъ отъ наибольшаго пролета, допускаемаго нижнею частью мостового полотна, величина каковаго пролета зависитъ отъ величины нагрузки и отъ степени сопротивленія частей, составляющихъ нижнее мостовое полотно. Обычныя конструкціи мостового полотна допускаютъ пролеты въ предѣлахъ отъ $0,80^{mt}$ до $2,00^{mt}$, въ каковыхъ предѣлахъ колеблются и разстоянія между главными фермами при рассматриваемомъ расположеніи полотна. Если же последнее располагается на главныхъ фермы при помощи продольныхъ и поперечныхъ балокъ, то разстояніе между главными фермами, если таковыхъ нѣсколько, принимается до 3^{mt} — 4^{mt} , а при двухъ фермахъ на все мостовое полотно, съ расположеніемъ тротуаровъ на вѣсу разстояніе принимается до $7,5^{mt}$ (напр. городской м. чер. Рейпъ въ Вормсѣ арочной системы). При двухъ фермахъ разстояніе между ними принимается примѣрно въ 0,6 отъ полной ширины моста.

При нѣсколькихъ фермахъ, или всѣ фермы размѣщаются на взаимно равныхъ разстояніяхъ, или-же лицевыя фермы отставляются отъ крайнихъ внутреннихъ на разстоянія отъ 1,5 до 2,5 разъ большія, нежели между внутренними.

При малыхъ пролетахъ выгоднѣе увеличить число главныхъ фермъ, такъ какъ тогда можно избѣгнуть устройства продольныхъ и поперечныхъ балокъ; при большихъ же пролетахъ выгоднѣе уменьшать число фермъ и устранять продольныя и поперечныя балки, ибо конструктивный коэффициентъ растетъ вмѣстѣ съ величиной пролета, а кромѣ того расходъ по сборкѣ моста увеличивается вмѣстѣ съ пролетомъ.

б) Мосты съ ѣздою по низу.

Въ мостахъ съ ѣздою по низу число главныхъ фермъ принимается обыкновенно не болѣе двухъ, даже при большихъ разстояніяхъ между фермами (напр. въ виадукѣ Tolbiac въ Парижѣ при разстояніи между фер-

мами въ 16^m , въ висячемъ мостѣ Имп. Елизаветы въ Буда-Пештѣ при разстояніи между фермами въ 20^m , въ м. Lérine на Сѣверномъ вокзалѣ въ Парижѣ при разстояніи между фермами въ $15,5^m$, въ м. Tower въ Лондонѣ при разстояніи между фермами въ 18^m и др.

Разстояніе между фермами въ этомъ случаѣ зависитъ отъ ширины проѣзда и тротуаровъ и отъ того, помѣщаются ли тротуары снаружи фермъ или между ними.

Если особыми условіями требуется, чтобы полотно моста было подраздѣлено фермами, то по серединѣ моста помѣщаютъ третью ферму, которой полотно дѣлится на двѣ части (ширина проѣзда въ каждой части должна быть не менѣе 4^m), въ каждой изъ которыхъ движеніе происходитъ только въ одномъ направленіи (напр. Пятницкій путепроводъ Моск. Брест. жел. дороги на ст. Смоленскъ, въ которомъ ширина проѣзда въ свѣту $13,8^m$). Это раздѣленіе моста на части представляетъ при дѣятельномъ движеніи нѣкоторыя неудобства, почему примѣняется очень рѣдко.

Въ висячихъ мостахъ примѣняютъ иногда даже четыре и пять фермъ слѣдующаго расположенія (рис. 28—30).



Рис. 28.



Рис. 29.



Рис. 30.

При такомъ расположеніи фермъ ихъ максимальныя нагрузки различны и потому крайнія и среднія фермы должны проектироваться различныхъ размѣровъ; въ виду сего эти расположенія рѣдко примѣняются и обыкновенно въ висячихъ мостахъ ограничиваются тоже двумя фермами.

Въ заключеніе замѣтимъ, что принимаемая въ мостахъ подѣ обыкновенныя дороги разстоянія между фермами вполне обезпечиваютъ устойчивость моста, почему таковая обыкновенно и не повѣряется. Повѣрка устойчивости на вѣтеръ развѣ требуется для мостовъ небольшой ширины, какъ напр. пѣшеходныхъ. Такая повѣрка устойчивости моста должна быть произведена какъ въ нагруженномъ, такъ и въ свободномъ состояніи, при чемъ для перваго случая можетъ быть принята нагрузка 200^{kg} на пог. метр. моста (какъ то установлено въ Австріи цирк. 28 авг. 1904 г. и 16 марта. 1902)

Е. Высота чистаго проѣзда и прохода въ закрытыхъ мостахъ.

Утвержденныхъ нормъ для высоты чистаго проѣзда въ закрытыхъ мостахъ у насъ не существуетъ; только въ V отдѣлѣ гл. I § 3 „Свода распоряженій М-ва П. С. по службѣ пути жел. дорогъ“ есть указаніе, что высота проѣзда подѣ желѣзнодорожнымъ путепроводомъ должна быть не менѣе 2-хъ саженой, т. е. $4,267^m$. Эту величину слѣдуетъ считать слишкомъ малой для чистаго проѣзда въ закрытыхъ мостахъ, ибо вагоны трамвая, а также возы съ сѣномъ и соломой имѣютъ высоту до $4,5^m$.

Принимая это во вниманіе Haseler совѣтуетъ высоту чистаго проѣзда въ закрытыхъ мостахъ принимать отнюдь не менѣе $4,6^m$ — $5,0^m$.

Проф. Николаи принимает наименьшую высоту чистаго проезда въ 4,70^{мт.}

Наконецъ въ Австрія (цирк. М-ва Вн. дѣль 16 марта 1906 г.) установлено, что низъ поперечныхъ связей долженъ возвышаться надъ поверхностью проезжей части повсюду не меньше, какъ на 4,5^{мт.} и надъ поверхностью тротуаровъ не меньше, какъ на 2,5^{мт.}

Указанныя цифры относятся до высоты проезда по серединѣ моста, т. е. вдоль его продольной оси; у краевъ же полотна высота проезда можетъ быть уменьшена до 4,0^{мт.}, если это требуется.

Наименьшая высота чистаго прохода въ пѣшеходныхъ мостахъ принимается въ 2,5^{мт.}

Г. Поперечная и продольная профиль мостового полотна.

Для обезпеченія возможности стока воды мостовому полотну всегда придаютъ продольный и поперечный уклоны, а иногда (рѣдко) только одинъ изъ этихъ уклоновъ.

Поперечная профиль полотна бываетъ или горизонтальная, или вогнутая или выпуклая, при чемъ чаще всего встрѣчается послѣдняя. Выпуклая профиль устраивается по круговой или параболической кривой (при одеждѣ полотна въ видѣ каменной или асфальтовой мостовой, и въ видѣ щебеночнаго слоя), или же составляется изъ двухъ наклонныхъ плоскостей (при одеждѣ полотна въ видѣ досчатаго настила или деревянной мостовой, а иногда также и при вышеуказанныхъ одеждахъ).

Въ случаѣ устройства выпуклой поверхности по кривой стрѣла выпуклости принимается:

для каменной мостовой: $\frac{1}{50} - \frac{1}{100}$ отъ ширины проезда

для асфальтовой мостовой: $\frac{1}{100} - \frac{1}{200}$ " "

для щебеночнаго слоя: $\frac{1}{50}$ " "

Въ случаѣ же составленія выпуклой поверхности изъ двухъ наклонныхъ плоскостей поперечный уклонъ принимается:

для досчатаго настила: $\frac{1}{30} - \frac{1}{50}$

для деревянной мостовой: $\frac{1}{50} - \frac{1}{100}$

для каменной мостовой: $\frac{1}{30} - \frac{1}{50}$

для асфальта: $\frac{1}{50} - \frac{1}{100}$

для щебеночнаго слоя: $\frac{1}{30} - \frac{1}{60}$

Указанныя здѣсь величины поперечнаго уклона полотна по роду одежды его назначаются въ зависимости отъ продольнаго уклона; чѣмъ больше продольный уклонъ, тѣмъ меньше можетъ быть принятъ поперечный, и наоборотъ.

Тротуары имѣютъ обыкновенно плоскую поверхность съ поперечнымъ уклономъ во внутрь или внаружу моста.

Для различныхъ одеждъ принимаются слѣдующіе уклоны:

для досчатаго настила: $\frac{1}{30} - \frac{1}{50}$

для асфальта: $\frac{1}{50} - \frac{1}{100}$

для каменныхъ плитъ: $\frac{1}{40}$

Во избѣжаніе загрязненія тротуары необходимо располагать на 12—20" выше полотна экипажнаго проѣзда (у внутреннихъ краевъ тротуаровъ).

Продольный уклонъ дается мостовому полотну обыкновенно въ обѣ стороны отъ середины пролета. Предѣльная величина его, сообразно роду одежды полотна принимается слѣдующая:

для досчататаго настила: $\frac{1}{40}$

для асфальта: $\frac{1}{50}$ (лучше $\frac{1}{70}$)

для деревянной мостовой: $\frac{1}{30}$

для каменной мостовой: $\frac{1}{20}$

Въ пѣшеходныхъ мостахъ продольный уклонъ принимается не свыше $\frac{1}{12}$.

Продольная профиль полотна образуется 1) или изъ двухъ прямыхъ, наклоненныхъ въ разныя стороны и сопряженныхъ круговой или параболической кривой, 2) или изъ нѣсколькихъ хордъ пологихъ кривыхъ, образующихъ въ общемъ ломанную линію, 3) или изъ непрерывной кривой въ видѣ круга или параболы (это особенно красиво въ висячихъ мостахъ). Такъ, напримѣръ, въ мостахъ Франца Іосифа чер. Дунай въ Буда-Пештѣ (консольно-балочный съ ѣздой по низу, длиной 335^{м.}, 1897 г.) и Александра III чер. Сене въ Парижѣ (арочный съ ѣздой по верху, длиной 174^{м.}, 1900 г.) продольная профиль образована изъ двухъ обратныхъ наклонныхъ прямыхъ, сопряженныхъ круговой кривой: въ Троицкомъ мосту чер. Неву въ С. Петербургѣ (консольно-арочный съ ѣздой по верху, длиной 480^{м.}, 1903 г.), въ мосту чер. Нѣманъ въ Гроднѣ (консольно-балочный съ ѣздой по верху, длиной 165^{м.}, строится), въ „Третьемъ“ мосту чер. Вислу въ Варшавѣ (арочный съ ѣздой по верху, длиной 504^{м.}, строится), въ мосту чер. Рейнъ въ Боннѣ (арочный съ ѣздой по низу, длиной 400^{м.}, 1898 г.), продольная профиль образована то-же изъ двухъ обратныхъ наклонныхъ прямыхъ, но сопряженныхъ параболической кривой; въ Николаевскомъ и Литейномъ мостахъ чер. Неву въ С. Петербургѣ (арочные съ ѣздой по верху длиной 350 и 430^{м.}, 1850 и 1879 г.) и въ мосту чер. Волховъ въ Новгородѣ (консольно-балочный съ ѣздой по низу, длиной 170^{м.}, 1900 г.) продольная профиль образована изъ хордъ пологихъ кривыхъ, образующихъ ломанную линію: въ мосту чер. Зюшу въ Зарѣчьи (консольно-балочный съ двумя консолями, длиной 87^{м.}, 1906 г.) мостовое полотно расположено по непрерывному кругу.

Въ послѣднее время продольную профиль полотна стали иногда образовывать изъ сочетанія нѣсколькихъ кривыхъ, имѣющихъ въ мѣстахъ взаимнаго сопряженія общія касательныя. Такъ напр. въ мосту чер. Рейнъ въ Боннѣ арочной системы предполагалось продольную профиль въ среднемъ участкѣ образовывать изъ кубической параболы, а въ крайнихъ участкахъ изъ параболы 1,65^{ов} степени, причемъ обѣ параболы имѣютъ одну и ту же вертикальную ось симметріи (по серединѣ пролета); въ мосту Короля Карла въ Штутгартѣ (1895) съ одной стороны моста продольная профиль образована изъ параболы, а съ другой стороны изъ кривой уравненія:

$$y = 2,36 \frac{x^2}{a^2} - 0,74 \frac{x^3}{a^3}, \text{ гдѣ } a \text{—длина хорды.}$$

Приводимъ необходимыя формулы для расчета кривыхъ, сопрягающихъ двѣ наклонныя (въ разныя стороны) прямыя, имѣющія наклонъ $\frac{1}{n}$.

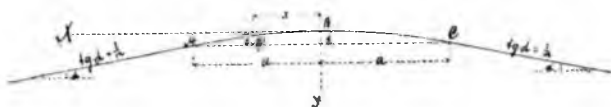


Рис. 31.

а) Кривая ABC—кругъ.

Уравненіе круга будетъ

$$x^2 = y_1 (2R - y_1)$$

откуда $y = R - \sqrt{R^2 - x^2}$

Радиусъ кривой

$$R = a\sqrt{n^2 + 1} \quad (\text{прибл. } R = an.)$$

Стрѣла f по серединѣ пролета

$$f = a(\sqrt{n^2 + 1} - n).$$

Далѣе имѣемъ изъ чертежа

$$y_1 = f - y = f - R + \sqrt{R^2 - x^2}$$

Подставляя сюда значенія для f и R получимъ окончательно

$$y = \sqrt{a^2(n^2 + 1) - x^2} - an,$$

по каковой формулѣ и определяются ординаты круга (осью абсциссъ служить хорда).

б) Кривая ABC — парабола.

Уравненіе параболы будетъ

$$x^2 = 2py;$$

для середины хорды получимъ

$$a^2 = 2pf.$$

Отсюда имѣемъ

$$\frac{y}{f} = \frac{x^2}{a^2} \quad \text{или}$$

$$y = \frac{fx^2}{a^2}$$

Въ точкахъ А и С

$$\text{tg} \alpha = \left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=a} = \frac{2fx}{a} = \frac{1}{n}$$

Откуда

$$f = \frac{a}{2n}$$

Подставляя это значеніе въ уравненіе параболы, получимъ

$$y = \frac{x^2}{2an} \quad \text{или} \quad x^2 = 2an \cdot y.$$

Далѣ изъ чертежа имѣемъ

$$y_1 = f - y = \frac{a^2 - x^2}{2 au},$$

по каковой формулѣ и опредѣляются ординаты параболы (осью абсциссъ служить хорда).

Продольный уклонъ въ ѣздахъ на мосты подь обыкновенную дорогу долженъ быть не круче 0,05, а въ городахъ и на шоссе не круче 0,03. (V отд. гл. I § 9 „Свода распоряженій М-ва П. С. по службѣ пути желѣзныхъ дорогъ“).

Обыкновенно дѣлають уклонъ въ 0,02 и 0,01.

Г) Положеніе низа фермъ.

§ 1. Возвышеніе низа фермъ путепроводовъ.

а) Въ путепроводахъ надь желѣзной дорогой наименьшая высота проѣзда подь ними опредѣляется мѣрами утвержденныхъ предѣльныхъ приближеній строеній къ путямъ.

Эта высота, считая надь уровнемъ рельсовъ, составляетъ:

для жел. дорогъ норм. колеи 1524 ^m / _m .*	{ 5,55 ^{mt} .— для негор. прол. строеній.
(на пути и на станціяхъ)	{ 6,4 ^{mt} .— для деревян. прол. строеній.
для жел. дорогъ загранич. колеи 1435 ^m / _m .	{ 4,65 ^{mt} .— на пути.
	{ 4,80 ^{mt} .— на станціяхъ.

для жел. дорогъ колеи 1067 ^m / _m **	{ 4,054 ^{mt} .— для негоряемыхъ прол. строеній.
(на пути и на станціяхъ)	{ 4,91 ^{mt} .— для деревянныхъ прол. строеній.

для жел. дорогъ колеи 1000 ^m / _m **	{ 4,15 ^{mt} .— для негоряемыхъ прол. строеній.
(на пути и на станціяхъ)	{ 5,00 ^{mt} .— для деревянныхъ прол. строеній.

для жел. дорогъ колеи 750 ^m / _m ***	{ 3,8— для негоряемыхъ пролет. строеній.
(на пути и на станціяхъ)	{ 4,65— для деревянныхъ прол. строеній.

Замѣтимъ здѣсь, что въ Австріи установлено (цирк. М-ва Вп. Д. 16 Марта 1906 г.), чтобы между низомъ фермъ путепровода и габаритомъ желѣзной дороги было повсюду пространство не меньше 0,3^{mt}.

б) Въ путепроводахъ надь проѣзжей дорогой высота проѣзда подь ними должна быть не менѣе 2 саж. въ предѣлахъ ширины проѣзжей дороги, считая отъ ея оси въ каждую сторону:

а) на шоссе, торговыхъ и почтовыхъ дорогахъ не менѣе 1,10 саж.

и б) на сельскихъ и полевыхъ дорогахъ— не менѣе 0,60 саж. (согласно отд. V гл. I § 3 „Свода распоряженій М-ва П. С. по службѣ пути жел. дорогъ“). Въ путепроводахъ арочной системы высота проѣзда должна быть не менѣе 2,5 саж., считая до низа ключевой части арки.

с) Въ путепроводахъ надь скотопрогонною дорогой высоту проѣзда подь ними достаточно принять въ 1 саж.

*) Цирк. Деп. жел. дор. 12 Ноябр. 1893 г. № 18260.

**) Прик. М-ра П. С. 5 Мая 1895 г. № 811.

***) Цирк. Деп. жел. дор. 13 Январ. 1898 г. № 710

****) Прик. М-ра П. С. 11 Дек. 1893 г. № 20255.

§ 2. Возвышеніе низа фермъ мостовъ черезъ рѣки.

а) Мосты на судоходныхъ рѣкахъ.

Въ судоходныхъ пролетахъ деревянныхъ мостовъ съ деревянными опорами низъ пролетнаго строенія на наибольшей ширинѣ надводнаго габарита судовъ долженъ возвышаться надъ наивысшимъ судоходнымъ горизонтомъ не менѣе увеличенной 2^м футами наибольшей высоты подводнаго габарита (отъ ватерлиніи) судовъ.

Въ судоходныхъ пролетахъ мостовъ съ каменными опорами возвышеніе низа пролетнаго строенія надъ наивысшимъ судоходнымъ горизонтомъ въ предѣлахъ средней 10 саженой ширины каждаго судоходнаго пролета должно быть не менѣе 2,36 саж. и не менѣе увеличенной на 4 фута наибольшей высоты надводнаго габарита (надъ ватерлиніей) судовъ. (IV отд. гл. I § 3 „Свода распоряженій М-ва П. С. по Службѣ Пути жел. дорогъ“).

Этихъ нормъ, установленныхъ для желѣзнодорожныхъ мостовъ, слѣдуетъ придерживаться и въ мостахъ подь обыкновенныя дороги.

Вообще въ судоходныхъ пролетахъ мостовъ разстояніе нижняго пояса балочныхъ фермъ или возвышеніе внутренней направляющей въ ключѣ арки арочныхъ фермъ надъ наивысшимъ горизонтомъ высокихъ водъ должно быть сообразовано съ наибольшей высотой мачтъ и пароходныхъ трубъ, но во всякомъ случаѣ должно быть не менѣе 1,5 саж. (пр. Николаи).

Въ случаѣ затруднительности, по мѣстнымъ условіямъ или по экономическимъ соображеніямъ, значительнаго возвышенія пролетныхъ частей моста требуемаго условіями судоходства, должны быть устроены въ мостѣ разводные пролеты* или же при немъ могутъ быть устроены мачтоподъемные краны** съ цѣлью пропуска судовъ по немъ безъ мачтъ.

Замѣтимъ еще, что въ мостахъ черезъ судоходныя рѣки возвышеніе низа пролетныхъ частей надъ самымъ высокимъ горизонтомъ воды опредѣляется всегда по соглашенію съ мѣстными Округами Путей Сообщенія.

* Согласно IV отд. гл. I § 3 „Свода распоряженій М-ва П. С. по службѣ пути жел. дорогъ“ ширина разводнаго пролета, т. е. чистое разстояніе между наружными гранями опоръ въ желѣзнодорожныхъ мостахъ, должна быть при деревянныхъ опорахъ не менѣе увеличенной на 0,50 саж. наибольшей ширины судовъ, а при каменныхъ опорахъ не менѣе увеличенной на 2 саж. наибольшей ширины судовъ и не менѣе 15 саж.

Въ слѣдующихъ мостахъ ширина разводнаго пролета принята:

мосты чер. Неву въ С. Петербургѣ	}	Николаевскій—10 саж.	} согласно технич. условій.
		Литейный—10 саж.	
		Троицкій—2×13 саж.	
		Дворцовый—14 саж.	
		Охтенскій—15 саж.	

Николаевскій висячій м. чер. Дняпръ въ Кіевѣ—10 саж.

Мостъ чер. Волховъ Николаевской жел. дороги—4,65 саж.

** О „Правилахъ устройства и содержанія мачтоподъемныхъ крановъ при мостахъ“ см. Прик. М-ра П. С. 26 Марта 1892 г. № 4124.

в) Мосты на сплавныхъ рѣкахъ.

Въ мостахъ на сплавныхъ рѣкахъ возвышеніе низа пролетныхъ частей надъ наивысшимъ горизонтомъ, при которомъ производится сплавъ, обыкновенно принимается не менѣе 1,5 саж. (проф. Куницкій). Это возвышеніе, также какъ и въ мостахъ черезъ судоходныя рѣки, опредѣляется по соглашенію съ мѣстными Округами Путей Сообщенія.

с) Мосты на несудоходныхъ и несплавныхъ рѣкахъ.

Въ мостахъ на несудоходныхъ и несплавныхъ рѣкахъ, во избѣжаніе поврежденія пролетныхъ частей ударами плавающихъ тѣлъ, низъ этихъ пролетныхъ частей балочной системы долженъ быть поднятъ на столько надъ опорнымъ уровнемъ самыхъ высокихъ водъ, чтобы отъ верхней поверхности подферменнаго камня до этого уровня было не менѣе 0,50 саж. Въ тѣхъ же случаяхъ, когда нижній поясъ фермъ опущенъ ниже верхней поверхности подформенныхъ камней, то онъ долженъ быть поднятъ надъ опорнымъ уровнемъ самыхъ высокихъ водъ не менѣе, какъ на 0,50 саж. (§ 43 „Техническихъ условій проектированія и сооруженія желѣзныхъ дорогъ первостепеннаго значенія“). Этихъ нормъ, установленныхъ для желѣзнодорожныхъ балочныхъ мостовъ, слѣдуетъ придерживаться и въ мостахъ надъ обыкновенныя дороги.

Въ мостахъ арочной системы нижнее ребро подферменной площадки должно возвышаться надъ горизонтомъ самыхъ высокихъ водъ не менѣе какъ на 0,30 саж.; только въ исключительныхъ случаяхъ это возвышеніе можно ограничить 0,10 саж.

Въ мостахъ подкосной системы низъ подкосовъ долженъ быть поднятъ надъ горизонтомъ самыхъ высокихъ водъ не менѣе, какъ на 0,10 саж.

III. Общія указанія.

§ 1. Точность вычисленій при расчетахъ.

Относительно точности вычисленій при расчетахъ приводимъ слѣдующія указанія, данныя на сей предметъ Прусскимъ Министерствомъ Публичныхъ работъ въ 1903 году (Vorschriften f. d. Entwerfen der Brücken mit eisernem Ueberbau auf den Preussischen Staatsbahnen. „Zentralblatt der Bauverwaltung.“ № 49 за 1903 г.):

1) при вычисленіяхъ можно ограничиваться точностью до $\frac{1}{2}$ ‰, такъ что достаточно вычислять двухзначныя числа до десятыхъ долей единицы, трехзначныя числа до цѣлыхъ единицъ, четырехзначныя числа до цѣлыхъ десятковъ,

2) при провѣркѣ расчетовъ допускается пользоваться логарифмической линейкой, при чемъ исправленію подлежатъ лишь тѣ результаты, которые разнятся отъ точныхъ на 1 ‰ и болѣе,

3) результаты всѣхъ расчетовъ прочности надлежитъ представлять въ видѣ дѣйствительныхъ напряженій, а отнюдь не въ видѣ сопоставленія принятыхъ и требуемыхъ площадей сѣченія или моментовъ сопротивленія.

§ 2. Исчисленіе точнаго вѣса металлическаго пролетнаго строенія.

Исчисленіе вѣса пролетнаго строенія необходимо: 1) для опредѣленія дѣйствительнаго его вѣса и 2) для составленія спецификаціи металла, по которой дается заказъ прокатному заводу.

Исчисленіе вѣса производится на особыхъ бланкахъ, которые рекомендуемъ слѣдующаго образца (стр. 121—122); при этомъ приводимъ для примѣра группировку частей верхняго строенія, состоящаго изъ трехъ фермъ, со свободными поперечными балками (крайній пролетъ моста).

Дадимъ нѣкоторыя указанія относительно составленія исчисленія вѣса:

1) желательнo, чтобы каждая составная часть верхняго строенія была снабжена отдѣльнымъ номеромъ, который проставляется какъ на чертежѣ (рядомъ съ размѣрами части), такъ и въ первой графѣ вѣдомости исчисленія вѣса.

Такая связь между исчисленіемъ вѣса и чертежами облегчаетъ пайти въ исчисленіи любую часть, обозначенную на чертежѣ и обратно; кромѣ того она облегчаетъ составленіе спецификаціи желѣза, а равно и повѣрку исчисленія вѣса, если таковая требуется.

2) вѣсъ частей пролетнаго строенія опредѣляется безъ вычета отверстія для заклепокъ, вѣсъ же заклепочныхъ головокъ опредѣляется въ $3\frac{1}{2}\%$ отъ вѣса желѣза, входящаго въ составъ пролетныхъ частей. (IX отд. гл. VIII § 9 „Свода распоряженій М-ва П. С. по службѣ пути жел. дорогъ“).

Эта норма вѣса заклепочныхъ головокъ, выраженная въ $\%$ отъ вѣса склепываемыхъ частей, является преувеличенной для проѣзжей части мостовъ подъ обыкновенную ѣзду, въ составъ которой входитъ много цѣльныхъ (не склепанныхъ) частей, какъ напр. прокатныя продольныя и вспомогательныя поперечныя балочки, лотковое желѣзо и пр.

Въ этихъ случаяхъ, согласно произведенныхъ нами точныхъ исчисленій, вѣсъ заклепочныхъ головокъ во всей проѣзжей части составляетъ всего $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}\%$ отъ вѣса желѣза, входящаго въ ея составъ. Это замѣчаніе рекомендуемъ принимать во вниманіе.

Замѣтимъ еще, что за послѣднее время вѣсъ заклепочныхъ головокъ въ пролетныхъ строеніяхъ со сквозными фермами стали часто принимать въ 3% , не смотря на утвержденную норму $3\frac{1}{2}\%$ (напр. мостъ чер. Сунгари на Восточно-Китайской жел. дор., мостъ чер. Западный Бугъ на Сѣдлецъ-Полоцкой жел. дор., мостъ чер. Москву у Нескучнаго сада на Моск. Окр. ж. д. и др.), ибо выяснилось, что для сквозныхъ фермъ вѣсъ этотъ въ дѣйствительности не превышаетъ 3% .

Замѣтимъ, что въ Австріи для вѣса заклепочныхъ головокъ не установленъ какой либо одинъ опредѣленный процентъ, какъ это сдѣлано у насъ, а таковой вѣсъ предписано принимать въ предѣлахъ отъ 2% до 4% , смотря по роду фермъ (цирк. М-ва Вн. Д. 16 мар. 1906 г.).

3) при опредѣленіи принадлежности отдѣльныхъ элементовъ необходимо соблюдать слѣдующее:

Наименование частей.	Количество.	Размер одной части.		Толщина <i>mm</i>	Ширина <i>mm</i>	Длина <i>mm</i>	Общая длина в метр или объем в куб. саж.	Итого.	В	Б	С	Ъ	
		или площадь <i>сг²</i>							ВСЕГО.				въ килограммах.
<p>I. Главныя фермы (въ одной фермѣ).</p> <p>1. Верхній поясъ. 2. Нижній поясъ. 3. Раскосы. 4. Стойки.</p>													A B C D
<p>Итого въсь одной фермы.</p> <p>Всь трехъ фермъ а съ 3$\frac{1}{2}$% на головки заклепокъ.</p>													A + B + C + D. 3 (A + B + C + D) 3,035 (A + B + C + D)
<p>II. Связи (между двумя фермами).</p> <p>1. Нижнія горизонтальн. связи 2. Верхнія горизонтальн. связи 3. Поперечныя связи. 4. Опорныя рамы.</p>													A B C D
<p>Итого въ связ. между двумя фермами</p> <p>Въ связяхъ между тремя фермами а съ 3$\frac{1}{2}$% на головки заклепокъ.</p>													A + B + C + D 2 (A + B + C + D) 2,035 (A + B + C + D)
<p>III. Прѣзжая часть (во всемъ пролетѣ, на всю ширину)</p> <p>§ 1. Экипажный прѣздъ.</p> <p>а) Верхняя часть полотна (если есть въ ней желѣзо). б) Настиль полотна. в) Ребра. Вспомогательныя поперечныя балочки. Продольныя балки (крайнія, промежуточныя, консольныя и связи между ними). Поперечныя балки. д) Прочія части (напр. отбойныя для грязи листы).</p>													A
<p>§ 2. Тротуары.</p> <p>а) Настиль б) ребра (продольныя балочки и консоли). в) Прочія части. д) Перила.</p>													B
<p>Итого въ прѣзжей части а съ 3$\frac{1}{2}$% на головки заклепокъ.</p>													A + B 1,035 (A + B)

№№ представленные на чертежѣ	Наименованіе частей.	Количество.	Размѣръ одной части.		Общая длина въ метр. или объёмъ въ куб. сант. Число частей или куб. сант.	В Ъ С Ъ.
			Толщина <i>mm</i> , или площадь <i>cm²</i>	Ширина на <i>mm</i>			Длина ml	Итого.
	<p>Въ этомъ количествѣ:</p> <p>7) шахматнаго желѣза</p> <p>8) лотковаго или цилиндрическаго, волнистаго.</p> <p>9) желѣза Зоре или Вогерена</p> <p>10) полосоваго листоваго, угловаго и пр. головки заклепокъ</p> <p>IV. Опорныя части. (для одного пролета).</p> <p>1. Опорныя части главныхъ фермъ.</p> <p>а) На быкъ. Сталь. Чугунъ. Желѣзо. Свинець.</p> <p>б) На устоѣ. Сталь. Чугунъ. Желѣзо. Свинець.</p> <p>2. Опорныя части поперечныхъ балокъ (если онѣ есть). Сталь. Чугунъ. Желѣзо.</p>					
	<p>Итого въ опорныхъ частяхъ:</p> <p>Стали А</p> <p>Чугуну В</p> <p>Желѣза С</p> <p>Свинцу D</p> <p>Металла. А + В + С + D.</p> <p>V. Общій сводъ металла. (въ одномъ пролетѣ).</p> <p>Въ фермахъ со связями d.11 =</p> <p>Въ провѣзжей части P₁.1 =</p> <p>Въ опорныхъ частяхъ P₂.1 =</p> <p>Всего металла</p> <p>Въ этомъ количествѣ:</p> <p>Желѣза (итого).</p> <p>Стали.</p> <p>Чугуна.</p> <p>Свинцу</p>					ВЪ КИЛОГРАММАХЪ.
						ВСЕГО.

а) къ главнымъ фермамъ слѣдуетъ причислять уголки жесткости въ фермахъ со сплошной стѣнкой, если только они не служатъ одновременно для прикрѣпленія поперечныхъ балокъ или тротуарныхъ консолей; опорныя стойки и связывающую ихъ горизонтальную распорку въ арочныхъ фермахъ; шарниры въ главныхъ фермахъ; (прикрѣпленные къ главнымъ фермамъ перила слѣдуетъ относить къ тротуарамъ).

б) къ проѣзжей части слѣдуетъ причислять угловыя консоли, включая и уголки, служащія для прикрѣпленія поперечныхъ балокъ; подвѣски и стойки, служащія исключительно для поддержки проѣзжей части; поперечныя и вѣтровыя связи между продольными балочками; настилъ полотна изъ плоскаго, цилиндрическаго, лотковаго желѣза и т. д. вмѣстѣ съ ограничивающимъ бетономъ, балластъ, щебень и пр. листовымъ желѣзомъ.

Если поперечныя балки лежатъ на главныхъ фермахъ и одновременно несутъ тротуары, то къ послѣднимъ присчитываются только перила.

в) къ тротуарамъ слѣдуетъ причислять консоли съ уголками для прикрѣпленія, продольныя балочки, желѣзный настилъ и перила.

г) къ связямъ слѣдуетъ причислять узловыя планки и могущіе быть уголки для прикрѣпленія. Поперечныя балки должны быть все-таки отнесены къ проѣзжей части даже въ томъ случаѣ, если онѣ входятъ въ составъ поперечныхъ связей.

Относительно соединительныхъ частей, служащихъ для прикрѣпленія однихъ частей къ другимъ, замѣтимъ, что онѣ должны быть отнесены къ тѣмъ частямъ, для которыхъ онѣ составляютъ существенное значеніе, т. е. которыя не могли-бы работать безъ этихъ соединительныхъ частей.

Такъ, на примѣръ, уголки для прикрѣпленія продольныхъ балокъ къ поперечнымъ относятся къ продольнымъ балкамъ; фасонныя листы и консоли для прикрѣпленія поперечныхъ балокъ къ главнымъ фермамъ относятся къ поперечнымъ балкамъ; фасонныя накладки и прокладки для прикрѣпленія раскосовъ и стоекъ фермъ къ поясамъ относятся къ раскосамъ и стойкамъ, но фасонныя вставки для прикрѣпленія раскосовъ и стоекъ относятся къ поясамъ.

4) Согласно I отд. гл. I § 15 „Свода распоряженій М-ва П. С. по службѣ пути жел. дорогъ“ къ исчисленію вѣса пролетныхъ строеній долженъ быть приложенъ выводъ вѣса моста на пог. единицу длины пролета по формулѣ

$$p = \alpha L + F_1 + F_2,$$

гдѣ αL — вѣсъ фермъ со связями на единицу длины пролета

F_1 — вѣсъ проѣзжей части съ перилами „ „

F_2 — вѣсъ опорныхъ частей „ „

L — расчетный пролетъ фермъ.

Здѣсь αL есть частное отъ раздѣленія общаго вѣса фермъ со связями на длину фермъ.

Для мостовъ подь обыкновенныя дороги долженъ быть кромѣ того исчисленъ вѣсъ моста на квадр. единицу его полезной площади между перилами, такъ что

$$p_n = \frac{zL}{B} + \frac{F_1}{B} + \frac{F_2}{B}$$

гдѣ B = ширина проѣзда + тротуары въ свѣту.

5) Если непосредственно вычисленный, на основаніи детальныхъ чертежей, вѣсъ пролетныхъ частей моста окажется превосходящимъ болѣе, чѣмъ на 10% первоначально принятый по эмпирическимъ формуламъ собственный вѣсъ его, то весь расчетъ главныхъ фермъ повторяется вновь съ принятіемъ въ основаніе найденнаго непосредственнымъ вычисленіемъ вѣса пролетныхъ частей моста и, въ случаѣ надобности, соответственно измѣняется проектъ.

§ 3. Исчисленіе примѣрнаго вѣса металла въ пролетномъ строеніи.

Для составленія предварительныхъ расѣночныхъ вѣдомостей на постройку моста необходимо знать вѣсъ металла въ пролетномъ строеніи.

Этотъ вѣсъ складывается изъ вѣса главныхъ фермъ, проѣзжей части, связей и опорныхъ частей.

Относительно опредѣленія вѣса главныхъ фермъ, связей и проѣзжей части сказано выше въ отдѣлѣ „Постоянная нагрузка фермъ“.

Здѣсь остается только сказать нѣсколько словъ объ опредѣленіи примѣрнаго вѣса опорныхъ частей; къ сожалѣнію относительно этого можно дать указанія только для балочныхъ фермъ.

Анализируя вѣсъ опорныхъ частей въ балочныхъ пролетныхъ строеніяхъ можно придти къ заключенію, что онъ составляетъ извѣстный % отъ наибольшаго опорнаго давленія. На основаніи существующихъ балочныхъ мостовъ нами найдено, что вѣсъ одной стальной балансирной опоры (безъ свинца) составляетъ въ среднемъ слѣдующій % отъ наибольшаго опорнаго давленія:

Наибольшее опорное давленіе D въ тоннахъ.	Вѣсъ въ % одной опоры.	
	Подвижной α	Неподвижной β
75	1,1	0,9
100	1,25	1,05
125—200	1,35	1,15
200—250	1,55	1,35
300—500	1,6	1,4
500—700	1,7	1,5
700—900	1,8	1,6

Пояснимъ способъ пользованія этой табличкой на слѣдующихъ примѣрахъ.

Если наибольшее опорное давленіе D одно и то же для всѣхъ опоръ (напр. въ балочныхъ разрывныхъ фермахъ), изъ которыхъ одинаковое число подвижныхъ и неподвижныхъ, то вѣсъ Q всѣхъ опорныхъ частей, при двухъ фермахъ, выразится

$$Q^{in} = \frac{D^{in}}{100} (2 \alpha + 2 \beta).$$

Если въ данномъ случаѣ изъ четырехъ опоръ—только одна неподвижная, а остальные три подвижны (съ продольной подвижностью, поперечной и діагональной), то вѣсъ Q выразится

$$Q^{in} = \frac{D^{in}}{100} (3 \alpha + \beta).$$

Если наибольшее опорное давленіе не одинаково для всѣхъ опоръ (напр. въ консольно-балочныхъ фермахъ съ одной консолью), и составляетъ для одной серіи опоръ (напр. на быкъ) D , а для другой серіи (на устоѣ)— D_1 , то при двухъ фермахъ вѣсъ Q всѣхъ опорныхъ частей выразится

$$Q^{in} = \frac{1}{100} (2 \beta D + 2 \alpha D_1)$$

если на быкъ обѣ опоры неподвижны, а на устоѣ—обѣ подвижны.

Если имѣется въ данномъ случаѣ три фермы, при чемъ на быкъ только одна опора (средняя) неподвижная, а остальные двѣ (крайнія)—подвижны (съ поперечной подвижностью), на устоѣ же всѣ три опоры подвижны (одна средняя съ продольной подвижностью, а двѣ крайнія съ діагональной подвижностью), то вѣсъ Q всѣхъ опорныхъ частей выразится

$$Q^{in} = \frac{1}{100} \left[(2 \alpha + \beta) D + 3 \alpha D_1 \right]$$

гдѣ α имѣетъ различныя значенія въ зависимости отъ D и D_1 .

Этихъ примѣровъ, намъ кажется, достаточно, чтобы способъ пользованія нашей табличкой былъ понятенъ.

Въ таблицѣ А на стр. 126 показаны вѣса опорныхъ частей (безъ свинца), исчисленные нами на основаніи таблички, а равно и дѣйствительные вѣса для нѣкоторыхъ новѣйшихъ русскихъ мостовъ, при чемъ всѣ опорныя части стальные и балансирныя съ цилиндрическими шарнирами, кромѣ предпоследняго моста, у котораго опоры подвижны однокатковыя.

Для стальныхъ балансирныхъ опоръ съ шаровыми шарнирами вѣсъ можно исчислять тоже по нашей табличкѣ.

Приводимъ данныя о вѣсѣ такихъ опоръ (безъ свинца) для нѣкоторыхъ русскихъ мостовъ въ таблицѣ В на стр. 127 *).

§ 4. Составленіе чертежей.

Чертежи проекта моста должны представлять полную картину его устройства, чтобы по нимъ можно было судить, соответствуетъ ли проектъ

*) Пока такія опоры примѣнены еще въ рѣдкихъ случаяхъ, почему и примѣровъ мало.

Т а б л и ц а А.

