

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.



ИЗДАНІЕ Г. В. ГОЛЬСТЕНА.

С.-Петербургъ, Литейный пр., 28.

1909.



Изданія Книжного 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 въ Электротехнике.

Съ 1500 рис. и 16 раскрашенными таблицами.

Томъ 1. Электрический токъ, его законы и дѣйствія химическая, тепловая и свѣтловая 168 стр. съ 65 рис. Ц. 2 р. Томъ 2. Магнитизмъ и индукція 169 стр. съ 114 рис. и 2 табл. Ц. 2 р. Томъ 3. Абсолютная система единицъ. Изыдьрит. приборы и способы электрич. измѣрений. 264 стр. съ 203 рис. Цѣна 3 р. Томъ 4. Динамомашины и электродвигатели постояннаго тока. 239 стр. съ 142 рис. и 3 раскраш. табл. Ц. 3 р. Томъ 5. Динамомашины 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 переменныхъ токовъ 80 стр. съ 91 рис. и раскраш. табл. Ц. 1 р. Томъ 7. Описание выполненныхъ динамомашинъ и электродвигателей постояннаго и переменнаго токовъ и трансформаторовъ 169 стр. съ 3 раскраш. табл. Цѣна 2 р. 25 к. Томъ 8. Аккумуляторы электрич. тока. 194 стр. съ 174 рисунками. Цѣна 3 руб. Томъ 9. Системы распредел. электрич. тока. 102 стр. съ 89 рис. Цѣна 1 р. 25 к. Томъ 10. Электрические 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. Электрическіе нагреват. и паяльн. приб. Электрич. печи 250 стр. съ 415 рис. Цѣна 3 р. Томъ 12. Электрическ. передача энергии. Электрич. жел. дор. электрич. автом. и лодки. 158 стр. съ 147 рис. Цѣна 2 р. 50 к.

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

Издание закончено.

ШКОЛА

СОВРЕМЕННОГО МЕХАНИКА.

Въ 15 томахъ, составляющихъ одинъ общий томъ съ отдельными атласами.

Переводъ съ нѣмецкаго

Инженеръ С. Ю. Калецкій.

Съ 917 рис. и 10 табл., изъ нихъ 72 въ краскахъ

Томъ 1. Ариѳметика и алгебра Сост. Г. Фи-
вегеръ и А. Бэръ 256 стр. Ц. 2 р. 50 к. Томъ 2. Пла-
ниметрия Сост. Г. Бэръ. 96 стр. съ 1
рис. Ц. 1 р. Томъ 3. Тригонометрия Сост. П.
Кильманъ. 128 стр. съ 1 рис. Ц. 1 р. 50 к.
Томъ 4. Стереометрия Сост. П. Кильманъ 104
стр. съ 53 рис. Ц. 1 р. Томъ 5. Геометрическое
чертеніе и начертательная геометрия. 1 пост. Ф.
Штаде и М. Зейдель. 87 стр. съ 10 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. Гейгемиллеръ. 214 стр. съ 160
рис. Ц. 2 р. Томъ 8. Сопротивление мате-
риаловъ. Сост. Л. Гуммель. 48 стр. съ 10
рис. Ц. 60 к. Томъ 9. Дифференциальное и интеграль-
ное исчисление. Сост. Р. Гейгемиллеръ. 95 стр.
съ 42 рис. Ц. 1 р. 50 к. Томъ 10. Детали ма-
шинъ. Сост. А. Польгаузенъ. 104 стр. съ 51
и 6 табл. Ц. 8 р. Томъ 11. Графостатика.
Сост. П. Кильманъ 19 стр. съ 10 рис. и 1
табл. Цѣна 1 р. 50 к. Томъ 12. Паровые котлы.
Сост. А. Польгаузенъ. 167 стр. съ 27 рис. и 5
табл. Цѣна 1 р. 50 к. Томъ 13. Подъемные ма-
шинъ Сост. А. Польгаузенъ. 80 стр. текста
съ 40 рис. и 4 табл. Цѣна 1 р. 50 к. Томъ 14.
Гидравлические двигатели. Сост. К. Леккерть.
76 стр. съ 63 рис. и 1 табл. Ц. 1 р. 20 к. Томъ 15.
Паровые машины. Сост. Р. Гуммель. 141
стр. съ 71 рис. и 1 табл. Ц. 1 р. 50 к.

Каждый томъ продаётся отдельно. Цѣна все-
го изданія (15 томовъ) 20 р. въ переплѣтѣ
22 р. 50 к. Допускается разсрочка отъ 3 р.
Высылающіе сразу всю сумму 20 руб. за
пересылку не платятъ.

ИЗДАНІЕ ЗАКОНЧЕНО.

ШКОЛА СОВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЯ.

Полный систематический самоучитель по всѣмъ 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 таблиц.

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

Томъ 1: Ариѳметика и алгебра Сост. А. Бэръ. 356 стр. Ц. 2 р. 50 к. Томъ 2: Планиметрия. Сост. А. Бэръ. 96 стр. съ 188 рис. Ц. 1 р. Томъ 3: Тригонометрия Сост. П. Кильманъ. 128 стр. съ 61 рис. Ц. 1 р. 50 к. Томъ 4: Стереометрия. Сост. П. Кильманъ. 108 стр. съ 53 рис. Ц. 1 р. Томъ 5: Физика. Сост. А. Бэръ. Около 72 стр. съ 188 рис. Томъ 6: Механика. Сост. Р. Гейгемиллеръ. 218 стр. съ 160 рис. Ц. 2 р. Томъ 7: Строительная механика. Сост. Л. Гуммель. 166 стр. съ 133 рис. Ц. 2 р. Томъ 8: Графостатика. Важн. свѣд. Сост. П. Кильманъ. Ок. 100 стр. съ 98 рис. и 4 табл. Томъ 9: Проеціонное чер-
ченіе теоріи тѣйн. Составилъ Ф. Глазеръ. Ок. 14
стр. съ 154 рис. 25 табл. отчасти раскраш. Томъ 10: Геодезія. Сост. Ф. Альбертъ. Ок. 27

стр. съ 116 рис. и 4 цветн. табл. Томъ 11: Пер-
спективы. Сост. Ф. Альбертъ. Съ рисунками.
Томъ 12: Каменные сооруженія. Сост. Ф. Шта-
де. Со многими табл. Томъ 13: Деревянные со-
оруженія. Сост. Ф. Штаде. Со многими табл.
Въ двухъ частяхъ, Ч. I. Ц. 2 р. Томъ 14: Ар-
хитектурные формы. Сост. Р. Фогель. Съ 25
табл. 2 р. Томъ 15: Стереотомия. Обработка
камней. Томъ 16: Жѣлезные сооруженія. Со
многими рисунками. Томъ 17: Отопление, вен-
тиляция и освѣщеніе. Сост. Ф. Вильке. 100 стр.
съ 19 рис. и 8 табл. черт. 2 р. 50 к. Томъ 18:
Строительные материалы. Сост. Ф. Альбертъ. Ок.
61 стр. съ 1 раскраш. табл. Томъ 19: Составление
сметъ. Томъ 20: Бухгалтерія. Сост. А. Славин-
скій.

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

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

ОГЛАВЛЕНИЕ.

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
а Экипажный проѣздъ	2
β Тротуары	3
Вѣсъ главныхъ фермъ	5
α Деревянныя пролетныя части	5
β Желѣзныя пролетныя части	6
I Способъ. Опредѣленіе вѣса фермы по сравненію съ существую- щую аналогичною фермою	6
II Способъ. Опредѣленіе вѣса фермы по эмпирическимъ фор- муламъ	10
III Опредѣление 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
А. Пѣшѣходные и скотопрогонные мосты	23
В. Шоссейные мосты на дорогахъ безъ тяжелаго грузового дви- женія (на глухихъ и малопроѣздныхъ шоссе).	24
С. Городскіе мосты и шоссейные мосты на дорогахъ съ тяже- лымъ грузовымъ движеніемъ вблизи городовъ и про- мышленныхъ центровъ.	25
Д. Мосты на грунтовыхъ дорогахъ	31
с) Нагрузка отъ снѣга	31
д) Вертикальные удары	32
§ 2. Горизонтальныя нагрузки (давленіе вѣтра)	33
а) Величина давленія вѣтра	33
б) Расчетная боковая поверхности	34
Сплошныя фермы	34
Сквозныя фермы	35
Проѣзжая часть	37
Подвижная (временная) нагрузка	37
с) Распределеніе давленія вѣтра	38
1) Мосты съ щадою по верху	38

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

B. Допускаемыя напряженія.

§ 1. Литое жељзо	45
1) Для проѣзжей 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 перилъ	54
§ 2. Сталь	55
§ 3. Чугунъ	57
§ 4. Дерево	58
§ 5. Камни, каменчая и кирпичная кладки	60
§ 6. Бетонъ и жељзо-бетонъ	62
C. Коефиціентъ упругости	63

D. Вѣсъ матеріаловъ.

а) Металлы	64
б) Дерево	64
с) Песокъ	64
) Кладки	65
е) Камни	65

II. Даннія относительно основныхъ размѣровъ пролетныхъ строеній и положенія низа формъ.

A. Длина пролетныхъ строеній.

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

B. Высота пролетныхъ строеній.

Сплошные фермы	0
Сквозные фермы	68
1) Балочная фермы	69
а) Фермы съ параллельными поясами	70
б) Параболическая фермы	70
с) Полупараболическая фермы	70
д) Гиперболическая фермы (Шведлера)	71
е) Полигональные фермы	71
ж) Фермы системы Паули	71
з) Фермы системы Лоэ	71

2) Консольно-балочные фермы	72
3) Арочные фермы	72
а) Арочные фермы съ ъздою по верху	72
Деревянные арки	72
Чугунные арки	72
Желѣзные арки	73
б) Арочные фермы съ ъздою по низу	96
4) Консольно-арочные 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
с) Мосты на несудоходныхъ и несплавныхъ рѣкахъ	119

III. Общія указанія.

§ 1. Точность вычисленій при расчетахъ	119
§ 2. Исчислениe точнаго вѣса металлическаго пролетнаго строенія	120
§ 3. Исчислениe 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. Балочные фермы (разрѣзныя)	129
1. Обзоръ балочныхъ фермъ	129
Фермы съ параллельными поясами	130
Фермы съ криволинейными поясами	131
а) Фермы первого класса	131
а) Параболическая фермы	131
б) Гиперболическая фермы	133
в) Фермы Паули	133
б) Фермы второго класса	134
а) Полупараллельные фермы	134
б) Полупарabolическая фермы	135
в) Полигональные фермы	139
д) Эллиптическая фермы	140
е) Круговые и полукруговые фермы	141
т) Фермы Лозе	142

2) Фермы съ вогнутымъ нижнимъ поясомъ	142
Фермы съ виѣшнимъ распоромъ	143
2. Обзоръ рѣшетокъ	144
а) Раскосная системы	144
а) Простая раскосная система	144
б) Полураскосная система	145
в) Составная раскосная система	147
г) Сложная раскосная система	148
б) Рѣшетчатыя системы	149
а) Простая треугольная система	149
б) Составная рѣшетчатыя системы	150
в) Сложная рѣшетчатыя системы	151
с) Безраскосная система	152
3. Заключеніе о балочныхъ фермахъ	153
В. Консольно-балочная фермы съ двумя небольшими свѣсами	154
С. Арочныя фермы	155
1. Обзоръ желѣзныхъ арочныхъ фермъ	155
Жесткія арочныя фермы	157
а) Жесткія арочныя фермы съ распоромъ	157
а) Арочныя фермы, ограничивающіяся предѣлами арки	157
б) Арочныя фермы съ нижнимъ поясомъ арочнымъ и съ	
верхнимъ поясомъ на уровнѣ проѣзжей части	159
б) Желѣзныя арочныя фермы безъ распора	161
Нежесткія арки съ фермой жесткости	165
2. Заключеніе объ арочныхъ фермахъ	166
D. Висячія фермы	167
1. Обзоръ системъ висячихъ фермъ	167
а) Старые висячіе мосты	168
б) Новые висячіе мосты	169
а) Висячіе мосты съ фермами жесткости	169
б) Висячіе мосты съ жесткими стѣнками	171
в) Висячіе фермы съ прямолинейными наклонными	
струнами	175
2. Сравненіе цѣпи съ кабелемъ	176
3. Заключеніе о висячихъ фермахъ	179
Многопролетные мосты	180
A. Балочныя разрѣзныя фермы	180
B. Балочныя неразрѣзныя фермы	181
C. Консольно-балочныя фермы	184
1. Двухпролетные мосты	184
2. Трехпролетные мосты	184
а) Консольныя фермы съ двумя шарнирами въ среднемъ пролетѣ	184
б) Консольныя фермы съ однимъ шарниромъ въ среднемъ пролетѣ	188
в) Консольныя фермы съ шарнирами въ береговыхъ пролетахъ	189
3. Многопролетные мосты	189
4. Заключеніе о консольно-балочныхъ фермахъ	191
D. Арочныя разрѣзныя фермы	192
E. Арочныя неразрѣзныя фермы	193
F. Консольно-арочныя фермы	195
G. Висячія фермы	198
H. 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 равномѣрно 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 шоссейныхъ 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 каждого изъ усилій обоего рода“:

Иногда же съченія сжато—вытянутыхъ частей здѣсь разсчитываются 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 шоссейномъ мостѣ чер. Escaut въ Avelgheim'ѣ (Ізв. Собр. И. П. С. 1905 г. № 9) и въ мостѣ подъ узкоколейную жел. дор. (колеи въ 1 мт.) и подъ обыкновенную дорогу въ Beergingen'ѣ на линіи Diest—Coursel—пролетомъ 20,4 мт. (Ізв. Собр. И. П. С. 1908 г. № 5). Слѣдуетъ указать, что проф. Патонъ въ своей статьѣ „Къ вопросу о безраскосныхъ фермахъ системы Vierendeel“ (Інженеръ 1906 г.) доказываетъ, что для пролетовъ до 21 мт. безраскосныя фермы въ томъ видѣ, какъ онѣ проектируются проф. Vierendeel'емъ, т. е. при затратѣ значительного материала на усиление краевъ отверстій, лишены практическаго значенія, такъ какъ онѣ могутъ быть замѣнены простыми фермами со сплошной стѣнкой безъ лишней затраты материала.