Названіе моста.	Наибольшее опорное давленіе D въ тоннахъ.	Въсь опорныхъ частей въ тоннахъ.		Примѣчаніе.
		Исчисленный по нашей табличкѣ.	Дѣйствительн.	
М. чер. Нѣманъ въ Гроднѣ (три консольно-балочныя фермы съ одной консолью).	355 (на быкъ).	$[= (2 \times 1,6 + 1,4) \frac{355}{100}]$	16,26	1 опора неподв. и 2 опоры подвиж.
	139 (на устоѣ).	$(= 3 \times 1,35 \times \frac{139}{100})$	5,97	3 опоры подвиж.
М. чер. Волховъ въ Новгородѣ (пролетъ III—двѣ консольно-балочныя фермы съ одной консолью).	306 (на быкъ III)	$[= (1,6 + 1,4) \frac{306}{100}]$	9,44	1 опора неподв. и 1 опора подв.
	116 (на быкъ II).	$(= 2 \times 1,3 \times \frac{116}{100})$	4,29	2 опоры подвиж.
М. чер. Нѣманъ на Занѣманской жел. дор. (двѣ консольно-балочныя фермы съ одной консолью)	391 (на быкъ).	$(= 2 \times 1,4 \times \frac{391}{100})$	12,63	2 опоры неподв.
	165 (на устоѣ).	$(= 2 \times 1,35 \times \frac{165}{100})$	5,70	2 опоры подвиж.
М. чер. Зап. Двину на Бологое—Полоцкой желѣзной дор. (двѣ консольно-балочныя фермы съ двумя консолями).	465 (на быкахъ).	$[= 2 (1,6 + 1,4) \frac{465}{100}]$	25,66	2 опоры неподв. и 2 опоры подвиж.
	244 (на устоѣ и быкъ).	$[= (3 \times 1,55 + 1,35) \frac{244}{100}]$	15,54	1 опора неподв. и 3 опоры подв.
М. чер. Сунгари на Восточно-Китайской жел. дорогѣ (двѣ балочныя разрывныя фермы).	196	$[= 2 (1,35 + 1,15) \frac{196}{100}]$	9,69	2 опоры неподв. и 2 опоры подв.
	396 (на быкахъ).	$(= 2 (1,6 + 1,4) \frac{396}{100})$	21,0	2 опоры неподв. и 2 опоры подв.
М. чер. Енисей на Сибирской жел. дор. (средніе прол.), (двѣ балочныя разрывныя фермы).	78	$(= 2 (1,1 + 0,9) \frac{78}{100})$	2,87	2 опоры неподв. и 2 опоры подвиж. однокатковныя.
	221	$(= 2 (1,55 + 1,35) \frac{221}{100})$	13,61	2 опоры неподв. и 2 опоры подв.
М. чер. Бузанъ на Астраханской ж. д. (двѣ консольно-балочныя фермы съ двумя консолями).	917	$[= 3 \times 1,6 + 1,6) \frac{917}{100}]$	65,19	2 опоры подв. и 1 опора неподв.

Т а б л и ц а В.

Название моста.	Наибольшее опорное давление D в тоннах.	Всё опорных частей в тоннах.		Примѣчаніе.
		Исчисленный по таблицѣ.	Дѣйствительный.	
М. чер. Ньманъ въ Гроднѣ (свободный пролетъ), (три балочныя разрывныя фермы).	98	6,76	7,93	3 опоры подвиж. и 3 опоры неподв.
М. чер. Матыру на Юго-Восточ. жел. дорогахъ (двѣ балочныя разрывныя фермы).	157	7,85	6,40	2 опоры подвиж. и 2 опоры неподв.
М. чер. Зушу въ Зарѣчѣ (двѣ консольно-балочныя фермы съ двумя консолями).	114	5,24	3,61	2 опоры подвиж. и 2 опоры неподв.
М. чер. Вислу у Крѣв. Ново-георгіевскъ (двѣ балочныя разрывныя фермы).	235	14,10	13,95	1 опора неподв. и 3 опоры подвиж.

техническимъ и эстетическимъ требованіямъ, и возможно ли его практически осуществить. Для этого чертежи составляются обыкновенно въ слѣдующихъ масштабахъ:

а) общее расположеніе всего моста (боковой видъ съ планомъ), съ обозначеніемъ главныхъ размѣровъ въ масштабѣ $\frac{1}{200} - \frac{1}{300}$, а при большой длинѣ моста въ масштабѣ даже $\frac{1}{400}$.

б) общее расположеніе желѣзныхъ конструкцій въ масштабѣ не $< \frac{1}{100}$, съ обозначеніемъ поперечныхъ измѣреній отдѣльныхъ частей конструкціи.

в) подробныя чертежи характерныхъ деталей мостовыхъ конструкцій, а именно: боковые виды, продольные и поперечные разрѣзы въ масштабѣ $\frac{1}{20} - \frac{1}{25}$, должны быть такъ детально разработаны, чтобы по нимъ можно было видѣть конструктивное расположеніе каждой части, судить объ этой конструкціи съ технической и эстетической точки зрѣнія, и вычислить всё конструкціи.

г) отдѣльныя важныя детали, напр. шарниры, сложныя связи, анкерныя укрѣпленія и т. п., а также и тѣ конструктивныя детали, которыя или совсѣмъ не встрѣчались, или рѣдко примѣнялись, должны быть вычер-

ченъ въ масштабѣ $\frac{1}{10} - \frac{1}{15}$, а мелкія детали еще въ большемъ (даже если можно $\frac{1}{2} - \frac{1}{1}$).

е) детальныя чертежи береговыхъ устоевъ и рѣчныхъ быковъ въ масштабѣ $\frac{1}{100} - \frac{1}{200}$.

Проекты металлическихъ пролетныхъ частей мостовъ, представляемые на утвержденіе М-ва П. С., должны быть изготовляемы исключительно въ метрическихъ мѣрахъ и согласно русскаго нормальнаго сортамента желѣза *), изданнаго Высочайше утвержденной Совѣщательной конторой желѣзнодорожниковъ (приказъ М-ра П. С. 2 іюля 1899 г. № 80); русскія мѣры должны быть подписаны тамъ, гдѣ это будетъ признано полезнымъ. (Отд. I гл. I § 5 „Свода распоряженій М-ва П. С. по службѣ пути жел. дорогъ“).

Конецъ 1-ой части.

*) Означенный нормальный сортаментъ предложенъ къ руководству по М-ву п. с. приказомъ М-ра отъ 18 дек. 1900 г. № 162.

II часть.

IV. Краткій обзоръ существующихъ верхнихъ строеній и указанія для выбора системъ сквозныхъ верхнихъ строеній для мостовъ подъ обыкновенную дорогу.

Въ Европѣ сквозныя фермы примѣняются для пролетовъ свыше 20 — 22^м; въ Америкѣ же онѣ примѣняются въ настоящее время для пролетовъ только свыше 37^м. — 40^м.

Однопролетные мосты.

Однопролетные мосты могутъ имѣть верхнія строенія балочныя разрѣзныя, консольно-балочныя съ двумя небольшими свѣсами, арочныя разрѣзныя и висячія, каковыя системы и разсмотримъ отдѣльно.

А. Балочныя фермы (разрѣзныя).

1. Обзоръ балочныхъ фермъ.

Балочныя фермы бываютъ съ параллельными поясами и съ криволинейными поясами. Первые отличаются тѣмъ, что предѣльныя усилія въ элементахъ поясовъ весьма разнятся между собою, что затрудняетъ точный подборъ сѣченій поясовъ (около опоръ приходится, по конструктивнымъ соображеніямъ, подбирать сѣченія съ большимъ запасомъ); кромѣ того усилія въ элементахъ рѣшетки весьма значительныя. Въ виду сего фермы съ параллельными поясами, при условіи одинаковыхъ пролета и высоты, обладаютъ большимъ вѣсомъ, нежели фермы съ криволинейными поясами; однако сборка ихъ, по сравненію со сборкою фермъ съ криволинейными поясами, обходится въ среднемъ до 10% дешевле. Разматривая общую стоимость фермъ (слагающуюся изъ стоимости матеріала и работы) пролетами до 50^м. можно придти къ заключенію, что экономія на матеріалѣ, достигаемая оппенгеймъ.

при устройствѣ этихъ фермъ съ криволинейными поясами, уничтожается перерасходомъ на работѣ, а такъ какъ нѣтъ основанія примѣнять сложныя конструкціи въ тѣхъ случаяхъ, когда ими достигается лишь незначительное сбереженіе матеріала, то и рекомендуется фермы пролетами до 50^m проектировать преимущественно съ параллельными поясами. При пролетахъ же свыше 50^m . фермы съ криволинейными поясами, въ виду значительныхъ сбереженій матеріала, обходятся безусловно дешевле (при нашихъ цѣнахъ за работу и матеріалъ). Замѣтимъ здѣсь, что въ Германіи и Австріи считается выгоднымъ примѣнять фермы съ криволинейными поясами уже съ пролетовъ въ 25^m .; во Франціи же и въ Америкѣ, наоборотъ, при небольшихъ пролетахъ примѣняются преимущественно фермы съ параллельными поясами (въ Америкѣ таковыя примѣняются для пролетовъ до 60^m .). Рассмотримъ системы тѣхъ и другихъ фермъ.

Фермы съ параллельными поясами.

Принимая, что фермы съ параллельными поясами рационально примѣнять къ пролетамъ до 50^m ., укажемъ на слѣдующіе примѣры (рис. 32—40).

Рис. 32.

Рис. 35.

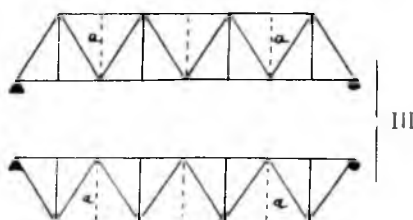
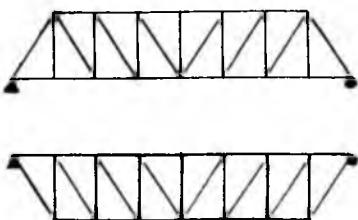


Рис. 33.

Рис. 36.

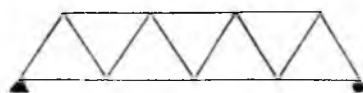


Рис. 37.

Рис. 34.

V

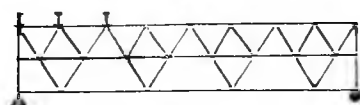
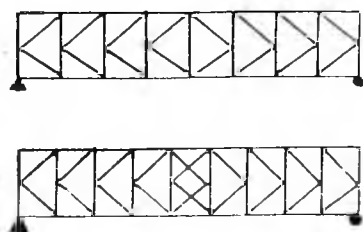


Рис. 39.

Рис. 38.

VI

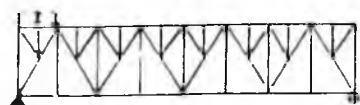


Рис. 40.

Въ типѣ II весьма целесообразно поперечныя балки располагать свободно на нижній поясъ, т. е. устраивать проѣзжую часть свободной.

Въ типѣ III подвѣски α необязательны, но безусловно желательны для устраненія мѣстнаго прогиба того пояса, который не связанъ съ проѣзжую частью, и для прикрѣпленія вертикальных поперечныхъ связей.

Типъ IV пока еще нигдѣ не примѣненъ; можемъ указать на проектъ разборчатого моста пролетомъ въ 30^m . проф. Кривошейна — Инженерный журналъ 1900, кн. 5—6.

По типу V построены въ 1903 г. мостъ пролетомъ $33,5^m$. на Восточно-Китайской жел. дорогѣ, въ 1899 г. на Владикавказской ж. д. мостъ чер. р. Самуръ (тотъ же пролетъ) и въ 1901 г. построено нѣсколько мостовъ того же пролета на Варшавско-Калишской жел. дор. (рр. Мрога, Мощанка и др.).

По типу VI построены въ 1903 г. мостъ пролетомъ $33,5^m$. на Московско-Ярославско-Архангельской жел. дорогѣ.

Фермы съ криволинейными поясами.

Фермы съ криволинейными поясами раздѣляются на два класса: 1) на такія, въ которыхъ очертаніе поясовъ обуславливается специальными теоретическими свойствами (фермы параболическія, гиперболическія, Паули) и 2) на такія, въ которыхъ очертаніе поясовъ опредѣляется практическими соображеніями (фермы полупараллельныя, полупараболическія, полигональныя, круговыя, эллиптическія, Лозе и съ вогнутымъ нижнимъ поясомъ).

Въ прежнее время преобладали фермы перваго класса, между тѣмъ въ настоящее время проектируются главнымъ образомъ фермы втораго класса (кромѣ эллиптическихъ, Лозе и съ вогнутымъ нижнимъ поясомъ).

а) Фермы перваго класса.

а) Параболическія фермы.

Въ этихъ фермахъ узлы одного или обоихъ поясовъ расположены по параболѣ съ вертикальной осью, проходящей черезъ середину пролета, такъ что поясъ имѣетъ очертаніе ломанной линіи, вписанной въ параболу. Параболическія фермы удовлетворяютъ тому условію, что при силовой нагрузкѣ, равномерно распределенной по всему пролету, раскосы не напряжены; горизонтальная проекція усилій обоихъ поясовъ во всѣхъ панеляхъ—величина постоянная, но различная по знаку въ этомъ и другомъ поясѣ; при частной загрузкѣ пролета, соответствующей наибольшему усилію въ раскосахъ, горизонтальная проекція max. усилія всѣхъ раскосовъ—величина постоянная, а max. усилія въ раскосѣ—пропорціонально длинѣ раскоса.

Параболическія фермы (мостовыя) проектируются обыкновенно только съ однимъ параболическимъ поясомъ, другой же поясъ, на которомъ расположена проезжая часть, прямолинейный.

Укажемъ на слѣдующіе примѣры параболическихъ фермъ (рис. 41—45).

Въ типѣ II стойки а суть подвѣски (при ѣздѣ по верху ихъ иногда не дѣлаютъ), а остальные стойки основныя; всѣ узлы А, В, С, D, и Е, должны лежать на параболѣ, чтобы ферма обладала всѣми свойствами параб. фермъ. (Иногда пикакихъ стоекъ не дѣлаютъ). Иногда параболическія фермы примѣняются въ видѣ серповидныхъ фермъ (рис. 46 и 47), которыя даютъ большую высоту проѣзда подъ мостомъ.

По типу I спроектированъ, напримѣръ, *Kornhaus Brücke* чер. каналъ *Zoll* въ *Гамбургъ* прол. 42^m (Ann. d. p. et ch. 1891, стр. 41), а по типу II: жел. дорожный мостъ чер. *Тиссу* въ *Щелнокъ* (1889) пролетомъ $95,5^m$ мостъ подь обыкновенную дорогу чер. *Дунай* въ *Гранль* (*Marie-Valerie-Brücke*, 1895) съ прол. 117^m , 100^m и 81^m (*Zeit. d. öst. J. u. Ar. Ver*

Рис. 41.

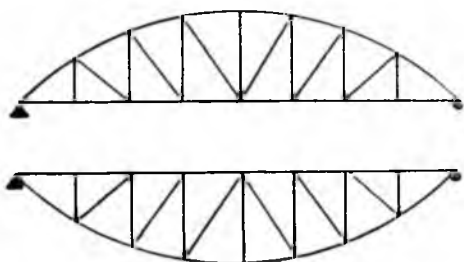


Рис. 42.

Рис. 43.

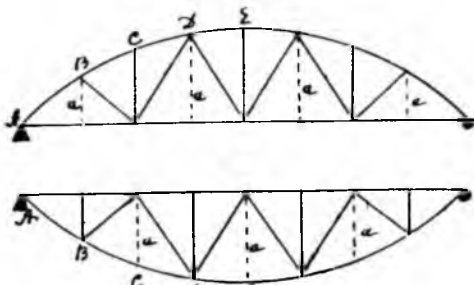


Рис. 44.

III

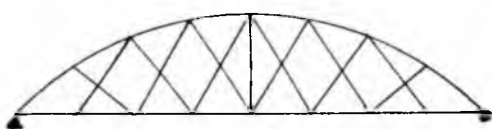


Рис. 45.

1894, стр. 453—455), желѣзно-дорожный мостъ чер. *Дран* близъ *Закару* (1892) съ прол. $95,5^m$ и мостъ подь обыкновенную дорогу чер. *Дунай* въ *Коморнъ* (*Elisabethbrücke* 1893) съ прол. 102^m . Типъ II примѣняется только въ многопролетныхъ мостахъ. У насъ въ Россіи параболическія

I

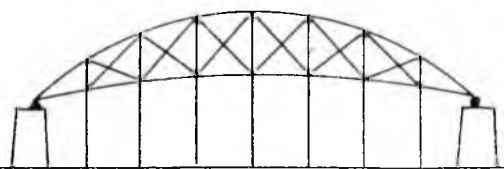


Рис. 46.

II

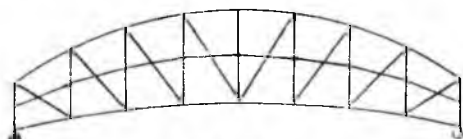


Рис. 47.

фермы въ мостахъ подь обыкновенную дорогу примѣнены чер. *Зушу* въ *Шейнъ* прол. 55^m и чер. *Зушу* въ *Новосылъ* прол. 65^m (проекты пр. Патопа 1903 г.). Желѣзнодорожныхъ же мостовъ построено очень много (на Юго-Запад. жел. дор., Сибир. ж. д., Рязанско-Уральской жел. дор. и др.).

По сравненію съ фермами съ параллельными поясами параболическія фермы получаютъ легче примѣрно на 12% — 15% , а по даннымъ Винклера даже до 26% .

Недостатокъ параболическихъ фермъ заключается въ конструктивныхъ неудобствахъ весьма острыхъ опорныхъ узловъ (клепка, окраска и осмотръ этихъ узловъ представляютъ большія затрудненія). Для устранения этого недостатка можно замѣнить простую параболу кубической (*Haberkalet. Die*

kubische Parabel als Trägerform. — Centralbl. d. Bauv. 1899, стр. 19, 180, 230); тогда ординаты кривого пояса измѣняются пропорціонально кубамъ абсциссъ, измѣряемыхъ отъ середины фермы. Въ такой фермѣ усилія въ элементахъ параболическаго пояса будутъ очень мало различаться между собою.

β) Гиперболическія фермы.

Гиперболическія фермы (Шведлера) проектируются обыкновенно такъ, что нижній поясъ прямолинейный, а верхній состоитъ изъ двухъ гиперболическихъ дугъ, соединенныхъ въ средней части пролета прямой, параллельной нижнему поясу. Эти фермы удовлетворяютъ тому условію, что въ части фермы съ переменной высотой при нагрузкѣ, соответствующей min. перебрывающихъ усилій, раскосы не напряжены; горизонтальная проекція max. усилій раскосовъ — величина постоянная, (она въ двое болѣе, чѣмъ въ параболической фермѣ того-же пролета и высоты).

Вѣсь гиперболическихъ фермъ получается примѣрно на 4% ниже вѣса параболическихъ и въ среднемъ на 20% ниже вѣса фермъ съ параллельными поясами; кромѣ того въ этихъ фермахъ пояса пересѣкаются на опорахъ подъ менѣе острымъ угломъ, нежели въ параболическихъ. Однако онѣ страдаютъ крупнымъ недостаткомъ, а именно, что очертаніе фермы строго обуславливается соотношеніемъ между величиной временной и постоянной нагрузкой; при малѣйшемъ увеличеніи временной нагрузки противъ ея расчетной величины, ферма теряетъ свои спеціальныя свойства, т. е. min. усилія раскосовъ перестаютъ быть равными нулю; раскосы дѣлаются сжато — вытянутыми элементами и, если сжеченія ихъ не въ состояніи сопротивляться сжимающимъ усиліямъ, то выпучиваются. Въ виду этого Häselser рекомендуетъ при опредѣленіи очертанія пояса въ фермѣ Шведлера увеличивать временную нагрузку на 50%. На основаніи выше изложеннаго недостатка гиперболическія фермы, существующія въ достаточномъ количествѣ, какъ въ Россіи, такъ и за границей, въ настоящее время примѣняются весьма рѣдко.

Изъ новѣйшихъ мостовъ въ Россіи съ гиперболическими фермами укажемъ на м. чер. Енисей на Сибирской ж. д. съ пролетами 65 с. (пр. Проскуряковъ 1896 г. Отдѣльное изданіе), и м. чер. Зап. Двину на Витебско-Жлобинскомъ уч. Риго-Орл. жел. дор. съ пролетами 58 саж. (1902 г.).

γ) Фермы Паули.

Фермы Паули удовлетворяютъ условію, что при сплошной равномерной нагрузкѣ всего пролета наибольшія усилія поясовъ одинаковы во всѣхъ панеляхъ (законъ измѣненія высотъ близко подходитъ къ параболѣ). Фермы Паули проектировались обыкновенно съ обоими криволинейными поясами, изъ которыхъ очертаніе одного опредѣлялось изъ приведеннаго условія, а другое принималось симметричнымъ первому (рис. 48 и 49).

По типу I с проектированы, напримѣръ, мосты чер. Isar въ Grosshesselohe (1857) (Allg. Bauz. 1859) и черезъ Ааръ въ Brugg'ѣ пролетомъ 58,3^м. (Zeit. f. Bauw. 1886, стр. 34), а по типу II — железнодорожный (Ludwigs-Eisenbahn), мостъ чер. Рейнъ въ Майнцѣ пролетомъ 105,2^м. (1863) (Zeit. d. Ver. deutsch Ing. 1865) и городской мостъ чер. Monongahela въ Питтсбургѣ прол. 109,7^м. (Engng. 1884, I стр. 239). (Воѣ эти мосты многопролетные).

Фермы Паули имѣютъ прямую нейтральную ось, проходящую черезъ опоры, почему устраняются вредныя сотрясенія верхняго строенія, вызванныя перемѣщеніемъ опоръ при прогибѣ фермы отъ дѣйствія нагрузки.

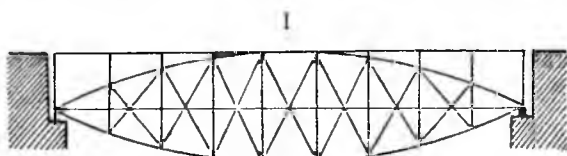


Рис. 48.

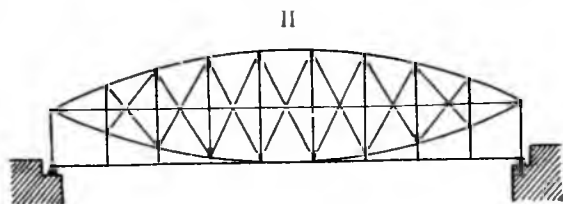


Рис. 49.

Кромѣ того сѣченія каждого пояса одинаковыя во всѣхъ панеляхъ. Однако эти преимущества ничтожны сравнительно съ конструктивными затрудненіями, связанными съ устройствомъ двухъ криволинейныхъ поясовъ: къ тому же всѣ ихъ примѣры тотъ же, что и параболическихъ фермъ. Въ виду сего фермы Паули въ настоящее время не примѣняются. Относительно расчета ихъ см. статью Gerber'a „Ueber Berechnung der Brückenträger nach System Pauli“.—Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1865.

в) Фермы второго класса.

а) Полупараллельныя фермы *).

Полупараллельными фермами мы называемъ такія, у которыхъ верхній поясъ параллеленъ нижнему на протяженіи половины или болѣе половины пролета, а концы которыхъ либо скошены на протяженіи нѣсколькихъ панелей (трапециoidalныя фермы системы Battig и Cöstlin, рис. 50'), либо имѣютъ верхній поясъ параболическій или ломанный (рис. 50'') тоже на протяженіи нѣсколькихъ панелей. Такія фермы, представляющія нѣчто среднее между фермами съ параллельными и съ криволинейными поясами,

*). Название „Полупараллельныя фермы“ вводится въ классификацію фермъ впервые нами.

даютъ по сравненію съ параллельными фермами при одинаковой высотѣ нѣкоторое сбереженіе матеріала (примѣрно 3⁰/₀—8⁰/₀).

Фермы системы Battig и Cöstlin въ настоящее время совсѣмъ не примѣняются; какъ примѣры мостовъ съ такими фермами укажемъ на Brigittabrücke и Sophienbrücke черезъ Дунайскій каналъ въ Вѣнѣ пролетами 65,0^m. (Winkler. Technischer Führer durch Wien. 1873 и Allg. Bauz. 1876) и на Verbindungsbahnbrücke въ Прагѣ. Фермы же съ концами параболическими и ломанными примѣняются въ настоящее время, но очень рѣдко; какъ примѣръ фермъ съ параболическими концами укажемъ на мостъ чер.

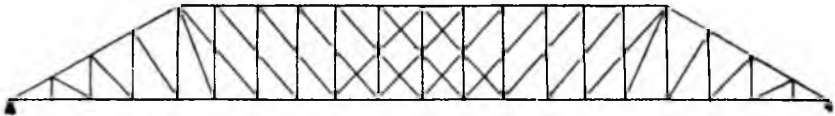


Рис. 50 I.

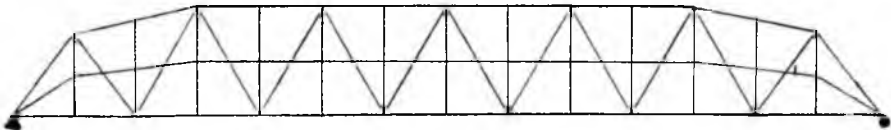


Рис. 50 II.

Дунай бл. Gross-Prüfenig въ Баваріи на ж. д. Ingolstadt-Regensburg прол. 78,0^m. (1873) (двухрѣшетчатая фермы), а какъ примѣръ фермъ съ ломанными концами—жел. дор. и шосс. мостъ чер. Майнъ бл. Wertheim'a прол. 67,7^m. (рис. 50").

3) Полупараболическія фермы.

Полупараболическія фермы имѣютъ одинъ параболическій и одинъ прямой поясъ и заканчиваются опорными стойками, высота которыхъ определяется съ такимъ расчетомъ, чтобы можно было ихъ верхніе концы соединить распоркой, расположенной выше габарита. Эти фермы немного превышаютъ вѣсь параболическихъ фермъ, но зато онѣ имѣютъ то преимущество, что въ случаѣ расположенія тѣды по низу верхняго горизонтальнаго связи могутъ быть доведены до опоръ; кромѣ того отсутствуютъ острые опорные узлы. По сравненію же съ фермами съ параллельными поясами полупараболическія фермы нѣсколько легче.

Приводимъ нѣкоторые примѣры полупараболическихъ фермъ (рис. 51—57).

По типу I, но только двухъ-раскосной системы, построено у насъ въ Россіи много желѣзнодорожныхъ мостовъ; изъ мостовъ подъ обыкновенную дорогу укажемъ на „Зеленый мостъ“ черезъ Вилію въ Вильнѣ (1894 г.) въ одинъ пролетъ 87,5^m. (пр. Бѣлелюбскій).

Самый большой въ Европѣ мостъ этого типа, построенъ въ 1868 г. въ Голландіи черезъ Лекъ у Квиленбурга съ пролетомъ 150^m. (Croisette-Desnoyers. Notice sur les travaux publics en Hollande. 1874. Здѣсь же описаны

мосты съ тѣми же фермами черезъ Hollandsch Diep близъ Moerdyck съ пролетами 100^m и черезъ Nouvelle Meuse прол. 90^m и Hoordere Haven; см. также Zeit. d. öst. Ing. u. Ar. Ver. 1871 и Nouv. ann. de la Constr. 1879 стр. 68).

Вообще же самымъ большимъ пролетомъ въ мірѣ, примѣненнымъ для фермъ полупараболическихъ, является свободный пролетъ въ 206^m нынѣ строящагося моста консольно—балочной системы черезъ р. Св. Лаврентія на Второй Тихоокеанской жел. дорогѣ (Grand Trunk Pacific Railway) недалеко Quebec'a (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1907 № 10, стр. 361—368).

Рис. 51.

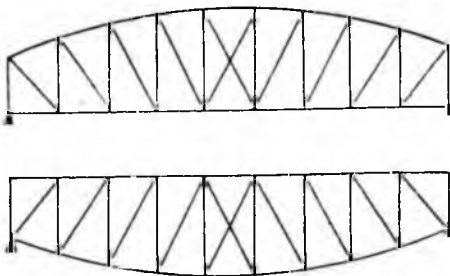


Рис. 52.

Рис. 53.

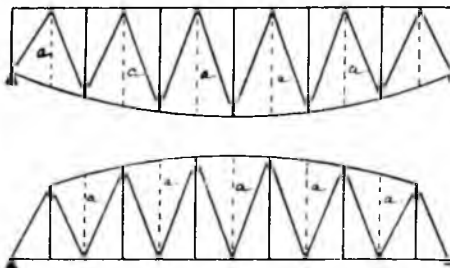


Рис. 54.

III.

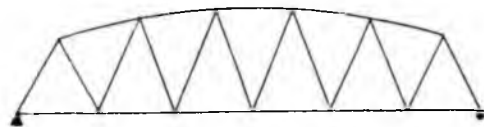


Рис. 55.

Рис. 56

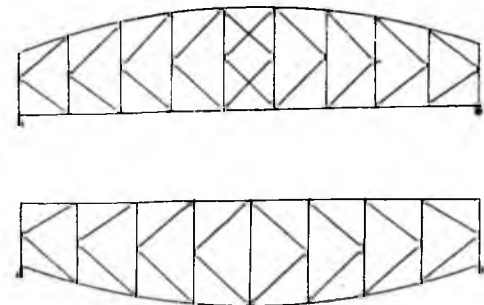


Рис. 57.

Въ типѣ II подвѣски *a* необязательны, но безусловно желательны для устранения мѣстнаго прогиба того пояса, который не связанъ съ проѣзжей частью, и для прикрѣпленія вертикальныхъ поперечныхъ связей.

Въ типѣ III весьма целесообразно поперечныя балки располагать свободно на нижній поясъ: по этому типу въ Россіи построенъ шоссейный мостъ черезъ Нѣманъ у Олты (1892 г.) съ пролетами 55^m (Проф. Вѣлелюбскій) и въ Италіи мостъ черезъ Таваро (Biadego Rimponti d'acciaio sulle rete Mediterraneo).

По типу IV намъ извѣстны только проектъ моста пролетомъ $87,5^m$ съ вздохомъ по верху на Второй Екатерининской ж. д. (1902 г. пр. Проскуряковъ) и мостъ черезъ Havel близъ Бранденбурга прол. 90^m (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1905 № 41).

Приведемъ слѣдующіе примѣры полупараболическихъ фермъ.

	Наименованіе моста.	Пролетъ въ мт.	Система рѣшетки.	Гдѣ находится описаніе.
Р О С С И Я	М. чер. Торду у Торжка на Никол. жел. дор.	76,8	Двухраскосная.	
	Зеленый м. чер. Вилію въ Вильяѣ (1894).	87,5	То-же.	Изв. Собр. Инж. Пут. Сообщ. 1894.
	М. чер. Обь на Сибир. ж. д. (своб. пролетъ)	87,5	То-же.	Жур. Мин. Пут. Сообщ. 1897. кн. I.
	Віадукъ Варш. Кал. ж. д. черезъ пути на ст. Варшава В (1901)	87,5	То-же.	Альбомъ постройки Варшавско-Калишской ж. д.
	М. чер. Ulea-Elf близъ Улеаборга	100,0	—	Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1888, стр. 684. Zeit. d. öst. Ing. u. Ar. Ver. 1890, стр. 137.
М. чер. Бѣлюю и Уфу на Самаро-Злат. ж. д., чер. Тоболъ, Ишимъ, Иртышъ и др. на Сибирск. ж. д.	109,3	Двухраскосная.	Отдѣльное изданіе: Н. Бѣлелюбскій. Пролетное строеніе моста отверстиемъ 50 саж. Полупараболическія фермы.	
Г О Л Л А Н Д І Я	М. чер. Nouvelle-Meuse близъ Rotterdam'a	90,0	Однораскосная	Nouv. ann. de la Constr. 1879, стр. 68.
	М. чер. Hollandsch Diep близъ Moerdyck (1871)	100,0	Двухраскосная	Nouv. ann. de la Constr. 1879, стр. 68.
	М. чер. Whaal близъ Nimègue	127,0	То-же.	Nouv. ann. de la Constr. 1879, стр. 68.
	М. чер. Lek близъ Kuitenburg'a (1868)	150,0	Трехраскосная.	Zeit. d. öst Ing. u. Ar. Ver. 1871. Nouv. ann. de la Constr. 1879, стр. 68.

	Наименованіе моста.	Пролетъ въ мт.	Система рѣшетки.	Гдѣ находится описаніе
Г о р ы	Віадукъ чер. жел. дор. Имп. Елизаветы въ Вѣнѣ	47,4	Однораскосная.	
	М. чер. Эгеръ въ Saaz	61,2	Двухраскосная.	Oest. Mon. f. d. öffentl. Baud. 1896, стр. 241.
	М. чер. Эльбу у Nieder- wartha	62,0	Двухраскосная.	Deut. Bauz. 1875, ст. 351. Protokoll d. sächs. Ing. u. Ar. Ver. 1875.
	Шоссейный м. чер. Inn близъ Pontlatz	64,26	Однораскосная.	Foerster. Neue Brücken- bauten in Oestreich. und Ungarn. стр. 14.
	М. чер. Эльбу въ Lobo- sitz (ж. д.)	75,0	—	Zeit. d. öst. Ing. u. Ar. Ver. 1898, № 43, стр. 617—619.
	М. Carola чер. Эльбу у Schandau	80,0	—	Zeit. d. Ar. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1879, стр. 353.
	М. чер. Ötztthaler-Ache на линіи Arlberg	81,8	Двухраскосная.	Oest. Eisenbahnzt. 1883, стр. 337. Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1882, № 3.
	М. чер. Дунай близъ Krems	81,9	—	Wochenschr. d. öst. Ing. u. Ar. Ver. 1888, стр. 293. Centr. d. Bauv. 1889, стр. 128—129
	Шоссейный м. черезъ Дунай между Stein и Man- tern (1895)	82,0	Двухраскосная.	Oest. Monasschr. f. d. öff. Baudienst. 1895, стр. 68, 100, 154 и 315.
	М. чер. Рейнъ близъ Germersheim	88,0	—	Schleicher u. Trau. Die Rheinbrücke bei Germers- heim. 1880. Ludwigshafen.
	М. чер. Дунайскій ка- наль въ Вѣнѣ на Donau- Ufer Bahn	88,9	Двухраскосная.	Zeit. d. öst. Ing. u. Ar. Ver. 1878, № 22.
	М. чер. Вислу у Graudenz'a (1879) (линія Thorn-Ma- rienburg)	97,3	—	Deut. Bauz. 1879, стр. 502. Zeit. f. Bauw. 1882, стр. 243 и 403
	М. чер. Рейнъ у Wesel (ливія Venloo—Hamburg)	98,0	—	Zeit. d. Ing. u. Ar. Ver. Zu Hannover. 1879.
	М. чер. оврагъ въ Karako (средній пролетъ)	101,5	Однораскосная.	Foerster. Neue Brücken- bauten in Oestreich und Ungarn. стр. 8.
М. кор. Вильгельма чер. Рейнъ у Düsseldorf'a (1871)	103,6	Трехраскосная.	Zeit. f. Bauw. 1872.	
Віадукъ Trisana на ли- ніи Arlberg (Insruck-Blu- denz)	120,0	Двухраскосная.	Centralbl. d. Bauverw. 1884, стр. 93.	

Этими примѣрами далеко не исчерпываются всѣ мосты, имѣющіе полупараболическія фермы.

γ) Полигональныя фермы.

Въ полигональныхъ фермахъ криволинейные пояса измѣняютъ свое направленіе не въ каждомъ узлѣ, какъ въ другихъ криволинейныхъ фермахъ, а имѣютъ ограниченное число переломовъ, такъ что пояса состоятъ изъ небольшого числа прямыхъ участковъ, протяженіемъ въ нѣсколько панелей.

Полигональныя фермы встрѣчаются слѣдующихъ видовъ (рис. 58—64).

Рис. 58.



Рис. 60.



Рис. 59.

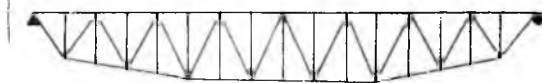
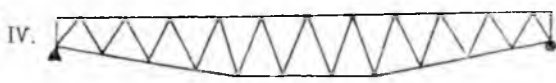


Рис. 62.



III.

V.

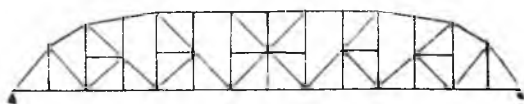


Рис. 61.

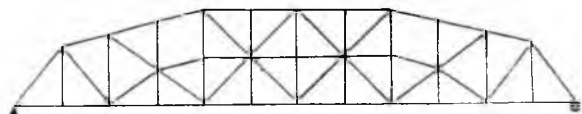


Рис. 63.

VI.

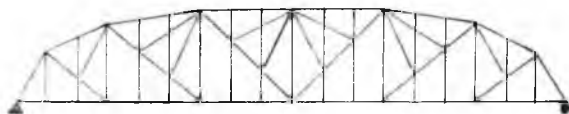


Рис. 64.

При здѣхъ по верху примѣняютъ обыкновенно опорныя стойки, а при здѣхъ по низу—онѣ отсутствуютъ.

Эти фермы очень распространены въ Америкѣ, а въ настоящее время онѣ часто проектируются и у насъ въ Россіи для желѣзнодорожныхъ мостовъ. Для мостовъ подъ обыкновенную дорогу онѣ, насколько намъ извѣстно, пока не примѣняются. Укажемъ здѣсь, что по типу I построены мостъ чер. Кемъ въ Финляндіи (*Zeit. d. Ver. deut. Ing.* 1904 г. стр. 9), по типу II—мостъ чер. Оку у Кашеры на Моск.—Павелецкой жел. дор. (проф. Проскуряковъ 1897) (см. статью Инж. Завадзинскаго въ Изв.-Собр. Ниж. Пут. Сообщ. 1899 г. № 11), и мостъ чер. Зап. Бугъ на Сѣдлецъ-Полоцкой ж. дор. (пр. Проскуряковъ 1903), а по типу III—мостъ чер. Сунгары у Харбина на Вост.-Китайской жел. дорогѣ (пр. инж. Цорна и Михайлова 1903 г. Отдѣльное Изданіе). Типъ VI представляетъ конкурсный проектъ (1904 г.) пр. Müller-Breslau для ж. д. моста

чер. Волгу въ Казани прол. 150^{mt} . и $192,5^{mt}$. (Ниж. Дѣло, 1904 г. кн. 4. Чарноводскій мостъ).

Преимущество полигональныхъ фермъ по сравненію съ гиперболическими фермами (Шведлера) заключается въ томъ, что при увеличеніи временной нагрузки на 40% — 50% противъ расчетной величины раскосы, рассчитанные на вытягиваніе, не подвергнутся сжимающимъ усиліямъ, что имѣетъ мѣсто въ гиперболическихъ фермахъ. Кромѣ того по сравненію съ параболическими и гиперболическими фермами разсматриваемыя фермы имѣютъ то преимущество, что оба пояса могутъ быть сопряжены въ опорномъ узлѣ подъ угломъ, не представляющемъ конструктивныхъ неудобствъ (не менѣе 35° — 40°).

б) Эллиптическія фермы.

Эллиптическія фермы встрѣчаются съ однимъ или съ двумя криволинейными поясами, при чемъ онѣ бываютъ или острыя (рис. 65) или приглушенныя, т. е. съ опорными стойками (рис. 66—67).

I.

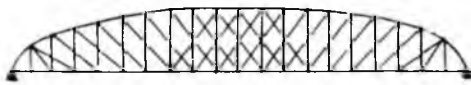


Рис. 65.

II.

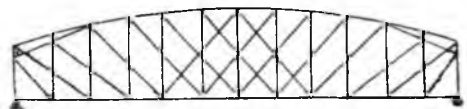


Рис. 66.

III.