Къ стр. 155. Изъ мостовъ съ єздою 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 описание этого моста помѣщено также и въ „Інженерѣ“ за 1906 г. №№ 2—3.

Къ стр. 187. Въ пунктѣ 3)—„м. чер. Волховъ въ Новгородѣ“ слѣдуетъ добавить, что описание 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: Rixdorf—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	1906	1906
"	116	8 "	$\frac{y}{t} =$	$\frac{y}{f}$
"	122	въ столбцѣ "количество" (dl) $l =$		$(al) l =$
"	127	13 строка снизу	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{1000}$
"	151	14 " "	в) Сложныя . . .	γ) Сложныя

— — —

Предисловіе.

За послѣднее время въ Россіи стала развиваться нѣсколько постройка желѣзныхъ мостовъ подъ 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, Тифлісъ, Псковъ, Нарва и др.). Надо надѣяться, что мостостроительство въ городахъ и впредь будетъ еще больше развиваться.

Однако данныхъ для расчета мостовъ подъ 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 подъ обыкновенную дорогу такихъ техническихъ условій не существуетъ и потому при проектированіи подобныхъ мостовъ пользуются 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 передъ началомъ проектированія моста подъ обыкновенную дорогу приходится раздѣбывать и изучать цѣлый рядъ пояснительныхъ записокъ къ существующимъ уже русскимъ и заграничнымъ мостамъ, просматривать различные курсы мостовъ и справочные изданія (а этого у насъ весьма мало), и при томъ рѣдко удается найти отвѣтъ на всѣ искомые вопросы; кромѣ того довольно трудно и раздѣбывать весь этотъ матеріалъ при существующемъ отношеніи нашихъ городскихъ и земскихъ управъ къ изданіямъ проектировъ мостовъ; вѣдь въ сущности говоря у насъ не изданъ ни одинъ проектъ городского моста, кромѣ моста въ Новгородѣ, изданного С.-Петербургскимъ Округомъ Путей Сообщенія; не только проекты мостовъ не издаются, но рѣдко когда и описание ихъ, хотя бы краткое, помѣщается въ какомъ-либо журнале.

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

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

Настояцій трудъ состоитъ изъ двухъ частей.

I часть содержитъ въ себѣ данные для расчета пролетныхъ строеній и данные 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 подъ обыкновенную дорогу.

При составленіи I части нами приняты во вниманіе новый циркуляръ Управленія внутреннихъ водныхъ путей и шоссейныхъ дорогъ отъ 30 мая 1906 г. № 4729 (Вѣстникъ М-ва П. С. № 10 за 1906 г.) относительно расчетныхъ нагрузокъ для шоссейныхъ мостовъ, новый циркуляръ австрійскаго М-ва внутреннихъ дѣлъ отъ 16 марта 1906 г. (Osterreichische Wochenschrift fr den öffentlichen Baudienst. 1906. Heft 13 и. 15) съ техническими условіями для проектированія мостовъ подъ обыкновенную дорогу съ желѣзными или деревянными верхними строеніями, далѣе циркуляръ прусскаго М-ва публичныхъ работъ 29 апр. 1899 г. съ правилами расчета проѣзжихъ 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 подъ обыкновенную дорогу, наконецъ, техническія условія для расчета мостовъ города С.-Петербургъ, составленныя въ 1905 г. особой комиссией изъ профессоровъ и инженеровъ-мостовиковъ (Извѣстія Собрания Инженеровъ Путей Сообщенія 1905 г. № 11). Послѣднія техническія условія представляютъ по отношению къ мостамъ подъ 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 данные, определенные лично нами практически.

При составленіи II части мы задались цѣлью облегчить нѣсколько вопросъ о выборѣ системы сквозныхъ фермъ и ихъ решетокъ 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: ч.р. Неккаръ въ Мангеймѣ 1887 г. (первый мостъ), ч.р. Дунай въ Буда-Пештѣ 1894 г. (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1894; Centralbl. d. Bauv. 1894), ч.р. Рейнъ въ Боннѣ 1895 г. (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1895; Centralbl. d. Bauv. 1895; Deut. Bauz. 1895), ч.р. Рейнъ въ Вормсѣ 1896 г. (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1896 и 1897; Centralbl. d. Bauv. 1896; Deut. Bauz. 1896), ч.р. Зюдеръ-Эльбу въ Гарбургѣ 1897 г. (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1897), ч.р. Рейнъ бл. Кельна 1898 г. (второй мостъ), ч.р. Неккаръ въ Мангеймѣ (второй мостъ) 1901 г. (Centralbl. d. Bauv. 1901), въ порту Іаксон въ Сиднеѣ (Centrabl. d. Bauv. 1901), ч.р. Рейнъ въ Базелѣ (третій мостъ) 1902 г. (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1902; Centralbl. d. Bauv. 1902), ч.р. East-River въ Нью-Йоркѣ 1902 г. (третій—Манатанскій мостъ) и ч.р. North-River въ Нью-Йоркѣ 1902 г., ч.р. Рейнъ между Рурортомъ и Гомбергомъ 1904 г. (Zeit. d. ver. deut. Ing. 1904 и 1905), ч.р. Волгу въ Казани 1904 г. (Инж. дѣло 1904 г. № 4), ч.р. Одеръ бл. Нейзальца 1904 г. (Zeit d. Ver. deut. Ing. 1905 г.) и наконецъ, для двухъ мостовъ ч.р. Фульду въ Касельѣ 1906 г. (Centralbl. d. Bauv. 1907).

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

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 настѣ обстоятельствамъ онъ появляется изъ печати лишь въ 1908 г. Однако насколько только было возможно мы его при печатаніи пополнили новыми свѣдѣніями за 1906 г., 1907 г. и часть 1908 г., но, конечно, это удалось лишь отчасти. Всякія указанныя настѣ неточности и погрѣшности въ настоящемъ трудѣ будутъ нами приняты съ глубочайшею признательностью.

Инженеръ К. Оппенгеймъ.

Апрѣль. 1908.

І. Данныя для расчета пролетныхъ строеній.

А. Внѣшнія силы, вызывающія усилия въ частяхъ фермъ.

§ I. Вертикальные нагрузки.

а) Постоянная нагрузка.

Постоянную нагрузку составляетъ собственный вѣсъ пролетныхъ частей. Этотъ вѣсъ составляетъ 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 определенія усилий въ ихъ составныхъ частяхъ; въ этомъ случаѣ необходимо предварительно произвести точный разсчетъ проѣзжей части.

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

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

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

Оненгеймъ.

2) Экипажный проездъ.

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

Родъ одежды полотна.	Формула вѣса $\frac{\text{kg.}}{\text{mt.}}$	Принимаемые размѣры частей	Наиболѣе употреби- тельныe раз- мѣры.	Вѣсъ при наиболѣе употреби- тельномъ размѣре.
Двойной досчатый настилъ (сыр.) Оба настила сосновые Оба настила дубовые Верхній настилъ дубовый, а нижній сосновый.	$9 (d_1+d_2)$ $11 (d_1+d_2)$ $11 d_1+9 d_2$	Толщ. верхн. настила $d_1=5-10^e$ толщ. нижн. настила $d_2=7-10^e$	$d_1=6,3^e$ $d_2=10^e$	147 180 160
Двойной смѣшанный настилъ (сырой) Верхній настилъ досчатый дуб- овый. Нижній настилъ брускатый сосновый съ зазорами.		Толщ. верхн. настила $d_1=5-10^e$ разм. брусьевъ $12-20 \times 15-22^e$ Зазоры между брусьями $3-8^e$	$d_1=6,3^e$ брюсья 18×20^e зазоры 7^e	200
Деревянная мостовая (сырая) Дубовые торцы. На деревянномъ сосновомъ настилѣ. То-же съ прослоемъ песка. На слоѣ кирпичнаго бетона покрытаго слоемъ асфальта (литого).	$11 d_1+9 d_2$ $11 d_1+18 d_3+9 d_2$ $11 d_1+16 d_4+18 d_3$	толщ. шашекъ $d_1=10-17^e$ толщ. настила $d_2=7-10^e$ толщ. слоя песка $d_3=5^e$	$d_1=15^e$ $d_2=10^e$ $d_3=5^e$	255 345 357
Сосновые торцы. На деревянномъ сосновомъ настилѣ. То-же съ прослоемъ песка. На слоѣ кирпичнаго бетона покрытаго слоемъ асфальта (литого).	$9 (d_1+d_2)$ $9 (d_1+d_2+2d_3)$ $9 d_1+16 d_4+18 d_3$	толщ. слоя асфальта $d_4=3^e$ толщ. бетона $d_5=6-15^e$	$d_4=3^e$ $d_5=8^e$	225 315 327
Асфальтовая мостовая (прессованный асфальтъ) На слоѣ бетона изъ кир- пичнаго щебня. На слоѣ бетона изъ гранит- наго щебня.	$22 d_1+18 d_2$ $22 d_1+24 d_2$	толщ. асфальта $d_1=4-5^e$ толщ. бетона $d_2=6-15^e$	$d_1=5^e$ $d_2=10^e$	290 350
Каменная мостовая (гранитная) На слоѣ песка (сырого) и на слоѣ бетона, покрытаго слоемъ асфальта (литого).	$24 d_1+18 d_2+$ $+16 d_3+18 d_4$	толщ. камней $d_1=10-18^e$ толщ. песку $d_2=5-8^e$ толщ. асфальта $d_3=2-3^e$ толщ. бетона. $d_4=6-10^e$	$d_1=15^e$ $d_2=6^e$ $d_3=2^e$ $d_4=8^e$	644
Щебеночный слой На метал. настилѣ (безъ вѣса настила) На кирпич. свод. въ 1 кирпичъ * въ 1/2 кирпича	$20 d$ $20 d+600$ $20 d+400$	толщина слоя $d=15-20^e$	$d=15^e$	300 900 700

Весь г₂ металла $\frac{\text{kg.}}{\text{mt.}}$

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

3) Тротуары.

Весь г₃ полотна $\frac{\text{kg.}}{\text{mt.}}$

Устройство полотна.	Принимаемые размѣры.	Наиболѣе употребительные размѣры	Весь при наибольшемъ размѣрѣ.
Одиночный сосновый досчатый настиль (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 настиль въ тротуарахъ примѣняется очень рѣдко.

Устройство полотна.	Принимаемые размеры.	Наибольшие употребительные размеры.	Весь при наибольшем употребительном размере.
То же на плоскомъ желѣзѣ	толщ. желѣза 6—7 m/m толщ. бетона 5с	—	200
Асфальтъ (литой) на дубовомъ настиль 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. плитъ 5—7с	3с 6с	200
Каменные плиты (гранитныя)	толщ. плитъ 8—15с	15с	360

Весь g_4 реберъ $\frac{klg.}{\square \text{ mt.}}$

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

Весь перилъ на 1 пог. метръ длины.

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

Весь желѣзныхъ перилъ:

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

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

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

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

Весь смѣшанныхъ *) перилъ: въ среднемъ 60 klg.

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

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

*) Назъ чугуна и желѣза.

Весь главныхъ фермъ.

Рассмотримъ отдельно деревянныя пролетныя части и желѣзныя пролетныя части.

а) Деревянныя пролетныя части.

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

Послѣдніе для балочныхъ фермъ имѣютъ слѣдующій общий видъ

$$p = (C + F) \frac{klg.}{\square \text{ mt.}}$$

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

C —коэффиціентъ, зависящій отъ нагрузки и конструкціи

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

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

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

Что касается коэффиціента C , то таковой имѣть слѣдующее значение:

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

По Heinzerling'y: $C = 11$.

По Winkler'y:

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.): $C = 11,6—13,4$

Меньшие коэффициенты относятся къ мостовому полотну изъ юсчатааго настила, а большие къ камениой мостовой; при этомъ предполагается, что разстояніе между осями балокъ (фермъ) около 0,8 mt. Съ увеличениемъ этого разстоянія на 0,1 mt. собственный вѣсъ уменьшается на 4%.

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. коэффициенты эти слѣдуетъ уменьшить или увеличить на 3%,

Эта же формула $p=Cl+F$ (съ коэффиц. С 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 1 слѣдуетъ принимать наибольшую длину частей, на которыхъ весь пролетъ фермы раздѣленъ подкосами или подвѣсками, въ арочныхъ же фермахъ за 1 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) Желѣзныя 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 известенъ и которая мало отличается по пролету, по системѣ и по конструкціи; 2) по эмпирическимъ формуламъ; 3) на основаніи теоретического вѣса фермъ, помножая его на конструктивный коэффициентъ ψ ; 4) на основаніи вѣса основныхъ элементовъ фермы, помножая его на строительный коэффициентъ μ .

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

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

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

весь, между темъ какъ нагрузки обѣихъ фермъ разнятся между собой, то можно предположить съ достаточной точностью, что погонный весь проектируемой фермы относится къ погонному всу 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. всъ фермъ	p_0^x	p_0
Пог. всъ 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 разсчитать искомый всъ p_0^x проектируемой фермы, если известны остальныя 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 „коэффиціентъ экономичности“ и на основаніи его опредѣлить всъ пог. единицы проектируемой фермы (безъ связей).

Въ дальнѣйшемъ примемъ слѣд. обозначенія:

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

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

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

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

F^* —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^* —временная нагрузка, исчисленная для проектируемаго строенія, на пог. единицу.

l —расчетный пролетъ существующаго строенія.

l_x —расчетный пролетъ проектируемаго строенія.

K —коэффиціентъ экономичности для существующаго строенія.

а) балочныя фермы:

Для фермъ существующаго строенія, служащаго для сравненія, опредѣляется коэффиціентъ 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

$$p_0^* = \frac{K l_x (F_x + k^*)}{1 - K l_x}$$

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

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

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

б) арочныя фермы:

Для арки и сквознаго заполненія существующаго строенія, служащаго для сравненія, опредѣляется коэффиціентъ экономичности по формулѣ

$$K = \sqrt{\frac{1}{f} \times \frac{6}{R} \cdot \frac{(Ap + Bk)}{p + k}}$$

гдѣ: f —стрѣла подъема арки

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

B —коэф. = 0,0014—0,0020 килограммъ

R —принятое допускаемое напряженіе

а затѣмъ вѣсъ проектируемой арки и сквознаго заполненія 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 вместо K берется

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

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

7) 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 вѣсъ 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 заполненія 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 заполненія между нимъ и цѣпью.

Затѣмъ вѣсъ цѣпи, привѣсныхъ прутьевъ, жесткаго пояса и заполненія 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 слѣдующуя табличку коэффиціентовъ 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. Определеніе 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 всѣ факторы, вліающіе на вѣсъ фермъ.

Общій видъ большинства этихъ формулъ:

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

—постоянныя коэффиціенты; при этомъ члены Cl и C'l² выражаютъ вѣсъ главныхъ фермъ, а F вѣсъ проѣзжей части. Вѣсъ связей иѣкоторые относятъ въ членъ Cl, а другіе въ членъ F. Эти формулы обладаютъ той слабой стороной, что значения коэффиціентовъ C и C'l остаются справедливыми лишь для фермъ данного типа, опредѣленной высоты, при опредѣленномъ коэффиціентѣ допускаемаго напряженія и пр. Къ тому же онъ не вполнѣ точны, ибо законъ измѣненія вѣса при измѣненіи пролета выражается иѣкоторой параболой, а не прямой линіей. Въ виду сего мы этихъ формулъ ниже не приводимъ, а приводимъ только иныя эмпирическія формулы, въ которыхъ вѣсъ пролетныхъ частей выраженъ въ функціи величины пролета, вѣса проѣзжей части, высоты фермы, подвижной нагрузки и коэффиціента допускаемаго напряженія. Этимъ послѣднимъ формуламъ слѣдуетъ отдать предпочтеніе.

2) Разрѣзные и неразрѣзные балочные фермы.

1) Формулы Шведлера.

Обозначаемъ черезъ:

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

к—временную нагрузку на ног. метръ пролета моста по всей его ширинѣ въ тоннахъ

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

l—величину пролета въ метрахъ

h—высоту фермы въ метрахъ

F—допускаемое напряженіе $\frac{\text{tn.}}{\square \text{ mt.}}$ γ —вѣсъ куб. единицы материала моста (куб. метра въ тоннахъ). ψ —конструктивный коэффиціентъ,

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 перазрѣзныхъ 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 коэффиціентъ $\psi = 1,80$ и вѣсъ куб. метра литого жалѣза $\gamma = 7,85 \text{ tn.}$, то вышеприведенные формулы замѣняются слѣдующими:

для разрѣзныхъ фермъ:
съ параллельными поясами

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

съ криволинейными поясами

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

для неразрѣзныхъ фермъ:
средніе пролеты

$$p^{tn} = \frac{FR + 27,55 \text{ kl} \left(0,0642 \frac{1}{h} + 0,5 \right)}{R - 14,13 \text{ l} \left(0,0642 \frac{1}{h} + 0,5 \right)} \text{ на пог. метръ}$$

крайніе пролеты

$$p^{tn} = \frac{FR + 33,06 \text{ kl} \left(0,077 \frac{1}{h} + 0,5 \right)}{R - 16,95 \text{ l} \left(0,077 \frac{1}{h} + 0,5 \right)} \text{ на пог. метръ}$$

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

2) Формулы, основанныя на выражениіи теоретиче-
скаго объема главныхъ фермъ (проф. Николаи).

Обозначаемъ черезъ:

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

k —временнуу нагрузку на пог. метръ пролета моста по всей его
ширинау, 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 $\frac{tn.}{\square \text{ mt.}}$

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

ψ —конструктивный коэффиціентъ.

При этихъ обозначеніяхъ для разрѣзныхъ фермъ съ параллельными поясами.

$$p_0^{tn} = \frac{\psi \gamma \left\{ (F+T) \left(\frac{l^2}{6h} + \frac{3l}{4} + \frac{h}{4} \right) + k \left(\frac{l^2}{6h} + \frac{21}{24}l + \frac{7}{24}h \right) \right\}}{R - \psi \gamma \left(\frac{l^2}{6h} + \frac{3l}{4} + \frac{h}{4} \right)} \text{ на пог. мет.}$$

съ параболическими поясами

$$p_0^{tn} = \frac{\psi \gamma \left\{ (F+T) \left(\frac{2,126l^2}{8h} + \frac{2}{3}h - \frac{4}{9}\frac{h^2}{l} \right) + kh \left(\frac{3l}{h} - 4 \right) \right\}}{R - \psi \gamma \left(\frac{2,126l^2}{8h} + \frac{2}{3}h - \frac{4}{9}\frac{h^2}{l} \right)} \text{ на пог. мет.}$$

Если положить конструктивный коэффициентъ $\psi = 1,80$ и вѣсъ 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) по-

лучимъ окончательно:

$$T^{tn} = 2,33 \left(\alpha h + 2 \right) \frac{1}{R} \text{ на пог. метръ.}$$

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

$$T^{tn} = 1,75 \left(\alpha h + 2 \right) \frac{1}{R} \text{ на пог. метръ.}$$

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

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 теоретического объема главныхъ фермъ, имѣемъ для *въса* p_0 главныхъ фермъ:

для разрѣзныхъ фермъ:

$$P_0 = \frac{\psi \gamma \left\{ \left(F + T \right) \left(\frac{l^2}{6h} + \frac{1}{4} \right) + k \left(\frac{l^2}{6h} + \frac{7}{24} l \right) \right\}}{R - \psi \gamma \left(\frac{l^2}{6h} + \frac{1}{4} \right)}$$

для неразрывных фермъ:

средніе пролеты

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

Крайне профеты

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

Эти формулы выведены Resal'емъ для фермъ со сплошными стѣнками, но онъ можетъ быть применены съ некоторымъ приближеніемъ и для фермъ со сквозными стѣнками.

Полный вѣсъ пролетныхъ частей моста будеть:

$$p = (p_0 + F + T) \frac{t_n}{m t_n}$$

4) Формула Hæseler'a

$$p = \left(\tau_1 + \frac{F+1,25k}{z-1} \right) 1 + F$$

фермы и связи. пропажая
часть

Здесь обозначаетъ:

р—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 1 пог. метръ пролета въ килограммахъ

1—величину пролета въ метрахъ.

т. 1—весь связей, зависящий от пролета, въ килогр. на пог. метръ пролета; т. принимается=3,5

—коэффициентъ, зависящій отъ допускаемаго напряженія R въ $\frac{\text{kg.}}{\text{ct.}}$ отъ высоты фермы h въ метрахъ и отъ длины панели d въ метрахъ

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

5) Сравненіе приведенныхъ формулъ.

Приводимъ вѣсъ пролетнаго строенія, исчисленный по приведеннымъ формуламъ, для слѣдующаго моста: "Мостъ пролетомъ въ 100 mt., дѣль фермы съ паралельными поясами высотою 12,5 mt. ($\frac{h}{l} = \frac{1}{8}$) раскосной системы съ большими панелями: ширина проѣзда 8,5 mt., а общая ширина 2 хъ тротуаровъ 4 mt.; вѣсъ проѣзжей части: въ экипажномъ проѣздѣ 0,6 $\frac{\text{tn.}}{\text{mt.}}$ въ тротуарахъ — 0,3 $\frac{\text{tn.}}{\text{mt.}}$, вѣсъ перилъ — 0,05 $\frac{\text{tn.}}{\text{mt.}}$.

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

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

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

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

$$R = 750 + 2 = 950 \frac{\text{kg.}}{\text{ct.}} = 9500 \frac{\text{tn.}}{\text{mt.}}$$

Исчисленный полный вѣсъ р. 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. Häseler'a	5,35	6,40	—	11,75
По форм. пр. Николаи	5,69	6,40	0,17	12,26

Насколько нами пропрено наиболѣе удачные результаты даютъ формулы H  seler'a и пр. Николаи, каковые и рекомендуемъ.

3) Консольно-балочные фермы (Гербера).

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

$$p_0^{\text{ин.}} = \frac{\psi \gamma \left\{ (F+T) \left[\frac{l^2}{6h} + \frac{1}{4} \right] + k \left(\frac{3,5l^2 + 7lh}{24h} \right) \right\}}{R - \psi \gamma \left[\frac{l^2}{6h} + \frac{1}{4} \right]} \text{ на пог. метр.}$$

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

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

2) Болѣе правильно опредѣлять отдельно 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 разсчетный 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 времененная нагрузка на единицу длины этой фермы. Величина $\frac{(p+k)b}{2}$

есть наибольшее давленіе, передаваемое свободной фермой на конецъ консоли. Указанное увеличеніе пролета въ три или четыре раза обусловливается тѣмъ, что въ балкѣ, закрѣпленной однимъ концомъ, напр. моменты болѣе въ четыре раза, а перерѣзывающія усилія въ два раза противъ наиболѣе 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. Николаи):

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

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

$p_0^{\text{а}}$ —собственный вѣсъ главныхъ фермъ консолей на пог. метръ.

Реб — собственный и въсъ главныхъ фермъ свободнаго пролета на ног. метръ.

ка — временная нагрузка на ног. метръ длины консоли.

κ^b — временная нагрузка на ног. метръ длины свободного пролета.

F—полный вѣсъ проѣзжей части на ног. Метръ длины консоли.

$\phi_7 = 14,13$ (по прежнему)

h—высота консоли въ метрахъ.

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

7) А р о ч и я я ф е р м а.

1) Формулы Кронга,

Обозначаемъ черезъ:

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

k —временную нагрузку на ног. метръ пролета моста по всей его ширинѣ, въ тонахъ.

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

1—полудлина осевой линії арки, въ метрахъ.

—стрѣла подъема, въ метрахъ.

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

R — допускаемое напряжение

γ —весь куб. единицы материала моста (кб. метръ въ тонахъ); для литого желѣза $\gamma = 7,85$ тн.

— конструктивный коэффициент, принимаемый = 1,75.

α —коэффициент, зависящий от коэффициента упругости, расширения металла при изменении температуры и пр.

для желѣза.	$z = 7000$	при единицахъ метръ и тонна.
" чугуна.	$z = 3400$	
" стали	$z = 8000$	

При этихъ обозначеніяхъ:

для арки съ задѣланными пятами

$$p = \frac{6fRF + 1,377K \left(3l^2 + 4f^2 + 3,662 \frac{dl^2}{fR - 2zd} \right)}{6fR - 97 \left(3l^2 + 4f^2 + 4,332 \frac{dl^2}{fR - 2zd} \right)}$$

для арки съ двумя шарнирами

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

для арки съ тремя шарнирами

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

2) Формулы Winkler'a

для арочныхъ фермъ съ тремя шарнирами

Обозначаемъ черезъ:

p' —весь на пог. единицу главныхъ фермъ.

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

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

R_p —допускаемое напряженіе для постоянной нагрузки.

R_k —допускаемое напряженіе для временної нагрузки.

l —пролетъ.

h —возвышение ключеваго шарнира надъ пятовыми шарнирами.

d —разстояніе между ц. т. поясовъ арки.

γ —весь куб. единицы матеріала моста.

ψ —конструктивный коэффициентъ, принимаемый = 1,75.