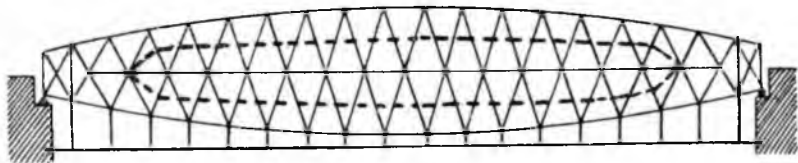


Рис. 67.

По типу I построены желѣзнодорожный мостъ черезъ Stadlauer Donaupfad близъ Вѣны пролетомъ $61,6^{mt}$. (Allg. Bauz. 1881, стр. 16). По типу II построены въ 1873 г. мостъ подъ желѣзную и обыкновенную дорогу чер. Вислу въ Торнѣ съ пролетами $94,16^{mt}$. (Zeit. f. Bauw. 1876, стр. 35 и 197, также Schwedler und Loeffler. Der Bau der Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Thorn. Berlin. 1876), мостъ чер. Эльбу бл. Варбу на ж. д. Berlin-Nordhausen съ прол. $65,5^{mt}$. (Deut. Bauz. 1879, стр. 274) и ж. д. м. чер. Улеа-Ельф бл. Улеаборга прол. 100^{mt} . (Allg. Bauz. 1890).

По типу III построены въ 1872 г. жел. дор. мостъ чер. Memel близъ Тильзита съ пролетами 99^{mt} . (Zeit. f. Bauw. 1878 стр. 22 и 162; также: Schwedler. Die Ueberbrückung des Memelthales bei Tilsit im Zuge der Tilsit-Memelers Staats-Eisenbahn. Berlin 1879), а въ 1892 г. построены мосты чер. Вислу въ Диршау и чер. Ногать въ Мариенбургѣ съ пролетами 129^{mt} . (Zeit. f. Bauw. 1895 стр. 235; Centralbl.

d. Bauv. 1890, стр. 324; Genie Civil. XXVII, 311; также: Der Bau der neuen Eisenbahnbrücken über die Weichsel bei Dirschau und über die Nogat bei Marienburg. Nach amtlichen Quellen bearbeitet. Sonderdruck Berlin. 1896). Пунктиромъ показаны пояски, нынѣ добавленные въ мостахъ въ Диршау и Мариенбургѣ.

Примѣры эллиптическихъ фермъ помѣщены еще въ статьѣ „Die Brücken der Berlin-Stettiner Eisenbahn im Oderthale bei Stettin“.—Zeit. f. Bauw. 1879 стр. 359.

У насъ въ Россіи намъ извѣстны только одинъ мостъ съ фермой, имѣющей верхній поясъ эллиптическій, это на Харьковско-Николаевской ж. д. мостъ чер. Коломанъ близъ Кременчуга прол. 32^м (1871 г.), построенный по типу I, но только съ простой раскосной рѣшеткой. (Лесель и Шюблеръ. Расчетъ фермъ желѣзныхъ мостовъ. Пер. Бѣлелюбскаго. II ч. стр. 80).

Фермы съ однимъ эллиптическимъ поясомъ имѣютъ то преимущество, что поясъ быстро повышается у опоръ и имѣть такихъ острыхъ угловъ, какъ у параболическихъ фермъ. Эллиптическія фермы примѣняются очень рѣдко.

Объ Эллиптическихъ фермахъ см. статью Pfeuffer'a. Die Ellipsen-Träger.—Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1876, стр. 224.

з) Круговыя и полукруговыя фермы.

Фермы съ поясомъ круговымъ существуютъ двухъ видовъ: при фздѣ по верху—острая (круговыя рис. 68), а при фздѣ по низу—притупленные (полукруговыя—рис. 69).

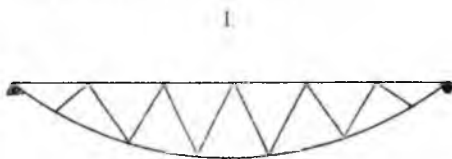


Рис. 68.

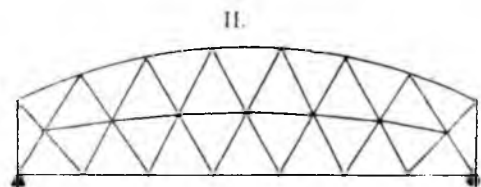


Рис. 69.

По типу I круговыя фермы примѣнены съ пролетами 32,5^м въ виадукѣ чер. Нидду у Ассенгейма (1881 г.) на жел. дор. Friedberg-Hanau (Centrallbl. d. Bauverw. 1882, стр. 72), причемъ радиусъ круга нижняго пояса равенъ величинѣ пролета.

По типу II фермы примѣнены въ мосту чер. Вислу въ Фордонѣ на ж. д. Bromberg-Culmseen пролетами 100^м. (Eisen und Stahl. 1893 стр. 917). При выборѣ круга для очертанія верхняго пояса фермъ этого моста инж. Merthens руководствовался тѣмъ соображеніемъ, что при круговой линіи, имѣющей постоянную кривизну, видъ на верхнія связи изнутри моста получается лучшій, нежели при какой либо кривой неодинаковой кривизны, ибо распорки связей размѣщаются во всѣхъ панеляхъ на равныхъ между собою разстояніяхъ.

Круговыя фермы при $\frac{h}{l}$ не болѣе $\frac{1}{4}$ весьма мало отличаются по своимъ свойствамъ отъ фермъ параболическихъ; конструкція же ихъ нѣсколько проще. Замѣтимъ здѣсь, что въ последнее время кругъ для очертанія поясовъ въ общемъ примѣняется довольно часто.

г) Фермы Лозе.

Фермы Лозе представляютъ изъ себя соединеніе висячей фермы и арочной, распоры которыхъ взаимно уничтожаются *); поясъ верхней половины фермы представляетъ изъ себя арку и долженъ быть непрерывный и жесткій; нижній же поясъ для симметріи дѣлается такого же сѣченія, какъ и верхній.

Мостовъ съ фермами Лозе построено два въ Гамбургѣ, оба съ пролетами 102 м^т. (рис. 70): одинъ жел.-дорожный въ 1872 г. (Zeit. f. Bauw. 1885

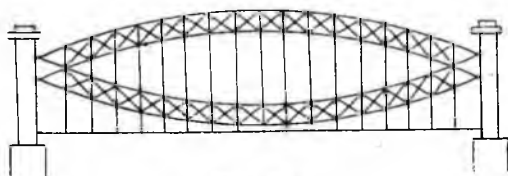


Рис. 70.

стр. 79 и 177), а другой подъ обыкновенную дорогу въ 1888 г. (Ann. d. Ponts et Chauss. 1891, pl. 40) (оба моста многопролетные).

Въ этихъ фермахъ каждый изъ поясовъ составленъ въ свою очередь изъ двухъ поясовъ, взаимно связанныхъ рѣшеткой; между верхнимъ и нижнимъ поясами фермы помѣщены только однѣ стяжки.

д) Фермы съ вогнутымъ нижнимъ поясомъ.

Фермы съ вогнутымъ нижнимъ поясомъ весьма мало распространены, ибо мало рациональны; распределеніе матеріала въ нихъ не соотвѣтствуетъ кривой моментовъ и они имѣютъ наименьшую высоту по серединѣ пролета, гдѣ какъ разъ требуется наибольшая высота, на опорахъ же они имѣютъ излишній матеріалъ. Однако, онѣ довольно эстетичны, имѣя видъ арочныхъ фермъ, и даютъ большую высоту проѣзда подъ мостомъ, нежели фермы съ параллельными поясами. Въ давнее время эти фермы примѣнялись въ Австріи; какъ примѣръ, можемъ указать на мостъ чер. Laibach въ Laibach'ѣ (Franzensbrücke) (Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1888) и путепроводы Австрійской прав. жел. дороги чер. Prater-Einfahrten (Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1871).

*) Фермы Лозе могутъ быть отнесены также къ арочнымъ фермамъ безъ распора: мы же ихъ относимъ къ балочнымъ фермамъ, ибо такъ обыкновенно принято.

Фермы съ вѣтшнимъ распоромъ.

Для сбереженія матеріала является рациональнымъ балочнымъ разрѣзнымъ фермамъ дать вѣтшій распоръ, который сократитъ вѣсъ нижняго пояса, а это сокращеніе вѣса пояса, уменьшая постоянную нагрузку, повлечетъ за собой уменьшеніе вѣса и остальныхъ частей фермы. Кёрске предложилъ распоръ дѣлать постоянной величины, т. е. независимымъ отъ временной нагрузки, при помощи механизма, помещаемаго въ одномъ изъ устоевъ и состоящаго изъ рычага съ противовѣсомъ. Этотъ способъ Кёрске, насколько намъ извѣстно, примѣненъ только въ многопролетномъ мосту чер. Эльбу, бл. Riesa (Mitteil. d. Sächs. Ing. Ver. 1879, стр. 12), но очевидно онъ можетъ быть примѣненъ и въ однопролетныхъ мостахъ.

Однако способъ Кёрске страдаетъ искусственностью и потому очень его рекомендовать нельзя. Гораздо лучше другой способъ, предложенный Förrel'емъ, а именно устройство подвижной опоры наклонной (рис. 70' и 70");

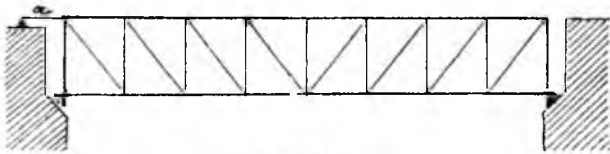


Рис. 70 I.

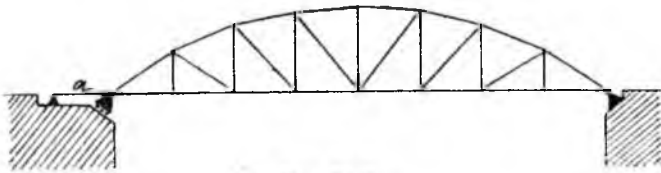


Рис 70 II.

реакція такой опоры отъ вертикальной нагрузки не направлена вертикально, вслѣдствіе чего фермѣ и устоямъ передается горизонтальный распоръ: величина этого распора не постоянная и зависитъ отъ подвижной нагрузки. Способъ Förrel'я имѣетъ передъ способомъ Кёрске только одинъ недостатокъ, а именно, что подвижной конецъ фермы измѣняетъ свою высоту при колебаніяхъ температуры: для выравниванія этихъ измѣненій высоты необходимо устроить упругое соединеніе подвижнаго конца фермы съ устоемъ, таковое соединеніе можетъ быть достигнуто при помощи сопрягающихъ балочекъ (Schleppträger), обозначенныхъ на рис. 70' и 70" буквой *a*; эти балочки однимъ концомъ опираются на устой, а другимъ концомъ подвѣшены къ опорной поперечной балкѣ.

Замѣтимъ здѣсь, что въ фермѣ съ нижнимъ прямолинейнымъ поясомъ присутствіе распора уменьшаетъ усилія только этого пояса, а на усилія другого пояса и рѣшетки оно не оказываетъ никакого вліянія, почему эти усилія будутъ такіа-же, какъ и при горизонтальныхъ опорахъ; въ виду сего фермы параболическія и гиперболическія не теряютъ своихъ извѣстныхъ свойствъ при наклонныхъ опорахъ. Въ серповидныхъ же фермахъ распоръ

уменьшаетъ усиля въ обоихъ поясахъ и потому, слѣдовательно, наклонныя опоры особенно выгодны для серповидныхъ фермъ.

Присутствіе распора вызываетъ увеличеніе размѣровъ устоевъ, которые должны быть такіе же, какъ и для арочныхъ мостовъ, а слѣдовательно увеличеніе и ихъ стоимости, что особенно невыгодно при высокихъ устояхъ. Съ другой стороны экономія на желѣзѣ фермъ можетъ быть и не такъ значительна при небольшихъ пролетахъ. Поэтому устройство наклонныхъ опоръ можетъ дать въ общемъ экономію въ стоимости однопролетнаго моста лишь при большихъ пролетахъ (думается намъ не менѣе 100m^t) и при томъ при невысокихъ устояхъ. Пока фермы съ наклонными опорами, на сколько

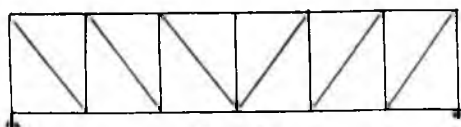


Рис. 71.

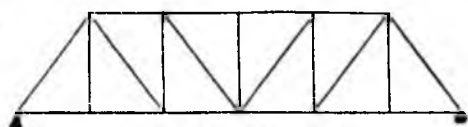


Рис. 72.

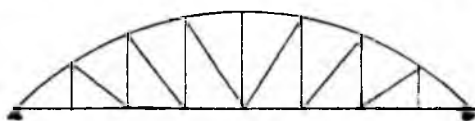


Рис. 73.

намъ извѣстно, нигдѣ не примѣнены. Относительно такихъ фермъ см. статью пр. Патона „Фермы съ наклонными опорами и выгоды ихъ примѣненія для мостовъ“.—Журн. М-ва п. с. 1900 г., кн. I.

2) Обзоръ рѣшетокъ.

Основныхъ системъ рѣшетокъ сквозныхъ фермъ двѣ: раскосныя и рѣшетчатая; каждая изъ этихъ системъ въ свою очередь раздѣляется на: простыя, составныя и сложныя системы. Но кромѣ этихъ системъ есть еще система безраскосная.

Разсмотримъ вкратцѣ эти системы.

а) Раскосныя системы.

1) Простая раскосная система *) (рис. 71—73).

Преимущества этой системы слѣдующія:

- 1) длина сжатыхъ элементовъ (стоекъ) уменьшена до minimum'a;
- 2) эти стойки не подвергаются изгибу отъ собственного вѣса;
- 3) благодаря вертикальнымъ стойкамъ весьма удобно прикрѣпленіе къ фермамъ поперечныхъ балокъ и связей;

*) Простая раскосная система предложена Monié въ 1858 г., но примѣнена она была впервые въ 1863 г. въ жел. дор. мостъ чер. Alten Rhein бл. Griethausen а въ Америкѣ эта система извѣстна подъ названіемъ системы Pratt'a, при параллельныхъ поясахъ.

4) благодаря тѣмъ же стойкамъ легче сборка верхняго пояса и раскосовъ.

Скажемъ здѣсь нѣсколько словъ объ обратныхъ раскосахъ. Еще въ недавнее время всѣ раскосы устраивались плоскіе, изъ полосоваго желѣза (не жесткіе) и соотвѣтственно этому въ нихъ допускались только растягивающія усилія; при этомъ въ панеляхъ средняго участка фермы помещались обратные раскосы, которые растягивались въ тѣхъ случаяхъ, когда прямые раскосы должны были сжиматься и, поэтому выпучиваться.

Плоскіе раскосы представляютъ большіе конструктивные недостатки: 1) во время сборки нѣтъ возможности достигнуть совершенно одинаковой натянутости половинъ одноименныхъ раскосовъ; 2) при широкихъ листахъ неизбежно получается, хотя и небольшая по величинѣ, волнообразность по длинѣ раскоса, которая выпрямляется путемъ искусственного его натяженія; 3) при проходѣ по мосту подвижной нагрузки плоскіе раскосы хлябаютъ, почему расшатываются ихъ заклепочныя соединенія.*) Такимъ образомъ еще при положеніи фермы на клѣткахъ, когда напряженіе раскосовъ должно = 0 и они должны быть совершенно прямолинейны, многіе раскосы уже являются натянутыми и притомъ на произвольныя величины. Эта различная натянутость раскосовъ въ первоначальномъ ихъ положеніи мѣняетъ въ конечномъ результатѣ расчетныя напряженія въ фермѣ.

Практика постройки и эксплуатаціи желѣзныхъ фермъ вполне подтвердила неудобства плоскихъ полосовыхъ раскосовъ и потому въ настоящее время раскосы, также какъ и прочія части мостовъ, проектируются исключительно жесткаго сѣченія. Разъ же раскосы способны воспринимать сжимающія усилія, то нѣтъ никакого основанія устраивать обратные раскосы, которые вводятъ только неопредѣленность относительно распредѣленія усилій въ рѣшеткѣ. Кромѣ того согласно правиламъ нашего М-ва п. с. обратные раскосы, также какъ и всѣ прочія части рѣшетки, должны заклепываться окончательно еще въ то время, когда ферма стоитъ на клѣткахъ; отсюда получается слѣдующее: когда клѣтки убираются и ферма садится на опоры, то она прогибается подъ вліяніемъ собственного вѣса, при чемъ вслѣдствіе деформаціи панелей обратные раскосы сжимаются и коробятся и при односторонней нагрузкѣ затѣмъ фермы уже плохо работаютъ. Все это указываетъ на то, что обратныхъ раскосовъ не слѣдуетъ устраивать и во многихъ современныхъ фермахъ раскосной системы обратныхъ раскосовъ мы уже не находимъ, при чемъ раскосы средняго участка фермы являются элементами сжато-вытянутыми, въ чемъ никакой бѣды нѣтъ.

Въ экономическомъ отношеніи простая раскосная система рациональна для малыхъ и отчасти среднихъ (50—60 м²) пролетовъ.

3) Полуракосная система (рис. 74—78).

Устройство въ главныхъ фермахъ сквознаго заполненія полуракосной системы имѣетъ слѣдующія преимущества:

1) эта система въ большинствѣ случаевъ можетъ быть сдѣлана статически опредѣлимой,

*) О хлябаніи раскосовъ въ двухраскосныхъ фермахъ см. статью пр. Патона въ Септ. d. Вавч. 1908 г. № 15.

2) она может дать сбережение материала въ сравненіи съ простыми раскосными, двухраскосными и треугольными рѣшетками,

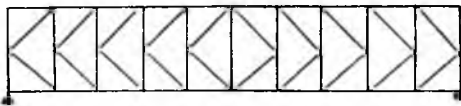
3) при значительной высотѣ фермы она позволяет устраивать сравнительно небольшія панели съ сохраненіемъ при томъ рациональнаго угла наклоненія раскосовъ,

4) длина сжатыхъ частей рѣсетки въ этой системѣ значительно меньше, чѣмъ сжатыхъ частей въ системахъ простой раскосной, двухраскосной и треугольной.

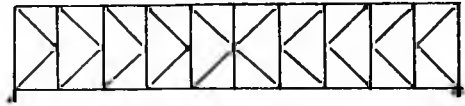
5) усилія въ частяхъ фермы съ полураскосами значительно меньше, чѣмъ въ простой раскосной рѣшетчатой фермѣ.

Къ недостаткамъ фермы полураскосной системы нужно отнести большое число раскосовъ и узловъ, что усложняетъ конструкцію, заставляя примѣ-

При четномъ числѣ панелей



Стат.—опредѣлима.
Рис. 74.



Стат.—неопредѣлима.
Рис. 75.

При нечетномъ числѣ панелей



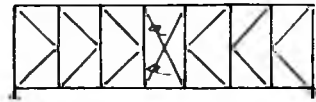
Стат.—опредѣлима, если раск. а, в жесткаго сѣченія, а раск. б, в—плоскаго сѣченія, или наоборотъ.

Рис. 76.



Стат.—опредѣлима, если раск. а, в плоскаго сѣченія.

Рис. 77.



Стат.—опредѣлима, если раск. а, в плоскаго сѣченія.

Рис. 78.

нять много фасонныхъ накладокъ, увеличивающихъ вѣсъ сквознаго заполнения. Въ общемъ эта система весьма рациональна и удобно-примѣнима для фермъ съ параллельными поясами и фермъ полупараболическихъ пролетами до 120 м; для первыхъ она, по даннымъ Hässeler'a, выгодна при длинѣ панели $d < 0,84 H$. по сравненію съ раскосной системой. Однако наименьшій вѣсъ сквознаго заполнения полураскосной системы въ фермахъ съ параллельными поясами получается, по даннымъ Hässeler'a, при $d = 0,7 H$.

Пока эта система преимущественно примѣнена, на сколько намъ извѣстно, въ горизонтальныхъ связяхъ, напрямѣръ, въ Hackerbrücke въ Мюнхенѣ—возвышенныя арки (Zeit. d. Ver. Deut. Ing. 1893, стр. 1441), въ строящемся пняѣ мостѣ чер. Вислу у крѣп. Ново-Георгиевскъ—балочныя фермы съ кривою верхнимъ поясомъ, въ мостѣ чер. Москву на Московской Окр. жел. дорогѣ*) (1906)—серповидныя арки, въ мостѣ чер. Pritzerbersee—балочныя фермы съ параллельными поясами, въ мостѣ чер. Elbe-Trave-Kanal въ Любекѣ (Burgthorbrücke. 1900)—консольно-балочныя фермы (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1900, стр. 774), въ мостѣ чер. Havel бл. Бранденбурга (1903)—балочныя полупараболическія фермы (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1905 № 41). Для главныхъ фермъ эта система примѣнена въ послѣднемъ мостѣ, а именно чер.

*) Сергѣевскій мостъ.

Havel бл. Бранденбурга, прол. 90 м^т; у насъ въ Россіи она предложена была пр. Проскураковымъ для моста отв. 40 саж. полупараболической системы съ ъздой по верху для Второй Екатерининской жел. дороги (1902 г.) и пр. Кривошейномъ для разборчатого моста для полевой жел. дороги съ паровой тягой пролетомъ 30 м^т. (Инж. журн. 1900 г., № 5—6). Укажемъ еще, что за границей она предложена была въ конкурсныхъ проектахъ слѣдующихъ мостовъ: 1) чер. Дунай въ Буда-Пештѣ (Zeit. d. Ver. Deut. Ing. 1894. Bd. XXXVIII); 2) чер. Рейнъ въ Боннѣ (Centr. d. Bauv. 1895, стр. 21); 3) чер. Рейнъ въ Вормсѣ (Zeit. d. Ver. Deut. Ing. 1897); 4) чер. Эльбу въ Гарбургѣ (Zeit. d. Ver. Deut. Ind. 1897); 5) мостъ de la Cathedrale

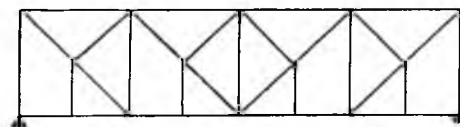


Рис. 79.

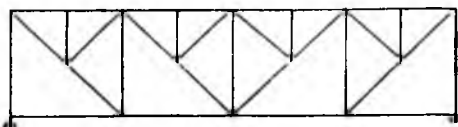


Рис. 80.

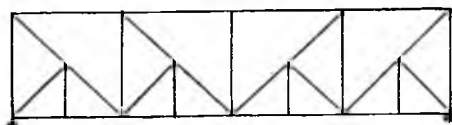


Рис. 81.

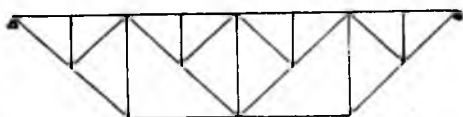


Рис. 82.

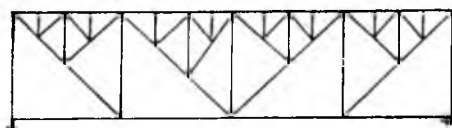


Рис. 83.

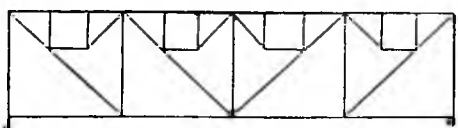


Рис. 84.

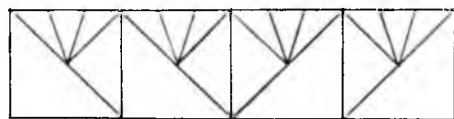


Рис. 84 I.

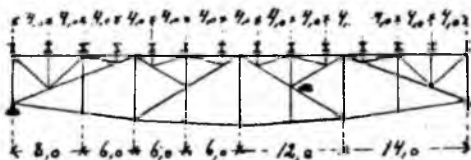


Рис. 84 II.

въ Лозаннѣ (1898 г.)—арочныя фермы (пр. фирмы Bell de Kriens). Относительно расчета фермъ съ полураскосами укажемъ на статью Häselers'a „Das Fachwerk mit halben Diagonalen“—Süddeut. Bauz. 1898, стр. 97 и на статью инж. П. Рышкова „Фермы съ полураскосами“—Инженеръ. 1904; далѣ Häselers. „Die eisernen Brücken“ 1900, стр. 439, 445, 447, 451, 453, и Ostenfeld. „Technische Statik“. 1904, стр. 411—425.

γ) Составная раскосная система *) (рис. 79—84, 60, 61, 63).

Составная раскосная система состоитъ изъ одной простой основной системы и ряда дополнительныхъ балочекъ, служащихъ для подраздѣленія

*) Составная раскосная система съ доп. шпрингельными балочками была впервые примѣнена Pettit, почему она и называется „системой Pettit“.

большихъ панелей основной системы на двѣ или болѣе малыхъ панелей, при чемъ элементы этихъ балочекъ работаютъ лишь отъ нагрузки, расположенной въ предѣлахъ соотвѣтственной большой панели.

Такое дѣленіе большой панели на малыя необходимо при значительной высотѣ простой раскосной фермы для уменьшенія вѣса пролѣзжей части.

Составныя раскосныя фермы въ большинствѣ случаевъ представляютъ статически опредѣлимыя системы.

Недостатокъ ихъ заключается въ томъ, что сжатія основныя стойки весьма значительной длины и ничѣмъ не подпираются, почему требуютъ большую затрату матеріала для обезпеченія ихъ отъ продольнаго изгиба.

Составная раскосная система весьма выгодна для фермъ большихъ пролетовъ и особенно съ криволинейными поясами.

Въ заключеніе какъ оригинальный примѣръ подраздѣленія большой панели раскосной рѣшетки на малыя приводимъ ферму прол. 52^{м.} моста чер. Isar у Landshut (рис. 84") (Zeit. f. Bauk. 1884, стр. 31); здѣсь поперечныя балки помѣщены лишь въ доп. узлахъ верхняго пояса, а въ главныхъ узлахъ ихъ нѣтъ.

б) Сложная раскосная система (рис. 85—87).

Типъ I—ферма съ перекрестными раскосами и стойками. Эта ферма статически неопредѣлима, въ чемъ и заключается ея главный недостатокъ. Такія фермы въ значительномъ количествѣ встрѣчаются во Франціи и въ

I.

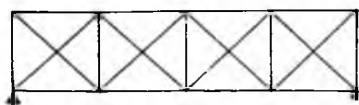


Рис. 85.

II.

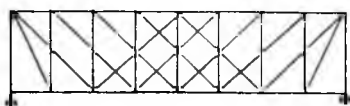


Рис 86.

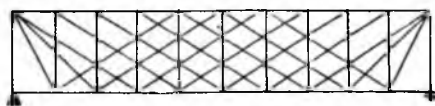


Рис. 87.

Австріи для пролетовъ отъ 15 до 35^{м.} и еще недавно примѣнены въ значительномъ количествѣ для мостовъ на новыхъ Альпійскихъ желѣзнодорожныхъ линіяхъ для пролетовъ отъ 20 до 65^{м.} (Zeit. d. öster. Ing. u. Arch. Ver. 1907, стр. 553).

Типъ II—двухъ и трехраскосныя фермы. Преимущество такихъ фермъ заключается въ слѣдующемъ:

1) при большихъ пролетахъ и при значительной высотѣ фермы онѣ допускаютъ устройство панелей нормальной длины (около 5^{м.}).

2) Поперечная сила распределяется на нѣсколько раскосовъ или стоекъ, и тѣмъ уменьшаются ихъ усилія и сѣченія.

3) Вслѣдствіе пересѣченія раскосовъ со стойками сокращается свободная длина послѣднихъ, что выгодно, ибо стойки сжаты.

Исслѣдованіемъ многораскосныхъ фермъ занимался проф. Патонъ, который указываетъ на существенный недостатокъ ихъ, а именно, что при неравномѣрномъ распредѣленіи нагрузки узловъ отдѣльныхъ простыхъ системъ пояса получаютъ волнообразный изгибъ, что особенно вредно при устройствѣ узловъ фермъ жесткими.

Кромѣ того, временная нагрузка можетъ вызвать въ однихъ и тѣхъ же волокнахъ поясовъ какъ растягивающія, такъ и сжимающія напряженія, которыя настолько значительны, что пояса этихъ фермъ оказываются сжато-вытянутыми *).

На основаніи изложеннаго можно рекомендовать избѣгать примѣненія на практикѣ многораскосныхъ фермъ; послѣднія уже и за границей сданы въ архивъ и здѣсь предпочтеніе отдается болѣе раціональнымъ системамъ. Однако въ былое время двухъ и трехраскосныя фермы были весьма распространены для пролетовъ отъ 40 до 150 ^м. Означенныя фермы, за рѣдкими исключеніями исполнены въ видѣ статически неопредѣленныхъ системъ.

в. Рѣшетчатая системы.

а) Простая треугольная система (система Neville'a или Waggen'a **)—рис. 88 и 89).

По сравненію съ простою раскосною системою простая треугольная имѣетъ тотъ недостатокъ, что при одинаковой высотѣ фермы и одинаковомъ углѣ наклоненія раскосовъ ей соответствуетъ значительно болѣшая

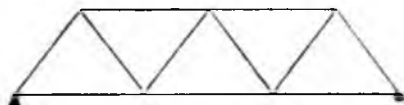


Рис. 88.

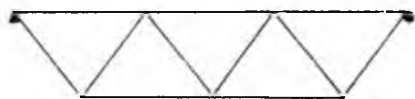


Рис. 89.

длина панели, что влечетъ за собою увеличеніе вѣса проѣзжей части. Кромѣ того при ѣздѣ по верху, поперечныя связи могутъ быть расположены лишь въ наклонныхъ плоскостяхъ раскосовъ.

Простая треугольная система примѣняется довольно рѣдко; особенно она раціональна для фермъ съ ѣздой по низу, если устраиваются свободныя поперечныя балки, опирающіяся на нижній поясъ помощью шарнировъ (шосс. мостъ чер. Нѣманъ у Олиты. 1892).

*) По вопросу многораскосныхъ фермъ см. ст. Инж. Передерія „Вліяніе жесткости узловъ на усилія и напряженія въ частяхъ фермъ“ (Инженерное дѣло 1904 г. №№ 1 и 2), ст. Инж. Зотикова „Двухраскосныя фермы и жесткіе узлы“. (Журн. М. и. с. 1905 кн. IX) и отвѣтъ Пр. Патона на послѣднюю статью: „Къ вопросу о двухраскосныхъ фермахъ“, („Инженеръ“ 1906 и 1907).

**) Простая треугольная система была примѣнена впервые въ 1846 г. бельгійскимъ Инж. Neville въ мостѣ прол. 21,6^м чер. Sambre между Scharleroi и Erquelines; однако теоретически она была обоснована лишь англичаниномъ Waggen'омъ, взявшимъ на нее въ 1849 г. привиллегію, послѣ чего она въ 1851 г. была правильно примѣнена въ мостѣ прол. 73,3^м чер. Trent бл. Newark.

Замѣтимъ здѣсь, что есть еще одинъ типъ треугольной рѣшетки, а именно такой, въ которомъ углы, составляемые поясами съ раскосами обоихъ направленій, не равны между собою (система Post'a); но рѣшетка эта, примѣнявшаяся нѣкогда въ Америкѣ (м. чер. Missouri бл. Omaha. 1870), въ настоящее время совсѣмъ не примѣняется, ибо неравенство угловъ наклопенія раскосовъ вызываетъ конструктивныя неудобства.

β) Составныя рѣшетчатыя системы (рис. 90 -98).

Подвѣски и стойки, обозначенныя въ типахъ I и III пунктиромъ, не обязательны, но безусловно желательны для устранения мѣстнаго

Рис. 90.

Рис. 92.

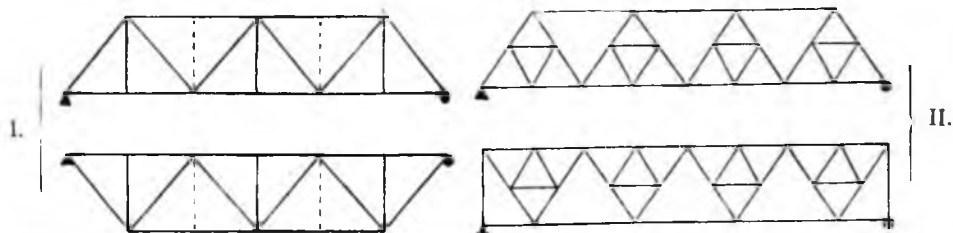


Рис. 91.

Рис. 93.

Рис. 94.

Рис. 96.

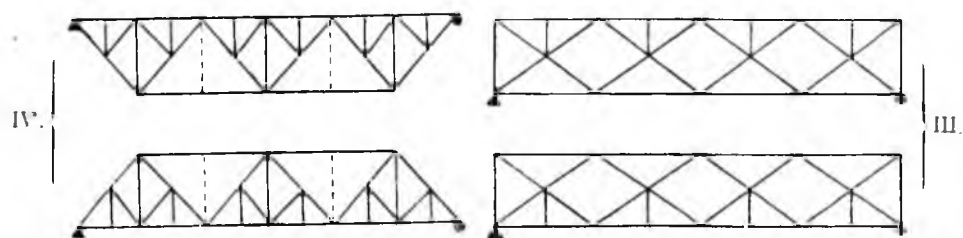


Рис. 95.

Рис. 97.



Рис. 98.

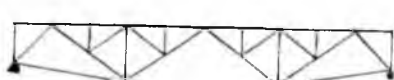


Рис. 98 I.



Рис. 98 II.

прогиба того пояса, который не связанъ съ проѣзжей частью, и кромѣ того для прикрѣпленія вертикальныхъ поперечныхъ связей.

Типъ II—треугольная рѣшетка съ дополнительными треугольниками, по сложности конструкціи уступаетъ типу I—рѣшеткѣ съ дополнительными стойками и подвѣсками, и можетъ замѣнить послѣдній лишь въ случаѣ большой длины панели и значительной высоты фермы, когда устройство

длинныхъ сжатыхъ стоекъ является пераціональнымъ. Эта рѣшетка примѣнена, напримѣръ, въ слѣдующихъ мостахъ:

1) Аркольскій мостъ чер. Сену въ Парижѣ арочной системы (Ann. d. ponts et chaus. 1854, II стр. 246 и 1864 г. II стр. 195; Allg. Bauz. 1855 стр. 349).

2) пр. Schneider'a и Hersent'a моста чер., каналъ Ламаншь консольно-балочной системы (Engineering 1892. № 1395, Журн. М-ва П. С., 1889 г. № 47).

3) мостъ пролетомъ 33,5^{mt.} на Восточно-Китайской жел. дор. (1903 г.).

4) мосты пролетомъ 33,5^{mt.} на Варшавско-Калишской жел. дор. (1901).

Типъ III—составная ферма съ двухрѣшетчатой основною системою—примѣненъ, напримѣръ, въ слѣдующихъ мостахъ консольно-балочной системы: 1) жел. дор. м. „Pough Keepsie“ чер. Гудзонъ (1886) (Zeit. d. Ver. Deut. Ing. 1889 стр. 1094. Eng. 1887 февр. стр. 163; R. R. gazette 1887; Génie Civil. 1888. Bd. XIII стр. 129). 2) жел. дор. мостъ „Kentucky Indiana“ чер. Ohio въ Луивиллѣ (Zeit. d. ver Deut. Ing. 1889 стр. 1039; Engineering 1888 янв. X стр. 85,90; Org. f. d. Forschr. d. Eisenbahnw. 1888. стр. 163). Особенно часто этотъ типъ встрѣчается въ Америкѣ въ мостахъ Пенсильванской жел. дор.

Типъ IV—треугольная рѣшетка съ дополнительными шпренгельными балочками; такія балочки были примѣнены въ треугольной рѣшеткѣ впервые Fink'омъ въ 1870 г. въ мосту чер. Ohio въ Луивиллѣ съ прол. 122^{mt.} (рис. 98) (Engng. 1876, стр. 358) на подобіе того, какъ Pettit примѣнилъ ихъ въ раскосной рѣшеткѣ, почему рассматриваемая рѣшетка и называется системою Pettit—Fink. Такая рѣшетка примѣнена еще, напримѣръ, въ Баваріи въ жел. дор. мосту у Landshut прол. 20^{mt.} (рис. 98') (Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1883 г., стр. 3) и у насъ въ Россіи въ фермахъ прол. 65,8^{mt.} и 87,3^{mt.} на Московской Окружной жел. дорогѣ (рис. 98". 1906 г.). (Алексѣевскій мостъ.)

а) Сложныя рѣшетчатая системы.

Изъ сложныхъ рѣшетчатыхъ системъ въ настоящее время примѣняются только двухрѣшетчатая фермы (для среднихъ и большихъ пролетовъ) (рис. 99—104), а многорѣшетчатая фермы совсѣмъ больше не примѣняются, ибо онѣ не экономичны и кромѣ того представляютъ большую площадь для вѣтра

Двухрѣшетчатая система страдаетъ тѣми же недостатками, какъ и двухраскосная (по даннымъ пр. Патона): 1) при неравномѣрномъ нагруженіи узловъ обѣихъ частныхъ системъ пояса получаютъ волнообразный изгибъ, вызывающій въ нихъ значительныя дополнительныя напряженія; 2) временная нагрузка можетъ вызвать въ однихъ и тѣхъ же волокнахъ поясовъ какъ растягивающія, такъ и сжимающія напряженія, которыя настолько значительны, что пояса двухрѣшетчатыхъ фермъ оказываются сжато-вытянутыми.

При неравномерномъ нагруженіи узловъ пояса гнутся въ разныя стороны, вслѣдствіе чего вертикальныя разстоянія между ними то увеличиваются, то уменьшаются.

Для устранения этихъ недостатковъ добавляют стойки во всѣхъ узлахъ (типъ II) или же устраиваютъ средній поясъ, соединяющій точки пересѣченія раскосовъ и обеспечивающій неизмѣняемость разстояній между этими точками (типъ III).

Такой средній поясъ, предложенный Шведлеромъ и Кепке, примененъ между прочимъ въ слѣд. мостахъ:

1) мостъ чер. Вислу въ Фордонѣ балочной системы — полукруговыя фермы (Eisen u. Stahl, 1893); 2) мосты чер. Вислу въ Диршау и чер. Ногатъ въ Мариенбургѣ балочной системы — эллиптическія фермы (Zeit. f.

Статически неопредѣлимы

I. II. III.

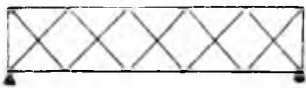


Рис. 99.

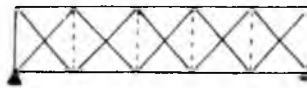


Рис. 100.



Рис. 101.

Статически опредѣлимы

IV I. IV II. IV III.

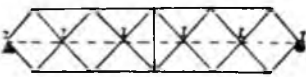


Рис. 102.



Рис. 103.

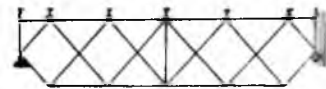


Рис. 104.

Bauw. 1895, стр. 235; Génie Civil XXVII, 311); 3) мостъ чер. Эльбу въ Лошвицѣ висячей системы (Centr. d. Bauw. 1894, стр. 235; Stahl u. Eisen. 1894, стр. 383); 4) м. чер. Аргентъ на круглой жел. дор. около озера Constance балочной системы — фермы полупараболическія (1899); 5) м. чер. Эльбу въ Дрезденѣ (1899) — балочныя неразрѣзныя фермы. (Köpske. Brücken beim Dresdener Bahnhofsba. — Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1898, стр. 1133).

Оба указанныхъ способа (типы II и III) неудобны тѣмъ, что дѣлаютъ фермы въ высокой степени статически неопредѣлимыми.

Типъ IV (со среднею стойкой — фермы Dietz'a) рационаленъ; особенно онъ удобенъ для фермъ съ криволинейными поясами: система эта статически опредѣлимая. (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1894, стр. 1238 и 1248, и 1899, стр. 231, Журн. М. II. С. 1907 г. кн. 5 стр. 3).

С. Безраскосная система.