тогда:

$$p' = \psi\gamma l \left[\left(A_o \frac{1}{h} + B_o + C_o \frac{h}{l} \right) \frac{p}{R_p} + \left(A_i \frac{1}{h} + A'_i \frac{e}{d} + B_i + C_i \frac{h}{l} \right) \frac{k}{R_k} \right]$$

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

а) для арки съ двумя параллельными поясами

$$A_o = 0,125; B_o = 0,02; C_o = 0,25 - 0,33$$

$$A_i = 0,07; A'_i = 0,036; B_i = 0,29 - 0,47; C_i = 0,25 - 0,33$$

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

$$A_o = 0,125; B_o = 0,03; C_o = 0,29 - 0,33$$

$$A_i = 0,078; A'_i = 0,052; B_i = 0,12 - 0,18; C_i = 0,29 - 0,33$$

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

$$A_o = 0,125; B_o = 0,04 - 0,06; C_o = 0$$

$$A_i = 0,125; A'_i = 0,013; B_i = 0,20 - 0,32; C_i = 0$$

г) для арочной фермы съ нижнимъ криволинейнымъ поясомъ, который

соединенъ 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 значение $A_1 \frac{1}{h} + A'_1 \frac{1}{d}$ не должно быть менѣе $0,125 \frac{1}{h}$

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

б) Висячія фермы:

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

Расчитавъ вѣсъ зависимости отъ подвижнаго груза и примѣрно собственнаго вѣса мостового полотна размѣры частей мостового полотна, можно опредѣлить нагрузкѣ, приходящуюся на каждый привѣсный прутъ, которая составится, слѣдовательно, изъ вѣса полотна и подвижной нагрузкѣ.

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

$$p = \omega \times \frac{2 \gamma f}{m^2} \times \frac{m(m+1)(2m+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3}.$$

гдѣ: ω —поперечное сѣченіе прута.

γ —вѣсъ куб. единицы желѣза.

f —стрѣла привѣса цѣпи.

m —число промежутковъ между привѣсными прутьями.

Пренебрегаемъ первоначально собственнымъ вѣсомъ цѣпи; тогда усиліе, дѣйствующее вѣсъ и зависящее отъ вѣса полотна, прутьевъ и подвижной нагрузкѣ.

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

гдѣ: l —пролетъ.

P —вся нагрузкѣ на одну цѣпь.

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

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

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

2) Формула Buschmann'a 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'' — коэффиціенты допускаемыхъ напряженій

l — пролетъ

f — стрѣла провѣса

γ — вѣсъ куб. единицы желѣза

то собственій вѣсъ моста будетъ

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

3) формулы Heinzerling'a:

для пѣшеходныхъ висячихъ мостовъ

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

для висячихъ мостовъ подъ дорогу

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

гдѣ: l — пролетъ въ метрахъ.

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

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

для пролетовъ отъ 60 до 100 mt. 270 до 210 kg.

" " " 100 " 135 " въ среднемъ 290 "

" " " 200 " 475 " " 170 "

III. Способъ. Определеніе вѣса фермы на основаніи ея теоретического вѣса.

Способъ этотъ заключается въ слѣдующемъ. Сперва опредѣляютъ уси-
лія въ элементахъ фермы отъ временної нагрузки и отъ собственаго вѣса
поперечной конструкціи (проѣзжей части въ связей между фермами), каковой
вѣсъ долженъ быть точно и окончательно опредѣленъ до расчета фермъ.
Имѣя эти уси-лія опредѣляютъ теоретическіе вѣса Q каждого отдельного
элемента; для этого опредѣляютъ ихъ теоретическія сѣченія путемъ раздѣ-
ленія наибольшаго опредѣленнаго уси-лія N на основное допускаемое на-
пряженіе R (на растяжение и сжатіе). Такимъ образомъ, обозначая теорети-
ческую длину элемента между центрами узловъ черезъ l , получимъ теоре-
тическій объемъ V элемента.

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

Теоретический же вѣсъ Q элемента будеть

$$Q = \gamma V$$

гдѣ γ — вѣсъ куб. единицы желѣза.

Теоретический вѣсъ всей фермы будеть ΣQ , а дѣйствительный вѣсъ g получится помножая этотъ теоретический вѣсъ на конструктивный коэффиціентъ ψ , т. е.

$$g = \psi \Sigma Q$$

Конструктивный коэффиціентъ ψ опредѣляется эмпирически на основаніи подробнаго исчислениія вѣса существующихъ или проектированныхъ фермъ и составляеть для всей фермы:

$$\begin{aligned} \text{для пролетовъ отъ 20 до 55 mt.} & \dots \dots \dots \psi = 2,00 - 1,85 \\ \text{для пролетовъ выше} & \dots \dots \dots \psi = 1,85 - 1,75 \end{aligned}$$

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 коэффиціентъ по формулѣ: $\psi = 1,353 + \frac{150}{G^o}$, гдѣ g^o — теоретический вѣсъ 1 п. метра моста въ килограммахъ *).

Если извѣстны конструктивные коэффиціенты $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \psi_4$ для верхняго пояса, нижняго пояса, раскосовъ и стоекъ, то лучше опредѣлять теоретические вѣса Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 этихъ частей отдельно и умножить каждый вѣсъ на соотвѣтствующій ему коэффиціентъ ψ .

Тогда полный дѣйствительный вѣсъ фермы будеть

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

Относительно конструктивнаго коэффиціента ψ замѣтимъ: 1) что онъ зависитъ отъ системы фермы, ея конструкціи и пролета; чѣмъ больше пролетъ, тѣмъ менѣе ψ ; 2) что для существующихъ фермъ онъ получается путемъ дѣленія дѣйствительного вѣса па теоретический; 3) что коэффиціентъ ψ для всей фермы не равенъ среднему изъ коэффиціентовъ для поясовъ, раскосовъ и стоекъ.

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

1) ослабленіе сѣченій заклепочными отверстіями.

2) продольный изгибъ при опредѣленіи сѣченій сжатыхъ частей.

3) неизбѣжный запасъ въ сѣченіяхъ вслѣдствіе невозможности математически точно ихъ подобрать.

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

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

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

Этотъ способъ отличается большою точностью, ибо позволяетъ учесть величину и невыгоднѣйшее расположение нагрузки, допускаемая напряженія, высоту и очертаніе фермы, систему ея рѣшетки и др. данныхъ.

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 съченій (двутавровыхъ, трубчатыхъ и др.), узловыя вставки, накладки и прокладки, діафрагмы и прокладки между частями съченія, и наконецъ заклепочные головки.

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

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

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

Если известны строительные коэффиціенты μ_1 , μ_2 , μ_3 , μ_4 для верхняго пояса, нижняго пояса, раскосовъ и стоечъ, то лучше опредѣлять вѣса основныхъ элементовъ g_1 , g_2 , g_3 , g_4 отдельно и умножать каждый вѣсъ на соответствующій ему коэффиціентъ μ .

Тогда полный действительный 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 иѣть, ибо разматриваемый способъ опредѣленія вѣса фермъ имѣеть мало значенія для ихъ расчета;

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

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 наиболѣе точный; IV способомъ приходится пользоваться весьма рѣдко и при томъ только для предварительныхъ расцѣночныхъ вѣдомостей.

b) Временная нагрузка.

Временная нагрузка для расчета мостовъ подъ обыкновенныя дороги принимается или въ видѣ сплошной равномѣрно 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 шоссейныхъ мостовъ даны нѣкоторыя указанія нашимъ М-вомъ Путей Сообщенія о временной нагрузкѣ (Цирк. Управл. Внѣт. Вод. Путей и Шосс. дорогъ 30 мая 1906 г. № $\frac{4729}{125}$), а для проектированія прочихъ мостовъ указаній пѣтъ, но практика выработала у насть 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. Пѣшходные и скотопрогонные мосты.

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

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

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

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

(Мосты металлические и деревянные).

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

Если одежду полотна тротуара составляетъ досчатый настиль, то доски его расчитываются на сосредоточенный грузъ въ 160 klg., что соответствуетъ вѣсу человека съ тяжелой ношой.

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

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

б) одной или двумя средними фурами вѣсомъ 8,2 tn. (500 пд.) для желѣзныхъ мостовъ и одной или двумя легкими фурами вѣсомъ 5 tn. (300 пд.) для деревянныхъ мостовъ и въ свободныхъ мостахъ толпой людей въ 440 $\frac{\text{kg}}{\text{mt}}$ (согласно цирк. Упр. Внут. Вод. путей и шосс. дорогъ

30 мая 1906 г. № $\frac{4729}{125}$).

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

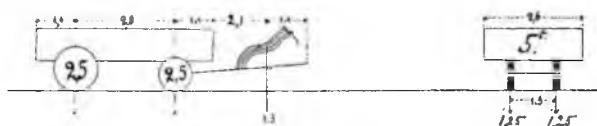


Рис. 1.

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 проездъ загружаются сплошной толпой людей въ 440 $\frac{\text{kg}}{\square \text{mt.}}$, что составляетъ 2.5 $\frac{\text{пд.}}{\square \text{фут.}}$ При пролетахъ же менѣе 20 mt. разматриваются три комбинаціи нагрузокъ:

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

б) экипажный проездъ 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 $\frac{\text{kg}}{\square \text{mt.}}$, каковой нагрузкой загружаются и тротуары.

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

Изъ этихъ трехъ комбинацій принимается невыгоднѣйшая.

4) для расчета перилъ принимается равномѣрно распределенная нагрузка 40 $\frac{\text{kg}}{\text{ног. mt.}}$ (см. дальше).

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

(Металлические и деревянные).

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

Если одежду полотна тротуара составляетъ досчатый ястиль, то доски его расчитываются на сосредоточенный грузъ въ 160 klg., что соответствуетъ вѣсу человѣка съ тяжелой ношой.

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 ~~рамами~~ вѣсомъ 8,2tn (500 пд.) для шоссейныхъ мостовъ (согласно цирк. Упр. Вн. Вод. Путей и Шосс. дорогъ 30 Мая 1906 г. № $\frac{4729}{125}$) и 10tn (610 пд.) — для городскихъ мостовъ, а въ свободныхъ мѣстахъ толпой людей въ 440 $\frac{\text{kg}}{\square \text{mt.}}$ (это установлено для городскихъ мостовъ въ С.-Петербургѣ).

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

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



Рис. 2.

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

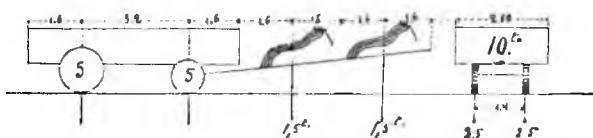


Рис. 3.

жается ни толпой людей, ни фурами (согласно цирк. Упр. Ви. Вод. Путей и Шосс. дорогъ 30 Мая 1906 г. № $\frac{4729}{125}$). Катки не принимаются вѣ расчетѣ 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 парового катка (согласно того же циркуляра).

а) Ковній катокъ,

При употреблении гранитнаго щебня наивыгоднѣйшимъ давленіемъ ненагруженного катка является 4—5tn, и полностью нагруженного катка 8—9tn на пог. метръ ширины цилиндра его; ширина цилиндра вѣ большинствѣ случаевъ бываетъ 1,3tn (варьируетъ между 1 и 1,5mt), такъ что наибольшее давленіе на ось катка составляетъ 10,4—11,7tn. Обыкновенно ограничиваются величиной 10,4tn.

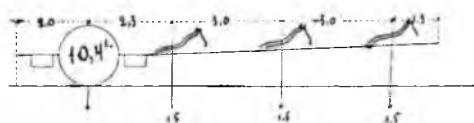


Рис. 4.

Запряжка располагается какъ показано на рис. 4.

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

При расчетѣ шоссейнаго моста черезъ Зушу въ Зарѣчье (1906 г.) конный катокъ принялъ неподгруженныи мѣръ, вѣсомъ въ 5tn при ширинѣ катка 1,30mt, при чмъ 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 цирк. Упр. Вн. Вод. Пут. и Шосс. дорогъ 30 Мая 1906 г. № $\frac{4729}{125}$).

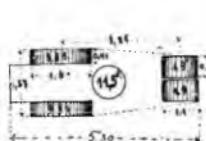


Рис. 5 I.

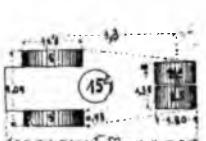


Рис. 5 II

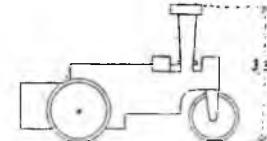


Рис. 5 III.

Иногда расчетъ ведется на катокъ вѣсомъ 11,5tn, а на катокъ вѣсомъ 15tn производится только повѣрка, при этомъ допускается перенапряженіе 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 па 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 18t., а для мостовъ II класса—вѣсомъ 14t. Въ Италіи для расчета шоссейныхъ мостовъ принимаются катки вѣсомъ 17,5tn. (Jorini. Teoria e Pratica della construzione dei ponti, 1905, стр. 41). Въ Германіи принимаются чаще всего катки вѣсомъ 20tn (м. чер. Неккаръ въ Канштадтѣ 1893 г., м. чер. Рейнъ въ Бопнѣ 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) *).

7) Вагонъ конно-желѣзной дороги.

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

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

Ширина колеи конно-желѣзной дороги составляетъ обыкновенно 1,524mt (5 футовъ), такъ что разстояніе между осями рельсъ составляетъ 1,56mt. Величина междопутъя бываетъ 1,52—1,83—2,13mt. (5', 6' и 7'), но чаще всего 1,52mt.