Безраскосныя фермы съ жесткими узлами (рис. 104') предложены проф. Vierendeel'емъ лѣтъ одиннадцать тому назадъ и названы имъ „longerons à arcades“. Онѣ представляютъ собою въ сущности сплошную балку, въ стѣнкѣ которой сдѣланы прямоугольныя или овальныя вырѣзы.

Проф. Vierendeel (Vierendeel. Longérons en treillis et longérons à arcades. Paris) указывает на многія преимущества своего типа фермъ по сравненію съ обыкновенными раскосными фермами съ заклепочными соединеніями, какъ въ смыслѣ точности опредѣленія усилий, такъ и въса, удобства сборки и пр. Однако вопросъ о сравнительномъ достоинствѣ фермъ системы Vierendeel'я до сихъ поръ открытъ и онѣ, какъ мостовыя фермы, насколько намъ извѣстно, еще не примѣнены. Въ Россіи фермы — аркады были предложены въ 1904 г. Инж. Абрамовымъ для продольныхъ балочекъ въ мостѣ чер. Зап. Двину на Бологое-Полоцкой ж. д., какъ вариантъ.



Рис. 1041

Относительно фермъ системы Vierendeel'я см. статью пр. Николая „Опредѣленіе усилий въ безраскосныхъ балочныхъ фермахъ съ жесткими узлами“ — Журн. М-ва П. С. 1904 г. кн. II и III, и брошюру Инж. Н. Абрамова „Фермы—аркады системы пр. A. Vierendeel'я“. Очеркъ I.

3. Заключение о балочныхъ фермахъ.

Послѣ обзора системъ балочныхъ сквозныхъ фермъ и ихъ рѣшетокъ сдѣлаемъ слѣдующія указанія относительно проектированія этихъ фермъ:

1) для пролетовъ до 50 ^{м.} целесообразно примѣнять фермы съ параллельными поясами; для пролетовъ же свыше 50 ^{м.} — фермы съ криволинейными поясами;

2) изъ фермъ съ криволинейными поясами можно рекомендовать слѣдующія системы: а) фермы съ однимъ параболическимъ или круговымъ поясомъ (а съ другимъ прямымъ) для среднихъ пролетовъ 50 - 75 ^{м.}; б) фермы полупараллельныя (кромѣ системы Battig и Cöstlin), полупараболическія или полукруговыя для пролетовъ 75—120 ^{м.}; с) фермы полигональныя для пролетовъ 75—200 ^{м.}.

3) изъ рѣшетокъ рациональны слѣдующія: а) для фермъ съ параллельными поясами пролетами до 50 ^{м.}: простая раскосная, треугольная съ дополнительными стойками (скошенные концы), и двухраскосная со средней стойкой; б) для фермъ съ однимъ параболическимъ или круговымъ поясомъ: простая раскосная, треугольная съ дополнительными стойками, верхніе концы которыхъ лежатъ на параболѣ, и двухрѣшетчатая со средней стойкой; с) для фермъ полупараллельныхъ, полупараболическихъ и полукруговыхъ пролетами 75—120 ^{м.}: простая раскосная, составная раскосная, треугольная съ дополнительными стойками (скошенные концы) и полураскосная; д) для фермъ полигональныхъ пролетами 75—200 ^{м.}: составная

раскосная съ шпренгельными балочками и треугольная съ дополнительными стойками.

4) При большихъ пролетахъ и небольшой высотѣ опоръ рационально примѣнять фермы съ наклонными опорами.

Если разсматривать перечисленныя здѣсь балочныя фермы съ эстетической стороны, то слѣдуетъ замѣтить, что фермы съ параллельными поясами, а также полупараболическія и полукруговыя, вовсе не эстетичны; нѣсколько лучше въ этомъ отношеніи фермы съ однимъ криволинейнымъ поясомъ.

Говоря объ однопролетныхъ мостахъ подѣ обыкновенныя дороги можно рекомендовать балочныя разрѣзныя фермы только для шоссеиныхъ мостовъ внѣ городовъ: для городскихъ же мостовъ, которые должны служить украшеніемъ города, ихъ слѣдуетъ избѣгать, отдавая предпочтеніе фермамъ арочнымъ и висячимъ.

В. Консольно-балочныя фермы съ двумя небольшими свѣсами.

Взамѣнъ балочной разрѣзной фермы, помѣщенной на двухъ устояхъ, устраиваютъ иногда ферму съ двумя небольшими свѣсами, помѣщая ее при вѣдѣ по низу на двухъ быкахъ, выдвинутыхъ за предѣлы насыпей, такъ

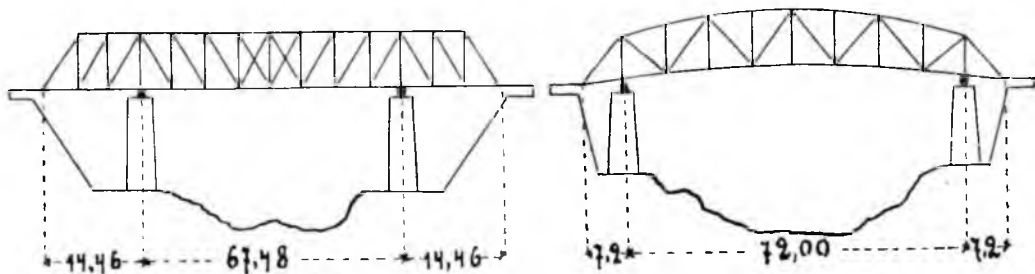


Рис. 105.

Рис. 106.

что мостъ въ этомъ случаѣ получается безъ устоевъ (свѣсы служатъ для перехода съ быковъ на земляное полотно); при вѣдѣ по верху свѣсы скрываютъ въ устояхъ.

Главная выгода системы мостовъ безъ устоевъ заключается въ значительномъ пониженіи стоимости опоръ. Правда, вѣсъ такого пролетнаго строенія получается больше вѣса обычнаго разрѣзнаго строенія, но это превышеніе вѣса незначительно въ виду присутствія свѣсовъ; часть желѣза, потребнаго для свѣсовъ, возмѣщается экономіей на желѣзѣ въ междуопорной части фермы, получаемой вслѣдствіе уравновѣшивающаго дѣйствія свѣсовъ (изгибающіе моменты въ междуопорной части меньше). Въ общемъ стоимость такого моста, который можно разсматривать какъ однопролетный, меньше стоимости однопролетнаго моста обычнаго типа съ балочной разрѣзной фермой на устояхъ.

Замѣтимъ здѣсь, что вышеуказанное дѣйствіе свѣсовъ можно искусственно повысить, или устраивая полотно ихъ болѣе тяжелаго типа, нежели

полотно междуопорной части, или же просто искусственно ихъ загружая; отъ этого еще больше понизится вѣсь междуопорной части, но такія мѣры могутъ быть выгодны только до известной степени, ибо одновременно съ этимъ повышается стоимость самихъ свѣсовъ и быковъ (въ виду увеличенія давленія на нихъ). Свѣсы бываютъ или свободныя, или же закрѣпленныя на концахъ; закрѣпленіе концовъ усложняетъ расчетъ и дѣлаетъ ферму зависимою отъ температуры.

Изъ мостовъ съ ѣздою по низу со свободными свѣсами (безъ устоевъ) намъ известны два:

1) мостъ чер. Варновъ въ Ростокѣ на ж. д. Waren-Warnemünde—рис. 105 (Zeit. d. Ver. Deut. Ing. 1886, стр. 1001, Deutsche Bauz. 1886, стр. 47).

2) мостъ чер. Зушу въ Зарѣчѣ—рис. 106. (Отдѣльное изданіе 1906 г.)

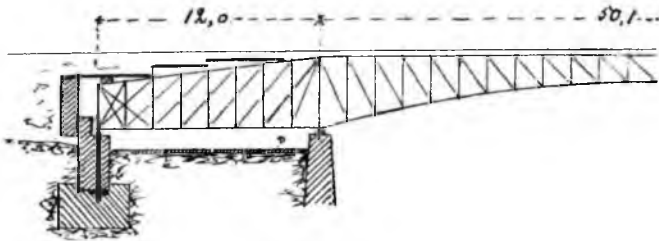


Рис. 106 I.

Изъ мостовъ съ ѣздою по верху со скрытыми въ устояхъ свѣсами намъ известенъ одинъ, а именно Stephanie-Brücke чер. Дунайскій каналъ въ Вѣнѣ—рис. 106¹ (All. Bauz. 1887, №№ 11 и 12; Central. d. Bauv. 1883, стр. 138); мостъ этотъ производитъ впечатлѣніе арочнаго моста (свѣсы искусственно загружены и закрѣплены).

С. Арочныя фермы.

1) Обзоръ желѣзныхъ арочныхъ фермъ *).

Арочныя фермы могутъ быть раздѣлены на слѣдующіе классы:

- 1) на фермы съ задѣланными пятами,
- 2) на фермы съ двумя шарнирами (въ пятахъ),
- 3) на фермы съ тремя шарнирами (въ пятахъ и ключѣ),
- 4) на фермы съ задѣланными пятами и съ шарниромъ въ ключѣ.

Первыя фермы (съ задѣланными пятами) трижды статически неопредѣлимы, такъ что при расчетѣ ихъ находишься въ зависимости отъ упругихъ деформаций, а кромѣ того отъ измѣненій въ положеніи опоръ. Малѣйшія перемѣщенія точекъ опоръ или вращенія опорныхъ плоскостей имѣютъ большое вліяніе на положеніе и величину опорныхъ давленій, по-

*) Чугунныхъ фермъ, какъ устарѣвшихъ, разсматривать не будемъ; примѣры ихъ приведены на стр. 74—75.

чему такіа фермы можно примѣнять только при вполнѣ неподвижномъ основаніи.

Далѣ эти фермы отличаются наименьшимъ искаженіемъ вида фермы отъ дѣйствія нагрузки, но зато и наибольшимъ вліяніемъ температуры на величину распора. Эти фермы допустимы для пролетовъ свыше 50 м^т и при томъ при большомъ отношеніи стрѣлы подъема къ пролету. Арки съ задѣланными пятами особенно часто примѣнялись во Франціи и Швейцаріи, а въ послѣднее время встрѣчаются и въ Германіи (знаменитый виадукъ чер. Wupper въ Müngsten'ѣ. 1897).

Вторая фермы (двухшарнирные) представляютъ систему одинъ разъ неопредѣлимую, почему расчетъ ихъ не представляетъ затрудненій; измѣненія температуры вызываютъ дополнительныя напряженія меньшія, нежели въ первыхъ фермахъ; эти дополнительныя напряженія не чрезмѣрно велики и могутъ быть уменьшены принятіемъ небольшой высоты въ ключѣ арки. Вертикальныя движенія этихъ фермъ отъ дѣйствія нагрузки и температуры меньше, нежели въ трехшарнирныхъ фермахъ; также и горизонтальныя движенія въ поперечномъ направленіи моста меньше, ибо сами фермы жестче и плотнее, а равно и горизонтальныя связи не прерываются надъ ключемъ; эта непрерывность проѣзжей части особенно желательна, если проѣзжая часть должна быть водонепроницаема. Въ смыслѣ расхода матеріала двухшарнирные и трехшарнирные арки мало отличаются. Двухшарнирные арки весьма распространены за-границей; также и въ Россіи Александровскій мостъ чер. Неву въ С.-Петербургѣ (1879), гор. мостъ чер. Зап. Двину въ Витебскѣ (1885) и гор. мостъ чер. Руссановскій протокъ Двѣпра въ Кіевѣ (1905) построены съ двухшарнирными арками, а въ настоящее время строятся съ такими же арками городская мостъ чер. Вислу въ Варшавѣ, мостъ чер. Москву на Московской Окружной жел. дорогѣ*) и Звѣринецкій мостъ чер. Вилью въ Вильнѣ (городской). [послѣдніе два моста теперь уже отстроены].

Третьи фермы (трехшарнирные) представляютъ систему статически опредѣлимую; измѣненія температуры не оказываютъ никакого вліянія на величину распора, но зато вызываютъ большія поднятія и опусканія фермы. Съ другой стороны онѣ наиболѣе чувствительны къ измѣненію вида отъ дѣйствія нагрузки. Наконецъ, онѣ страдаютъ тѣмъ недостаткомъ, что надъ ключемъ, гдѣ шарниръ, приходится прерывать полотно и горизонтальныя связи. Трехшарнирные арки очень распространены въ Америкѣ. Въ Европѣ онѣ также примѣнены еще недавно; на примѣръ, въ мостѣ Имп. Александра III черезъ Сену въ Парижѣ (1900), въ виадукѣ черезъ Viaur на жел. дор. Carmaux-Rodez (1900), у насъ въ Россіи въ Троицкомъ мосту черезъ Неву въ С.-Петербургѣ (1902) и въ гор. мосту черезъ Мсту въ Боровичахъ (1905).

Четвертыя фермы, предложенныя инж. Souleyre (Ann d. ponts et chaussées 1895), пока не примѣняются.

Изъ всѣхъ этихъ группъ арочныхъ фермъ приходится отдать пред-

*) Сергиевскій мостъ.

почтеніе едва ли не двухшарнирнымъ аркамъ, которыя имѣютъ больше хорошихъ сторонъ, нежели недостатковъ.

Въ отношеніи жесткости арочныя фермы раздѣляются на жесткія арки и на нежесткія — съ фермой жесткости.

1. Жесткія арочныя фермы.

Жесткія арочныя фермы бываютъ двухъ родовъ:

а) въ строгомъ смыслѣ арочныя, производящія на опоры распоръ и в) арочныя, непроизводящія на опоры распора (дѣйствующія на опоры, какъ балочныя фермы).

а) Жесткія арочныя фермы съ распоромъ.

Эти фермы въ свою очередь бываютъ двухъ родовъ:

α) арочныя фермы, ограничивающіяся предѣлами арки, со стойками надъ ней для поддержанія проѣзжей части; β) арочныя фермы съ нижнимъ поясомъ арочнаго вида и съ верхнимъ поясомъ на уровнѣ проѣзжей части.

α) Арочныя фермы, ограничивающіяся предѣлами арки.

Сами арки въ такихъ фермахъ бываютъ или съ вполне параллельными поясами (мостъ черезъ Рейнъ въ Кобленцѣ, чер. Миссиссипи въ St. Louis), или съ почти параллельными поясами (мостъ чер. Ниагару прол. 256^{м.}), или съ поясами, разстояніе между которыми на опорахъ больше, нежели въ ключѣ (віадукъ чер. Wupper въ Müngsten'ѣ, Kornhausbrücke чер. Ааръ въ Бернѣ), или наконецъ серповидныя (віадукъ Garabit черезъ Трувѣге, мостъ Pia Maria чер. *) Дуэро въ Опорто, мостъ чер. Москву на Московской окружной жел. дор., мостъ чер. Кан. Nord.-Ostsee у Гриненгаля и др.).

Арки первыхъ трехъ типовъ бываютъ или сплошныя (самый большой пролетъ въ Вашингтонскомъ мосту чер. Harlem въ Нью-Йоркѣ—155^{м.} 1889 г.) или сквозныя (самый большой пролетъ въ мірѣ въ м. чер. Ниагару близъ Clifton'a — 256^{м.} 1898 г.; въ Европѣ же самый большой прол. въ м. Luiz I чер. Дуэро въ Опорто — 172^{м.} 1885 г.); арки же четвертаго типа (серповидныя) бываютъ исключительно сквозныя. Сплошныя арки устраиваются обыкновенно цѣльныя; какъ исключеніе составляетъ арка моста Имп. Александра III въ Парижѣ (стальная), состоящая изъ отдѣльныхъ косяковъ, свинченныхъ болтами. Сквозныя арки имѣютъ заполнения слѣдующихъ типовъ (рис. 107—113):

Замѣтимъ здѣсь, что для арокъ съ вполне или почти параллельными поясами можно рекомендовать примѣнять рѣшетки типовъ I, II, IV, V и VI, причемъ самыми удачными въ эстетическомъ отношеніи слѣдуетъ признать типы IV и V, гдѣ стойки при круговой аркѣ располагаются по радіусу и раскосы составляютъ со стойками углы приблизительно 45°.

*) Сергіевскій мостъ.

Для серповидныхъ же арокъ можно рекомендовать рѣшетку типа III, хотя примѣняется часто и рѣшетка типа II.

Сплошное заполненіе примѣняется только въ пологихъ аркахъ, а сквозное—какъ въ пологихъ, такъ и въ крутыхъ аркахъ.

Очертаніе пологихъ арокъ (сплошныхъ и сквозныхъ) дѣлается обыкновенно по кругу, очертаніе же крутыхъ — по параболѣ. Очертаніе очень крутыхъ арокъ дѣлается иногда изъ эстетическихъ цѣлей по какой-либо произвольной кривой, ибо парабола является въ пятахъ слишкомъ крутой, а кругъ въ ключѣ является слишкомъ выпуклымъ. Такъ, напримѣръ, арка

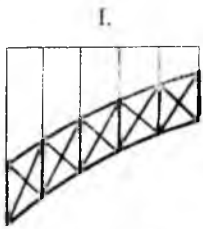


Рис. 107.

- 1) М. чер. Рейнъ въ Кобленцѣ.
- 2) М. Luiz I и Pia Maria чер. Дуэро въ Опорто и др.

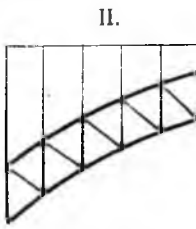


Рис. 108.

- 1) М. чер. Niagara бл. Clifton'a.
- 2) Viad. чер. Wupper въ Мюнгстенѣ.
- 3) М. чер. Москву на Моск. Окр. ж.д. и др.

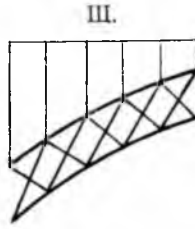


Рис. 109.

- М. чер. Nord-See-Kanal въ Grünenthal'ѣ.

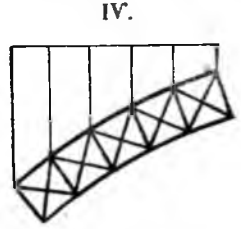


Рис. 110.

- 1) Kornhausbrücke чер. Ааръ въ Бернѣ.
- 2) М. чер. Addy въ Trezzo.
- 3) М. чер. Рейнъ въ Майнцѣ и др.

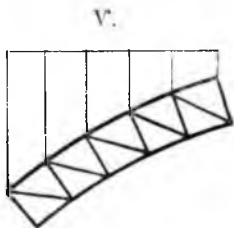


Рис. 111.

М. чер. Шварцвассеръ у Берна.

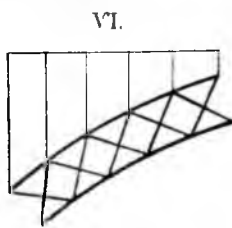


Рис. 112.

М. чер. Рейнъ у Nocheim.

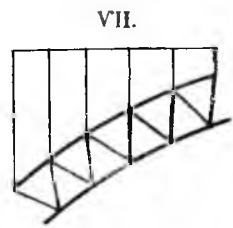


Рис. 113.

М. чер. Миссисипи въ St. Louis (пояса трубчатые).

моста Kornhaus черезъ Ааръ въ Бернѣ (1898) при $f = \frac{1}{3,5}$ очерчена

слѣд. образомъ: былъ нанесенъ кругъ и парабола, затѣмъ разстоянія между ними были раздѣлены на пять частей, послѣ чего были соединены кривой точки дѣленія, ближайшія къ параболѣ, каковая кривая и была принята за ось арки.

Проѣзжая часть соединяется съ аркой обыкновенно при помощи стоекъ: послѣднія поддерживаютъ обыкновенно поперечныя балки и потому разстоянія между ними не произвольны, но во всякомъ случаѣ они до извѣстной степени могутъ быть измѣняемы. Относительно этого замѣтимъ, что при малыхъ пролетахъ разстоянія между стойками не должны быть велики (при сквозныхъ аркахъ ихъ слѣдуетъ располагать въ этомъ случаѣ въ каждомъ узлѣ), а при большихъ пролетахъ наоборотъ (при сквозныхъ

аркахъ ихъ слѣдуетъ располагать въ этомъ случаѣ черезъ два, три, четыре узла, смотря по пролету, какъ это исполнено, наиримѣръ, въ мостахъ чер. Ааръ въ Бернѣ (Kornhausbrücke), чер. Дуэро въ Опорто (м. Pia-Maria и Luiz I), чер. Wupper въ Müngsten'ѣ (Kaiser-Wilhelm-brücke), черезъ Javroz на дор. Bulle-Boltingen, чер. Адду въ Paderno и др.).

Мосты черезъ Миссиссипи въ St. Louis и чер. Рейнъ въ Coblenz'ѣ надо признать неудачными въ отношеніи расположенія стоекъ (слишкомъ часты).

Далѣе замѣтимъ, что для малыхъ и среднихъ пролетовъ рациональнѣе примѣнять сплошныя арки, а для большихъ пролетовъ сквозныя арки съ параллельными поясами или серповидныя; при сквозныхъ аркахъ получается нѣсколько большая конструктивная высота, сборка вбходится дороже, зато получается значительная экономія на матеріалѣ при большихъ пролетахъ. Наиболѣе извѣстные мосты съ арочными фермами разсматриваемаго типа и литература о нихъ указаны на стр. 76-81. Эти фермы примѣнены при сплошныхъ аркахъ для пролетовъ до 155^{mt} , а при сквозныхъ аркахъ для пролетовъ до 256^{mt} .

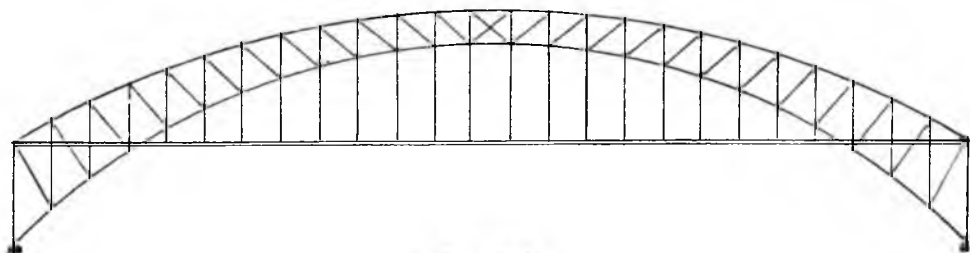


Рис. 114.

Къ этому же роду арокъ принадлежатъ возвышенныя арки безъ затяжки (рис. 114), очертаніе поясовъ которыхъ дѣлается обыкновенно по кругу.

Возвышенныя арки безъ затяжекъ примѣнены въ мостахъ чер. Рейнъ въ Боннѣ (1898) и Дюссельдорфѣ (1898), чер. Эльбу въ Магдебургѣ (1901) и чер. Мсту въ Боровичахъ (1905); въ послѣднемъ мостѣ арка трехшарнирная. Данныя объ этихъ мостахъ указаны на стр. 88-89. Эти фермы примѣнены для пролетовъ отъ 107^{mt} до 187^{mt} .

β) Арочныя фермы съ нижнимъ поясомъ арочнымъ и съ верхнимъ поясомъ на уровнѣ проѣзжей части.

Эти арочныя фермы бываютъ сплошныя и сквозныя (рис. 115—117).

Рѣшетка сквозныхъ фермъ обыкновенно устраивается простая раскосная (т. I); рѣдко встрѣчается двухрѣшетчатая (м. пролетомъ $65,6^{mt}$ чер. Мозель близъ Güls'a 1878), которая примѣнялась при чугунныхъ аркахъ (т. II).

Замѣтимъ еще, что въ 1898 г. при конкурсѣ моста de la Cathedrale въ Лозаннѣ, фирма Bell de Kriens представила проектъ арочной фермы пролетомъ 72^{mt} съ рѣшеткой полураскосной системы (т. III).

Съ эстетической точки зрѣнія самая неудачная рѣшетка это простая раскосная, въ которой углы наклоненія раскосовъ къ горизонтали къ серединѣ пролета все уменьшаются. Гораздо удачнѣе въ этомъ отношеніи двухрѣшетчатая система, въ которой можно устроить еще средній поясъ для обезпеченія неизмѣяемости разстояній между точками пересѣченій раскосовъ, и полураскосная система.

Очертаніе нижняго пояса арки при небольшомъ отношеніи стрѣлы подъема f къ величинѣ пролета l дѣлается обыкновенно по кругу, а при большихъ отношеніяхъ $\frac{f}{l}$ — по параболѣ. Замѣтимъ еще, что въ аркахъ большихъ пролетовъ за очертаніе нижняго пояса можетъ быть принятъ перевернутый веревочный многоугольникъ, опредѣленный для обыкновенной свободно лежащей балки того же пролета, что и арка, отъ нагрузки, увеличивающейся отъ середины пролета къ опорамъ, приблизительно сораз-

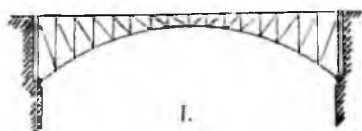


Рис. 115.

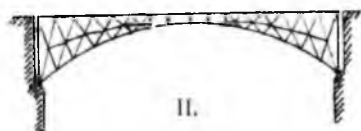


Рис. 116.

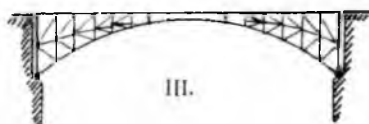


Рис. 117.

мѣрно разстояніямъ между обоими поясами арки. Объ этомъ см. статью инж. Bernhard'a „Die Linienführung grosser Eisenbögen“—Centralbl. d. Bauv. 1900, стр. 257.

Разсматриваемыя фермы не рациональны въ томъ отношеніи, что наибольшія сѣченія ихъ соответствуютъ опорамъ, тогда какъ наибольшіе моменты соответствуютъ сѣченіямъ, лежащимъ на одной четверти пролета отъ опоръ, а отсюда моменты убываютъ къ опорамъ и къ ключу.

Въ этомъ отношеніи болѣе рациональна ферма, примѣненная въ м. пролетомъ 56,33 m (рис. 118) чер. Sarthe бл. Fillé на жел. дор. Le Mans-Foullletourte *) (1896) (Notices sur les modèles, dessins et c. Exposition Universelle à Paris en 1900, стр. 517; Bernhard. Brücken auf der Weltausstellung zu Paris 1900—Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1900 и 1901).

Замѣтимъ однако, что примѣняя разсматриваемыя арочныя фермы получаемъ наименьшую конструктивную высоту, нежели при какой-либо иной системѣ арочныхъ фермъ.

*) Арка такого-же вида, но только сплошная (системы Phipps), примѣнена въ м. чер. Руръ у Дюссерна прол. 48 m (Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1877, стр. 722).

Наиболѣе извѣстные мосты съ фермами разсматриваемаго типа и литература о нихъ указаны на стр. 82-85

У насъ въ Россіи мосты съ разсматриваемыми сквозными арочными фермами построены въ С.-Петербургѣ чер. Неву (Литейный мостъ 1879 г.), въ Витебскѣ чер. Зап. Двину (1885 г.) и чер. водопадъ Иматру (1893 г.); въ настоящее время строится по той-же системѣ „Третій“ мостъ (городской) чер. Вислу въ Варшавѣ и Звѣринецкій мостъ чер. Вилію въ Вильнѣ. Изъ мостовъ со сплошными арочными фермами, укажемъ на недавно построенный (1905) мостъ чер. Введенскій каналъ (у перкви Св. Миронія) въ С.-Петер-

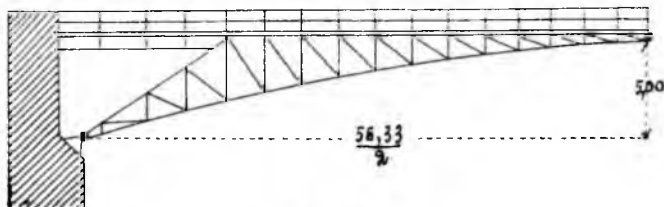


Рис. 118.

бургъ (Журн. М. П. С. 1906, кн. VII). Разсматриваемыя фермы примѣнены для пролетовъ отъ 16 *mt.* до 168 *mt.*; строго говоря онѣ рациональны для пролетовъ только свыше 30 *mt.*

б) Жесткія арочныя фермы безъ распора.

Въ этихъ фермахъ распоръ воспринимается затяжкой, которая соединяетъ опорные или другіе какіе-либо узлы. Въ виду сего онѣ дѣйствуютъ на опоры также, какъ и балочныя фермы, и потому при нихъ значительно понижается стоимость опоръ. Правда, вѣсъ ихъ получается нѣсколько боль-

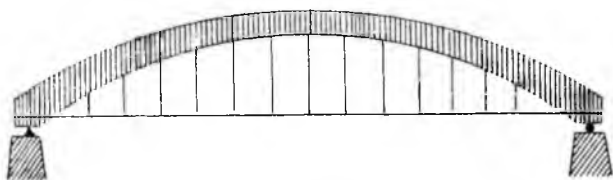


Рис. 119.

шій, нежели арочныхъ фермъ съ распоромъ, но въ общемъ стоимость моста получается меньше въ виду значительной экономіи на опоряхъ.

Означенныхъ фермъ существуетъ нѣсколько видовъ:

1) возвышенная жесткая сплошная арка съ затяжкой соединяющей опоры—система одинъ разъ статически неопредѣлима при отсутствіи шарнира въ ключѣ, и статически опредѣлима при таковомъ шарнирѣ.

По этой системѣ построены, напримѣръ, м. въ Ischlъ прол. 40 *mt.* (Johannesbrücke. 1898) (Allg. Bauz. 1899; также Foerster. Neue Brückenbauten in Oestreich u. Ungarn. стр. 37) (рис. 119), а также эта система предложена для „Hafenbrücke“ чер. Фульду въ Касселѣ въ конк. проектѣ „Kasseler Warren“ прол. 84 *mt.* (Centralbl. d. Bauv. 1907).

2) возвышенная жесткая сквозная арка съ затяжкой, соединяющей или опорные узлы (рис. 120, 121, 124), или иные какіе-либо вышележащіе узлы (рис. 122, 123); затяжка бываетъ горизонтальная или выпуклая. Вотъ нѣсколько схемъ этихъ фермъ:

Очертаніе обоихъ поясовъ этихъ арокъ дѣлается обыкновенно по кругу, рѣже по параболѣ; при малыхъ пролетахъ нижній поясъ арки очерчивается иногда по коробовой кривой. Такъ напримѣръ, въ шосс. мостѣ чер. Dortmund-Ems-Kanal, прол. $34,72 \text{ mt}$, нижній поясъ арки очерченъ на протяженіи всѣхъ промежуточныхъ панелей по кругу $R = 13,5 \text{ mt}$,

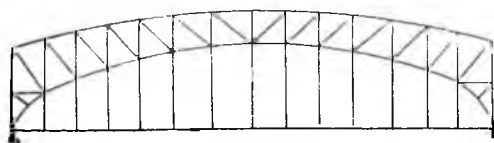


Рис. 120.

Шосс. м. чер. Dortmund-Ems-Kanal.

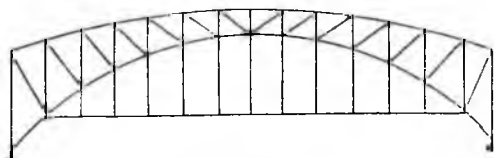


Рис. 122.

- 1) ж. д. м. чер. Рейнъ въ Вормсѣ.
- 2) ж. д. м. чер. Рейнъ въ Майнцѣ.

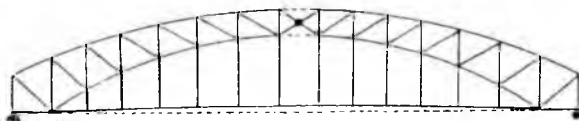


Рис. 121.

Гор. м. въ Бамбергѣ.

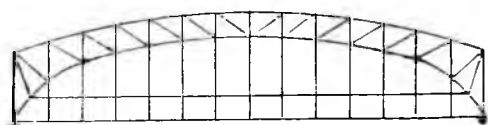


Рис. 123.

Гор. м. „Nackerbrücke“ въ Мюнхенѣ.

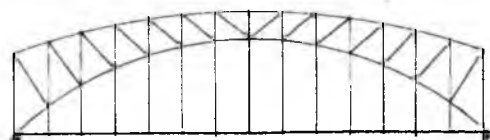


Рис. 124.

- 1) Гор. м. чер. Зюдеръ-Эльбу въ Гарбургѣ
- 2) Гор. м. чер. Мозель въ Трарбахѣ.
- 3) Гор. м. чер. Руссановскій пр. Днѣпръ въ Кіевѣ
- 4) Гор. м. чер. Одеръ въ Штеттинѣ и др.

а на протяженіи крайней панели — по кругу $R = 5,75 \text{ mt}$, въ виадукѣ „Nacker“ чер. жел. дор. пути въ Мюнхенѣ, прол. $28,52 \text{ mt}$, нижній поясъ арки на протяженіи крайней панели очерченъ по кругу $R = 6,0 \text{ mt}$, на протяженіи второй (отъ опоры) панели — по кругу $R = 7,0 \text{ mt}$, а на протяженіи остальныхъ панелей — по кругу $R = 32,0 \text{ mt}$. Такое очертаніе нижняго пояса арки довольно эстетично.

Нижній поясъ дѣлается иногда (очень рѣдко) арочнымъ только до предпоследней стойки, а отсюда до опоры онъ тогда совпадаетъ съ затяжкой; такъ устроено, напр. въ гор. м. чер. Регницъ въ Бамбергѣ, а также это предложено въ конк. пр. „Kasseler Wappen“ для моста чер. Фульду (Hafenbrücke) въ Касселѣ (Centralbl. d. Bauv. 1907).

Рѣшетка въ разсматриваемыхъ аркахъ примѣняется можно сказать исключительно простая раскосная.

Разсматриваемыя фермы въ настоящее время примѣняются довольно часто въ Германіи *), ибо они съ виду красивы, а отсутствіе раскосовъ, оставляя достаточно открытымъ видъ съ моста на окружающую мѣстность, допускаетъ кромѣ того безпрепятственное сообщеніе между тротуарами на консоляхъ и экипажнымъ проѣздомъ. Кромѣ того ихъ преимущество, по сравненію съ возвышенными нежесткими арками, о которыхъ рѣчь впереди, то, что ихъ расчетъ опредѣленъ, ибо вся нагрузка передается цѣликомъ на арку.

Наиболѣе извѣстные мосты съ такими фермами и литература о нихъ указаны на стр. 86-89

Интересный обзоръ этихъ фермъ находимъ въ статьѣ пр. Кривошеина „Возвышенныя арки съ затяжкой“ (Инж. Журн. 1905, №№ 7, 8, 9, 10).

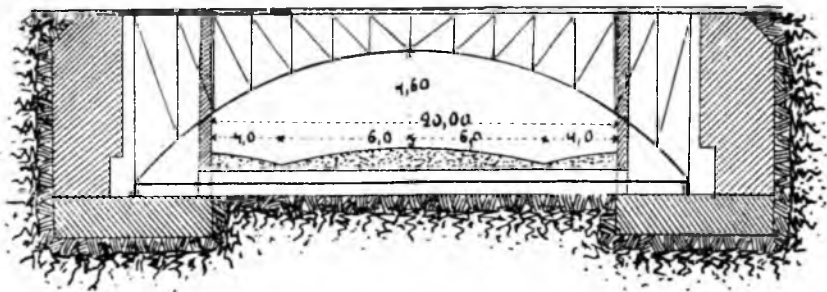


Рис. 125.

Разсматриваемыя фермы осуществлены для пролетовъ отъ 28 ^{mt.} до 117 ^{mt.}; въ конкурсныхъ же проектахъ онѣ встрѣчаются для пролетовъ до 153 ^{mt.}

Въ Россіи возвышенныя арки съ затяжкой были предложены впервые въ 1900 г. пр. Кривошеиномъ совместно съ военными инженерами Лихачевымъ и Апышковымъ для проекта Пантелеймонскаго моста въ С.-Петербургѣ, пролетомъ 40,8 ^{mt.} (Изв. С.П.Б. Гор. Думы 1901 г., № 1, стр. 100). Затѣмъ въ 1902 г. онѣ были предложены пр. Кривошеиномъ и инж. Апышковымъ для Охтенскаго моста чер. Неву въ С.-Петербургѣ (виѣк. проектъ „Свобода Судходству“), прол. 150 ^{mt.} Осуществлены онѣ въ 1905 г., въ гор. мостѣ чер. Руссаовскій протокъ Днѣпра въ Кіевѣ прол. 104 ^{mt.} (проектъ пр. Кривошеина и пр. Бѣлелюбскаго); кромѣ того онѣ предвидѣны для шосс. моста чер. Нарову въ Нарвѣ прол. 119,7 ^{mt.} (проектъ пр. Соловьева).

3) Сквозная арочная ферма съ затяжкой или съ закрѣпленными концами. Сквозныя арочныя фермы съ затяжкой весьма

*) Въ Штеттинѣ, наприимѣръ, за періодъ 1900—1905 г. пять городскихъ мостовъ выстроено, всѣ съ фермами разсматриваемаго типа (Deut. Bauz. 1906 г., №№ 18, 20, 22, 23, 26 и 27), а для двухъ мостовъ чер. Фульду въ Касселѣ разсматриваемыя фермы предложены въ 14 конк. проектахъ изъ числа всѣхъ 42 проектовъ (Centralbl. d. Bauv. 1907).

раціональны въ томъ видѣ, какъ онѣ устроены въ виадукѣ надъ Кеттвигскомъ шоссе въ Эссенѣ (рис. 125).

Какъ видно изъ эскиза затяжка проходитъ подъ одеждою шоссе и не видна; не видны и послѣднія панели фермы. Въ общемъ ферма представляется для проѣзжающихъ меньшаго пролета, нежели она на самомъ дѣлѣ.

Замѣтимъ здѣсь, что нѣчто подобное представляла конструкція стропиль въ зданіи изящныхъ искусствъ на Парижской всемирной выставкѣ 1889 г. (Nouv. ann. de la Constr. 1889).

Сюда же слѣдуетъ отнести конструкцію, предложенную Geusen'омъ (рис. 126) (Zeit. d. Ver. deutsch. Ing. 1897, I, стр. 346).

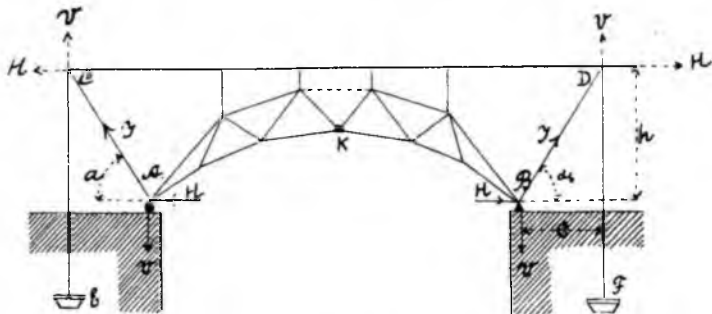


Рис. 126.

Затяжку можно устроить на любой высотѣ, лишь слѣдуетъ озаботиться чтобы былъ уничтоженъ моментъ, который образуютъ сила H въ затяжкѣ и горизонтальный распоръ H въ аркѣ. Въ приведенной фигурѣ затяжка устроена на высотѣ проѣзжей части.

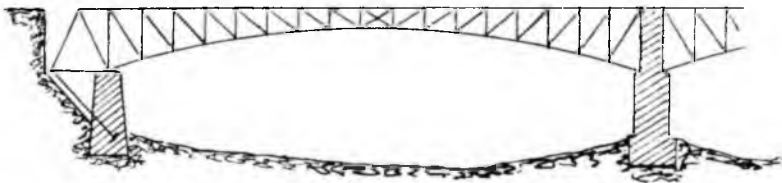


Рис. 126 г.

Горизонтальные распоры H , въ точкахъ A и B , раскладываются на двѣ силы $V = H \operatorname{tg} \alpha$ и $Y = -\frac{H}{\cos \alpha}$.