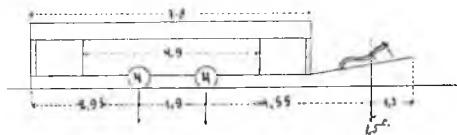


Рис. 7.

б) Вагонъ электрическаго трамвая.

Моторный вагонъ электрическаго трамвая о двухъ осяхъ вѣсить въ груженомъ состояніи 16tn и имѣеть размѣры, указанные на рис. 8.

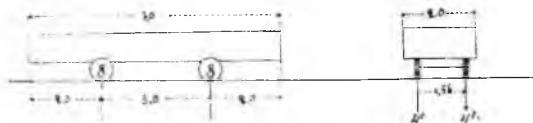


Рис. 8.

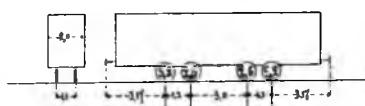


Рис. 9.

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

в) Артиллерійское орудіе.

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

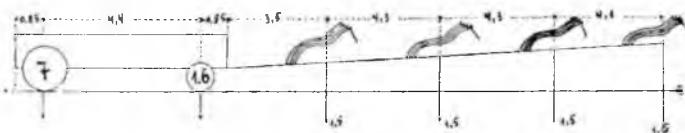


Рис. 10.

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

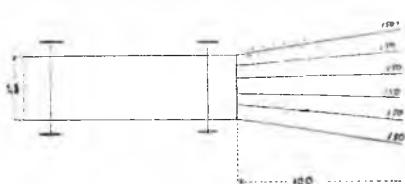


Рис. 11.

при разстояніи между ними въ 2,44mt., ширина хода стапка лафета составляетъ 1,52mt.

Иногда, смотря по мѣстнымъ обстоятельствамъ, вместо среднихъ фуртъ

Это орудіе принято при расчетѣ „Третьяго“ моста чер. Вислу въ Варшавѣ (строится). При расчетѣ строющагося нынѣ моста чер. Вислу у кр. Ново-Георгіевскъ принято самое тяжелое современное крѣпостное орудіе вѣсомъ въ 9,6tn, съ давлениемъ на оси по 4,75tn.,

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

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

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

Название 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. Иркутскѣ (1903 г.)	1 ф. 8,2 ^{tn}
Пятницкій путепроводъ на ст. Смоленскѣ	1 ф. 8,2 ^{tn}
Путепроводъ на ст. Брестѣ	1 ф. 8,2 ^{tn}
Петинскій путепроводъ на ст. Харьковъ-Товарный	1 ф. 8,2 ^{tn}
Путепроводъ для Калужскаго шоссе на Московской Окружной ж. д.	1 ф. 18 ^{tn}

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

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

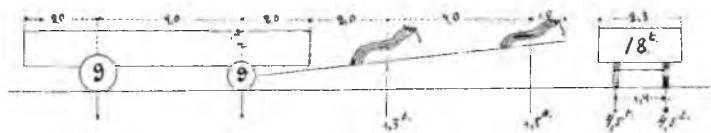


Рис. 12.

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

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

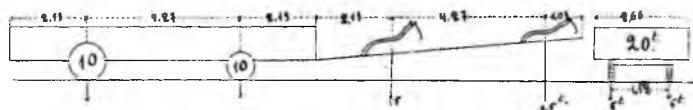


Рис. 13

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

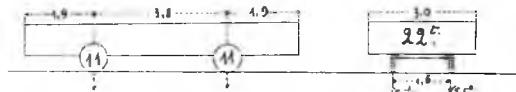


Рис. 14.

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

а для шоссейныхъ мостовъ три комбинаціи:

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

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

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

грузкой загружаются и тротуары (разстояние между краями продольных рядов фурь—0,2mt).

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

Изъ этихъ комбинацій принимается невыгоднѣйшая.

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

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

Hässeler: 50—70 $\frac{\text{kg}}{\text{пог. mt.}}$, Иж. Соловьевъ (мостъ чер. Волховъ)—67

$\frac{\text{kg}}{\text{пог. mt.}}$, Steiner—70 $\frac{\text{kg}}{\text{пог. mt.}}$; наконецъ въ Австріи она принимается—40

$\frac{\text{kg}}{\text{пог. mt.}}$ (цирк. 28 августа 1904 г. и 16 марта 1906 г.), а въ Баваріи—100

$\frac{\text{kg}}{\text{пог. mt.}}$ (цирк. 1 сент. 1905 г.)

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

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 $\frac{\text{kg}}{\text{mt.}}$, а для расчета проѣзжей части—530 $\frac{\text{kg}}{\text{mt.}}$.

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

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 расчетѣ вѣсъ слоя плотно-слежавшагося снѣга толщиной въ 15см.; принимая вѣсъ 1 кб. метра плотнослежавшагося снѣга въ 500kg.,

получимъ нагрузку отъ снѣга въ 75 $\frac{\text{klg}}{\text{m}^2}$; при расчетѣ віадука „Hackerbrücke“ чер. жел. дор. пути въ Мюнхенѣ вѣсъ снѣга былъ принятъ въ 74 $\frac{\text{klg}}{\text{m}^2}$.

d). Вертикальные удары.

Вертикальные удары отъ движения по мосту зависятъ отъ состоянія мостового полотна, отъ скорости движения и пр. и не подлежатъ точному расчету; они покрываются уменьшениемъ коэффиціента допускаемаго напряженія.

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

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

Ударные коэффиціенты α принимаются различные. Для мостовъ подъ обыкновенныя дороги ихъ принимаютъ:

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 — $\alpha = 1,75 - 0,002 \lambda$, где λ — выраженная въ метрахъ длина загруженной части, при общемъ допускаемомъ напряженіи $R_0 = 11 \frac{\text{klg}}{\text{m}^2}$

Проф. Николаи — $\alpha = 1,50 - 0,002 \lambda$ при $R_0 = 10 \frac{\text{klg}}{\text{m}^2}$ или $\alpha = 1,80$ при $R_0 = 12 \frac{\text{klg}}{\text{m}^2}$ *) (тоже и для жел. дор. мостовъ).

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

*) Проф. Николаи это выводить изъ сравненія съ формулой допускаемаго напряженія при статическомъ расчетѣ, указанной нашимъ М-вомъ Пут. Сообщ., а именно: $R = (6,75 + 0,021) \frac{\text{klg}}{\text{m}^2}$. Въ настоящее время предложено въ этой формулы 6,75 замѣнить на 7,50, такъ что данные Пр. Николаи должны нѣсколько измѣниться.

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. Горизонтальные 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 мт., что соответствуетъ давленію вѣтра въ $139 - 276 \frac{\text{кг}}{\square \text{мт.}}$

Проверка 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). Напимъ М-вомъ Путей Сообщенія установлены въ 1884 г. для желѣзодорожныхъ мостовъ слѣдующія нормы для давленія вѣтра („Сводъ распоряженій М-ва П. С. по службѣ пути жел. дорогъ IV Отд. Гл. I § 8): при расположении на мосту временной нагрузки $— 132 \frac{\text{кг}}{\square \text{мт.}}$, что

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

$235 \frac{\text{кг}}{\square \text{мт.}}$, что соответствуетъ $1^{1/3} \frac{\text{ид.}}{\square \text{фт.}}$.

Эти нормы примѣняются обыкновенно и къ мостамъ подъ обыкновенные дороги *); однако для городскихъ мостовъ въ С.-Петербургѣ установлены въ настоящее время давленія вѣтра: $150 \frac{\text{кг}}{\square \text{мт.}}$ — при нахожденіи

на мосту временной нагрузки, и $250 \frac{\text{кг}}{\square \text{мт.}}$ — при отсутствіи на мосту та-
ковой нагрузки.

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

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

	Давление въ		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'я.
Англія (1881).	274	—	Эта норма установлена по-слѣ крушения 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	
Італія.	150	250	
Баварія (цирк. 1 сент. 1905).	150 *)	300	Это нормы Gerber'a.

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

Направленіе вѣтра при расчетахъ мостовъ принимается горизонтальнымъ.

б. Расчетная боковая поверхность.

Сплошные фермы.

За расчетную боковую поверхность, подвергающуюся дѣйствію вѣтра, въ сплошныхъ фермахъ съ Ѣздою по пизу принимается обыкновенно сплошная поверхность передней фермы, при чёмъ давленіемъ вѣтра на заднюю ферму обыкновенно пренебрегаютъ. Проф. Кунинцкій предлагаетъ въ этихъ случаяхъ вводить въ расчетъ давленіе вѣтра на заднюю ферму и принимать боковую поверхность главныхъ фермъ со сплошной стѣнкой, подверженную дѣйствію 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 коэффиціентъ μ опредѣляется въ зависимости отъ разстоянія $"a"$ 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 $\frac{\text{kg}}{\text{mt.}}$

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

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

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

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

a —расстояніе между фермами

n —число фермъ.

Сквозныя фермы.

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

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

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

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

гдѣ Ω —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 высотою (до $\frac{1}{8} 1$) и съ панелями длиною до 4 mt.; для такихъ фермъ ихъ можно считать пригодными. Для фермъ же, проектируемыхъ въ настоящее время высотою до $\frac{1}{6} 1$ 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. Куницкій предлагаетъ вычислять подверженную дѣйствію вѣтра боковую поверхность пролетного строенія со сквозными фермами слѣдующимъ образомъ: а) для передней фермы принимать действительную боковую поверхность поясовъ и ея решетки, б) для задней фермы принимать уменьшенную боковую поверхность поясовъ и решетки, при чемъ коэффиціентъ уменьшения опредѣлять въ зависимости какъ отъ отношенія площади пустотъ въ решеткѣ къ общей площади, ограниченной наружнымъ очертаніемъ фермы, такъ и въ зависимости отъ разстоянія „ a “ между фермами по слѣдующей таблицѣ.

Отношение площади пустотъ въ решеткѣ къ общей площади.

a H.	до 0,40	0,40—0,60	0,60—80	болѣе 0,80
Числа, на которые нужно помножить действительную боковую поверхность задней фермы для получения площади, на которую действует 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 помѣщается между фермами.

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

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

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

Во Франціи, а за послѣднее время и въ Германіи, за расчетную боковую поверхность F сквозныхъ фермъ, подвергающуюся действию вѣтра, принимаютъ действительную поверхность первой фермы Ω_{netto} съ прибавлениемъ действительной 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 $= 0,36 \Omega_{br.}$

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

Въ Швейцаріи площадь F , при расположениі ъзды 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 полныя по наружному контуру площади фермъ первой второй, третьей, F'_m , F''_m , F'''_m 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 дѣйствію 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.

Пробѣжная часть.

Если строеніе пробѣжной части прикрывается сплошными фермами или поясами сквозныхъ фермъ, то оно не принимается въ расчетъ при определеніи боковой поверхности, подверженной дѣйствію 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 прикрывается поясомъ. При отсутствіи на мосту временної нагрузки слѣдуетъ принимать также въ расчетъ боковой поверхности, подвергающейся дѣйствію вѣтра, и боковую поверхность перилъ, высота которыхъ, счи-тая отъ поверхности тротуара, бываетъ отъ 1 mt. до 1,2 mt. (въ Австріи наименьшая высота перилъ установлена въ 1,1 mt.). При этомъ за расчетную боковую поверхность перилъ достаточно принимать 10 % отъ полной поверхности для легкихъ желѣзныхъ перилъ и 40—80 % для фундаментальныхъ чугунныхъ перилъ, смотря по роду заполненія.

Подвижная (временная) нагрузка.

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

Поверхность подвижной нагрузки принимается въ видѣ сплошного 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 указаниямъ нашего Инженерного Совета (журналъ № 91 отъ 1897 г. высота подвижной нагрузки должна приниматься въ 1 саж., т. е. 2,13 mt)

Эта послѣдняя величина припята въ расчетѣ моста чер. Волховъ въ Новгородѣ (1899 г.), „Третьяго“ моста чер. Вислу въ Варшавѣ (строится) и Дворцового и Охтенского мостовъ въ С. Петербургѣ (конк. проекты).

Проф. Чатонъ въ расчетахъ мостовъ чер. Зушу въ Шейнѣ (1903 г.) и въ Зарѣчье (1906 г.) принималъ высоту прямоугольника, замѣняющаго собою подвижную нагрузку, равной 2 mt.; эта же величина 2 mt. принята нами въ расчетѣ моста чер. Нѣманъ въ Гроднѣ (строится), моста чер. Вислу у кр. Ново-Георгиевскъ (строится), путепровода па 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 железнодорожныхъ 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. Фульду въ Касселѣ 19—06 г., Treskow Brücke чер. Шпрее бл. Берлина 1905 г., шосс. м. чер. Рейнъ между Рурортомъ и Гомбергомъ 1904, и др.) Мы полагаемъ, что совершенно достаточно принимать высоту прямоугольника, замѣняющаго собою подвижную нагрузку, равной 2 mt.

с. Распределеніе давленія вѣтра.

1) Мосты съ щадою по верху.

Въ мостахъ съ щадою 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 распредѣляется между послѣдними слѣдующимъ образомъ:

Верхнія горизонтальныя связи расчитываются.

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

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

в) на $\frac{3}{5}$ давленія вѣтра на подвижную нагрузку.

Нижнія горизонтальныя связи расчитываются:

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

б) на $\frac{3}{5}$ давленія вѣтра на подвижную нагрузку.

Пролетныя вертикальныя связи передаютъ отъ верхніхъ горизонтальныхъ связей на нижнія исключительно $\frac{3}{5}$ давленія вѣтра на подвижную нагрузку, находящуюся въ предѣлахъ одной панели (слѣдовательно

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

Опорыя вертикальныя связи, передающія на опоры нагрузку отъ верхнихъ горизонтальныхъ связей, расчитываются на наиболѣшее опорное давленіе этихъ связей.

Указанное, обыкновенно принимаемое, распределеніе на верхнія и нижнія горизонтальныя связи по $\frac{3}{5}$ давленія вѣтра на подвижную нагрузку установлено пачею М-вомъ Путей Сообщенія въ 1884 г. для желѣзодорожныхъ мостовъ („Сводъ распоряженій М-ва И. С. по службѣ Путей жел. дорогъ“ IV отд. Гл. I § 8.), при чёмъ въ виду статической неопределенности конструкціи предписывается принимать на каждыя связи не $\frac{1}{2}$, а $\frac{4}{5}$ давленія вѣтра на подвижную нагрузку. Такое вообще распределеніе давленія вѣтра на подвижную нагрузку норовку 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 соотвѣтствующей 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 иѣсколько 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 прямymi параллельными поясами, при различныхъ типахъ расположенія связей, и вывелъ формулы для вычисленія нагрузокъ, передающихся на связи и главныя фермы отъ дѣйствія эксцентрическихъ силъ, принялъ во вниманіе сложное сопротивленіе верхняго строенія сгибанію и крученію.

Приводимъ здѣсь только формулы, выведенныя 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 будуть (рис. 15):

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

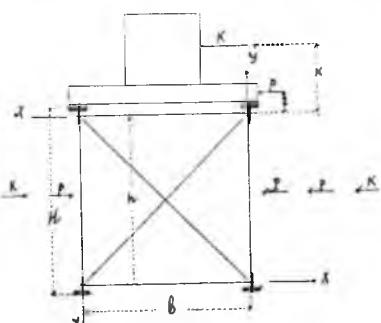


Рис. 15.

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

- R и r — вертикальные разстояния точек приложения сил K и p
 от центра тяжести сечений верхнего пояса;
 h — теоретическая высота фермъ, т. е. разстояние между ц. т.
 сечений поясовъ;
 b — разстояние между осями главныхъ фермъ

Давление P, направление которого проходитъ черезъ ось верхняго строенія, производить 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 па верхнее строеніе центрально, слѣдовательно, также сгибающимъ его, и къ парамъ силъ K—K и p—p съ плечами $R + \frac{h}{2}$ и $r + \frac{h}{2}$.

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

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

Пары силъ K—K и p—p производятъ скручивание 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 па 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:

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

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

Если теперь къ давленію W_o , которое передается въ направлениі 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 направление этихъ силъ, то получимъ, что отъ совокупнаго дѣйствія сгибающихъ и скручивающихъ силъ горизонтальныхъ фермы связей подвергаются слѣдующимъ давленіемъ W на единицу длины въ направлениі дѣйствія вѣтра:

$$\begin{aligned}
 \text{верхняя ферма} & \dots \dots \dots W = W_o + X \\
 \text{нижняя ферма} & \dots \dots \dots W_1 = W_o - X
 \end{aligned}$$

а подставляя сюда значения для W_o 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 нагрузкъ верхнихъ и нижнихъ связей и такимъ образомъ находятся въ противорѣчіи съ формулами, обыкновенно употребляемыми у насъ при расчетѣ связей.

Укажемъ теперь, что вышеприведенная формула, дающая величину давленія Y , передающія отъ дѣйствія вѣтра на вертикальныя фермы, примѣнна лишь для расчета усилій въ частяхъ рѣшетки вертикальныхъ фермъ, а формулы, опредѣляющія нагрузкъ W и W_1 , горизонтальныя фермы, примѣнны лишь для расчета связей. Что касается поясовъ то, такъ какъ они принадлежать и вертикальнымъ и горизонтальнымъ фермамъ, усилія въ нихъ зависятъ лишь отъ силъ, дѣйствующихъ въ плоскостяхъ тѣхъ и другихъ фермъ, отъ дѣйствія же паръ сплѣ $K-K$ 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, проѣзжую часть и подвижную нагрузкъ, 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 па счетъ другой. Эта перегрузка зависитъ отъ передачи на верхнюю оконечность опорной рамы горизонтальнаго давленія отъ верхней горизонтальной фермы и, кромѣ того, отъ перегрузки у вертикальной фермы. Находимъ:

$$V_o = \frac{0,5 WL^1 h}{b} + 0,5 Y L^1$$

гдѣ L^1 —полная длина фермы.

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

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

Роль пролетныхъ вертикальныхъ связей заключается въ передачѣ на нижнія связи части давленія, производимаго вѣтромъ на проѣзжую часть и подвижную нагрузкъ (давленіе P , производимое вѣтромъ на фермы, не оказываетъ никакого влиянія 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 $R = 0$):

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

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

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

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

Слѣдовательно при равенствѣ длины панелей усиляя всѣхъ пролетныхъ вертикальныхъ связей будуть 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 нагрузкѹ 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 дѣйствію вѣтра, а нагрузкѹ верхніхъ связей дѣлается больше суммы $P + p + K$. Въ этомъ случаѣ нижнія связи вредны, ибо ведутъ къ увеличенію напряженія верхніхъ связей (вмѣсто предполагаемаго уменьшения его).

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

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

Приведенныя изслѣдованія Ниж. Зотикова желательно принимать во вниманіе при расчетахъ верхніхъ строеній мостовъ съ юзду по верху и съ прямымъ параллельными поясами.

2) Закрытые мосты съ ъздою по низу.

Въ закрытыхъ мостахъ съ ъздою по низу устраиваются обыкновенно верхнія и нижнія горизонтальныя связи, а равно пролетпія и опорыя вертикальныя рамы. Распределеніе давленія вѣтра между этими связями принципиально обыкновенно слѣдующее:

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

Нижнія горизонтальныя связи расчитываются

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

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

в) на давленіе вѣтра на всю подвижную нагрузку.

3) Открытые мосты съ ъздою по низу.

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

§ 3. Вліяніе температуры.

Вліяніе температуры при расчетѣ балочныхъ мостовъ разсматривается только по отношенію къ движению 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 однѣ части верхняго строенія подвержены непосредственному вліянію лучей солнца, а другія защищены проѣзжей частью или другими выступающими частями, опорныя точки испытываютъ линейное перемѣщеніе и вращеніе, при чмъ 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 —коэффиціентъ линейнаго расширенія матеріала фермы при измѣненіи температуры на 1°C .

t —амплитуда колебаній температуры.

l —расчетный пролетъ фермы въ метрахъ.

Коэффициенты расширения α при измѣненіи темпера туры на 1°C слѣдующіе:

для сварочнаго желѣза	0,0000123
“ литого 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 Виленскіхъ 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 ног. метръ конструкціи изъ литого желѣза:

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

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.

Häseleг 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 септ. 1905 г.).

Обращаемъ вниманіе, что при разсматриваніи вліянія температуры на верхнє строеніе моста нѣтъ надобности принимать въ расчетъ самую высокую наблюдалемую 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. Допускаемыя напряженія.

Допускаемыя напряженія мы приводимъ для наиболѣе употребительныхъ въ мостахъ матеріаловъ, при этомъ считаемъ излишнимъ приводить напряженіе для сварочнаго желѣза, изъ которого въ настоящее время верхнія строенія, мостовъ болѣе пе изготавливаются. Укажемъ только, что допускаемыя напряженія для верхніхъ строеній желѣзодорожныхъ 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% менѣе 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 Вн. Дѣлъ допускаемыхъ коэффициентовъ напряженій литого желѣза для верхнихъ строеній мостовъ подъ обыкновенныя дороги не существуетъ. Мы же рекомендуемъ принимать нижеслѣдующія напряженія, причемъ допускаемыя напряженія для скальванія 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 поддержапія 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 скальваніе 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 смятие стѣнки (по Герберу) . . . $R_u = 2R$ *** = $\begin{cases} 1600 \frac{\text{klg}}{\square \text{ct.}} & \text{кл. б.} \\ 1400 & \text{пр. б.} \end{cases}$

*) Для желѣзодорожныхъ мостовъ это напряженіе установлено въ 750 $\frac{\text{klg}}{\square \text{ct.}}$ (Прик. М-ра Пут. Сообщ. 20 Іюля 1906 г. № 112), а для желѣзодорожнаго моста чеер. 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 примѣнена для проѣзжей части мостовъ подъ обыкновенную дорогу.

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

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

На растяжение и сжатие въ нижнемъ настилѣ полотна (настилъ изъ цилиндрическаго, лотковаго и волнистаго желѣза, изъ желѣза Зоре и Воторена, а также клепаный волнистый настилъ) $R = 700 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$.

Замѣтимъ здѣсь, что въ тротуарахъ основное напряженіе R можно, строго говоря, принимать на $100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ 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_o можно принять $= 12 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$, при чемъ при дѣйствіи одной вертикальной нагрузки сѣченія частей опредѣляются по формулѣ *).

$$\omega = \frac{Np + \alpha Nk}{R_o} \quad (2)$$

гдѣ Np —усиліе въ данной части отъ собственного вѣса строенія
 Nk —усиліе отъ временной нагрузки

α —коэффиціентъ приведенія временной нагрузки къ постоянной, ко-
торый, при $R_o = 12 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$, достаточно принять, по нашему мнѣ-
нію, $= 1,50$.

R_o —основное допускаемое напряженіе на растяженіе.

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

$$\omega = \frac{Np + \alpha Nk + 0,4W}{R} \quad (3)$$

гдѣ W —усиліе отъ дѣйствія вѣтра.

Приводимъ данные о принятыхъ коэффиціентахъ α и напряженіяхъ R_o для нѣкоторыхъ городскихъ мостовъ въ Россіи и заграницей, расчитанныхъ по способу приведенныхъ усилій.

*) Формулу допускаемаго напряженія вида $R = \alpha + \beta l$, преподанную нашимъ М-вомъ П. С. для желѣзнодорожныхъ мостовъ, подъ обыкновенныя дороги не рекомендуемъ примѣнять; примѣненіе ея вообще приводить къ результатамъ неодно-
роднымъ и неодинаковой достовѣрности; кроме того въ случаѣ неразрѣзныхъ фермъ, консольно-балочныхъ, арочныхъ и висячихъ примѣненіе ея становится за-
труднительныемъ и спорнымъ, ибо неизвѣстно, что считать за l . (См. статью пр.
Николая „Объ опредѣлениіи 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 оконч- ания по- стройки	Название рѣки и мѣста.	Принятые.		
		α	R_0	$\frac{\text{klg}}{\square \text{m/m}}$
1900	Чер. Волховъ въ Новгородѣ.	1,75-0,0027*		11,0
1905	Чер. Руссановскій пр. Днѣпра въ Киевѣ	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 („Третій“ м.)	1,65		12,0
Конкурсн. проекты (1902)	Чер. Неву въ С.-Петербургѣ (Дворцовый и Охтен- скій мосты.)	1,65		12,0
1899	Чер. Зюдеръ-Эльбу въ Гарбургѣ	1,50		17,0
1899 конкурсн проекты (1895)	Чер. Рейнъ въ Вормсѣ	1,50		17,50
" 1904	Чер. Рейнъ въ Бониѣ	1,80		15,15
	Чер. Рейнъ въ Рурортѣ	1,20		11,50

Замѣтимъ еще, что для расчета городскихъ мостовъ въ С.-Петербургѣ 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 дѣйствіе одной вертик. нагрузки—12 $\frac{\text{klg}}{\square \text{m/m}}$

б) при расчетѣ на дѣйствіе вертик. нагрузки и измѣненія температуры
отъ—40° до + 40° Цельсія—13 $\frac{\text{klg}}{\square \text{m/m}}$

с) при расчетѣ на дѣйствіе вертикальныхъ силъ и горизонтального
давленія вѣтра—13 $\frac{\text{klg}}{\square \text{m/m}}$

д) при расчетѣ на дѣйствіе вертикальной нагрузки, горизонтального дав-
ленія вѣтра и измѣненія температуры отъ—40° до + 40 Цельсія—14 $\frac{\text{klg}}{\square \text{m/m}}$

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

*) λ —выраженная въ метрахъ длина загруженной части.

напряженіе уменьшается въ зависимости отъ отношенія свободной длины (l) къ наименьшему радиусу инерціи ($r = \sqrt{\frac{l}{\omega}}$), опредѣленному для съченія brutto. Допускаемыя напряженія для сжатыхъ частей рекомендуемъ опредѣлять по формуламъ проф. Tetmajer'a (Die Gesetze der Knickungsfestigkeit der technisch wichtigsten Baustoffe. Zürich. 1896).

Для литого желѣза съ временными сопротивлѣніемъ растяженію не свыше $40 \frac{\text{kg}}{\square \text{m/m.}}$ проф. Tetmajer даетъ слѣдующія величины ломающаго напряженія β въ зависимости отъ отношенія $\frac{l}{r}$:

при $\frac{l}{r} < 105$

$$\beta = \left(31,00 - 0,114 \frac{1}{r} \right) \frac{\text{kg}}{\square \text{m/m.}} \text{ (форм. Тетмайера)}$$

при $\frac{l}{r} > 105$

$$\beta = 212200 \left(\frac{r}{l} \right)^2 \frac{\text{kg}}{\square \text{m/m.}} *) \text{ (форм. Эйлера)}$$

Наибольшее допускаемое напряженіе R , при продольномъ изгибѣ должно быть во столько разъ (n) менѣе ломающаго напряженія (β), во сколько разъ основное прочное сопротивление растяженію R_o менѣе временнаго сопротивленія разрыва T , т. е.