Въ точкахъ C и D силы Y раскладываются на $V' = V = H \operatorname{tg} \alpha$ (растяженіе, напряженіе анкеровъ CE и DF) и на $H' = H$ (напряженіе затяжки CD). Очевидно само собой, что должно быть условіе: $Hh = Vc$, слѣдовательно $V = H \frac{h}{c}$. Жесткая арка можетъ быть устроена двухшарнирной (одинажды статически неопредѣлимой) или трехшарнирной (статически опредѣлимой).

Для уничтоженія распора можно также, вмѣсто примѣненія затяжки, закрѣпить концы арочной фермы (система Schnirch'a), какъ то показано на рис. 126' (Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1884, стр. 184; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1886, стр. 766).

2. Нежесткія арки съ фермой жесткости.

Ферма жесткости бываетъ расположена или надъ аркой (рис. 127) или ниже арки (рис. 128).

При этомъ оба пояса или одинъ поясъ фермы жесткости, смотря по устройству, служить вмѣстѣ съ тѣмъ для воспріянія распора, такъ что ферма дѣйствуетъ на опоры какъ балочная. Ферма жесткости бываетъ или цѣльная (мостъ Wasserthor въ Берлинѣ, виадукъ въ Hallensee, мостъ чер. Муръ въ Грацѣ) или же съ шарниромъ по серединѣ пролета (мостъ чер. Муръ въ Гоберницѣ).

Арки въ этихъ фермахъ можно разсматривать какъ двухшарнирные; ферма жесткости всегда устраивается свободнолежащей на опорахъ.

Очень рѣдко арки устраиваются трехшарнирными, какъ напр. въ мостѣ черезъ Лекъ близъ Гохцеля.

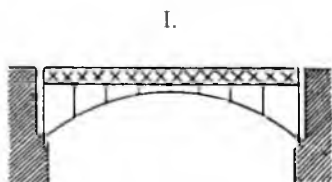


Рис. 127.

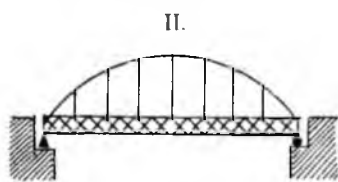


Рис. 128.

Недостатокъ разсматриваемыхъ арочныхъ фермъ, довольно эстетичныхъ въ виду отсутствія раскосовъ, заключается въ нежесткости самой арки и кромѣ того въ неопредѣленности въ передачѣ нагрузки частью на арку, частью на затяжку, поэтому эти фермы рѣдко примѣняются (какъ исключеніе).

Укажемъ здѣсь, что по типу I (ферма жесткости надъ аркой) построенъ мостъ прол. 44,5^м. чер. Gérine въ St. Sylvestre — кантонъ Freiburg (Schweiz. Bauz. дек. 1902, стр. 151), а по типу II (ферма жесткости ниже арки) м. Wasserthor въ Берлинѣ, мосты чер. Муръ въ Грацѣ (Zeit. d. Oest. Ing. u. Arch. Ver. 1883, стр. 43) и въ Гоберницѣ (Stahl u. Eisen. 1898) (Foerster. Neue Brückenbauten in Oestreich und Ungarn), виадукъ въ Hallensee, и наконецъ пѣш мостъ чер. Elbe-Grave-Kanal (Berkenthiner Kirchsteg. 1900) (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1900, стр. 767), свѣдѣнія о которыхъ помѣщены на стр. 86-87; укажемъ еще на конкурсный проектъ „Eisenbahn“ для жел. дор. моста черезъ Рейнъ въ Вормсѣ прол. 101^м. и 116,5^м. (Centralbl. d. Bauverw. 1896, стр. 366).

Заканчивая обзоръ системъ арочныхъ фермъ нельзя не упомянуть объ особомъ видѣ ихъ, не производящемъ съ виду впечатлѣнія арочныхъ фермъ, въ которомъ линіи очертанія фермы ломанныя, просто или непрерывно криволнейныя, при чемъ разстоянія между ними примѣрно пропорціональны моментамъ. Фермы эти должны быть отнесены къ арочнымъ.

Онѣ устраиваются или съ шарниромъ въ ключѣ, какъ напр. въ м.

чер. Matina-River на ж. дор. Limon-Punta Arenas, Costarica, прол. 18^m . (Engineering. 1880, I стр. 24) или безъ такового, какъ напр. въ виадукѣ Blaunw Krantz, Kapland, прол. 70^m . (рис. 129), (Engineer LIX, № 1522; Schweiz. Bauz. 1885, V стр. 118; Centralbl. d. Baur. 1884, стр. 476; Génie civil, VI, стр. 123).

2. Заключение объ арочныхъ фермахъ.

Послѣ обзора системъ арочныхъ фермъ можно дать слѣдующія указанія относительно ихъ проектированія для однопролетныхъ мостовъ:

1) Для малыхъ и среднихъ пролетовъ рационально примѣнять при ѣздѣ по-верху сплошныя арки со стойками для поддержанія проѣзжей части, а при ѣздѣ по-низу возвышенныя сквозныя арки съ затяжкой (съ подвѣшенной проѣзжей частью). Сплошныя арки достаточно жестки, эстетичны,

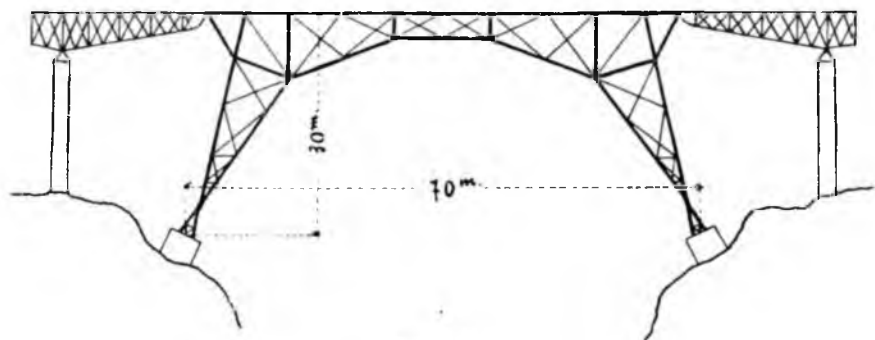


Рис 129.

конструкция ихъ проста, содержаніе ихъ удобное, наконецъ конструктивная высота при нихъ получается небольшая, особенно, если помѣстить поперечныя балки между фермами.

2) Для большихъ пролетовъ рационально примѣнять при ѣздѣ по-верху сквозныя арки со стойками для поддержанія проѣзжей части, а при ѣздѣ по-низу сквозныя возвышенныя арки съ затяжкой (съ подвѣшенной проѣзжей частью) или серповидныя арки съ опорами подъ проѣзжей частью.

Сквозныя арки рекомендуются съ параллельными поясами или серповидныя, при чемъ для первыхъ, какъ уже было указано на стр. 157, самая эстетичная рѣшетка со стойками, направленными по радіусу. Замѣтимъ здѣсь, что хотя для большихъ пролетовъ выгоднѣе примѣнять сквозныя арки, однако для такихъ пролетовъ въ послѣднее время примѣняются и сплошныя арки; напримѣръ, Вашингтонскій мостъ прол. 155^m . черезъ Harlem въ Нью-Йоркѣ (1889), м. Имп. Александра III прол. 107^m . черезъ Сену въ Парижѣ (1900), конкурсный проектъ „Freie Bahn“ второго моста чер. Неккаръ въ Мангеймѣ пролетомъ 113^m . (Centralbl. d. Bauverw. 1901, стр. 293), конкурсный проектъ „Einfach“ для моста чер. Рейвъ между Майнцемъ и Кастелемъ (Centralbl. d. Bauverw. 1881 г. стр. 239), конк.

проектъ „Neunzehntes Jahrhundert“ для городского моста через Рейнъ въ Вормсѣ прол. 110^{мт.} (Centralbl. b. Bauverw. 1896 г. стр. 130).

3) Сквозныя арочныя фермы съ нижнимъ поясомъ арочнымъ и съ верхнимъ на уровнѣ проѣзжей части слѣдуетъ примѣнять только въ томъ случаѣ, если требуется весьма малая конструктивная высота, которой нельзя достигнуть примѣненіемъ сплошныхъ или сквозныхъ арокъ со стойками для поддержанія проѣзжей части, при чемъ рѣшетку, какъ указано на стр. 160, можно рекомендовать двухрѣшетчатую или полураскосную. Слѣдуетъ имѣть въ виду болѣе рациональную конструкцію этихъ фермъ, примѣняемую въ м. чер. Sarthe на жел. дор. Le Mans-Fouilletourte.

Въ новѣйшихъ конкурсахъ мостовъ эти фермы почти отсутствуютъ.

4) Нежесткихъ арокъ съ фермами жесткости слѣдуетъ избѣгать въ виду ихъ малой жесткости.

5) Наиболѣе примѣняемыя въ настоящее время арки это двухшарнирные; трехшарнирные примѣняются нынѣ рѣдко (м. Имп. Александра III чер. Сену въ Парижѣ 1900 г. — сплошныя арки, м. Имп. Франца Юсифа чер. Дунайскій каваль въ Вѣнѣ 1900 г.—арочныя фермы; м. чер. Sarthe на ж. д. Le Mans-Fouilletourte—сквозныя арочныя фермы, пѣш. м. чер. Океръ въ Брауншвейгѣ 1887—сквозныя арки, м. чер. Мсту въ Боровичахъ 1905 г.—возвышенныя сквозныя арки *)).

6) для пролетовъ до 100^{мт.} арочныя системы по рациональности конкурируютъ, по нашему мнѣнію, съ балочными, для пролетовъ 100—200^{мт.} онѣ имѣютъ передъ ними предпочтеніе (вѣсъ получается легче на 10—15%, а иногда еще болѣе), для пролетовъ 200—300^{мт.} онѣ конкурируютъ съ всяческими системами. Здѣсь мы говоримъ о шоссеиныхъ и городскихъ мостахъ съ болѣе или менѣе тяжелымъ движеніемъ; для пѣшеходныхъ мостиковъ и мостовъ съ весьма легкимъ движеніемъ, всякія фермы могутъ быть выгоднѣе для значительно меньшихъ пролетовъ.

Приведенныя данныя о пролетахъ суть круглыя числа и, разумѣется, не претендуютъ на точность. Однако они могутъ нѣсколько облегчить выборъ основной системы фермы при проектированіи моста.

Въ эстетическомъ отношеніи арочныя фермы могутъ конкурировать только съ всячими.

Д. Висячія фермы.

1. Обзоръ системъ висячихъ фермъ.

Приступая къ обзору висячихъ мостовъ необходимо различать старыя висячіе мосты и новыя, которые различаются не только по конструкціи, но и по матеріалу, изъ котораго они изготовлялись.

*) Какъ трехшарнирные арки въ настоящее время стали строить даже каменные мосты: напр. м. пролетомъ 70^{мт.} чер. Адду у Morbegno на ж. д. Колико Сандріо (1903), м. прол. 43^{мт.} чер. Дунай бл. Inzighofen'a (1895), м. прол. 50^{мт.} чер. Неккаръ бл. Neckarhausen (1902), м. прол. 59^{мт.} чер. Иллер бл. Lautrach (1904), м. прол. 72^{мт.} чер. Исар бл. Grünwald'a (1905) и др.

При этомъ для удобства будемъ разсматривать системы, не отдѣляя одно—отъ многопролетныхъ мостовъ.

а. Старые висячіе мосты.

Старые висячіе мосты отличаются тѣмъ, что онѣ или совсѣмъ не жесткія, или мало жесткія; проѣзжая часть въ нихъ поддерживается поперечными балками, подвѣшенными при помощи прутьевъ къ цѣпи или канату. Подъ вліяніемъ сплошной равномерно распределенной нагрузки цѣпь или канатъ принимаетъ видъ кривой, мало отличающейся отъ параболы или цѣпной линіи; при односторонней нагрузкѣ (временной) наступаютъ болѣе или менѣе значительныя видоизмѣненія, которыя по мѣрѣ увеличенія скорости движенія этой нагрузки соотвѣтственно увеличиваются и вызываютъ значительныя колебанія и качанія пролетнаго строенія; этимъ видоизмѣненіямъ можетъ до извѣстной степени противостоять жесткость проѣзжей части и подвѣсной цѣпи.

Необходимость увеличить сопротивление указаннымъ видоизмѣненіямъ и уменьшить качанія моста сознавалась еще и въ прежнее время, при чемъ старались это достигнуть слѣдующими мѣрами:

- а) принятіемъ малой стрѣлы провѣса;
- б) путемъ взаимнаго соединенія всѣхъ поперечинъ между собою по помощью продольнаго бруса или путемъ устройства перилъ въ видѣ рѣшетчатой фермы (деревянной или желѣзной) (м. чер. Дунай въ Буда-Пештѣ, чер. Saane въ Фрейбургѣ, пѣшех. м. чер. Дунай въ Passau, тоже чер. Ааръ въ Бернѣ и др.).

Этимъ достигалась, разумѣется, несовершенная жесткость моста. Развитие теоріи привело къ усовершенствованію этого способа

в) устройствомъ прямыхъ наклонныхъ вантъ, которые исходятъ отъ верха пилоновъ вѣерообразно и поддерживаютъ полотно около опоръ, чѣмъ сохраняется болѣе или менѣе опредѣленное положеніе полотна (м. чер. Ohio въ Cincinnati 1867 г., Бруклинскій м. чер. East-River въ Нью-Йоркѣ 1879 г. и др.). Дѣйствіе этихъ вантъ нельзя признать надежнымъ, ибо на нихъ имѣетъ большое вліяніе температура—онѣ могутъ быть или перенапряжены или наоборотъ свободны. Кроме того, если онѣ прикрѣплены не къ подвижной опорѣ каната, то уменьшается устойчивость пилоновъ. Ванты эти встрѣчаются и въ новыхъ французскихъ канатныхъ мостахъ, только съ тѣмъ различіемъ. — что вблизи опоръ не устраиваются подвѣски, такъ что здѣсь проѣзжая часть поддерживается только наклонными вантами (м. чер. Yonne бл. Cannes-Ecluse 1894 г., м. чер. Сону въ Лионѣ 1888 г. и др.), передающими непосредственно опорамъ часть вѣса моста и нагрузки; этимъ нѣсколько разгружается подвѣшенный канатъ и кроме того получается опредѣленность работы наклонныхъ вантъ. Благодаря этому этотъ способъ применяется при перестройкѣ слабыхъ канатныхъ мостовъ.

г) для уменьшенія боковыхъ качаній моста устраиваютъ добавочныя цѣпи или ванты: эти цѣпи и ванты соединяютъ проѣзжую часть съ опор-

ными частями на пилонахъ (м. чер. Niagara бл. Clifton'a 1869), или же съ опорами (цѣш. ч. въ Easton Pa—Engineer 1901, II стр. 300, Engng. record. 1902, стр. 129). Это сомнительное, при слабыхъ добавочныхъ цѣпяхъ и канатахъ, устройство мало примѣнялось и американскіе инженеры ограничивались тѣмъ, что помѣщали вѣтровыя связи въ плоскости провѣзжей части.

з) путемъ наклоннаго положенія фермъ для увеличенія ихъ боковой устойчивости (Бруклинскій м. чер. East-River въ Нью-Йоркѣ 1879, цѣш. м. чер. Дунай въ Passau 1869, м. чер. Saane въ Фрейбургѣ 1832 и др.). Относительно цѣлесообразности этого способа мнѣнія мостовиковъ раздѣляются.

г) путемъ взаимнаго соединенія цѣпями или канатами опорныхъ частей непрерывныхъ цѣпей или канатовъ или соединенія этихъ частей съ неподвижными точками опоры (при многопролетныхъ мостахъ, напр. м. чер. Dordogne въ Subzac'ѣ 1839). Этотъ способъ нынѣ совсѣмъ оставленъ.

Въ Россіи всячіе мосты строились только въ царствованіе Императоровъ Александра I и Николая I.

Такъ, при Императорѣ Александрѣ I построены всячіе мосты въ С.-Петербургѣ: Пантелеймонскій чер. Фонтанку (1824 г.), Египетскій тоже чер. Фонтанку (1827 г.), обрушившійся въ 1904 г., цѣш. мостикъ черезъ Мойку (между Синимъ и Поцѣлуевымъ мостами) и два цѣш. мостика чер. Екатериненскій каналъ (одинъ съ грифами между Харламовымъ и Вознесенскимъ мостами, а другой со львами между Каменнымъ и Казанскимъ мостами). Всѣ эти мосты цѣпные.

При Императорѣ Николаѣ I построено два цѣпныхъ моста: Николаевскій чер. Днѣпръ въ Кіевѣ (1853) и чер. Великую въ Островѣ (1853) и два проволочно-канатныхъ моста одного и того же типа: въ кр. Брестъ-Литовскѣ чер. Зап. Бугъ (1836) и въ Ново-Георгиевскѣ чер. Наревъ (последній мостъ снесенъ высокими водами въ 1889 г.).

Описаніе Николаевского моста чер. Днѣпръ въ Кіевѣ *) и моста чер. Великую въ Островѣ помѣщены въ „Строительномъ Искусствѣ“. П. Усовъ. 1862 г. ч. II стр. 251 и 264. Описаніе цѣпныхъ мостовъ въ С.-Петербургѣ можно найти въ статьѣ Malberg'a „Kettenbrücken in Petersburg“ (Zeit. f. Bauwesen. 1859 г.).

б) Новые всячіе мосты.

Новые всячіе мосты можно раздѣлить на три типа: а) всячіе мосты съ фермами жесткости; б) всячіе мосты съ жесткими стѣнками; в) всячіе мосты съ прямолинейными наклонными струнами.

а) Всячіе мосты съ фермами жесткости.

Фермы этихъ мостовъ состоятъ изъ подвѣсной цѣпи (цѣпи или каната), къ которой посредствомъ подвѣсокъ подвѣшена балка (сплошная или сквозная);

*) Объ усиленіи этого моста см. Инженеръ. 1904 г. стр. 203.

послѣдняя должна допускать видоизмѣненіе подвѣсной цѣпи только въ тѣхъ предѣлахъ, которые соотвѣтствуютъ ея упругому прогибу, слѣдовательно неравномѣрную нагрузку такъ распредѣлять, чтобы соотношеніе напряженій въ подвѣскахъ было приблизительно постоянное и чтобы слѣдовательно при линіи провѣса, примѣрно параболической, эти напряженія были равны; тогда цѣпь или канатъ при подвижной нагрузкѣ незамѣтно мѣняется равно-вѣсіе и прогибы незначительны.

Фермы жесткости могутъ быть безъ шарнира по серединѣ и съ тако-вымъ, причѣмъ въ послѣднемъ случаѣ вся система получается статически опредѣлимой. Насколько намъ извѣстно, до сего времени ферма жесткости съ шарниромъ по серединѣ нигдѣ не примѣнена *), а была только предложена въ нѣкоторыхъ проектахъ; какъ напр. въ проектѣ моста въ портѣ Sydney прол. 310 *mt.* (Middle Harbor Bridge-North Sidney) (Zeit. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, № 50 стр. 1893; The Engineer, 1904, 12 авг.), затѣмъ въ проектѣ экспертовъ (Experten-Projekt) по вопросу постройки моста прол. 900 *mt.* чер. North-River въ Нью-Йоркѣ (Report of Board of Engineers upon New-York and New Jersey Bridge. Washington. 1894). Американскіе инженеры Lindenthal, Raymond и др высказываются противъ примѣненія шарнира въ фермѣ жесткости при большихъ пролетахъ; при переходѣ подвижной нагрузки черезъ шарниръ вертикальныя перерѣзывающія силы мѣняютъ внезапно свое направленіе что вызываетъ значительныя напряженія; невыгодно дѣйствуютъ и давленія вѣтра, которыя переходятъ черезъ шарниръ.

Если имѣются еще, кромѣ главнаго пролета и боковые пролеты, то послѣдніе перекрываются иногда балочными фермами съ консолями, выпущенными въ главный пролетъ, и на эти консоли опирается ферма жесткости главнаго пролета.

Этимъ способомъ сокращается длина висячей конструкции; конец консоли цодвѣшивается особой цѣпью, перекинутой черезъ пилонъ и за-крѣпленной въ кладкѣ

Такое устройство фермы жесткости было предложено Morison'омъ въ конкурсномъ проектѣ моста чер. North-River въ Нью-Йоркѣ ($a = 45$ *mt.*) и Kübler'омъ въ конкурсномъ проектѣ моста чер. Дунай въ Буда-Пештѣ ($l_0 = 37,5$ *mt.*, $a = 36,3$ *mt.*, $b = 212,4$ *mt.*) (фиг. 206).

Иногда ферма жесткости главнаго пролета устраивается съ консолями и послѣднія выпускаются въ боковые пролеты; напр. Вильямсбургскій мостъ чер. East-River въ Нью-Йоркѣ (1903), (фиг. 207) (Engng. news, 1903, I стр. 81 и II стр. 535; Zeit. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, стр. 57, 396 и стр. 1213; Schweiz. Bauz. 1904, I стр. 14; Инженеръ 1907, стр. 335).

*) Въ 1905 г. на ст. Москва черезъ пути Моск.-Яросл.-Архангельской ж. д. построенъ трехпролетный канатный пѣшеходный мостикъ, въ которомъ нижній прогонъ изъ двутавровой балки имѣетъ шарниръ въ среднемъ пролетѣ (средній пролетъ—205 *mt.* и два крайнихъ пролета—по 10,2 *mt.*); этотъ мостикъ мы не принимаемъ въ расчетъ.

Фермы жесткости устраиваются въ многопролетныхъ мостахъ также неразрѣзными, напр. въ цѣпномъ мостѣ Mühltor чер. кан. Elbe-Grave въ Любекѣ (1899, фиг. 208) (Zeit. deut. Ing. 1900, № 24, стр. 771), въ цѣпномъ м. Имп. Елизаветы чер. Дунай въ Буда-Пештѣ (1903, фиг. 209); Zeit. deuts. Ing. 1900, № 19, стр. 592; Schweiz. Bauz. 1904 (Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver, 1904, стр. 261, 277; Engineer 1904, I стр. 379, 429, 438, 503, 514, 579, 628); въ конк. проектѣ „Eisenkette“ для городского моста чер. Рейнъ въ Вормсѣ (фиг. 210) (Zeit. deutsch. Ing. 1896, № 50, стр. 1445; Centralbl. d. Bauv. 1896, № 10, стр. 105).

Изъ новѣйшихъ мостовъ съ разрѣзными фермами жесткости безъ шарнировъ укажемъ на слѣдующіе: м. чер. Аргень у Лангенаргена (1898); (Centralbl. d. Bauv. 1898, стр. 71. Deutsch. Bauz. 1898, стр. 67; Südd. Bauz. 1898, стр. 47), м. чер. Рону у Жонсъ-Ниевроза (1904), Génie Civil 1904, XLVI, стр. 20), Бруклинскій мостъ чер. East-River въ Нью-Йоркѣ (1879) (Nouv. ann. de la Constr. 1879 и 1880, Schweiz. Bauz. 1883; Wochenschr. d. Ver. deut. Ing. 1883; Centralbl. d.

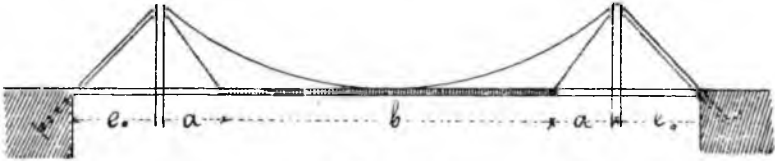


Рис. 130.

Bauv. 1883), конк. пр. „Bonner Warren“ чер. Рейнъ въ Боннѣ (фиг. 211) (Centralbl. d. Bauv. 1895, № 2 и 13; Zeit. d. Ver. deuts. Ing. 1895), Манатаяскій м. чер. East-River въ Нью-Йоркѣ (исп. пр. Best'a 1905), (Engng. news. 1903, I стр. 183, 576; II стр. 102, 525; 1904, II стр. 1; Engng. record. 1903, I стр. 196; II стр. 730; 1904, II стр. 23), Конк. пр. „Porta“ для моста чер. Фульду въ Касселѣ (Fuldabrücke) (Centralbl. d. Bauv. 1907) и другіе болѣе старые мосты.

Въ заключеніе укажемъ еще на то, что ферма жесткости можетъ быть расположена также и надъ цѣпью, при чемъ подвѣсныя прутья замѣняются тогда стойками. Въ этомъ случаѣ распоръ можетъ быть воспринять фермой жесткости и тогда можно примѣнить весьма слабыя удерживающіе цѣпи или даже можно совсѣмъ ихъ не устраивать. Такая система была предложена Lauter'омъ въ конк. проектѣ „Hessen und bei Rhein“ городского моста чер. Рейнъ въ Вормсѣ (фиг. 212) (Centralbl. d. Bauv. 1896, № 11 стр. 116; Zeit. deut. Ing. 1897, № 3 стр. 61—67).

Такія фермы не особенно эстетичны и потому онѣ для большихъ мостовъ пока не примѣнены.

β) Висячіе мосты съ жесткими стѣнками.

Фермы этихъ мостовъ могутъ быть раздѣлены на три группы: I) на фермы съ раскоснымъ соединеніемъ между цѣпью и нижнимъ прогономъ,

II) на фермы съ цѣпью изъ серповидныхъ фермъ съ шарниромъ по серединѣ, и III) на фермы съ двойной цѣпью въ видѣ гирлянды.

I. Группа фермъ.

Криволинейный верхний поясъ этихъ фермъ работаетъ приблизительно лишь отъ собственнаго вѣса фермъ и при встрѣчающихся на практикѣ соотношеніяхъ между постоянной и временной нагрузками лишь растягивается даже при односторонней нагрузкѣ моста; нижній же прямолинейный поясъ при невыгодномъ расположеніи нагрузки работаетъ въ большинствѣ случаевъ и на сжатіе и на растяженіе. Въ виду сего нижній поясъ долженъ быть жесткаго сѣченія, а верхній можетъ быть и гибкимъ (цѣпнымъ или канатнымъ). Канатный верхній поясъ примѣненъ въ первомъ мостѣ этого типа, а именно въ м. Lambeth'a чер. Темзу въ Лондонѣ (1862) (Zeit. d.

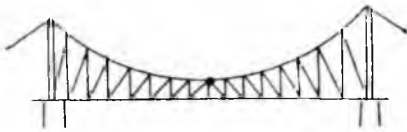


Рис. 131.

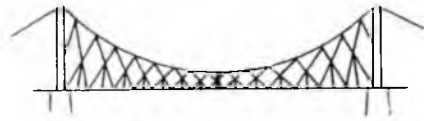


Рис. 132.



Рис. 133.

öst. Ing. u. Arch. Ver. 1863; Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover 1864; Zeit. f. Bauw. 1866; Allg. Bauz. 1866). Болѣе удачная конструкція такой фермы съ канатнымъ верхнимъ поясомъ примѣнена Kübler'омъ въ конк. проектѣ для моста чер. Рейнъ въ Боннѣ (фиг. 213) (Centralbl. d. Bauw. 1895; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1895).

Узловые соединенія въ подобныхъ фермахъ должны быть такъ устроены, чтобы стойки и раскосы могли передать свои усилія канату; удачнаго рѣшенія этого вопроса пока еще не существуетъ. Въ виду сего фермы разсматриваемаго типа въ новѣйшихъ мостахъ устраиваются цѣликомъ клепанными, при чемъ верхній поясъ дѣлается жесткаго сѣченія. Примѣрами такихъ мостовъ служатъ: пѣш. м. чер. Майнъ между Франкфуртомъ и Саксгаузеномъ (1869) (фиг. 214) (Heinzerling-Hängebrücken Abt. I, Heft. 5. 1880; Rziha-Eisenbahn-Unter-und Oberbau. Bd. II. 1877), м. чер. Эльбу бл. Лошвица (1893) (фиг. 215) (Centralbl. d. Bauw. 1894, стр. 235; Stahl u. Eisen. 1894, стр. 383), не исп. ир. пѣш. моста чер. пути на ст. Гота (Heinzerling, Hängebrücken), конк. пр. Pfeuffer'a для моста Имп. Елизаветы чер. Дунай въ Буда-Пештѣ (Centralbl. d. Bauw. 1894; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1894). Въ эти фермы имѣютъ шарниръ по серединѣ пролета (м. чер. Эльбу въ Лошвицѣ имѣетъ листовую упругій шарниръ). Рѣшетки въ разсматриваемыхъ фермахъ примѣнены слѣдующія (рис. 131—133).

При больших пролетах раскосы и стойки получаются весьма длинными; для таких мостов Lindenthal предлагает фермы следующего вида (рис. 134).

Фермы эти весьма рациональны, ибо наибольшее сечение их соответствует четверти пролета, где проявляются наибольшие моменты от действия временной нагрузки. Такие фермы Lindenthal'емъ предложены въ проектахъ моста чер. р. Св. Лаврентія въ Quebec и третьего моста чер.

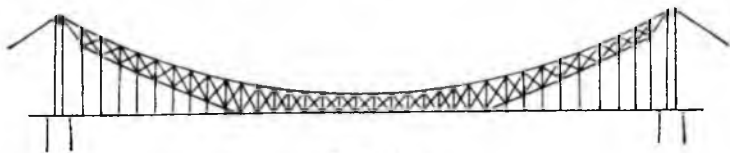


Рис. 134.

East-River (Манатанскаго) въ Нью-Йоркѣ (фиг. 216) (Americ. Soc. of Civ. Ing. 1904 августъ). Подробный расчетъ такой фермы приведенъ въ „Handbuch der Ingenieurwissenschaften II Bd. V Abl. III Auflage. 1906, стр. 162—173.

Фермы I группы суть тѣже висячія фермы съ фермами жесткости, верхній поясъ которыхъ совпадаетъ съ подвѣсною цѣпью.

II группа фермъ.

Фермы II группы применены въ мостѣ (Point-Brücke) чер. Monongahela въ Питсбургѣ (1877); (Deutsche Bauz. 1879; Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover 1879; Ann. des ponts et chaussées 1879, II; Engng. news 1879; Railroad Gasette 1878; Engng. record. 1903, II; XLVII, стр. 2—10, 1904, XLIX стр. 424 и 455); нижній поясъ (изъ отдѣльныхъ звеньевъ)

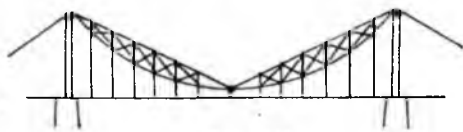


Рис. 135.

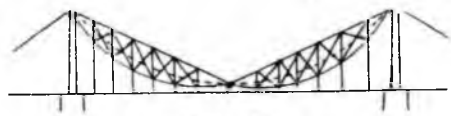


Рис. 136.

расположенъ по линіи провѣса цѣпи при постоянной нагрузкѣ, такъ что при отсутствіи временной нагрузки, верхняя жесткая часть цѣпи не напряжена. Эта часть цѣпи состоитъ изъ двухъ прямыхъ балокъ, образующихъ верхній поясъ, который по серединѣ пролета между собою, а также съ цѣпью, соединены шарниромъ; между верхнимъ и нижнимъ поясами цѣпи помѣщена рѣшетка (рис. 135).

Верхній поясъ цѣпи при частичной загрузкѣ моста работаетъ и на сжатіе и на растяженіе. Kōpcke. (Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover 1861) и позднѣе Claxton Fidler (Engng. 1875, I) предложили, чтобы это обстоятельство избѣгнуть, т. е. чтобы цѣвь работала только на растяженіе, такъ устроить цѣвь, чтобы линія провѣса при полной загрузкѣ моста приходилась между верхнимъ и нижнимъ поясами (рис. 136); въ этомъ случаѣ нижній поясъ цѣпи будетъ гиперболическій.

По этой системѣ построенъ м. чер. Тибръ въ Римѣ (1889) и боковые пролеты моста чер. Темзу въ Лондонѣ (Towerbridge 1895) (рис. 137) (Engineer. 1891 I стр. 296; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1894, стр. 514; Engng. 1894. I стр. 552; Génie Civil 1897, стр. 273 и 337; Nouv. ann. de la Constr. 1894, стр. 162).

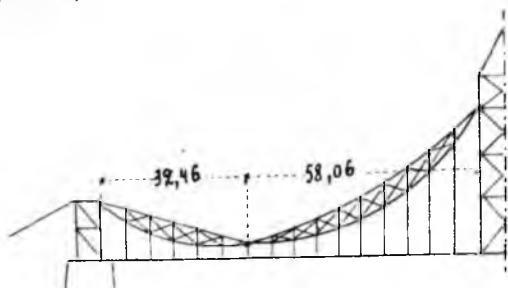


Рис. 137.

Преимущество рассматриваемыхъ фермъ II группы заключается въ томъ, что онѣ статистически опредѣлимы: кромѣ того онѣ не требуютъ такихъ длинныхъ элементовъ рѣшетки, какъ ферма I группы. За то онѣ требуютъ большей жесткости подвѣшенной проѣзжей части въ продольномъ и въ поперечномъ направленияхъ.

По поводу системы моста Point въ Питсбургѣ см. статью „Nouveau type de pont suspendu rigide“. Nouv. ann. de la Constr. 1903 г. май, апрѣль.

III группа фермъ.

Фермы III группы съ двойной цѣпью, между поясами которой рѣшетка, могутъ быть трехъ видовъ (рис. 138—140).

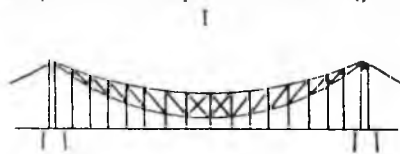


Рис. 138.

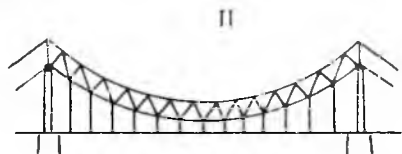


Рис. 139.

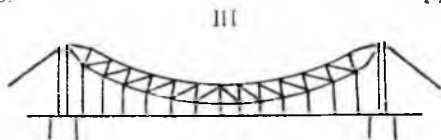


Рис. 140.

Въ типѣ I и III обѣ цѣпи соединяются вмѣстѣ на опорѣ и имѣютъ одну общую удерживающую цѣпь; во II же типѣ обѣ цѣпи имѣютъ на опорѣ отдѣльныя опорныя части и затѣмъ отдѣльныя удерживающія цѣпи. На практикѣ примѣненъ только II типъ. Первымъ мостомъ съ подобной фермой является м. чер. Неккаръ въ Мангеймѣ (1845) (Deutsche Bauz. 1867), замѣненный въ 1889 мостомъ съ фермами консольно-балочной системы. Затѣмъ два моста патентованной системы Шнирха въ Вѣнѣ чер. Дунайскій каналъ (рис. 141) (Verbindungsbahn-Brücke 1860 и Aspern-Brücke 1864)

)Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1860; Zeit. f. Bauw. 1861 и 1862; Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover 1862; Zeit. d. Ver. deutsch. Ing. 1864; Zeit. u. Wochenschr. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1886), изъ которыхъ одинъ (Verbindungsbahnbrücke) разобрать въ 1884 г. (жел. дор. мостъ).

Еще укажемъ на м. Grand-Avenue въ St. Louis средн. прол. $121,8^{m'}$ (1889) (фиг. 217) и второй м. въ Питсбургъ черезъ Allegheny съ двумя средними пролетами $100,5^{m'}$ (North Side-Brücke. 1884).



Рис. 141.

Изъ новѣйшихъ проектовъ укажемъ на конкурснй проектъ завода Harkort для моста чер. Рейнъ въ Кельнѣ съ средн. прол. $220^{m'}$, гдѣ высота цѣпи на опорѣ въскольکو больше, нежели по серединѣ пролета (фиг. 218).

Обратимъ здѣсь вниманіе, что для того же моста Rippel'емъ былъ составленъ конк. проектъ, съ виду весьма похожій на указанный проектъ зав. Harkort, но въ сущности совсѣмъ другой (Mehrtens. Der deutsche Brückenbau im XIX Jahrhundert. Berlin. 1900, стр. 20); это въ сущности говоря фермы консольно-балочной системы (фиг. 219).

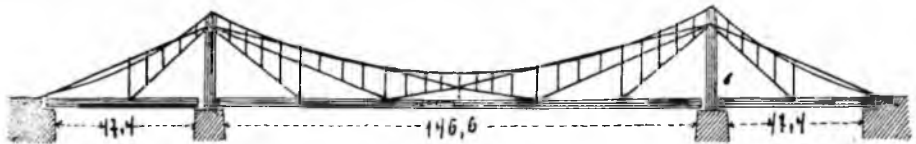


Рис. 142.

Къ этой же группѣ мостовъ относится проектъ Lindenthal'я (неисполненный) для моста чер. North-River въ Нью-Йоркѣ со средн. прол. $944,5^{m'}$ (фиг. 220). Здѣсь проектирована и жесткая цѣпь и жесткое полотно; двойная цѣпь устраивается изъ канатовъ (Zeit. d. östr. Ing. u. Arch. Ver. 1895, стр. 366).

γ) Висячія фермы съ прямолинейными наклонными струнами.

Висячія фермы съ прямолинейными наклонными струнами встрѣчаются двухъ системъ: системы Ordisch-Lefeuve (рис. 142) и системы Fives-Lille (рис. 143); послѣдняя система отличается отъ первой тѣмъ, что здѣсь имѣется „распорка“ для воспріянія распора обратнаго направленія *).

По системѣ Ordisch-Lefeuve построены м. Франца-Госифа чер. Молдаву въ Прагѣ (1869) средн. прол. $150^{m'}$ (Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1865 и 1868; усиленіе этого моста—Zeit. d. öst. Ing. u. Arch.

*) Фермы системы Fives-Lille могутъ быть отнесены также къ балочнымъ фермамъ.

Ver, 1896, стр. 489), м. Альберта чер. Темзу въ Лондонѣ (1872) (Engng. 1871 и 1872; Deutsche Bauz. 1872; Engineer 1873; Ann. d. ponts et chaussées. 1876, I) и м. па Пенсильванской ж. д. въ Филадельфiи (1876) (Journ. of the Franklin Inst. 1876).

Въ этихъ фермахъ сплошная балка поддерживается въ отдѣльныхъ точкахъ треугольными висячими фермами и прямыми связями. Чтобы сдѣлать стѣнку жестче устраивается еще кромѣ того слабая цѣпь (м. въ Прагѣ) или канатъ (м. въ Лондонѣ), которыхъ назначенiе только поддерживать наклонныя струны. Благодаря упругимъ растяженiямъ послѣднихъ и ихъ малой жесткости мѣняется вертикальное положенiе точекъ привѣса балки; система много разъ статическая неопредѣлимая; неточности при сборкѣ, измѣненiя температуры и пр., слѣдовательно, имѣють значительное влiянiе.



Рис. 143.

Кромѣ того сплошная балка, чтобы быть въ состоянiи воспринять приходящуюся на нее нагрузку, требуетъ много матеріала. Вообще эта система не можетъ быть рекомендована; наблюденiя за мостами въ Прагѣ и Лондонѣ дали результаты не въ ея пользу. По системѣ Fives-Lille построены м. чер. каналъ Дуная въ Вѣнѣ (Augartenbrücke. 1873) прол. 58,3^m. (Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hann. 1874, стр. 109 и Techn. Führer d. Wien. 1873). Здѣсь балочная ферма подвѣшена при помощи подвѣсокъ къ двумъ отдѣльнымъ цѣпямъ; распоръ цѣпей передается на особую распорку, къ которой также подвѣшена балочная ферма. Конструкція эта тоже неудачна. По расчету Вивклера излишекъ затраченнаго матеріала, по сравненiю съ рѣшетчатой фермой, составляетъ 34^oo.

Въ заключенiе обзора жесткихъ висячихъ фермъ небезинтересно упомянуть еще о способѣ увеличенiя жесткости висячихъ мостовъ при помощи превращенiя ихъ въ желѣзо-бетонныя. Благодаря связи желѣза съ бетономъ въ конструкціи этихъ мостовъ можно уничтожить колебанiя при проходѣ подвижныхъ грузовъ и дать такую жесткость сооруженiю, которой еще не достигли въ теперешнихъ типахъ, при этомъ размѣры сооруженiй ничѣмъ не стѣсняются. На этотъ способъ указываетъ Henry Rick; онъ приводитъ чертежи двухъ мостовъ—одного висячаго съ консолями, а другого особаго типа—висячаго—балочнаго (Nouv. Ann. de la Constr. 1899).