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

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

$$\frac{N}{\omega_u} < R = \frac{R_o}{T} \beta$$

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

при $\frac{l}{r} < 110,1$

$$\beta = \left(33,87 - 0,1483 \frac{1}{r} \right) \frac{\text{kg}}{\square \text{m/m.}}$$

при $\frac{l}{r} > 110,1$

$$\beta = 212790 \left(\frac{r}{l} \right)^2 \frac{\text{kg}}{\square \text{m/m.}}$$

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

отсюда окончательно имѣмъ слѣдующую формулу для повѣрки прочности сжатыхъ частей

$$\frac{T}{\omega^2} \cdot \frac{N}{\omega_n} < R_0. \quad (7)$$

где R_o — основное допускаемое напряжение растяжению = 12 $\frac{\text{kg}}{\text{м}^2}$.

За временное сопротивление Т слѣдует принимать наименьшее допускаемое у насъ временное сопротивление для литого желѣза, а именно 37 $\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ (согласно приказа М-ра Н. С. 8 окт. 1905 г. № 133).

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

Прямые сжатые пояса открытыхъ мостовъ рекомендуется расчитывать по способу, предложенному проф. Ясинскимъ („О сопротивлениі продольному изгибу“. 1893 и 1894.).

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

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

т. е. принимает $R_1 = \frac{1}{2} R_0$).

Въ этой формулы, I и 1 — площадь съченія, моментъ инерціи, расчетная свободная длина, k — коэффиціентъ, опредѣленный на основаніи большаго количества опытовъ съ полосами различныхъ размѣровъ и формъ, по-перечныхъ съченій, и составляющій для желѣза 0,00008. Однако пеизвѣстно, какому желѣзу это соотвѣтствуетъ: по всему вѣроятію это соотвѣтствуетъ 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 коэффиціентъ и можно рекомендовать, если уже пользоваться для литого желѣза формулой Лессля и Шюблера. Кромѣ того въ Америкѣ принимается, что длина скатаго элемента

*) Формула Лессля и Шюблера иногда пишется въ такомъ видѣ

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

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

сквозной фермы не должна превышать наименьшаго радиуса инерции 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 коэффиціентъ уменьшения основнаго напряженія при продольномъ изгибѣ не долженъ быть менѣе 0,64.

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

с) для сжато-вытянутыхъ частей съченія опредѣляются по тѣмъ же формуламъ (2), (3) и (7), но только основное допускаемое напряженіе на растяженіе R_{n+} опредѣляется по формулѣ

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

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

Коэффиціентъ γ принимается различно; такъ по Вейрауху $\gamma = 1 - \frac{1}{2} \frac{\min N}{\max N}$, въ Америкѣ принимаютъ $\gamma = 1 - \frac{1}{3} \frac{\min N}{\max N}$, въ Швейцаріи $\gamma = 1 - \frac{1}{5} \frac{\min N}{\max N}$. Вопросъ о томъ, какой изъ этихъ коэффиціентовъ наиболѣе правиленъ, еще окончательно не решенъ.

Для мостовъ подъ 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.).

строеній слѣд. мостовъ подъ обыкновенныя дороги: Дворцового и Охтенскаго въ С.-Петербургѣ (конкурсные проекты 1902 г.), чер. Нѣманъ въ Гроднѣ (1906 г.), Петинскаго путепровода на ст. Харьковъ-Товарищ (1906 г.), моста чер. Зушу въ Зарѣчье (1906 г.) и чер. Вислу у Кр. Ново-Георгіевскъ (1907 г.).

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

а) наибольшему вытягивающему усилию $max - N$, при чемъ повѣряется по формулѣ

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

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

$$\frac{T}{3} \cdot \frac{\max + N}{\omega_n} < R_m.$$

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 отдельности для каждого изъ усилий обоего рода.

3) 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 коэффиціентъ допускаемаго напряженія непрерывно увеличивается, а именно

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

гдѣ l — расчетный пролетъ въ метрахъ

β — коэффиціентъ $= 0,02$ при дѣйствіи одной вертикальной нагрузки, $\alpha = 0,04$ при дѣйствіи вертикальной нагрузки и вѣтра.

Приказомъ М-ра Пут. Сообщ. 8 окт. 1905 г. № 134 предписано для желѣзнодорожныхъ мостовъ, изготавляемыхъ изъ литого желѣза съ наименьшимъ времененнымъ сопротивленіемъ разрыву въ $37 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{m}}$ *), принимать коэффиціентъ $\alpha = 7,5 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{m}}$.

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.

а) при действии одной вертикальной нагрузки

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

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

б) при совмѣстномъ действии вертикальной нагрузки и вѣтра

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

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

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

Эти нормы напряженій, установленные для желѣзодорожныхъ мостовъ, принимаются у насъ часто и для мостовъ подъ обыкновенные дороги.

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

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

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

Замѣтимъ здѣсь, что въ Австріи (цирк. 28 авг. 1904 г. и 16 марта 1906 г.), хотя менѣшій 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:

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

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

Въ неразрѣзныхъ сплошныхъ фермахъ въ участкахъ съ перемѣнною 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 усилиямъ, можетъ вестись и расчетъ сѣченій сплошныхъ фермъ по приведеннымъ моментамъ, при чмъ сѣченія опредѣляются по формулѣ: $\omega_n = \frac{Mp + \alpha M_k}{R}$, гдѣ M_p — моментъ отъ

постоянной нагрузки, M_k — момент от временной нагрузки, α — коэффиц. приведения, R_o — основное допускаемое напряжение на изгиб. Данные о R_o и α указаны выше при разсмотрѣніи допускаемыхъ напряженій для сквозныхъ фермъ (стр. 47).

4) для главныхъ фермъ висячихъ.

Допускаемое напряженіе желѣза принимается:

а) въ подвѣсныхъ и удерживающихъ цѣпяхъ

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

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

при этомъ наименьшее временное сопротивление разрыву допускается 37 $\frac{\text{kg}}{\square \text{m/m.}}$ (согласно приказа М-ра И. С. 8 Окт. 1905 г. № 133).

5) для связей.

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

$$R'_o \text{ принимается } 11 = \frac{\text{kg}}{\square \text{m/m.}}$$

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

$$R'_{\infty} = 7,5 + 0,041 \frac{\text{kg}}{\square \text{m/m.}}$$

$$\text{или правильнѣе } R'_{\infty} = 8,0 + 0,041 \frac{\text{kg}}{\square \text{m/m.}}$$

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 изготавляются изъ сварочнаго или изъ литого желѣза *).

* Въ Россіи заклепки дѣлаются обыкновенно изъ сварочнаго желѣза во избѣженіе пережиганія, несмотря на то, что фермы дѣлаются теперь исключительно изъ литаго желѣза. Въ Австріи это не рекомендуется, а предписано дѣлать заклепки изъ одинакового съ пролетнымъ строеніемъ материала (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, приимаются одни и тѣ же для обоего рода заклепокъ.

Допускаемыя напряженія на перерѣзываніе слѣдующія:

a) въ проѣзжей части

- въ обыкновенныхъ соединеніяхъ:
- въ прикрепленіяхъ балокъ проѣзжей части между собою, къ главнымъ фермамъ, къ подвѣскамъ и стойкамъ, а также въ прикрепленіяхъ подвѣсокъ и стоекъ, служащихъ для поддержанія проѣзжей части, къ главнымъ фермамъ:
- въ прикрепленіяхъ настила изъ плоскаго, цилиндрическаго, лотковаго желѣза къ ребрамъ проѣзжей части, а равно въ соединеніяхъ клепаннаго волнистаго настила:

b) въ главныхъ фермахъ сквозныхъ

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

для сжато-вытянутыхъ частей— $0,8 R_s$ $\left| \text{гдѣ } R_s = \left(1 - \frac{1}{3} \frac{\min N}{\max N} \right) R_z \right|$

c) въ главныхъ фермахъ сплошныхъ

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

d) Въ связяхъ

для вытянутыхъ и сжатыхъ частей $\left| \text{связей верхняго строенія со сквозными фермами} = 0,8 R'_s \right.$

для сжато-вытянутыхъ частей $\left| \text{связей верхняго строенія со сквозными фермами} = 0,8 R'_{ss} \right.$

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

7) для перилъ.

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

*) Техническія условія на заклепочное желѣзо для мостовъ установлены приказомъ М-ра П. С. 3 дек. 1899 г. № 146, при чмъ они дополнены цирк. Управ. жел. дорогъ 11/12 дек. 1901 г.

§ 2. Сталь.

Сталь въ мостовомъ дѣлѣ паходитъ главное примѣненіе въ опорныхъ частяхъ, въ шарнирахъ (при чемъ па катки и шарниры идеть 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. чес. Миссисипи въ С. Луи 1874, м. Имп. Александра III чес. Сену въ Парижѣ 1900, Вашингтонскій м. чес. Harlem въ Нью-Йоркѣ 1879).

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

—на растяженіе и сжатіе при изгибѣ въ балансирахъ и подушкахъ	1000	$\frac{\text{kg}}{\text{st.}}$
—на смятие въ цилиндрическихъ шарнирахъ—350	$\frac{\text{kg}}{\text{ст. діам. сеч. шарнира.}}$	
—на смятие въ каткахъ	40	$\frac{\text{kg}}{\text{ст. діам. сеч. катка.}}$

При расчетѣ опорныхъ частей по формуламъ Герца допускаемое напряженіе на смятие R_d (въ вершинѣ катковъ и шарнировъ) принимается въ $\frac{\text{kg}}{\text{st.}}^*$).

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 $R_d = \sqrt{1,92 G}$, а для цилиндрическихъ— $R_d = \sqrt{1,32 G}$, где G —пределъ упругости.

Въ слѣдующей таблицѣ указаны напряженія, принятые у насъ въ нѣкоторыхъ новѣйшихъ мостахъ, а также напряженія, принимаемыя нѣкоторыми нашими профессорами.

* Е. Патонъ. Желѣзные мосты Т. II.

	Растяжение и сжатие при изгибе.	Смятие въ шарнирахъ.	Смятие 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 Седлецъ-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 Зарѣчье (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. Куницкій	600	—	—
Пр. Проскуряковъ	635—760	—	30
Пр. Патонъ	635—760	250—350	30—35

Въ стальныхъ проволочныхъ канатахъ висячихъ мостовъ прочное сопротивление стали принимается:

а) въ подвѣсныхъ и удерживающихъ канатахъ

при малыхъ пролетахъ — $\frac{1}{5}$		временного сопротивления разрыву
при большихъ пролетахъ — $\frac{1}{4}$		

в) въ подвѣскахъ	при малыхъ пролетахъ — $\frac{1}{15}$	временного сопротивления разрыву
	при большихъ пролетахъ — $\frac{1}{10}$	

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

Такъ, напримѣръ, принято временное сопротивление стальной проволоки:

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

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

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

3) въ м. чер. Рону у Йонсъ-Невроза (1904 г.)—150 $\frac{\text{klg}}{\square \text{m/m}}$

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

§ 3. Ч у г у н ь.

Чугунъ въ былое время употреблялся въ мостахъ подъ обыкновенныя дороги или въ главныхъ фермахъ арочныхъ мостовъ или въ нижнемъ настилѣ мостового полотна въ видѣ плитъ (Николаевскій мостъ въ С.-Петербургѣ), 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 балансирныхъ опорныхъ частяхъ, то только въ самыхъ балансирахъ и нижнихъ подушкахъ, а шарниры и катки въ этомъ случаѣ изготавливаются изъ стали.

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

Таковыя у насъ обыкновенно принимаются слѣдующія:

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

При расчетѣ опорныхъ частей по формуламъ Герда допускаемое напряженіе на смятие R_d (въ вершинѣ катковъ и шарнировъ) принимается въ $\frac{\text{klg}}{\square \text{et.}}^*$.

Родъ касанія.	Мягкій чугунъ $G = 2000$	Твердый чугунъ $G \geq 2600$
---------------	-----------------------------	---------------------------------

Свободное касаніе

цилиндръ 2600 3400

шаровъ 3800 5000

Плотное касаніе 1000 1300

*) Е. Шатонъ. Желѣзные 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

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

2) при проверкѣ сѣченій на совокупное дѣйствіе вертикальной нагрузки и вѣтра въ сквозныхъ фермахъ напряженія, допущенные для определенія 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 выше 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 коэффиціентовъ 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 желѣзодорожныхъ мостахъ при расчетѣ таковыхъ на дѣйствіе одной вертикальной нагрузки.

Допускаемыя напряженія $\frac{\text{kilg}}{\text{et}}$	Хвойный лѣсъ.		Дубъ отборнаго качества $\frac{\text{kilg}}{\text{et}}$
	Обыкновенаго качества.	Лучшаго каче- ства $R_g \geq 812$ $\frac{\text{kilg}}{\text{et}}$	
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)

R_g — временное сопротивленіе разрыву.