2. Сравненiе цѣпи съ кабелемъ.

Сравненiе цѣпи и кабеля можетъ быть сдѣлано: а) въ смыслѣ конструкціи, б) въ смыслѣ качества матеріала, в) въ смыслѣ способа и продолжительности сборки, г) въ смыслѣ стоимости.

а) Въ смыслѣ конструкціи, кабели и цѣпи стоятъ на одномъ уровнѣ, ибо каждый изъ нихъ имѣють свои преимущества и недостатки. Преимущество кабелей заключается въ меньшемъ вѣсѣ. Недостатокъ же тотъ, что сѣченіе

ихъ, опредѣленное по наибольшему усилю, приходится дѣлать одинаковое на прогяженіи всего пролета, тогда какъ для цѣпи сѣченіе можно измѣнять сообразно усилямъ. За то недостатокъ цѣпей заключается въ большомъ собственномъ вѣсѣ и въ большомъ расходѣ матеріала на серьги и болты.

б) Цѣпи обыкновенно изготовляются въ настоящее время изъ литого желѣза, имѣющаго прочное сопротивленіе $37 - 46 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m}}$ и наим. предѣлъ упругости $22 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m}}$. Примѣнена также для цѣпей и Си-менсъ-Мартеновская сталь (м. Имв. Елизаветы въ Буда-Пештѣ 1903; конк. пр. завода Harkort для моста чер. Рейнъ въ Кельнѣ) съ прочнымъ сопротивленіемъ $50 - 60 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m}}$ и наим. предѣломъ упругости $26 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m}}$ и наконецъ никельная сталь (конк. пр. „Hessen und bei Rhein“ для город. моста въ Вормсѣ; конк. пр. Lindenthal'я для третьяго (Манатанскаго) м. чер. East-River въ Нью-Йоркѣ; нынѣ строящійся Блок-велльскій мостъ (четвертый) черезъ East-River въ Нью-Йоркѣ) съ прочнымъ сопротивленіемъ $60 - 85 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m}}$ и наим. предѣломъ упругости $34 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m}}$.

Кабели устраиваются въ настоящее время исключительно стальные. Стальная проволока бываетъ двухъ сортовъ: твердая съ прочнымъ сопротивленіемъ $120 - 150 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m}}$ и предѣломъ упругости $70 - 75\%$ отъ этого сопротивленія, и менѣе твердая съ прочнымъ сопротивленіемъ $90 - 100 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m}}$ и предѣломъ упругости прим. 65% отъ этого сопротивленія, причемъ въ настоящее время для кабелей употребляется исключительно твердая стальная проволока. Для стальныхъ канатовъ, образующихъ кабели, предѣлъ упругости составляетъ прим. 60% отъ прочнаго сопротивленія проволоки. Сравнимъ допускаемыя напряженія для цѣпей и для кабелей, принимая ихъ равными $\frac{1}{4}$ отъ прочнаго сопротивленія:

$$\text{для кабелей: } \frac{1}{4} (120 - 150) = 30 - 37,5 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m}}$$

для цѣпей:

$$\text{изъ литого желѣза: } \frac{1}{4} (37 - 45) = 9,25 - 11,25 \frac{\text{klg}}{\square \text{ m/m}}$$

$$\text{изъ Мартеновской стали: } \frac{1}{4} (50 - 60) = 12,5 - 15,00 \quad "$$

$$\text{изъ никельной стали: } \frac{1}{4} (60 - 85) = 15 - 21,25 \quad "$$

Если сравнить теперь эти допускаемыя напряженія съ предѣлами упругости, то получается слѣд. средніе коэффициенты безопасности α для остающихся деформаций:

кабели

$$\text{изъ параллельныхъ проволокъ: } \alpha = \frac{90 - 112,5}{30 - 37,5} = 3$$

$$\text{изъ канатовъ: } \alpha = \frac{72 - 90}{30 - 37,5} = 2,4$$

цѣпи

изъ литого желѣза:

$$\alpha = \frac{22}{9,25 - 11,25} = 2,1$$

изъ мартеновской стали:

$$\alpha = \frac{26}{12,5 - 15} = 1,9$$

изъ никельной стали:

$$\alpha = \frac{34}{15 - 21,25} = 1,9$$

Изъ этого видно, что кабели въ смыслѣ безопасности по отношенію къ остающемуся растяженію имѣютъ преимущество передъ цѣпями.

с) Сборка кабелей проще нежели цѣпей; къ тому же для сборки кабельныхъ висячихъ мостовъ требуются менѣе слабые подмостки, нежели для цѣпныхъ. Въ смыслѣ продолжительности сборки кабельные висячіе мосты, какъ показываетъ практика, не стоятъ ниже цѣпныхъ, а скорѣе на оборотъ, особенно если кабели устраиваются изъ готовыхъ канатовъ.

д) Вопросъ о сравнительной выгодѣ кабелей и цѣпей можетъ быть рѣшенъ только, если извѣстны цѣпы того и другого, и потому определеннаго рѣшенія не имѣетъ. Здѣсь считаемъ не безинтереснымъ указать соображенія по этому вопросу, приведенныя нѣсколько лѣтъ тому назадъ при выборѣ кабелей для Манатанскаго висячаго моста чер. East-River въ Нью-Йоркѣ (третій мостъ).

Если вѣсъ пог. метра кабеля принять за 1, то теоретическій вѣсъ пог. метра цѣпи того-же сопротивленія составляетъ примѣрно 2,4; далѣе вѣсъ кабеля, при цѣпахъ въ Америкѣ, получается дороже вѣса цѣпи изъ никельной стали (каковую предлагалъ Lindenthal въ своемъ проектѣ) въ 1,6 разъ больше. Принимая эти два обстоятельства во вниманіе получалось, что цѣпь дороже кабеля въ 1,5 раза $\left(= \frac{2,4}{1,6} \right)$. Это даетъ понятіе о сравнительной стоимости только цѣпи и кабеля.

Въ дѣйствительности надо имѣть сравнительную стоимость цѣлаго моста, почему надо принять во вниманіе отношеніе вѣса цѣпи и кабеля къ вѣсу всего металла. Въ Вильямсбургскомъ мосту вѣсъ кабеля составлялъ $\frac{1}{5,6}$ отъ вѣса всего металла, а вѣсъ цѣпи оказался бы не менѣе $\frac{1}{3}$. Изъ этого можно заключить, что при америкапскихъ цѣпахъ въ настоящее время на никельныя цѣпи и на готовые кабели изъ параллельныхъ проволокъ кабельные мосты получаютъ дешевле цѣпныхъ по крайней мѣрѣ на 15⁰/₀. полагая, конечно, въ обоихъ случаяхъ одинаковыя фермы жесткости.

При этомъ еще не принято во вниманіе, на сколько закрѣпленія удерживающихъ цѣпей и пилоны могутъ быть дешевле при кабельныхъ мостахъ, нежели при цѣпныхъ, въ виду меньшаго вѣса кабеля.

Это сравненіе было сдѣлано для большихъ американскихъ мостовъ подъ обыкновенную дорогу. Думается, что и для европейскихъ мостовъ можно бы придти къ тому же заключенію, принимая особенно во вниманіе, что въ скоромъ времени можно будетъ примѣнять готовые канаты. Проф. Melan полагаетъ, что для пролетовъ до 200^м цѣпи, въ смыслѣ выгоды ихъ

примѣненія, могутъ исполнить конкурировать съ кабелями, а что для большихъ пролетовъ преимущество надо признать за кабелями; при этомъ при большихъ пролетахъ онъ признаетъ только и возможнымъ висячіе мосты кабельные.

Въ заключеніе укажемъ еще, что о сравнительныхъ достоинствахъ и недостаткахъ кабельныхъ и звенчатыхъ жесткихъ висячихъ мостовъ была интересная полемика между известными мостовиками Hildenbrandt'омъ и Lindenthal'емъ при выборѣ проекта для Манатанскаго моста въ Нью-Йоркѣ, каковая полемика помѣщена въ Engineering News. 1903 г. №№ 24 и 25.

3. Заключение о висячихъ фермахъ.

Послѣ обзора системъ висячихъ фермъ можно дать слѣдующія указанія относительно ихъ проектированія.

1) изъ системъ можно рекомендовать:

а) висячія фермы съ фермами жесткости подъ цѣпью или кабелемъ, при чемъ фермы жесткости слѣдуетъ устраивать безъ шарнира по серединѣ; при большихъ пролетахъ рационально сокращать длину висячей конструкціи, опирая ферму жесткости на консоли, вышущенныя съ боковыхъ небольшихъ пролетовъ.

б) висячія фермы съ раскоснымъ соединеніемъ между цѣпью и нижнимъ прогономъ съ шарниромъ посерединѣ, при этомъ сами фермы рационально устраивать цѣпикомъ клепанная; для большихъ пролетовъ можно рекомендовать систему этихъ фермъ, предложенную Lindenthal'емъ.

в) висячія фермы съ двойной цѣпью въ видѣ гирлянды.

2) для пролетовъ до 200^{мт.} конкурируютъ для висячихъ фермъ цѣпи и кабели; для большихъ пролетовъ слѣдуетъ примѣнять преимущественно кабели. При этомъ въ случаѣ примѣненія цѣпей ихъ слѣдуетъ изготовлять изъ болѣе твердаго металла, какъ напр. мартеновская или никельная сталь; въ случаѣ же примѣненія кабелей ихъ слѣдуетъ устраивать изъ отдѣльныхъ стальныхъ канатовъ.

3) для пролетовъ 200—300^{мт.} висячія фермы въ смыслѣ выгоды примѣненія конкурируютъ съ арочными, а для пролетовъ свыше 300^{мт.} *) онѣ имѣютъ безусловное преимущество и единственно рациональны. Здѣсь мы говоримъ о мостахъ подъ обыкновенную дорогу съ болѣе или менѣе тяжелымъ движеніемъ; для пѣшеходныхъ же мостиковъ и мостовъ съ весьма легкимъ движеніемъ висячія фермы могутъ быть выгоднѣе для значительно меньшихъ пролетовъ. Приведенныя данныя о пролетахъ суть круглыя числа и, разумѣется, не претендуютъ на точность.

*) Для желѣзнодорожныхъ мостовъ висячія фермы рациональны, начиная съ пролетовъ только въ 600^{мт.}. Эти предѣлы 300^{мт.} для мостовъ подъ обыкновенную дорогу и 600^{мт.} для желѣзнодорожныхъ мостовъ опредѣлены были во время диспута по поводу постройки Манатанскаго моста въ Нью-Йоркѣ.

Многопролетные мосты.

Многопролетные мосты могут имѣть верхнія строенія слѣдующихъ типовъ: балочныя разрѣзныя и неразрѣзныя, консольно-балочныя, арочныя разрѣзныя и неразрѣзныя, консольно-арочныя и висячія.

А. Балочныя разрѣзныя фермы.

Въ многопролетныхъ мостахъ отдѣльные пролеты могутъ быть перекрыты одинаковыми балочными разрѣзными фермами; но это рѣдко оказывается выгоднымъ въ экономическомъ отношеніи и не особенно эстетично для мостовъ, служащихъ украшеніемъ (городскихъ). Если уже примѣнять разрѣзныя фермы, то можно рекомендовать для отдѣльныхъ пролетовъ устраивать разрѣзныя фермы различныхъ типовъ и при этомъ отверстіе моста не раздѣлять тогда на равные пролеты. Такъ напр. можно средній пролетъ (наибольшій) перекрыть фермой полупараболической (фиг. 144 и 145) или серповидной параболической съ притупленными концами (фиг. 146), а крайніе пролеты (меньшіе) перекрыть фермами съ параллельными поясами и такой высоты, какую имѣютъ опорныя стойки фермы средняго пролета. Комбинація по фиг. 144 примѣнена, напримѣръ, въ мостъ чер. Minnesund въ Норвегіи (1880), въ мостъ чер. Дунайскій каналъ бл. Nussdorf'a около Вѣны на Прибрежной Дунайской ж. д. (Huss. Die Donau-Ufer-Bahn. Zeit. d. Ost. Ing. u. Arch. Ver. 1878); комбинація по фиг. 145 примѣнена напримѣръ, въ виадукъ чер. оврагъ въ Karako (въ Венгріи, 1897), гдѣ крайніе пролеты въ двое меньше средняго; наконецъ комбинація по фиг. 146 примѣнена въ м. чер. Тиссу въ Щолнокъ (1889). (Foerster. Neue Brückenbauten in Oesterreich und Ungarn. Leipzig. 1899).

При выборѣ системы балочныхъ разрѣзныхъ фермъ для многопролетныхъ мостовъ слѣдуетъ руководствоваться указаніями, сдѣланными для однопролетныхъ мостовъ съ такими же фермами

Говоря о разрѣзныхъ балочныхъ фермахъ въ многопролетныхъ мостахъ считаемъ нужнымъ еще указать, что весьма рационально для достиженія экономіи въ вѣсѣ фермъ таковыя свизывать въ одну систему и этой системѣ дать вышшій распоръ; это можетъ быть достигнуто, если одинъ конецъ такой системы на одномъ устоѣ снабдить подвижной наклонной опорой, другой конецъ системы на другомъ устоѣ—неподвижной опорой, а надъ быками помѣстить подвижныя опоры на каткахъ и концы смежныхъ фермъ соединить между собой такимъ образомъ, чтобы распоръ могъ передаваться отъ одной фермы на другую. (фиг. 146'). Въ такой системѣ распоръ вызывается лишь нагрузкой, расположенной въ томъ крайнемъ пролетѣ, ферма котораго на одномъ концѣ снабжена наклонной подвижной опорой (на фиг. 146' нагрузкой въ лѣвомъ пролетѣ), при чемъ распоръ этотъ передается лишь устоямъ, быки-же подвержены только дѣйствию вертикальныхъ силъ. Присутствіе распора съ одной стороны уменьшаетъ вѣсъ нижнихъ поясовъ фермъ, а это сокращеніе вѣса нижнихъ поясовъ, уменьшая постоянную нагрузку, влечетъ за собой и уменьшеніе вѣса остальныхъ частей фермъ:

съ другой стороны присутствіе распора вызываетъ увеличеніе размѣровъ устоевъ, а слѣдовательно увеличеніе и ихъ стоимости. Однако экономія на желѣзѣ въ нѣсколькихъ пролетахъ беретъ верхъ и потому указанное связываніе фермъ въ систему въ общемъ даетъ экономію въ стоимости многопролетнаго моста, почему и можетъ быть рекомендовано.

Идея связыванія желѣзныхъ фермъ многопролетнаго моста въ систему съ внѣшнимъ распоромъ не нова и была примѣнена Кёрске еще въ 1878 г. въ желѣзнодорожномъ мосту черезъ Эльбу бл. Riesa (Mitteil. d. sächs. Ing. Ver. 1879, стр. 12), но съ той разницей, что распоръ здѣсь приложенъ постоянной величины; онъ производится при помощи механизма, состоящаго изъ рычага съ противовѣсомъ и помѣщеннаго въ лѣвомъ устоѣ. Указанный мостъ имѣетъ 4 пролета, перекрытыхъ параболическими фермами съ вѣдою по-низу; три пролета величиной $101,4^m$, а одинъ— $44,4^m$.

Къ концу фермы малаго пролета и приложенъ распоръ съ такимъ расчетомъ, чтобы напряженія нижняго пояса фермъ большихъ пролетовъ отъ собственнаго вѣса равнялись нулю. Способъ Кёрске страдаетъ искусственностью и потому уступаетъ мѣсто передъ вышеуказаннымъ способомъ устройства на концѣ системы наклонной подвижной опоры. Этотъ послѣдній способъ, на сколько намъ извѣстно, пока нигдѣ не примѣненъ на практикѣ.

О примѣненіи наклонныхъ опоръ см. статью пр. Патона „Фермы съ наклонными опорами и выгоды ихъ примѣненія для мостовъ“—Журн. М-ва п. с. 1900 г. кн. I.

В. Балочныя неразрѣзныя фермы.

Балочныя неразрѣзныя фермы, встрѣчающіеся главнымъ образомъ во Франціи, Австро-Венгріи и Италіи (рѣже въ Россіи, Англіи и въ Германіи) устраивались въ прежнее время почти исключительно съ параллельными поясами (въ Россіи напр. город. мостъ чер. Вислу въ Варшавѣ—двухпролетныя фермы). Фермы же, построенныя сравнительно въ недавнее время, а также нынѣ проектируемыя, устроены съ однимъ вогнутымъ поясомъ, что болѣе раціонально, ибо на опорахъ моменты больше, нежели по серединѣ пролетовъ: такія фермы производятъ впечатлѣнія фермъ арочныхъ и всякихъ. Приводимъ нѣсколько новѣйшихъ примѣровъ такихъ фермъ:

1) По типу, указанному въ фиг. 147, построены мосты Франца-Карла и Радецкаго, оба городскіе, чер. Муръ въ Грацѣ (первый 1890 г., второй 1899 г.) (Foerster. Neue Brückenbauten in Österreich und Ungarn Leipzig 1899); здѣсь неразрѣзныя фермы на трехъ опорахъ съ пролетами по 33^m , стрѣла выпуклости нижняго пояса прибол. $\frac{1}{36}$.

2) На фиг. 148 представленъ мостъ чер. Эльбу въ Дрезденѣ на жел. дор. Лейцигъ—Дрезденъ (1900 г.; Körpcke. Brücken beim Dresdener Bahnhofsban-Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1898, стр. 1133); здѣсь неразрѣзныя фермы на пяти опорахъ съ тремя пролетами $65,75^m$, (стрѣла выпуклости нижняго пояса прибол. $\frac{1}{16}$; высота фермъ на опорѣ 7^m , а по серединѣ пролета— 3^m) и однимъ крайнимъ пролетомъ $37,6^m$. (объ этомъ мостѣ см. еще дальше).

3) На фиг. 149 и 150 представлены два конкурсных проекта „Jungbusch-Neckarvorstadt“ для второго город. моста чер. Неккаръ въ Маннгеймѣ (Centralbl. d. Bauv. 1901 г.). Фермы по фиг. 150 эстетичнѣе и кромѣ того онѣ имѣютъ то преимущество, что нѣтъ раскосовъ надъ полотномъ и потому болѣе открытъ видъ на окружающую мѣстность, за то онѣ получились тяжелѣе, нежели фермы по фиг. 149.

4) На фиг. 150¹ представленъ конь. проектъ городского моста (третьяго) чер. Рейня въ Базелѣ (Zeit d. Ver. deut. Ing. 1902, 568, Centralbl d. Bauv. 1902, стр. 101).

5) На фиг. 151 представленъ жел. дор. мостъ чер. р. св. Лаврентія у Lachine (Centr. d. Bauv, 1886, стр. 313; Zeit. d. Ver deutsch. Ing. 1889, стр. 938—1118; Инженеръ, 1890)

6) На фиг. 152 представленъ мостъ чер. Spree (Treskow-brücke, 1904). въ Oberschönenweide близъ Берлина (Zeit. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, №№ 28, 30, 31; Deut. Bauz. 1905); здѣсь средній пролетъ является арочнымъ съ затяжкой и съ консолями, къ которымъ приклепаны боковые балочные пролеты *).

7) На фиг. 152¹ представленъ мостъ чер. Schwarzwasser. на ж. д. Bern-Schwarzenburg (Schweiz. Bauz. 1907, № 19; Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1907, № 27).

8) По тому же типу, что и предыдущій мостъ, но только съ треугольной рѣшеткой съ доп. стойками, построенъ (1907) мостъ подъ обыкнов. бѣду чер. Аргенское ущелье между деревнями Grünenbach и Meierhöfen со средн. прол. 84^м и боковыми пролетами 48^м (Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1907, № 22).

Преимущества неразрѣзныхъ фермъ передъ разрѣзными заключаются въ томъ, что вѣсъ ихъ получается иногда меньше **), прогибъ ихъ получается тоже меньше (при параллельныхъ поясахъ на 20% — 30% (что впрочемъ не особенно существенно, сборка ихъ проще, ибо онѣ доускаютъ накатку фермъ и сборку на вѣсу и наконецъ размѣры промежуточныхъ опоръ (быковъ) при неразрѣзныхъ фермахъ получаются меньше, что даетъ экономію въ стоимости моста, особенно при высокихъ опорахъ. За то неразрѣзныя фермы имѣютъ существенные недостатки. Главный недостатокъ ихъ заключается въ томъ, что усилія въ ихъ элементахъ находятся въ зависимости отъ взаимной высоты опоръ и при измѣненіи послѣдней противъ расчетной высоты подвергаются значительнымъ измѣненіямъ, такъ какъ точная установка фермъ на опорахъ весьма затруднительна и всякая опора подвержена неизбѣжнымъ осадкамъ въ зависимости отъ свойства грунта и дѣйствія температуры (если опоры металлическія), то дѣйстви-

*) Консоли были устроены лишь для удобства сборки фермы, а по окончаніи сборки было произведено смыканіе фермы въ неразрѣзную.

***) Вѣсъ неразрѣзныхъ фермъ получается меньше при пролетахъ только свыше 50^м. и при томъ при перекрытіи не болѣе трехъ—четыреухъ пролетовъ; при пролетахъ меньше 50^м. разрѣзныя фермы параболическія, гиперболическія и полигональныя съ большой высотой оказываются легче неразрѣзныхъ.

тельные усилія въ элементахъ неразрѣзной фермы могутъ значительно развиться отъ расчетныхъ.

Второй недостатокъ разсматриваемыхъ фермъ, по сравненію съ балочными, заключается въ томъ, что въ ихъ рѣшеткѣ больше элементовъ сжатыхъ и растянутыхъ. Наконецъ неразрѣзныя фермы статически неопредѣлимы въ отношеніи опорныхъ реакцій, почему ихъ расчетъ довольно сложенъ и требуетъ знанія стѣженій всѣхъ элементовъ.

Въ виду изложенныхъ недостатковъ неразрѣзныя фермы въ настоящее время примѣняются весьма рѣдко, хотя, по нашему мнѣнію, нельзя сказать, чтобы онѣ не заслуживали никакого вниманія. За ними всетаки слѣдуетъ признавать право гражданства при исполнѣ надежномъ основаніи опоръ, но притомъ при каменныхъ или невысокихъ металлическихъ опорахъ и при перекрытіи всего двухъ или трехъ пролетовъ величиной не меньше 50^м; при всемъ этомъ очертаніе фермъ должно быть рациональное, отвѣчающее теоретическимъ свойствамъ неразрѣзной системы, хотя это и усложняетъ нѣсколько конструкцію. Одно можно сказать, что неразрѣзныя фермы безусловно не примѣнимы при малонадежномъ основаніи опоръ и при высокихъ металлическихъ опорахъ.

Въ заключеніе укажемъ, что въ многопролетныхъ неразрѣзныхъ фермахъ можно достигнуть извѣстной экономіи въ вѣсѣ, если одному концу фермъ дать неподвижную опору, всѣ промежуточные опоры на быкахъ сдѣлать подвижными (на каткахъ) и наконецъ другому концу фермъ дать тоже подвижную опору и приложить къ нему нѣкоторый внѣшній распоръ (искусственный). Намъ извѣстенъ только одинъ примѣръ приложенія такого распора, а именно въ вышеупомянутомъ уже мосту чер. Эльбу въ Дрезденѣ (фиг. 148). Здѣсь четыре лѣвыхъ пролета, какъ уже было выше указано, перекрыты неразрѣзными фермами, а въ пятомъ пролетѣ, величиной 24^м, Кёрске устроилъ трехшарнирные арочныя фермы, давъ имъ съ неразрѣзными фермами общія подвижныя на каткахъ опоры, при чемъ арочныя фермы нагружены для увеличенія распора рельсами и бетонными массивами. Надъ арочными фермами Кёрске устроилъ отдѣльныя балочныя фермы съ параллельными поясами (рѣшетчатой системы) для поддержанія проѣзжей части. Такимъ образомъ арочныя фермы изолированы отъ дѣйствія подвижной нагрузки и потому производятъ на концы неразрѣзныхъ фермъ только постоянный горизонтальный распоръ. Этотъ послѣдній, дѣйствуя на нижніе пояса неразрѣзныхъ фермъ, заставляетъ ихъ работать какъ арки, и тѣмъ умѣряетъ дѣйствіе постоянной нагрузки. Слѣдовательно такое приложеніе къ фермамъ внѣшняго распора уменьшаетъ вѣсъ нижняго пояса, а сокращеніе вѣса нижняго пояса, уменьшая постоянную нагрузку, влечетъ за собой уменьшеніе вѣса и остальныхъ частей фермы.

С. Консольно-балочныя фермы *).

1. Двухпролетные мосты.

Въ двухпролетныхъ мостахъ консольно-балочныя фермы совсѣмъ, можно сказать, не примѣняются; какъ на исключительный примѣръ можемъ указать на нынѣ строящуюся мостъ чер. Indus бл. Khushalgarh (Engng. 1907, Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1907, стр. 560) (два пролета: 92^{m.} и 143^{m.}).

2. Трехпролетные мосты.

Въ трехпролетныхъ мостахъ консольно-балочныя фермы могутъ быть устроены:

- а) съ двумя шарнирами въ среднемъ пролетѣ (со вставленной свободной фермой).
- б) съ однимъ шарниромъ въ среднемъ пролетѣ (безъ свободной фермы).

с) съ однимъ шарниромъ въ каждомъ береговомъ пролетѣ

а) Консольныя фермы съ двумя шарнирами въ среднемъ пролетѣ.

Если позволяютъ мѣстныя условія, то слѣдуетъ избирать такія соотношенія между величинами пролетовъ средняго и береговаго, чтобы вѣсъ фермы имѣлъ наименьшую величину. Николаи, Winkler, Köchlin и др. даютъ для этого приближенныя рѣшенія. Такъ, обозначая черезъ l_1 —величину береговаго пролета, а черезъ l —величину средняго пролета, имѣемъ: по Winkler'у (Eiserne Brücken. Die Gitterträger und Lager. 1875, стр. 10): $\frac{l_1}{l} = 0,84 \text{ — } 0,96$.

*) Консольно-балочныя фермы называются въ Германіи, а отсюда часто и у насъ, „фермами системы Гербера“; однако идея устройства шарнировъ въ неразрѣзанныхъ фермахъ была предложена еще до Гербера (Vesthofen, Clark, Fowler и др.). Въ известномъ сочиненіи Ritter'a „Elementare Theorie und Berechnung eiserner Dach- und Brückenkonstruktionen“ (1863) мы находимъ предложеніе устраивать въ неразрѣзанныхъ фермахъ по шарниру съ каждой стороны быковъ; это устройство не рационально съ той точки зрѣнія, что требуетъ, для устойчивости фермы, черезчуръ толстыя быки. Въ 1866 г. Герберъ доказалъ, что возможно ограничиться устройствомъ шарнира только съ одной стороны быка, каковое устройство и получило распространеніе по всѣмъ странамъ свѣта. Впервые мосты по системѣ Гербера осуществлены въ Германіи въ 1867 г., а именно построены были: мостъ Софіи чер. Regnitz бл. Bamberg'a и мостъ чер. Main бл. Hassfurt'a (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1891, стр. 85—91). Въ Америкѣ первый мостъ консольно-балочной системы построенъ въ 1876 г., при чемъ надо замѣтить, что здѣсь эта система появилась и развилась совершенно самостоятельно, независимо отъ Германіи

По Николаи. (Мосты 1901, стр. 277): $\frac{l_1}{l} = 0,90$.

По Köschlin'у. (Applications de la Statique graphique. Paris 1898)
 $\frac{l_1}{l} = 0,75$.

Burr. (A course on the stresses. 1900, стр. 472), а затѣмъ Merriman и Jacoby (A text book on roofs and bridges 1901, IV ч. стр. 102) менѣе точнымъ способомъ опредѣлили, что $\frac{l_1}{l}$ должно $= 0,4 - 0,5$ (Burr) и $0,37$ (Merriman и Jacoby).

При этихъ послѣднихъ величинахъ отношенія $\frac{l_1}{l}$ можно съ увѣренностью сказать, что на устояхъ получаютъ отрицательныя опорныя реакціи, почему потребуется закрѣпленіе концевыхъ опоръ въ устояхъ или снабженіе концовъ фермъ противовѣсами. Такое закрѣпленіе концовъ фермы является нераціональнымъ, ибо эту задѣлку трудно содержать въ исправности, а между тѣмъ отъ нея зависитъ вся устойчивость фермъ. Кромѣ того, если опоры должны быть подвижными, то такое закрѣпленіе является нѣсколько сложнымъ. Наконецъ отмѣтимъ еще, что въ закрѣпленныхъ консольныхъ фермахъ пояса испытываютъ въ нѣкоторыхъ панеляхъ предѣльныя усилія разныхъ знаковъ. Въ виду сего, если по мѣстнымъ условіямъ пришлось бы береговые пролеты принять такой величины, что опорныя реакціи получаютъ отрицательныя, то лучше тогда отказаться, если представляется возможнымъ, отъ этой системы распределенія шарнировъ и примѣнить фермы съ шарнирами въ береговыхъ пролетахъ. Если же отрицательныхъ опорныхъ реакцій не получается при выбранномъ отношеніи $\frac{l_1}{l}$, то можно рекомендовать именно устройство шарнировъ въ среднемъ пролетѣ по слѣд. соображеніямъ: 1) высота чистаго прохода для судовъ получается большая въ среднемъ пролетѣ, въ которомъ обыкновенно проходятъ фарватеръ, 2) сборка проще, ибо можно фермы средняго пролета собирать на вѣсу, что особенно важно, если въ среднемъ пролетѣ не представляется возможнымъ устроить постоянныхъ подмостей. Перечислять всѣхъ существующихъ консольно-балочныхъ мостовъ мы не будемъ, а приведемъ только слѣдующіе примѣры консольныхъ фермъ съ шарнирами въ среднемъ пролетѣ, которые по своей эстетичности примѣнимы къ мостамъ подъ обыкновенную дорогу.

1) ж. д. м. чер. Молдаву у Cervepa на ж. д. Taboꝛ—Pisek (1891), со среднимъ и береговыми пролетами $84,4^{mf}$. (фиг. 153) (Allg Bauz 1892, стр. 65. 73 и 89; Stahl u. Eisen. 1893 № 6; Centr. d. Bauv. 1890, стр. 86; также Foerster. Neue Brückenbauten in Österreich und Ungarn. стр. 22). Въ такомъ же родѣ (рѣшетка двухраскосная) построены въ Россіи м. чер. Днѣстръ у м. Рыбниці на Юго-Запад. жел. д. (1892 г.) со среднимъ пролетомъ $102,3^{mf}$. и бер. пролетами $92,6^{mf}$. (Изв. Собр. Инж. Пут. Сообш. 1893 г. № 10). Такой же типъ консольныхъ фермъ примѣненъ въ ж. д. м. чер. Kögös бл. Gyoma (1893) со средн. и бер. пролетами

66^{м.} (фиг. 154) (Foerster. Neue Brückenbauten in Oesterreich und Ungarn. стр. 31).

2) ж. д. м. чер. Сулу на Харьково-Николаевской ж. д. (1888) съ пролетами 67,1^{м.} (фиг. 153).

3) шосс. м. чер. Эмсь у Тункдорфа (1900) со средн. прол. 68,14^{м.} и берег. прол. 25,41^{м.} (фиг. 156) (Zeit. f. Bauw. 1902. Dortmund-Ems Canal).

4) Вейденламскій м. въ Берлинѣ (1896) со средн. прол. 40^{м.} и берег. прол. 16,50^{м.} (фиг. 157) (Die Strassenbrücken der Stadt Berlin. Herausgegeben vom Magistrat 1902).

5) гор. м. чер. Elbe-Trave-Kanal въ Lübeck'ѣ (Burgthor-Brücke) (1897) со средн. прол. 45,6^{м.} и бер. прол. 21,44^{м.} (фиг. 157'), (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1900, стр. 774).

6) м. чер. Гріонну на электр. дорогѣ Вех-Gruyon-Villars (1901) со средн. прол. 56,6^{м.} и берег. прол. 42,5^{м.} (фиг. 158) (Gaudard. Croquis de ponts métalliques 1901 г. стр. 65, 129).

7) гор. м. чер. Нѣманъ въ Гроднѣ (нашъ проектъ 1906 г.) со средн. прол. 60^{м.} и берег. прол. 52^{м.} (фиг. 159)

8) Днѣпровскій м. (Кичкасскій) чер. Волчье Горло на Второй Екатерининской ж. дор. со средн. прол. 190^{м.} и берег. прол. 39^{м.} (фиг. 160) (Журн. Мин. Пут. Сообщ. 1905 г. кн. IV).

Этотъ мостъ представляетъ собою сооруженіе въ Россіи съ наибольшимъ пролетомъ — 90 саж.

9) Конк. проектъ „Antaeos“ для второго городского моста чер. Неккаръ въ Маннгеймѣ (фиг. 161) (Centrabl. d. Bauv. 1901).

10) гор. мостъ (Bergstrassenbrücke) у Central-Bahnhof въ Дрезденѣ (1892) со средн. прол. 44,9^{м.} и берег. прол. 26,4^{м.} (фиг. 162); по этому же типу, со средн. прол. 77,32^{м.} и берег. прол. 50,85^{м.} былъ составленъ въ 1887 г. для перваго городского моста чер. Неккаръ въ Маннгеймѣ конкурсный проектъ (I премія) Bernatz'a и Grün'a.

11) м. чер. North Umpqua (Oregon) со средн. прол. 88,4^{м.} и берег. прол. 44,8^{м.} (Crille et Falconnet. Revue techn. de l'exposition de Chicago 1893) (фиг. 163).

12) гор. м. Имп. Франца-Иосифа чер. Дунай въ Буда-Пештѣ (1897) со средн. прол. 174,9^{м.} и берег. прол. 79,3^{м.} (фиг. 164) (Zeit. d. Öst. Ing. u. Arch. Ver. 1897 № 9; Zeit. f. Arch. u. Ingenieurwesen. 1898 г., стр. 193—236; Изв. Собр. Инж. Пут. Сообщ. 1897 № 6; Stahl u. Eisen. 1898 № 3; Génie Civil 1897 Bd. XXXI. № 2; Deut. Bauz. 1895, стр. 339). По тому же типу построенъ гор. м. чер. Волгу въ Твери (1900) со средн. прол. 93^{м.} и берег. прол. 47^{м.} (Журн. Мин. Пут. Сообщ. 1900 г. № 6), а также былъ проектированъ проф. Кривошейномъ (не исп.) гор. м. чер. Великую въ Псковѣ со средн. прол. 75^{м.} и берег. прол. 56^{м.} (Изв. Собр. Инж. Пут. Соб. 1900 г. № 7).

13) Конк. проектъ для гор. м. чер. Дунай въ Буда-Пештѣ прол. 309,4^{м.} (фиг. 165) (Zeit. d. Ver. Deut. Ing. 1894 г. стр. 1238).

14) м. чер. Monongahela въ Pittsburg'ѣ на ж. д. Wabasch (1902) со среднимъ прол. 247,5^{мт.} и бер. прол. 105,5^{мт.} *) (Railroad Gazette 1902, XXXIV, стр. 180).

15) 3 конкурсныхъ проекта для шоссеинаго моста чер. Рейнъ между Руртортомъ и Гомбергомъ, со среднимъ пролетомъ 203,4 ^{мт.} и бер. пролет. 123,3—127,2^{мт.} (фиг. 166, 167, 168). (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1904 и 1905).

16) Конк. проектъ гор. и жел. дор. моста въ порту Jackson въ Sydney со среднимъ прол. 385,9^{мт.} и бер. прол. 188,4^{мт.} (фиг. 168'). (Centralbl. d. Bauv. 1901 г. стр. 70).

Особый видъ консольныхъ фермъ составляютъ такъ называемыя „консольныя фермы цѣпнаго вида“

Въ этихъ фермахъ консоль, въ виду устройства цѣпи, не составляетъ продолженія фермы береговаго пролета, а состоитъ изъ отдѣльной фермы подвѣшенной къ цѣпи и свободно опирающейся на промежуточную опору. Преимущество этихъ фермъ заключается: 1) въ малой длинѣ сжатыхъ элементовъ, 2) въ возможности обойтись безъ устройства связей надъ проѣзжей частью, такъ какъ верхняя цѣпь всегда растянута и не имѣетъ стремленія отклониться изъ вертикальной плоскости, 3) въ ихъ эстетичномъ видѣ. Для статической опредѣлимости этихъ фермъ необходимо прерывать среднй поясъ надъ промежуточной опорой или снабжать его въ этомъ мѣстѣ подвижнымъ соединеніемъ. Изъ примѣровъ „консольныхъ фермъ цѣпнаго вида“, укажемъ на:

1) м. чер. Kanawha бл. Point-Pleasant на ж. д. Ohio (1888) со средн. прол. 146,3^{мт.} и бер. прол. 73,15^{мт.} (фиг. 167'). (Railroad Gaz. 1888 стр. 753; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1889, стр. 1097).

2) гор. м. чер. Неккаръ въ Мангеймѣ (Friedrichsbrücke. 1890) со средн. прол. 74,7^{мт.} и бер. прол. 56,2^{мт.} (фиг. 168) (Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover, 1889, стр. 630; Zeit. d. Ver. Deut. Ing. 1891, Bd. 35 стр. 85; Centralbl. d. Bauv. 1887, стр. 430; Ann. d. tr. publ. 1888 май, стр. 2054).

3) того-же вида гор. м. чер. Волховъ въ Новгородѣ (1900) со средн. прол. 54,6^{мт.} и бер. прол. 40,08^{мт.} и 44,9^{мт.} (Ииж. Соловьевъ. Отдѣльное изданіе).

4) гор. м. чер. Везеръ въ Бременѣ (1895) со средн. прол. 66,1^{мт.} и бер. прол. 35,5^{мт.}.

5) шосс. м. чер. Тиссу въ Токаѣ (1897) со средн. прол. 107,6^{мт.} и бер. прол. 51,7^{мт.} (фиг. 169) (Zeit. d. Öst. Ing. u. Arch. Ver. 1897, № 44 стр. 593—597; Stahl u. Eisen 1898; Foerster. Neue Brückenbauten. in Österreich und Ungarn, стр. 28).

6) конк. проектъ зав. Harkort для шосс. моста чер. Рейнъ между Руртортомъ и Гомбергомъ (фиг. 170) со средн. прол. 203,4^{мт.} и бер. прол. 123 33^{мт.} (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1904 и 1905).

*) К. Оппенгеймъ. Новѣяшіе Сѣверо-Американскіе желѣзнодорожныя мосты. Варшава 1907.

Въ заключеніе замѣтимъ, что въ трехпролетныхъ мостахъ консольно-балочной системы съ шарнирами въ среднемъ пролетѣ иногда береговья консольныя фермы устраиваются съ вѣдою по-верху, а подвѣсная ферма— съ вѣдою по-низу; такъ, на примѣръ, устроены гор. м. чер. Днѣпръ въ Смоленскѣ (рис. 170'), (1902). Такая комбинація для мостовъ подь обыкновенную дорожку мало эстетична для проѣзжающихъ по мосту и кромѣ того она стѣснительна для движенія, почему для мостовъ подь обыкновенную дорожку, особенно городскихъ мостовъ, ея слѣдуетъ, по нашему мнѣнію, избѣгать.

б) Консольныя фермы съ однимъ шарниромъ въ среднемъ пролетѣ.

Фермы эти статически неопредѣлимы. Обѣ консольныя фермы не могутъ работать независимо одна отъ другой, ибо поперечная сила передается черезъ шарниръ, и потому реакціи опоръ не могутъ быть опредѣлены изъ основныхъ условій статики.

Преимущество этихъ фермъ, по сравненію съ предыдущими, заключается только въ томъ, что береговья опоры испытываютъ отрицательныя реакціи въ меньшей степени:

Изъ примѣровъ такихъ фермъ укажемъ на:

1) пѣш. м. „Passy“ чер. Сену въ Парижѣ (1878) со средн. прол. 34^{mt.} и берег. прол. 28^{mt.} (фиг. 171) (Nouv. ann. de la constr. 1880, стр. 178, Génie civil xxv, стр. 17).

2) того же типа пѣш. м. въ Вугу-суг-Магне со средн. прол. 31,5^{mt.} и бер. прол. 25,25^{mt.} (Génie civil, XXV, стр. 17).

3) гор. мосты чер. Везеръ въ Хаммельнѣ со средн. прол. 46^{mt.} и берег. прол. 14,5^{mt.} (Oberwasserbrücke) и со-средн. прол. 51,2^{mt.} и берег. прол. 17,7^{mt.} (Unterwasserbrücke)—фиг. 172 (Häsel. Die eisernen Brücken. 1900, стр. 530).

4) проектъ м. чер. Хавель у Сакрова (фиг. 173) (Centralbl. d. Bauv. 1897, стр. 114) (размѣры пролетовъ не указаны)

5) проектъ Eiffel'я для Троицкаго м. чер. Неву въ С. Петербургѣ со средн. прол. 225^{mt.} и берег. прол. 132,5^{mt.}

6) пѣш. мостъ чер. Spree у Oberschönenweide (1898. Müller-Breslau), гдѣ добавлена въ среднемъ пролетѣ еще арка (фиг. 174) (Zeit. f. Bauw. 1900. Heft. I-II; Génie civil XXXVI, стр. 273); величины пролетовъ: средняго—86^{mt.}, береговыхъ—43^{mt.}

Иногда, для упрощенія конструкціи, шарниръ въ среднемъ пролетѣ совсѣмъ не устраивается (напр. въ путепроводахъ надъ Балашево-Харьковской ж. д. на 101, 201, 377, 378 и 494 верстахъ), но такая конструкція страдаетъ крупными недостатками: а) при переходѣ нагрузки съ одной консоли на другую происходятъ удары, б) нагрузка дѣйствуетъ на консоль внезапно, а не постепенно увеличиваясь; въ виду сего такой конструкціи рекомендовать нельзя.

О расчетѣ консольныхъ фермъ съ однимъ шарниромъ въ среднемъ пролетѣ см. Müller-Breslau-Centralbl. d. Bauv. 1897, стр. 113, и Häsel. Die Eisernen Brücken. 1900, стр. 535.

с) Консольныя фермы съ шарнирами въ береговыхъ пролетахъ.

Эти фермы имѣютъ, по сравненію съ фермами съ двумя шарнирами въ среднемъ пролетѣ, то преимущество, что отношенія длины междуопорной части и консоли получаются больше, вслѣдствіе чего усилія элементовъ въ меньшей степени подвержены измѣненію знака и потому сѣченія этихъ элементовъ могутъ быть подобраны съ меньшимъ запасомъ. Кромѣ того эти фермы никогда не требуютъ закрѣпленія концовъ или противовѣсовъ.

Изъ примѣровъ такихъ фермъ укажемъ на:

1) гор. вѣад. Tolbiac въ Парижѣ чер. путь Орлеанской ж. д. (1895) со средн. прол. 66^{mt} . и берег. прол. 51^{mt} . (фиг. 175) (Revue technique 1895, № 5; Génie civil. 1895 XXVI, стр. 305).

2) шосс. м. чер. Одеръ у Schönbrunn'a (1899) со средн. прол. 52^{mt} . и берег. прол. $21,54^{mt}$. (фиг. 176) (Allg. Bauz. 1900, Heft. 3; Foerster. Neue Brückenbauten in Oesterreich und Ungarn. стр. 30).

3) м. чер. Кубань на Владикавказской ж. д. на 234 и 364 в. (1902) со средн. прол. 56^{mt} . и берег. прол. 28^{mt} . (по типу предыдущаго моста).

4) м. чер. Зап. Двину на Бологое-Полоцкой ж. д. (1904) со среднимъ пролетомъ 128^{mt} . и берег. прол. 53^{mt} .—фермы съ параллельными поясами (Ииж. Абрамовъ. Отдѣльное изданіе).

5) Billebrücke въ Гамбургѣ на ж. д. Lübeck-Büchener со среднимъ пролетомъ 22^{mt} . и берег. прол. 19^{mt} . (фиг. 176').

3. Многопролетные мосты.

Въ многопролетныхъ мостахъ съ фермами консольной системы можно рекомендовать всѣ промежуточные пролеты принимать одинаковой длины, такъ какъ при увеличеніи одного пролета за счетъ смежнаго вѣсь перваго возрастетъ въ большей степени, чѣмъ понижается вѣсь уменьшеннаго пролета; при этомъ можно рекомендовать принимать число пролетовъ нечетное, чтобы фермы имѣли симметричное относительно середины моста расположеніе консолей, свободныхъ фермъ и шарнировъ. Возможны при этомъ двѣ комбинаціи (напр. для пятипролетнаго моста).



Четное число пролетовъ почти не примѣняется (ж. д. м. чер. Миссисипи въ Мемфисѣ 1892—Eng. news. 1892; м. чер. Isar бл. Bogenhausen-Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1891, стр. 85).

Изъ мостовъ съ нечетнымъ числомъ пролетовъ укажемъ на слѣдующіе, удачныя въ эстетическомъ отношеніи:

1) ж. д. м. „Pongh Keepsie“ чер. Гудзонъ (1886) (Engng. 1887, февр. стр. 173; R. R. Gasette 1887; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1889, стр. 1094; Génie civil 1888, XIII, стр. 129; Engng. news 1887, стр. 306; Engin. 1888, стр. 240, Инженеръ. 1890)

2) ж. д. м. чер. Дунай у Черноводы (1895) (фиг. 177) (Centralbl. d. Bauw. 1890, стр. 175; Zeit. d. Öst. Ing. u. Arch. Ver. 1895; стр. 517; Foerster. Neue Brückenbauten in Österreich und Ungarn. стр. 59; Инж. Дѣло 1904 № 4)

3) ж. д. м. „Kentucky-Indiana“ чер. Ohio между Луисвилемъ и Нью-Альбани (1886) (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1889, стр. 1039; Engng. 1888, янв. стр. 85,90; Org. f. d. Forsch. d. Eisenbahnw. 1888, стр. 163).

4) проектъ Schneider'а и Hersent'а м. чер. Ламаншскій проливъ (Engng. 1892 № 1395; Génie civil XXII, стр. 156; Журн. Мин. Пут. Сообщ. 1889 г. № 47).

5) ж. д. м. чер. Фортскій заливъ (1890) (Engng. 1890; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1888, стр. 912; Génie civil. 1888, XII, стр. 354; XIII, стр. 358; Журн. Мин. Пут. Сообщ. 1890 г. Янв.).

6) ж. д. м. чер. Mississippi бл. Thebes (1906), со среднимъ пролетомъ 201,3^{м*}).

7) 3 конк. проекта для шоссеинаго моста чер. Рейнъ между Рурортомъ и Гомбергомъ (рис. 178, 179, 180) (Zeit. d. Ver. deut Ing. 1904 и 1905); мость построена согласно рис. 178 (Zeit d. Ver. deut Ing. 1907, №№ 21, 22, 23, 24 и 32).

8) гор. Блоквелльскій мость чер. East-River въ Нью-Йоркѣ (четвертый мость), нынѣ строящійся (фиг. 181) (Engng. News 1903. № 10).

9) Конк. проекты 1904 г. Пр. Бѣлелюбскаго (фиг. 182) и Моск. Метал. Завода (фиг. 183) для жел. дор. моста чер. Волгу въ Казани (Инж. Дѣло. 1904. № 4).

10) ж. д. мость бл. Westerburga—3 пролета по 43,2^{м*}; и 2 пролета по 48^{м*}; фермы съ параллельными поясами (1907) (Zeit. f. Bauw. 1907, VII-IX; Zeit. d. Öst Ing. u. Arch. Ver. 1907, стр. 769).

При чередованіи консольныхъ фермъ со свободными въ многопролетныхъ мостахъ подъ обыкновенную дорогу не эстетично, да и стѣснительно для движенія, если консольныя фермы устроены съ ѣздою по верху, а свободныя съ ѣздою по низу, какъ то примѣнено, напримѣръ, въ ж. д. м. чер. Варту у Познани (Zeit. f. Bauw. 1877, стр. 41) и въ м. чер. Донъ на Восточно-Донецкой ж. д. (1898) (Альбомъ постройки дороги).

Въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу, по нашему мнѣнію, рациональнѣе, чтобы ѣзда была расположена во всѣхъ фермахъ одинаково (или по верху, или по низу).

*) К. Опценгеймъ. Новѣйшіе Сѣверо-Американскіе желѣзнодорожныя мосты. Варшава. 1907.

4. Заключение о консольно-балочных фермах.

Консольно-балочные фермы имеют сравнительно с разрывными фермами следующие главные преимущества:

1) собственный вес их получается иногда меньше, конечно, при удачном выборе относительных размеров уравновешенной фермы, свободной фермы и длины консолей; а также при рациональном очертании фермы, отвечающим свойствам консольной системы (при больших пролетах экономия получается иногда до 15%).



Рис. 185.

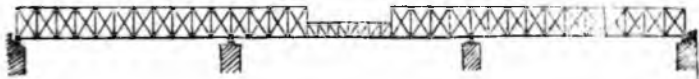


Рис. 186.

2) толщина быков получается меньше, вследствие помещения на них лишь одной опоры; 3) сборка их может быть произведена на весу без постоянных подмостей, каковых иногда не представляется возможным устраивать.

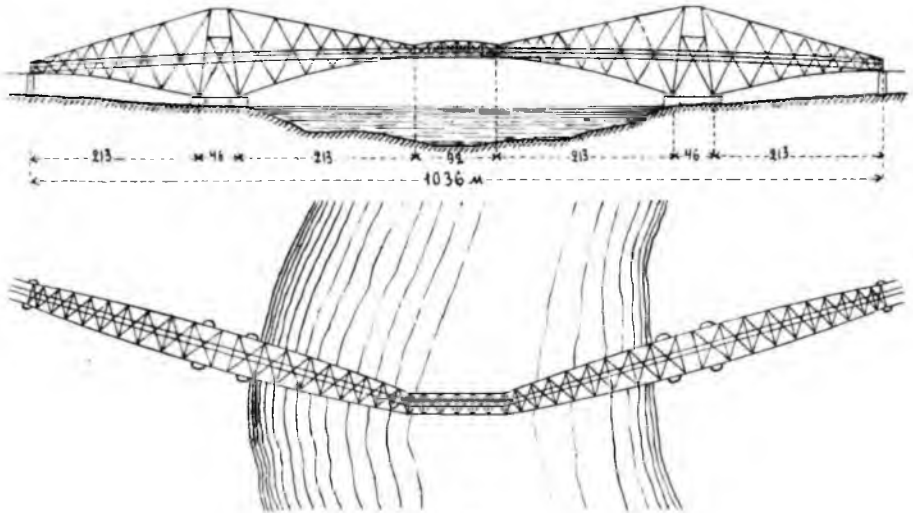


Рис. 186а.

Все это дает иногда значительную экономию в стоимости моста. Сравнительно с неразрывными фермами консольные имеют то преимущество, что опорные реакции и усилия в элементах не зависят от понижения опор; в смысле же экономии в весе консольные и неразрывные фермы занимают одинаковое положение.

Укажем еще, что консольные фермы представляют большие удобства, если в мост необходимо устроить некоторые части разводными для пропускания судов, что ясно видно из следующих двух эскизов (рис. 185 и 186) (во втором эскизе подвешенная часть может быть устроена подъем-

вою, откатвою или опрокидывающею около горизонтальной оси), а также при устройствѣ моста на кривой, что видно изъ рис. 186' (проектъ Pollitzer'a для моста въ гавани Sidney—Genie civil. XXVIII, стр. 350).

Недостатки консольныхъ фермъ заключаются въ слѣдующемъ: 1) консоли подвержены значительному прогибу отъ дѣйствія временной нагрузки, особенно при малыхъ пролетахъ и въ желѣзно-дорожныхъ мостахъ; при большихъ же пролетахъ и въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу этотъ недостатокъ не играетъ такой роли, ибо консоли, въ виду малой величины соотношенія между временной нагрузкой и постоянной, прогибаются сравнительно меньше; 2) затруднителен экономный подборъ сѣченій поясовъ въ виду рѣзкаго колебанія величины усилий и перемѣны ихъ знака въ смежныхъ панеляхъ; 3) фермы имѣютъ значительное число сжато-вытянутыхъ элементовъ, количество каковыхъ зависитъ отъ величины пролета, а равно отъ выбора относительныхъ размѣровъ частей моста.

Въ виду двухъ послѣднихъ недостатковъ консольныя фермы иногда, особенно при небольшихъ пролетахъ, не даютъ той экономіи вѣса, которая, казалось бы, должна получиться. Весьма трудно опредѣлить тотъ предѣлъ длины пролета, съ котораго консольныя балочныя фермы начинаютъ быть выгодными; намъ представляется сомнительнымъ ихъ выгода въ смыслѣ вѣса для мостовъ подъ обыкновенную дорогу для пролетовъ меньше 75^{м.}—100^{м.}, хотя на практикѣ онѣ осуществлены для пролетовъ, начиная съ 40^{м.}. Одно можно сказать, что консольно-балочныя фермы, какъ всякія консольныя системы, даютъ экономію на стоимости быковъ, что особенно важно при высокихъ опорахъ, и безусловно весьма выгодно въ тѣхъ случаяхъ, когда не представляется возможности устроить для сборки постоянныхъ подмостей, а именно при перекрытіи мостами глубокихъ овраговъ и рѣкъ, а также рѣкъ съ весьма сильнымъ теченіемъ. Въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу консольно-балочныя фермы примѣнены для пролетовъ до 200^{м.} *).

Д. Арочныя разрѣзныя фермы.

Въ многопролетныхъ мостахъ отдѣльные пролеты могутъ быть перекрыты арочными разрѣзными фермами одинаковой системы, при этомъ при фермахъ съ ѣздою по низу (возвышенныя арки съ подвѣшенной проѣзжей частью) пролеты устраиваются одинаковые или неодинаковые, (напр. жел. дор. м. чер. Рейнъ въ Вормсѣ, 1900. Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1900, стр. 1629; Deutsche Bauz. 1900, стр. 585; гор. м. чер. Мозель въ Трарбахѣ 1899. Glasers Annalen. 1900, Centr. d. Bauv. 1898, стр. 219), при фермахъ же съ ѣздою по верху (сплошныя или сквозныя арки со стойками надъ ними

* Изъ желѣзнодорожныхъ мостовъ съ консольными фермами самымъ большимъ является нынѣ строящійся мостъ на Второй Тихоокеанской ж. д. (Grand Trunk Pacific Railway) чер. р. Св. Лаврентія (5 килом. выше Квебека) со среднимъ пролетомъ въ 548^{м.}. Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1907, № 10); часть моста во время постройки 30 авг. 1907 г. рухнула, описаніе какового крушенія помѣщено въ Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1907 отъ 5 окт., въ Centr. d. Bauv. 1907, № 89, Deut. Bauz. 1908 отъ 16 окт., Engng. News 1907. Инженеръ 1908 г. № 1.

для поддержанія проѣзжей части или арочныя фермы съ нижнимъ арочнымъ поясомъ и съ верхнимъ поясомъ на уровнѣ проѣзжей части) пролеты цѣлесообразно всегда уменьшать отъ середины моста къ берегамъ, сохраняя по возможности для всѣхъ пролетовъ одно и то же отношеніе стрѣлы подъема къ пролету (фиг. 187—189); это необходимо въ виду того, что въ мостахъ подь обыкновенную дорогу *) полотно придается продольный уклонъ отъ середины моста къ устоямъ, а пяты всѣхъ арокъ располагаются на одномъ уровнѣ (см. стр. 96).

При выборѣ системы арочныхъ разрывныхъ фермъ для многопролетныхъ мостовъ слѣдуетъ руководствоваться указаніями, сдѣланными для однопролетныхъ мостовъ съ такими же фермами (стр. 166—167).

Если по мѣстнымъ условіямъ необходимо одинъ или нѣсколько пролетовъ имѣть большей величины, нежели остальные, то весьма цѣлесообразно и эстетично перекрывать пролеты арочными фермами разныхъ типовъ.

Такъ, напримѣръ, можно перекрыть одинъ или нѣсколько пролетовъ (наибольшихъ) возвышенной аркой съ подвѣшенной проѣзжей частью, а остальные (меньшіе) пролеты арочными фермами съ вѣдою по верху (фиг. 190), или же наибольшіе пролеты перекрыть серповидными арками съ вѣдою посрединѣ, а меньшіе—серповидными же арками съ вѣдою по верху (фиг. 191).

Комбинація по фиг. 190 примѣнена, напримѣръ, въ гор. м. чер. Рейнъ въ Боннѣ (1898) (Centralbl. d. Bauv. 1898, стр. 617; Zeit. d. Ver. deutsch. Ing. 1899, стр. 272 и 309; Deutsche Bauz. 1898, стр. 645; Изв. Собр. Инж. Пут. Сообщ. 1899 г. № 1) и въ гор. м. чер. Рейнъ въ Дюссельдорфѣ (1898) (Centralbl. d. Bauv. 1898, стр. 557; Zeit. d. Ver. deutsch. Ing. 1899, стр. 320; Deutsche Bauz. 1898, стр. 629; 1900, стр. 341, 349, 355; Изв. Собр. Инж. Пут. Сообщ. 1899 г. № 1). Та же комбинація, но только съ трехшарнирными арками, была предложена въ конк. проектѣ „Neckar II“ для втораго гор. м. чер. Неккаръ въ Маннгеймѣ (Centralbl. d. Bauv. 1901 г.).

Комбинація по фиг. 191 примѣнена, напримѣръ, въ конк. проектѣ „Sichel“ (удостоившемся первой преміи) для втораго гор. м. чер. Неккаръ въ Маннгеймѣ (Centralbl. d. Bauv. 1901 г.).

Е. Арочныя неразрывныя фермы.

Въ многопролетныхъ мостахъ всѣ пролеты могутъ быть перекрыты неразрывными арочными фермами, при которыхъ вліяніе распора на промежуточные опоры уничтожается; арки смежныхъ пролетовъ имѣютъ на промежуточныхъ опорахъ по одной общей опорной подушкѣ на каткахъ, пяты же крайнихъ арокъ опираются на устояхъ на неподвижныя опорныя подушки; при этомъ всѣ арки могутъ быть взаимно соединены наглухо (фиг. 192), или же связь между смежными арками ограничивается общей

*) Въ жел. дор. мостахъ пролеты могутъ быть всѣ одинаковые, ибо ихъ полотно устраивается безъ уклона.

подвижной опорной подушкой (фиг. 193). Неразрѣзныя арочныя фермы статически неопредѣлимы, если онѣ двухшарнирныя (если n пролетовъ, то онѣ n разъ стат. неопредѣлимы), и статически опредѣлимы, когда онѣ трехшарнирныя. Послѣднія однако для того, чтобы были примѣнны, должны быть абсолютно неподвижны, что достигается при нечетномъ числѣ пролетовъ. Неразрѣзныя арочныя фермы по сравненію съ разрѣзными имѣютъ то преимущество, что при нихъ размѣры промежуточныхъ опоръ, какъ не подвергающихся дѣйствию распора, получаются меньше, но за то вѣсь ихъ, надо полагать, получится значительнѣе. Изъ изложеннаго видно, что рациональными представляются только трехшарнирныя неразрѣзныя фермы о нечетномъ числѣ пролетовъ и при томъ при высокихъ опорахъ.

Хотя теорія неразрѣзныхъ арочныхъ фермъ давно уже разработана (Müller-Breslau. Ueber continuirliche Bögen und Balken-Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1884; Müller-Breslau. Die neue Methoden der Festigkeitslehre; Weyrauch. Die elastischen Bogenträger 1897; Николаи. Неразрѣзныя трехшарнирныя арочныя фермы, 1899), но онѣ почти не примѣняются. Пр. Николаи указываетъ на одинъ примѣръ неразрѣзныхъ арочныхъ фермъ (Изв. Собр. Инж. II. С. 1894 г. стр. 69), а именно на трехпролетный мостъ

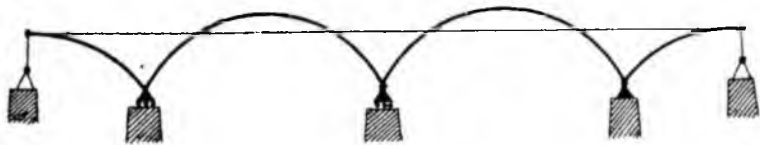


Рис. 194.

(съ пролетами 20^{м.}) на жел. дорогѣ отъ Діакофта до Калаврита въ Греціи, описаніе котораго помѣщено въ литографированномъ отчетѣ по сооруженію этой жел. дороги (Mission française des travaux publics. Chemin de fer de Diakophtho à Kalavryta. 1893). Этотъ мостъ состоитъ изъ трехъ двухшарнирныхъ арокъ съ общими промежуточными подвижными пятовыми шарнирами, но съ отдѣльными опорными стойками.

Особый видъ неразрѣзныхъ арокъ представляютъ изъ себя арки съ повышенной затяжкой (рис. 194) (Haberkaft. Oester. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst. 1901).

Крайніе пролеты имѣютъ полуарки, концы которыхъ соединены затяжкой, не имѣющей отношенія до промежуточныхъ арокъ. Изъ вѣсхъ опоръ только одна неподвижная, а вѣсь остальные—подвижныя въ горизонтальномъ направленіи; на концахъ полуарокъ подвижность можетъ быть достигнута посредствомъ качающихся колоннокъ.

Система соединенія крайнихъ полуарокъ затяжкой примѣнена инж. Résal'емъ и Albu для пѣшеходнаго мостика чер. Сену въ Парижѣ (между мостами Alma и Jena), построеннаго по случаю выставки въ 1900 г. (Génie Civil. 1900, XXXVII, 49; Centralbl. d. Bauv. 1901, стр. 189; Bernhard. Brücken auf der Weltausstellung zu Paris 1900.—Zeit. d. Ver. deuts. Ing. 1900, стр. 1041, 1246; 1901, стр. 700, 721, 787), но въ этомъ мостѣ

средняя арка имѣетъ обѣ опоры неподвижныя, и слѣдовательно, весь мостъ представляетъ собой не одну цѣлую систему (какъ рис. 194), а заключаетъ въ себѣ двѣ совершенно независимыя системы, а именно отдѣльно двухшарпирную арку въ среднемъ пролетѣ и отдѣльно двѣ поларки въ боковыхъ пролетахъ, концы которыхъ соединены затяжкой (фиг. 195); послѣдняя подвѣшена къ средней аркѣ, но распора ея не воспринимаетъ.

Каждая изъ этихъ отдѣльныхъ системъ является одинъ разъ статически неопредѣлимой.



Рис. 196.

Эту систему, примененную въ Парижскомъ мосту, можно видоизмѣнить, а именно во-первыхъ одну изъ опоръ на быкахъ сдѣлать подвижной (рис. 196), а во-вторыхъ, кромѣ того, въ среднемъ пролетѣ устроить шарниръ (рис. 197).

Въ первомъ случаѣ, т. е. безъ шарнира въ среднемъ пролетѣ, получимъ систему, имѣющую всего одну статически неопредѣлимую величину—



Рис. 197.

горизонтальное усиліе въ затяжкѣ, а во второмъ случаѣ, съ шарниромъ въ среднемъ пролетѣ, получимъ систему статически опредѣлимую. Эта система Парижскаго моста, видоизмѣненная въ томъ отношеніи, что одна изъ опоръ на быкахъ подвижная. (рис. 196), применена проф. Кривошеиномъ въ проектѣ моста чер. Тверцу въ Твери *) („О трехпролетной арочной фермѣ съ повышенной затяжкой“ см. статью пр. Кривошеина „Ниж. Журналъ“. 1904 г. № 1). Замѣтимъ еще, что на подобіе Парижскаго моста былъ въ 1906 г. представленъ конк. проектъ „Stahl u. Eisen.“ для моста чер. Фульду въ Касселѣ.

Г. Консольно-арочныя фермы.

Въ многопролетныхъ мостахъ пролеты могутъ быть перекрыты консольно-арочными фермами, при которыхъ уменьшается распоръ на промежуточные опоры; загрузка консоли вызываетъ распоръ обратнаго направленія сравнительно съ распоромъ отъ нагрузки, расположенной между опо-

*) Описание этого проекта будетъ помещено въ Сборникъ С.-Петербургскаго Округа Путей Сообщенія, какъ то намъ любезно сообщено авторомъ проекта.

рами фермы. Консолями снабжаются, какъ двухшарпирныя (м. чер. Рио-Гранде на Тихоокеанской ж. д. въ Коста-Рика. 1902), такъ и трехшарпирныя арки (Троицкій м. чер. Неву въ С.-Петербургѣ 1902,—м. Mirabeau чер. Сену въ Парижѣ 1896, виадукъ чер. Viaur на ж. д. Carmaux-Rodez 1900, м. чер. кан. Elbe-Trave у Mölln 1900, м. Hawk-Street въ Albany (Нью-Йоркъ), причемъ концы консоли или опираются на устоя (м. Mirabeau въ Парижѣ, м. чер. кан. Elbe-Trave у Mölln, м. чер. Рио-Гранде въ Коста-Рика) (фиг. 198) или же на нихъ опираются свободныя фермы (Троицкій м. въ С.-Петербургѣ. виадукъ чер. Viaur, м. Hawk-Street въ Albany) (фиг. 199 и 201). Въ первомъ случаѣ, т. е. когда фермы двухшарпирныя, система дважды статически неопредѣлима; во второмъ случаѣ, при шарпирѣ въ серединѣ пролета, ова статически опредѣлима, почему этотъ типъ консольно-арочныхъ фермъ болѣе распространенъ.

По типу фиг. 198 построенъ м. чер. Рио-Гранде на Тихоокеанской ж. д. въ Коста-Рика съ среднимъ пролетомъ 136,8 ^{mt} и съ консолями длиной 36 ^{mt} (1902) (Engng. 1902 №№ 1921 and. 1923; Изв. Собр. Илж. Пут. Сообщ. 1903 г. № 4).

По типу фиг. 199 построены: а) виадукъ чер. Viaur на ж. д. Carmaux-Rodez съ среднимъ пролетомъ 226 ^{mt} *) и консолями длиной 69,6 ^{mt} (1900) (Ann. d. ponts et chaussées 1899, 1 trimestre, стр. 57 и 4 trimestre, стр. 79; 1901, III стр. 244; Nouv. ann. de la Constr. 1903, стр. 1, Revue générale d. chem. d. fer 1903, № 1; Zeit. d. Ver. d. Ing. 1889, стр. 1120; Centr. d. Bauv. 1891, стр. 115; St. u. Eis. 1899, стр. 1169; б) м. чер. кан. Elbe-Trave у Mölln (безъ подвѣсныхъ фермъ) съ среднимъ прол. 32,25 ^{mt} и консолями длиной 13,43 ^{mt} (1897) (Bernhard. Die Brücken des Elbe-Trave-Kanals. Zeit. d. Ver. deut. Ing. Bd. XXXIX, 1900, стр. 766); это первый консольно-арочный мостъ въ Германіи.

По типу фиг. 200 построенъ м. Mirabeau чер. Сену въ Парижѣ со среднимъ прол. 99,34 ^{mt} и консолями длиной 37,05 ^{mt}, причемъ концы послѣднихъ на устояхъ закрѣплены (1896) (Centralbl. d. Bauv. 1897, стр. 241, 257; Génie Civil XXIX, 17; Engng. news 1896, 12 вбр.; Engineer и Engng. 1896, 19 іюня).

По фиг. 201 построенъ м. Hawk-Street въ Albany (Нью-Йоркъ) съ среднимъ прол. 109,7 ^{mt} и консолями длиной 34,2 ^{mt} (Engng. news 1889, стр. 130; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1889, стр. 1120).

По типу фиг. 226 построенъ Троицкій мостъ чер. Неву въ С.-Петербургѣ со среднимъ прол. 99,29 ^{mt} и консолями длиной 27,97 ^{mt} (1902) (Centralbl. d. Bauv. 1904, стр. 42).

Очертаніе нижняго пояса дѣлается обыкновенно по кругу, но за такое можетъ быть припятъ и перевернутый веревочный многоугольникъ,

*) Въ Европѣ это самый большой пролетъ арочныхъ фермъ; больше этого только пролетъ въ 256 ^{mt} моста чер. Ніагару въ Америкѣ.

определенный отъ нагрузки, увеличивающейся отъ середины пролета къ опорамъ, приблизительно соразмѣрно разстояніямъ между поясами, о чемъ см. статью инж. Bernhard'a „Die Linienführung grosser Eisenbögen“— Centralbl. d. Bauv. 1900, стр. 257.

Укажемъ здѣсь еще на одну новую систему консольно-арочныхъ фермъ, которая въ отношеніи дѣйствія опорныхъ давленій является консольно-балочной; это „возвышенныя арки съ затяжками и съ консолями“. Приводимъ нѣсколько примѣровъ мостовъ этой системы:

1) По фиг. 202 построены мостъ чер. Havel между Spandau и Eiswerder съ среднимъ пролетомъ 75,28 m и консолями длиной 4,71 m (одна панель) (1903) (Zeit. f. Bauw. 1904, стр. 65); этотъ же видъ фермъ предложенъ былъ въ конк. проектѣ „Neckarspitz“ для втораго моста чер. Неккаръ въ Мангеймѣ съ среднимъ пролетомъ 115,2 m (Centralbl. d. Bauverw. 1901).

2) Фиг. 203 представляетъ проектъ ж. д. и шосс. моста чер. Одеръ у Neusalz'a со средн. прол. 100 m и двумя боковыми по 75 m ; длина консолей 12,5 m (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1905).

3) Фиг. 204 представляетъ конк. проектъ „Полярная Звѣзда“ для Дворцоваго моста чер. Неву въ С.-Петербургѣ со среднимъ пролетомъ 130,15 m и консолями длиной 32,66 m (Изв. Спб. Гор. Думы 1903 г. № 35).

4) Фиг. 205 представляетъ проектъ проф. Соловьева, принятый для моста чер. Великую въ Исковѣ и нынѣ разрабатываемый; средній прол. 75 m , длина консолей 20 m .

5) Конк. проектъ (средній прол.) зав. Union шосс. моста чер. Рейнъ между Рурортомъ и Гомбергомъ (фиг. 178) со средн. прол. 203,4 m и консолями длиной 39,25 m (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1904 и 1905).

6) Конк. проектъ проф. Кривошеина для ж. д. моста чер. Волгу въ Казани (фиг. 205¹) съ прол. 185,76 m и консолями длиной 34,88 m (Инж. Дѣло, 1904 № 4).

Выгоды этой системы заключаются въ уменьшеніи напряженій въ возвышенной аркѣ вслѣдствіе присутствія консолей; по отношенію къ арочной системѣ эта система играетъ такую же роль, какъ консольно-балочная система по отношенію къ разрывной балочной. Разсматриваемыя фермы весьма эстетичны и несомнѣнно имѣютъ будущность.

Въ заключеніе укажемъ еще на оригинальный проектъ консольно-арочнаго моста, а именно конк. проектъ Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg для моста въ порту Jackson въ Sydney (фиг. 205²) (Centralbl. d. Bauv. 1901, стр. 70). Здѣсь въ среднемъ пролетѣ величиной 500 m подвѣшена трехшарнирная арка прол. 250 m и потому весь средній пролетъ представляетъ изъ себя пятишарнирную арку, принимая во вниманіе опорные шарниры консолей.

G) Висячія фермы.

Въ многопролетныхъ мостахъ съ висячими фермами пролеты дѣлаются одинаковой величины, или же, что чаще встрѣчается, величина пролетовъ уменьшается отъ середины моста къ устоямъ. Обыкновенно ставится условіе, чтобы распоры для вѣхъ пролетовъ были одинаковыя. Въ виду сего, если вѣ пролеты одинаковой величины, то стрѣлы провѣса дѣи въ нихъ принимаются одинаковыя; если же пролеты различной величины l_1, l_2, l_3 , то должно быть соблюдено условіе

$$H_1 = H_2 = H_3 = \dots = \frac{pl_1^2}{8f_1} = \frac{pl_2^2}{8f_2} = \frac{pl_3^2}{8f_3} \dots = \frac{l_1^2}{f_1} = \frac{l_2^2}{f_2} = \frac{l_3^2}{f_3} \dots$$

гдѣ p — равномерная нагрузка, а $f_1, f_2, f_3 \dots$ стрѣлы провѣса дѣи въ отдѣльныхъ пролетахъ (рис. 221).

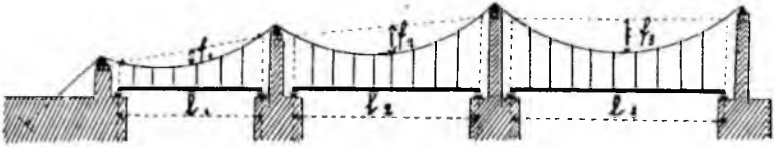


Рис. 221.

Задавшись одной стрѣлой провѣса можно отсюда опредѣлить вѣ остальные.

При этомъ безъ большой погрѣшности можно пролеты фермъ l_1, l_2, l_3 замѣнить горизонтальными разстояніями между осями опорныхъ частей дѣи; конечно, въ такомъ случаѣ стрѣлы провѣса f_1, f_2, f_3 слѣдуетъ измѣрять отъ вершины параболъ до линіи, соединяющей верхушки опоръ (рис. 222).

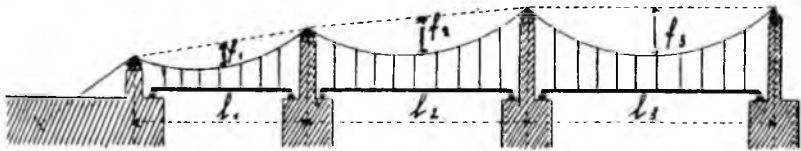


Рис. 222.

На практикѣ часто встрѣчаются висячія мосты съ тремя пролетами, причемъ каждый крайній пролетъ составляетъ половину среднего (рис. 223), а также висячія мосты съ двумя равными пролетами (рис. 224).

Въ первомъ случаѣ

$$l_1 = l_3 = \frac{l_2}{2} \text{ и слѣд. } f_1 = f_3 = \frac{f_2}{4}$$

а во второмъ случаѣ

$$l_1 = l_2 = \frac{l_3}{2} \text{ и слѣд. } f_1 = f_2 = \frac{f_3}{4}$$

Системы висячихъ фермъ, примѣняемыхъ въ многопролетныхъ мостахъ, а также указанія относительно ихъ проектированія, приведены въ отдѣлѣ „однопролетные мосты съ висячими фермами“ (стр. 179).

Здѣсь только въ дополненіе укажемъ на два оригинальныхъ проекта висячихъ мостовъ:

1) конк. проектъ Kőchlin'a для моста чер. Дунай въ Будапештѣ (1894) (Centralbl. d. Bauv. 1894, стр. 445—447).

На фиг. 225, эта система изображена схематически. Она состоитъ изъ двухъ висячихъ консольныхъ треугольныхъ фермъ, между которыми помѣщена свободная ферма. Каждая висячая треугольная ферма состоитъ

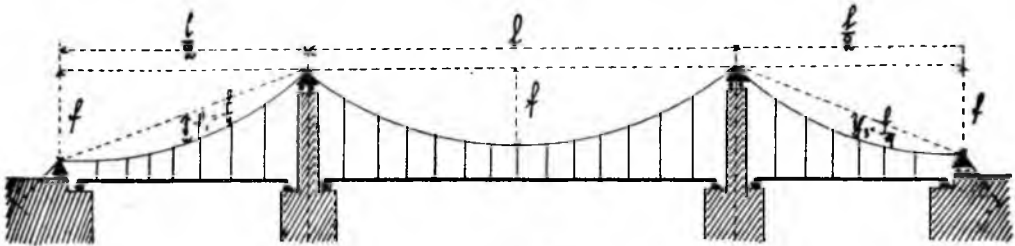


Рис. 225.

только изъ способныхъ сопротивляться изгибу верхняго и нижняго поясовъ, распертыхъ весьма основательными стойками.

Интересное изслѣдованіе этой системы на основаніи начала наименьшей работы произведено Zschetzsche (Centralbl. d. Bauv. 1895, №№ 47 и 48 A).

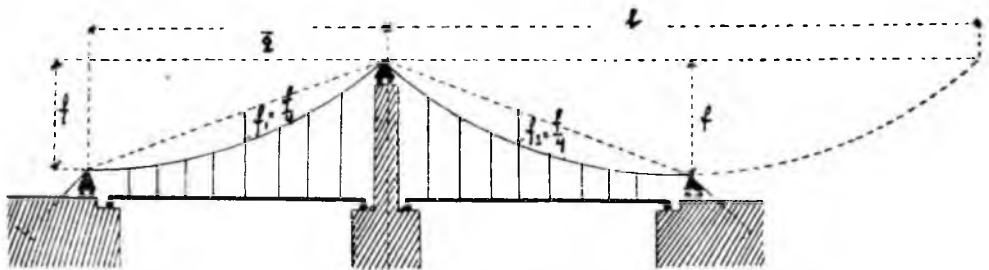


Рис. 224.

2) конк. проектъ Rieppel'a для втораго моста чер. Рейнъ въ Кельнѣ (1898) (Mehrtens. Der deutsche Brückenbau im XIX Jahrhundert. 1900, стр. 20—21) (фиг. 219) Его особенность заключается въ томъ, что концы фермъ не имѣютъ анкерныхъ закрѣпленій, а вмѣсто того нижній поясъ двойной цѣпи въ двухъ мѣстахъ въблизи своихъ высшихъ точекъ схваченъ подъ проѣзжей частью брусомъ, подверженнымъ сжатію. Благодаря этому каждая половина моста по отношенію собственнаго вѣса дѣйствуетъ, какъ консоль и сообразно этому она должна была собираться.

Н. Соединеніе фермъ разныхъ системъ.

Для перекрытія многопролетныхъ мостовъ нѣтъ необходимости примѣнять фермы исключительно одной системы. Весьма цѣлесообразно и эстетично примѣнять въ этихъ случаяхъ фермы нѣсколькихъ системъ. Такъ, напримѣръ, пять пролетовъ можно перекрыть слѣд. образомъ:

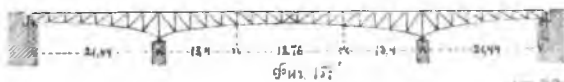
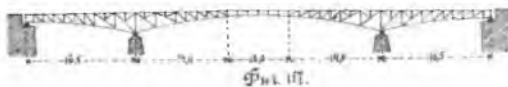
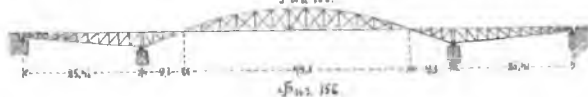
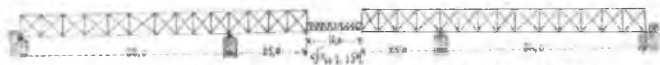
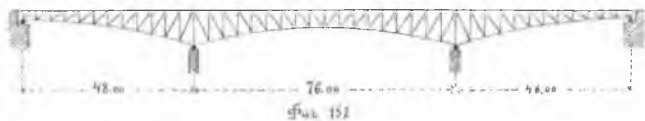
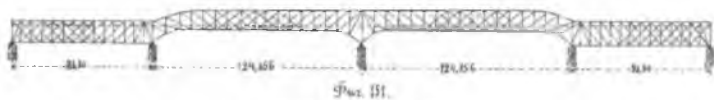
1) Средніе три пролета перекрыть консольно-балочными фермами, а два крайних—разрѣзными балочными; такая комбинація была предложена, напримѣръ, зав. Gutehoffnungshütte и Harkort для шосс. моста чер. Рейнь между Рурортомъ и Гомбергомъ (фиг. 166, 167, 170) (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1904 и 1905).

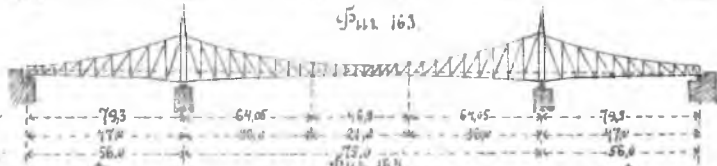
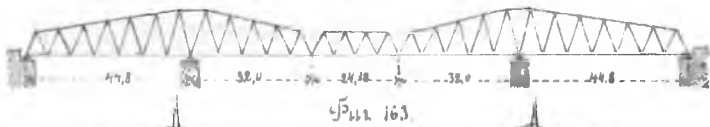
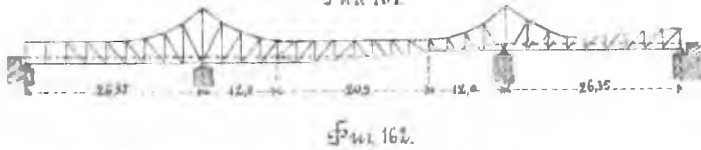
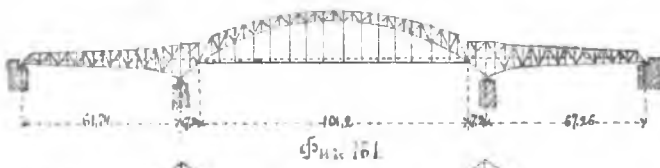
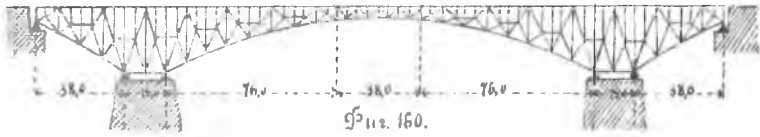
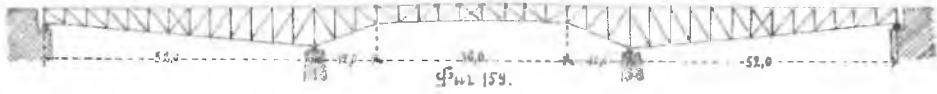
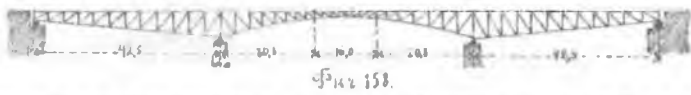
2) Средній пролетъ перекрыть трехшарнирной аркой съ консолями, два крайних—балочными фермами съ консолями, а въ двухъ промежуточныхъ пролетахъ консоли арочныхъ и балочныхъ фермъ соединить балочными подвѣсными фермами (фиг. 226); такая комбинація примѣнена, напримѣръ, въ Троицкомъ мосту чер. Неву въ С.-Петербургѣ (Centralbl. d. Bauv. 1904, стр. 42).

3) Средній пролетъ перекрыть возвышенной аркой съ затяжкой и съ консолями, два крайних—балочными фермами съ консолями, а въ двухъ промежуточныхъ пролетахъ консоли соединить балочными подвѣсными фермами; такая комбинація была предложена, напримѣръ, зав. Union для шосс. моста чер. Рейнь между Рурортомъ и Гомбергомъ (фиг. 179) (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1904 и 1905).

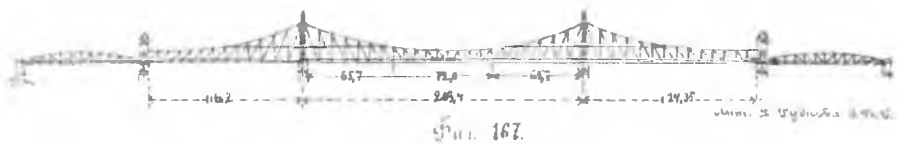
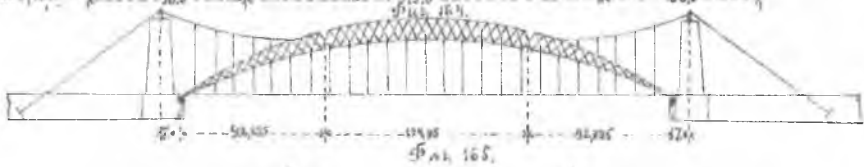
4) Средніе три пролета перекрыть висячими фермами, а два крайних—разрѣзными балочными; такая комбинація предложена, напримѣръ, въ конк. проектѣ „Eisenkette“ для гор. моста чер. Рейнь въ Вормсѣ (фиг. 210) (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1896; Centralbl. d. Bauv. 1896).

Въ заключеніе укажемъ еще, что многопролетные мосты можно перекрыть слѣд. довольно рациональнымъ способомъ: одинъ изъ пролетовъ перекрыть арочной фермой, а остальные—балочными фермами съ прямолинейнымъ нижнимъ поясомъ, причѣмъ всѣ эти фермы связать въ одну систему, а именно смежные концы фермъ соединить такъ между собой, чтобы распоръ могъ передаваться отъ одной фермы на сосѣдную, что достигается, напримѣръ, расположеніемъ шарнировъ смежныхъ фермъ на общемъ нижнемъ балансирѣ, покоящемся на каткахъ; при этомъ на каждомъ устоѣ должна быть неподвижная опора. Въ этомъ случаѣ распоръ арочной фермы будетъ передаваться лишь устоямъ, а всѣ быки будутъ подвержены лишь дѣйствию вертикальныхъ силъ. Если арочная ферма трехшарнирная, то вся система получается статически опредѣлимая; при этомъ арочная ферма ничѣмъ не отличается отъ простыхъ арочныхъ фермъ, а балочныя фермы являются фермами съ вѣшнимъ распоромъ и потому онѣ легче балочныхъ фермъ на горизонтальныхъ опорахъ. Само собой разумѣется, что если выполнено условіе, что на обоихъ устояхъ неподвижныя опоры, а на быкахъ—подвижныя опоры на каткахъ, то безразлично, который изъ пролетовъ перекрыть арочной фермой. Разсмотрѣнная комбинація, насколько намъ извѣстно, предложена проф. Патеномъ („Фермы съ наклонными опорами и выгоды ихъ примѣненія для мостовъ“. Журн. М-ва П. С. 1900 г. кн. I) и пока на практикѣ не применена; намъ она особенно удачной представляется для трехпролетнаго моста, какъ то нами показано на примѣръ—рис. 227.

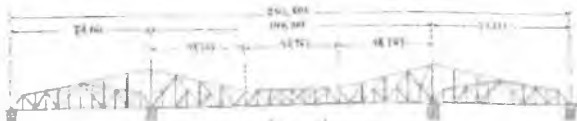




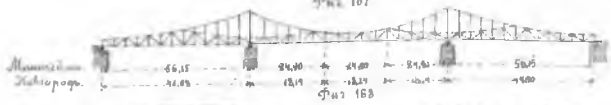
Выя-Камра
Шибен
Кеноб/р/о



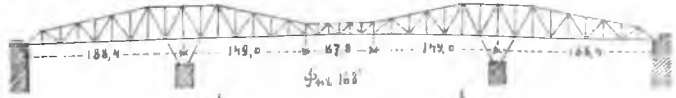
Лин. 25 Выя-Камра Шибен



Фиг. 167



Фиг. 168



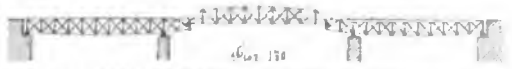
Фиг. 168



Фиг. 169



Фиг. 170

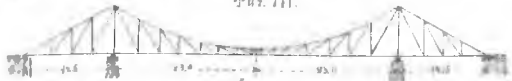


Фиг. 170

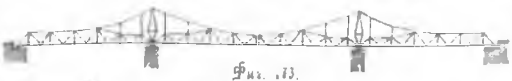


Кривизна
Башня

Фиг. 171



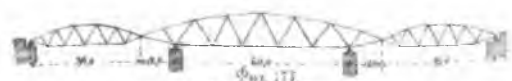
Фиг. 172



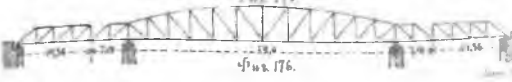
Фиг. 173



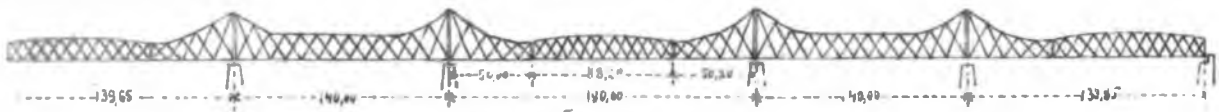
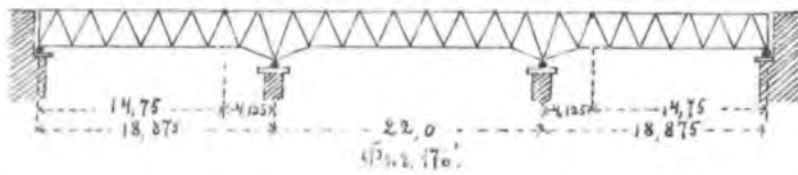
Фиг. 174



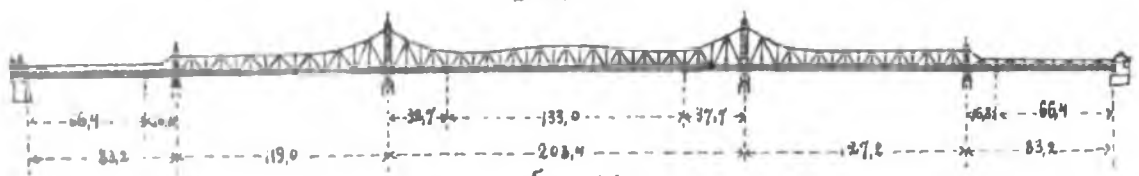
Фиг. 175



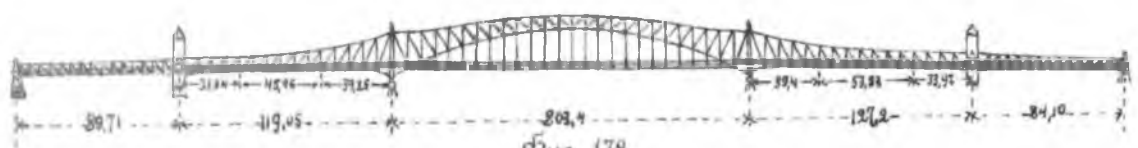
Фиг. 176



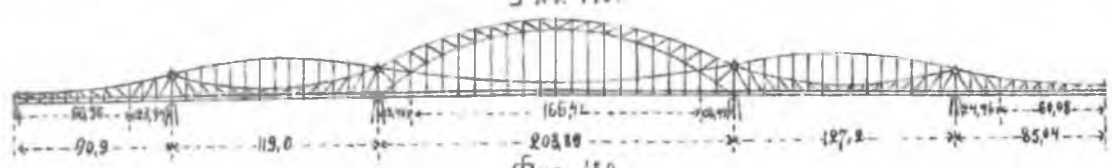
Фиг. 177.



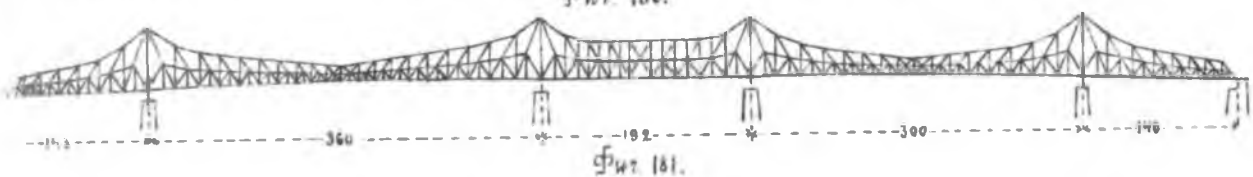
Фиг. 178.



Фиг. 179.



Фиг. 180.



Фиг. 181.



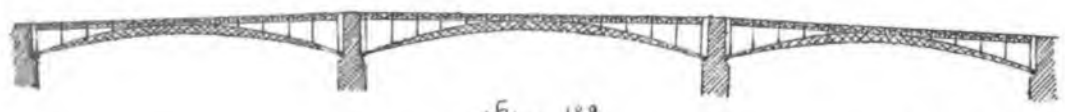
Фиг. 182.



Фиг. 183.



Фиг. 187.



Фиг. 188.



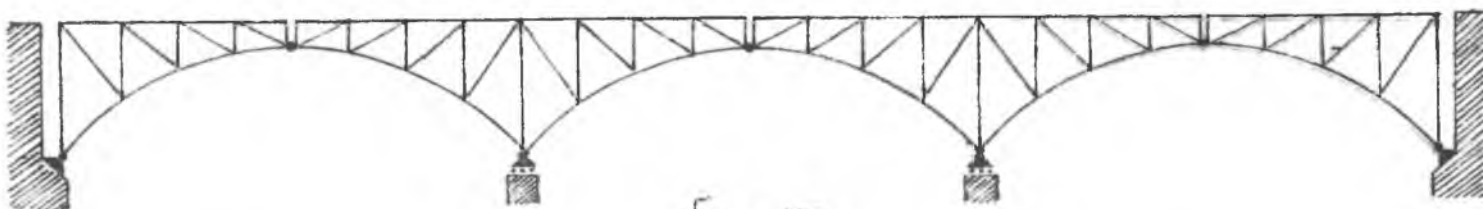
Фиг. 189.



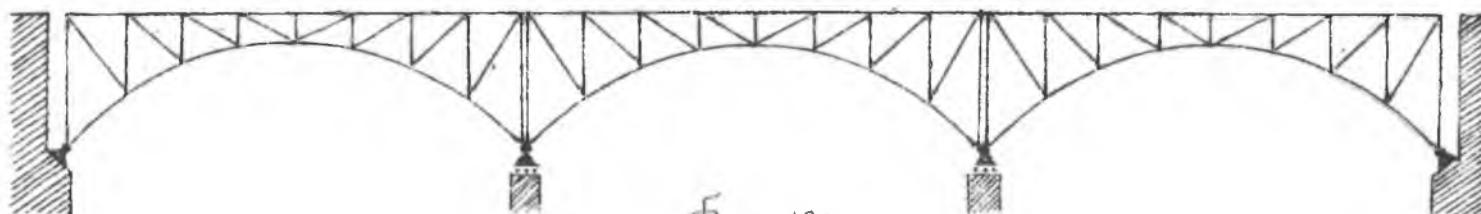
Фиг. 190.



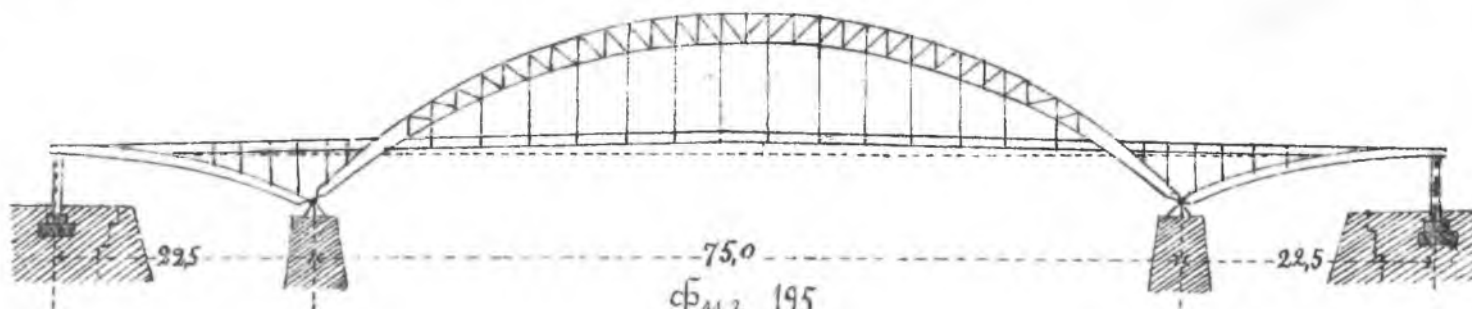
Фиг. 191.



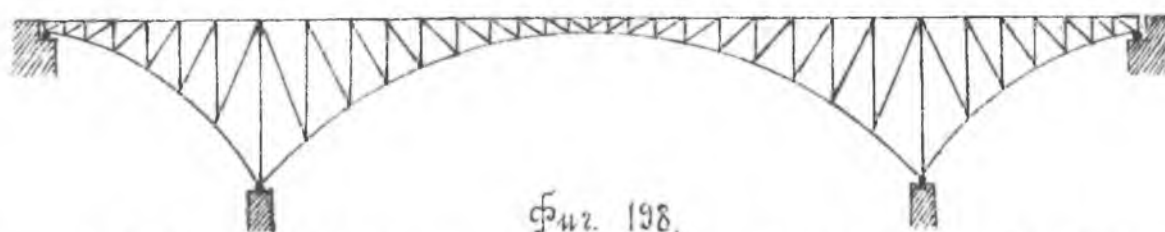
Фиг. 192.



Фиг. 193.



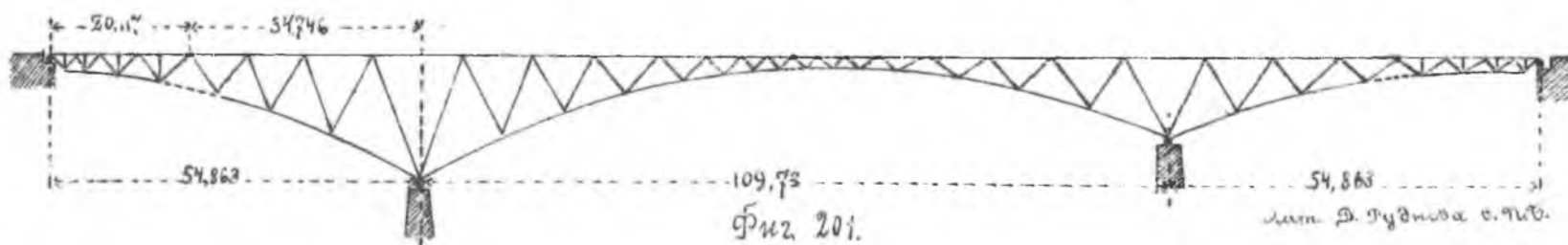
Фиг. 195.



Фиг. 198.



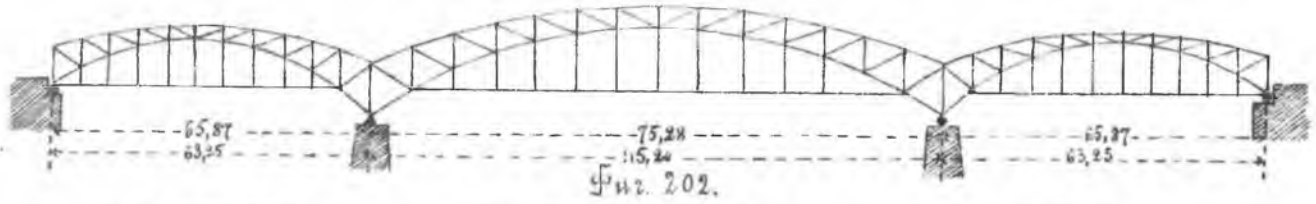
Фиг. 199.



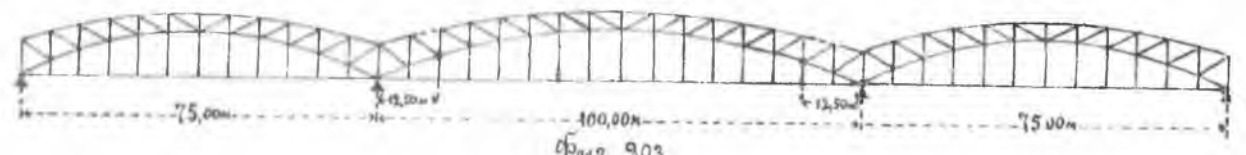
Фиг. 201.

Левин Д. Сырцова 0.9.10.

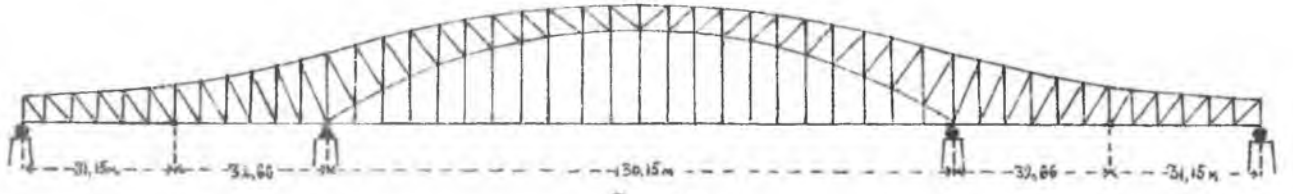
Wansay
Manselaw.



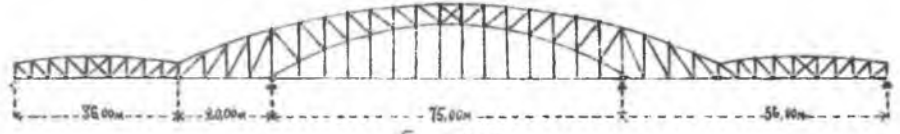
Физ. 202.



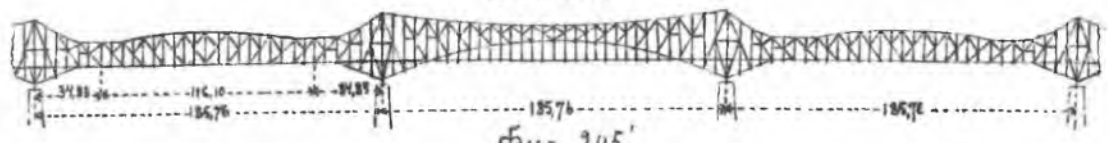
Физ. 203.



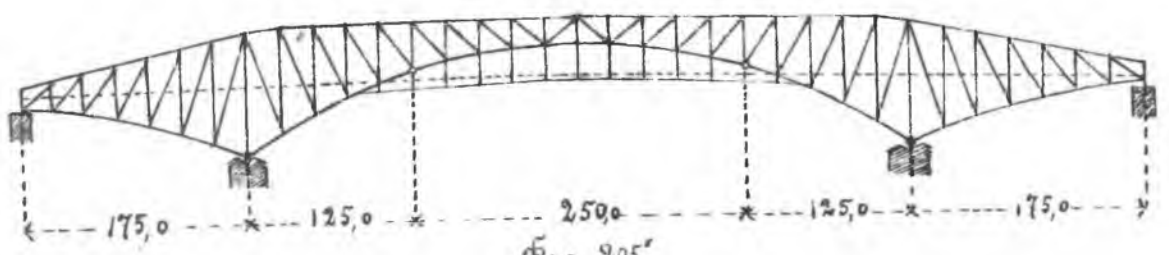
Физ. 204.



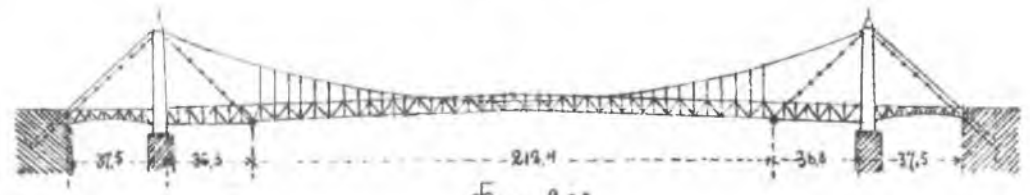
Физ. 205.



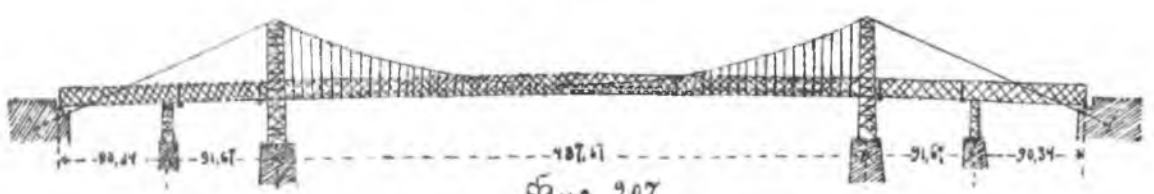
Физ. 205'.



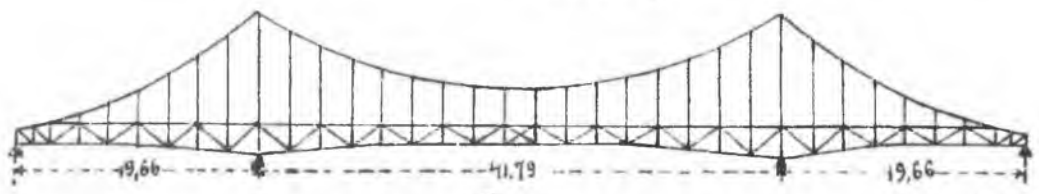
Физ. 205''.



Физ. 206.

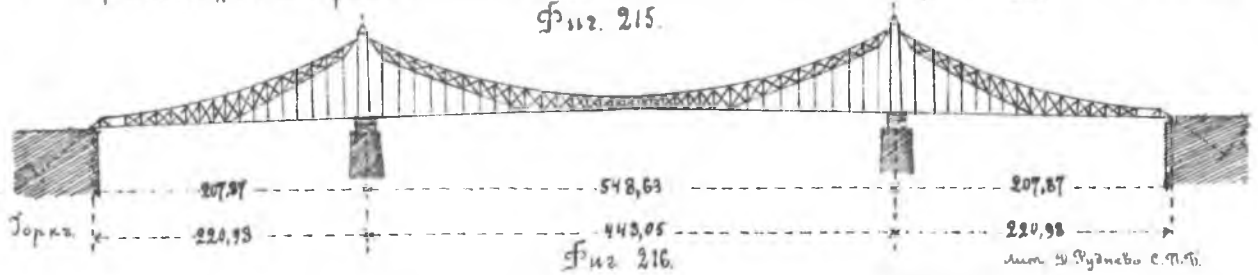
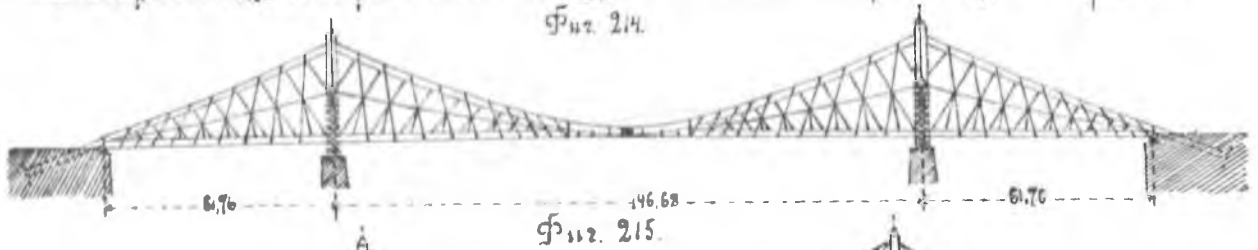
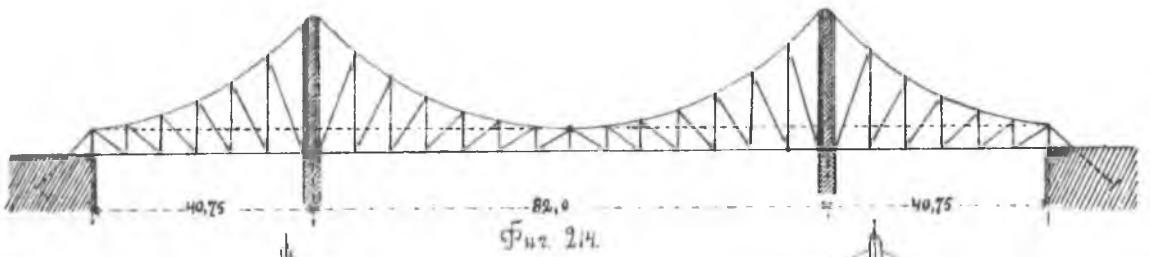
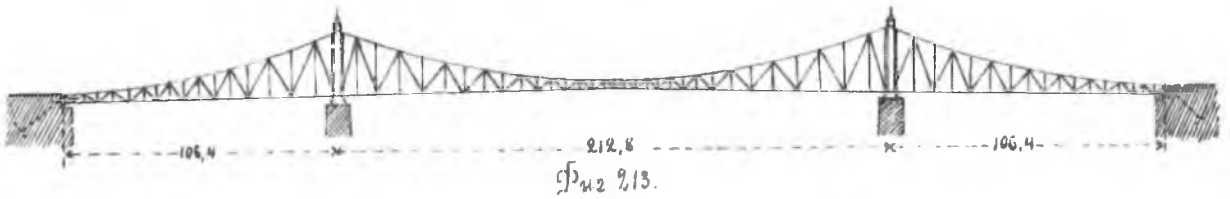
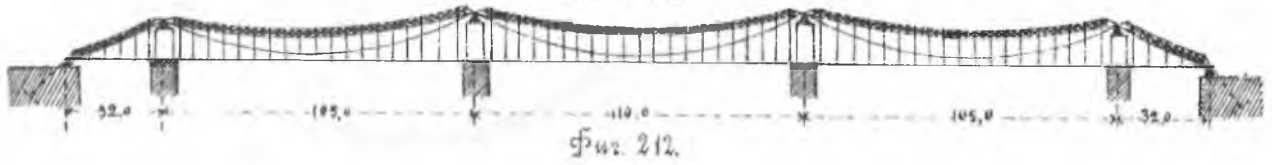
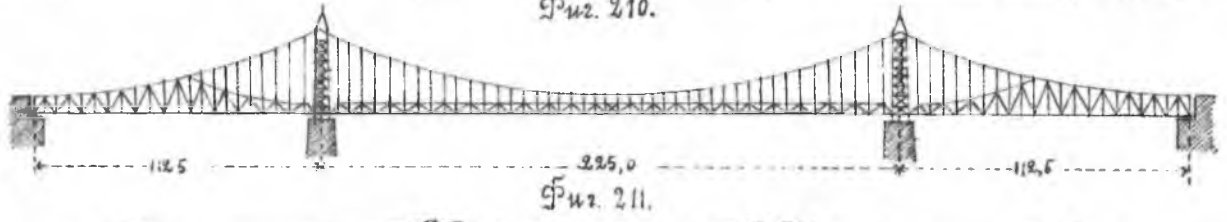
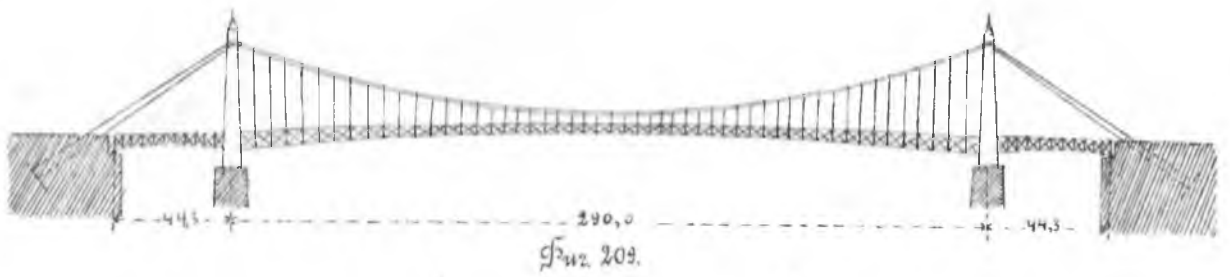


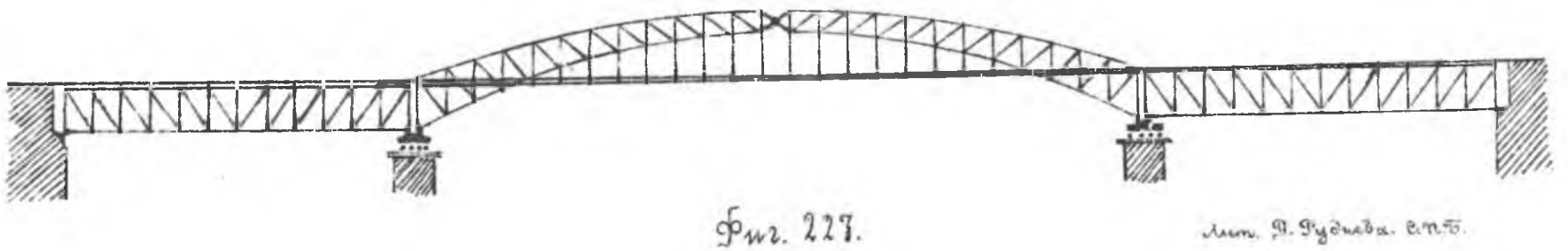
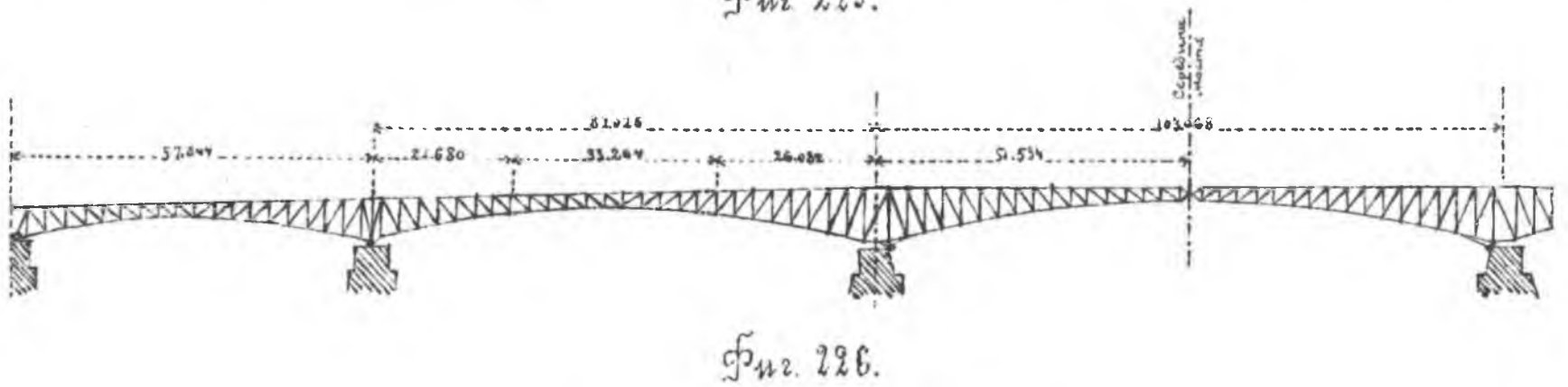
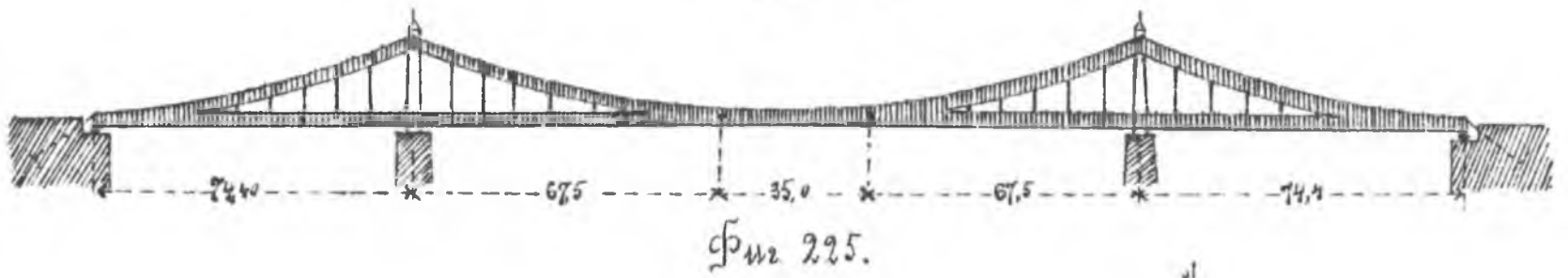
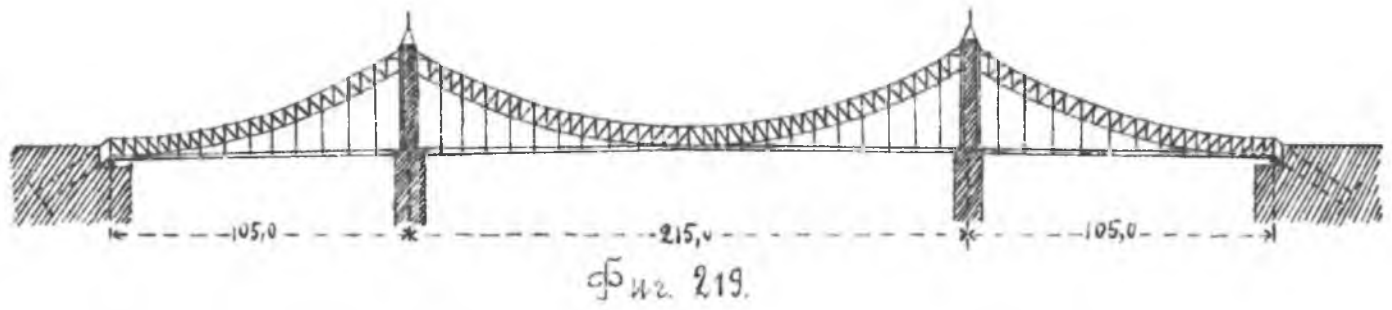
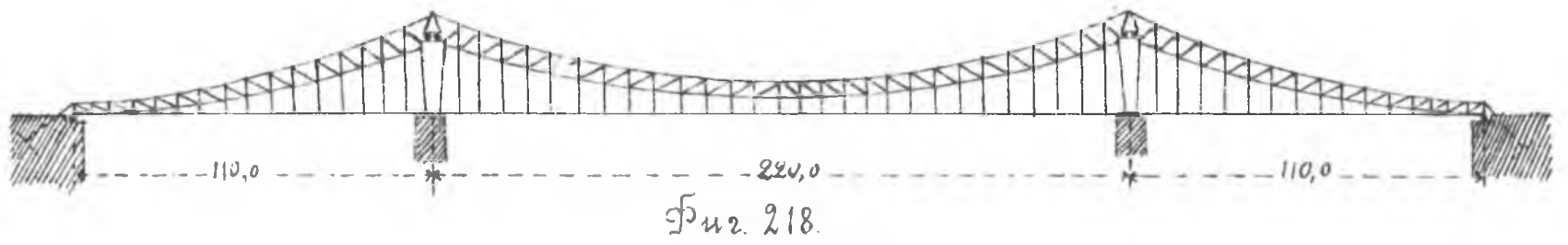
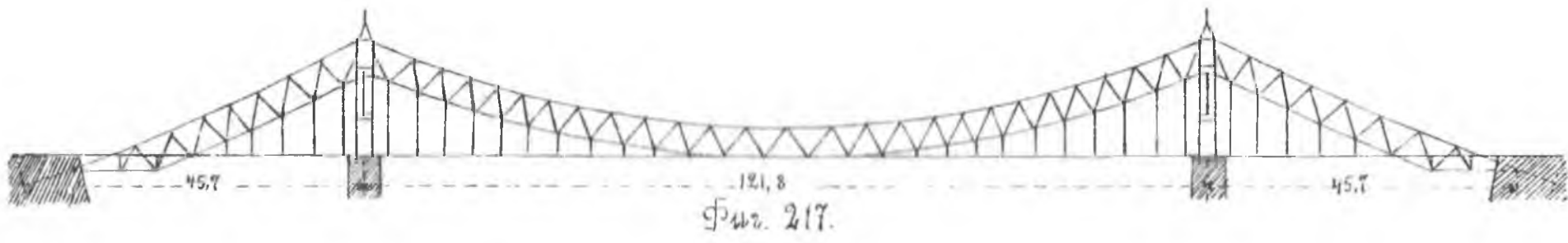
Физ. 207.



Физ. 208.

Лин. и. Дыбенко 2.11.50





Лит. П. Рыжова. В. П. П.