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

*) При такомъ временномъ сопротивленіи разрыву въ $965 \frac{\text{kilg}}{\text{et}}$ временное сопротивленіе сжатію должно быть $\geq 482 \frac{\text{kilg}}{\text{et}}$, а временное сопротивленіе изгибу — $\geq 627 \frac{\text{kilg}}{\text{et}}$.

Приложение. Примѣненіе нормъ прочаго 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 железнодорожных 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 (ѣкиажнаго проѣзда и тротуаровъ) прочное сопротивленіе на изгибъ принимается 64—76 $\frac{\text{kg}}{\text{ct.}}$ для хвой-

наго лѣса и $102 \frac{\text{klg}}{\text{ct.}}$ для дуба, когда онъ расчитывается на толпу людей или на давлѣніе колесъ до $2,5\text{tn}$; при расчетѣ же настила (какъ верхняго, такъ и нижняго) на давлѣніе колеса въ 5tn прочное сопротивлѣніе на изгибъ принимается для хвойнаго лѣса $110 \frac{\text{klg}}{\text{ct.}}$, а для дуба — $140 \frac{\text{klg}}{\text{ct.}}$, смотря по качеству лѣса.

Что касается допускаемыхъ на и ряженій на скальваніе и на смятіе вдоль волоконъ, то та ковыя установлены для расчета городскихъ мостовъ (для лѣса среднію качества) въ С.-Петербургѣ слѣдующія:

Допускаемая напряженія	$\frac{\text{kg}}{\text{et.}}$	Сосна.	Дубъ.
На скальваніе при изгибѣ	20	30	
На скальваніе непосредственное	3	15	
На смятие вдоль волоконъ:			
a) при глубинѣ врубки до 20 $m m$	50	60	
b) " " " " " 40 $m m$	40	50	

Длинные скатые стойки повёрнуты на продольный изгиб, при чём поворот эта может быть сделана по формуле Лесселя и Шюблера

$$R_m = \frac{K}{1 + K \frac{|\omega|^2}{1}}$$

гдѣ R_n — уменьшенное при продольномъ изгибѣ прочное сопротивление
 R — принятое прочное сопротивление на растяжение
 κ — коэффиціентъ, равный для дерева 0,00016—0,0002
 l — расчетная длина стойки
 ω — площадь сѣченія
 I — наименьший 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 изгибѣ и на сжатіе, принимается, по указанію проф. Куницкаго, въ брусчатыхъ аркахъ до 50 $\frac{\text{klg}}{\text{ст.}}$, а въ досчатыхъ аркахъ до 64 $\frac{\text{klg}}{\text{ст.}}$.

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.-Петербургѣ.

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

Допускаемыя напряженія	$\frac{\text{klg}}{\text{ст.}}$	Хвойный лѣсъ.	Дубъ.
На растяженіе	120	180	
На сжатіе -но волокнамъ	80	100	
-но " "	13	32	
На изгибѣ	110	140	
На скальваніе вдоль волоконъ	12	15	
На смятие	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 $\frac{\text{klg}}{\text{ст.}}$. У насъ въ Россіи старая общеупотребительная норма прочнаго сопротивленія подферменныхъ камней—20 $\frac{\text{klg}}{\text{ст.}}$.

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

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

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	" "	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.-Петербургѣ.

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

Допускаемыя напряженія	$\frac{\text{klg}}{\text{ct.}}$	Хвойный лѣсъ.	Дубъ.
На растяженіе	120	180	
На сжатіе -но волокнамъ	80	100	
-но	13	32	
На изгибъ	110	140	
На скальваніе вдоль волоконъ	12	15	
На смятие	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 $\frac{\text{klg}}{\text{ct.}}$. У насъ въ Россіи старая общеупотребительная норма прочнаго сопротивленія подферменныхъ камней—20 $\frac{\text{klg}}{\text{ct.}}$.

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

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

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

б) Каменная кладка.

Допускаемыя напряженія на раздробленіе различныхъ каменныхъ кладокъ принимаются слѣдующія:

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

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 $\frac{\text{kg}}{\text{ct.}}$.

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

с) 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 напряженіе на сжатіе принимается:

для сводовъ на известковомъ растворѣ	8	klg. <input checked="" type="checkbox"/> et.
" " " " цементномъ растворѣ 1:3	11	klg. <input type="checkbox"/> et.

Растягивающіхъ напряженій при кирпичной кладкѣ не допускается.

§ 6. Бетонъ и желѣзо-бетонъ.

За послѣднее время бетонъ началь находить себѣ примѣненіе въ нижнемъ настилѣ мостового полотна (плоскіе настилы и настилы въ видѣ сводчатыхъ покрытий) металлическихъ верхнихъ строеній мостовъ.

Настилы эти бывають или чисто бетонные, или желѣзо — бетонные.

Точные 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 пропорціи смѣси, отъ количества воды, отъ возраста бетона, отъ тщательности трамбованія бетона и др.). Лучше всего въ каждомъ частномъ случаѣ, если это представляется возможнымъ, опредѣлять величины временнаго сопротивленія бетона и желѣзо-бетона сжатію, растяженію, скальванію и величину сѣпленія металла съ бетономъ опытнымъ путемъ, придерживаясь тѣхъ материаловъ, изъ которыхъ предположено устроить настиль и тѣхъ условій, при которыхъ бетонъ будетъ работать, а затѣмъ допускаемыя напряженія назначить равными извѣстной доли временнаго сопротивленія. Часто допускаемыя напряженія для бетона принимаются равными $\frac{1}{5}$ временнаго сопротивленія (это установлено, между прочимъ и циркѣ Прусского М-ва Шубл. 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 напряженія 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 расчитывать настиль, не зная точно качества тѣхъ материаловъ, изъ которыхъ онъ будетъ устроенъ. Въ этихъ случаяхъ приходится руководствоваться иѣкоторыми средними цифровыми данными о временному сопротивленіи бетона, принимая во вниманіе результаты опытовъ, что сопротивленіе бетона растяженію составляетъ примѣрно $\frac{1}{10}$ отъ временнаго сопротивленія сжатію, а сопротивленіе скальванію — примѣрно $\frac{1}{6}$ отъ того же временнаго сопротивленія; что же касается сѣпленія металла съ бетономъ то таковое, какъ показали опыты, въ общемъ выше сопротивленія бетона скальванію, однако изъ опасенія, чтобы бе-

^{*)} Centralblatt der Bauverwaltung. 1904, стр 253.

За время печатанія настоящаго труда вопросъ о нормахъ допускаемыхъ напряженій для желѣзобетонныхъ сооруженій сильно подвинулся впередъ. Такъ въ 1906 г. появились министерскія нормы въ Швейцаріи и во Франціи (цирк. швейцарскаго союзного департамента почты 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 временные 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), отмѣнившиі 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 нормы 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 сооруженіяхъ.

2. Пруссія 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/cm^2 .

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 сооруженій, подверженныхъ большимъ сотрясеніямъ, какъ мосты, расчетная нагрузка принимается равной собственному вѣсу, сложенному съ увеличенной до двухъ разъ временней нагрузкой.

г. Напряжение бетона на срезывание не должно превосходить 4,5 klg/□ct.; если действительное напряжение больше вышеуказанного въ 4,5 klg/□ct., то во всякомъ случаѣ оно не должно превышать $\frac{1}{5}$ временного сопротивленія на срезываніе.

д. Напряженіе при сцеплении бетона съ желѣзомъ не должно превосходить допускаемаго напряженія на срезываніе.

Таблица А.

	Сопротивление бетона при изгибе.							
	Временное.		П р о ч н о е.				Прочное сопротивление литого желѣза сжатию и растяжению.	Отношенію коэф. упру- гости литого желѣза и бетона.
	Сжа- тию.	Растя- женію.	При толщинѣ бал- ластного слоя, считаной отъ подо- нивъ штаповъ.	Сжа- тию.	Растя- женію.			
Для желѣзобетонныхъ частей пролетами до 5mt. включ. желѣзодо- рожныхъ мостовъ.	R	R_1	0,15mt. должны быть определены опытомъ.	$\frac{1}{5} R$ $\frac{1}{4} R$ $\frac{1}{3} R$	$\frac{1}{2,5} R_1$ $\frac{1}{2} R_1$ $\frac{1}{1,5} R_1$	800 klg. □ct.	10	
Для желѣзобетонныхъ частей пролетами отъ 20mt. и больше въ желѣз- одорожныхъ мостахъ и для желѣзобетонныхъ мостовъ подъ обыкно- венную дорогу, разсчи- тываемыхъ на движе- ние фуръ.	То же		0,15mt. $\leq 0,15mt$ $\geq 0,50mt.$ $> 0,40mt$	$\frac{1}{4} R$ $\frac{1}{3} R$	$\frac{1}{2} R_1$ $\frac{1}{1,5} R_1$	1000 klg. □ct.	10	
Для желѣзобетонныхъ мостовъ подъ обыкно- венную дорогу, разсчи- тываемыхъ на толщу людей, и для пѣшход- ныхъ мостовъ.	То же	—	—	$\frac{1}{3} R$	$\frac{1}{1,5} R_1$	1200 klg. □ct.	10	

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

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

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

а. Бетонъ.

Эти нормы слѣдующія. (См. табл. Б).

Таблица Б.

Составъ раствора.	Допускаемое сопротивление, въ klg на \square ст.											
	При изгибѣ.						На скатіе.					
	На сжатіе.	На растяже- ніе.	При внѣ- центри- ческомъ давленіи.	При централь- номъ давле- ніи.	На растя- женіе.	На скатіе- вание.	На склы- вание.	На срывъ- ніе.	На скатіе- вание.	На склы- вание.	На срывъ- ніе.	Отношение коффи- циента упругости желѣза къ бетону.
Бетонъ безъ арматуры.	klg.	klg. \square ст.										
	1:3	470	170	$33 + 0,21$	2	$33 + 0,21$	20	3	3	—		
	1:4	350	150	$29 + 0,21$	2	$29 + 0,21$	15	3	3	—		15
Бетонъ въ присутствіи арматуры.	1:3	470	170	$33 + 0,21$	$19 + 0,11$ но не > 22	$33 + 0,21$	25	4	4	5		
	1:4	350	150	$29 + 0,21$	$18 + 0,11$ но не > 21	$29 + 0,21$	22	4	4	5		15
	1:5	280	130	$25 + 0,21$	$16,5 + 0,11$ но не $> 19,5$	$25 + 0,21$	19	3	3	4		

Примѣчаніе. а) Растворы съ меньшимъ количествомъ цемента на 1 кб. мегръ смѣси песку и щебня, какъ 280 klg., для желѣзобетонныхъ частей не допускаются.

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

в) 1 означаетъ пролетъ въ метрахъ.

б. Арматура.

Допускаемое напряженіе на растяженіе и сжатіе принимается: для литього желѣза $-800 + 31$, но не > 900 klg/ \square ст. для сварочн. " $-750 + 21$ " " > 800 "

Здѣсь 1 означаетъ пролетъ въ метрахъ.

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

тонная оболочка вокругъ металла не выкололась изъ общей толщи бетона, можно рекомендовать принимать сопротивление сжатія металла съ бетономъ равнымъ сопротивлению скальванию. Опыты показываютъ, что временное сопротивление сжатію обыкновенного бетона, при составѣ раствора 1:3 или 1:2:4 и въ возрастѣ его 3 мѣсяца, составляетъ не менѣе $180 \frac{\text{kg}}{\text{et}}$, а въ присутствіи арматуры — въ среднемъ $240 \frac{\text{kg}}{\text{et}}$.

Принимая эти временные сопротивления сжатію, а временные сопротивления растяжению, скальванию и сжатію, согласно выше указаннымъ даннымъ опыта, соответственно $18, 30$ и $30 \frac{\text{kg}}{\text{et}}$, можно установить для указанного бетона нижеслѣдующія допускаемыя напряженія, принимая шестикратный запасъ прочности:

на сжатіе при изгибѣ безъ арматуры	30	$\frac{\text{kg}}{\text{et}}$
" " " въ присутствіи арматуры	40	"
на растяжение	3	"
на скальвание и сжатіе бетона	5	"
на сжатіе металла съ бетономъ	5	"

(на кв. сант. поверхности сжатія).

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

Такіе высокіе коэффиціенты напряженія арматуры оправдываются тѣмъ, что при опредѣленіи растягивающаго напряженія въ арматурѣ при изгибѣ плиты, совсѣмъ не принимается въ расчетъ сопротивление бетона растяжению и, следовательно, расчетное напряженіе желѣза бываетъ больше дѣйствительнаго, ибо часть растягивающаго усилия несомнѣнно воспринимается бетономъ; кроме того сопротивление желѣза съ течениемъ времени не уменьшается, ибо оно не подвергается ржавчинѣ, и наконецъ желѣзо совершенно не ослаблено заклепками. Напряженіе металла арматуры на срѣзываніе принимается обыкновенно равнымъ 0,8 отъ допускаемаго напряженія на растяжение.

С. Коэффиціенты упругости.

Коэффиціенты упругости материаловъ, употребляемыхъ въ мостовомъ дѣлѣ, принимаются слѣдующія:

Желѣзо сварочное вдоль волоконъ	2000000	$\frac{\text{kg}}{\text{et}}$
" " " 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. Вѣсъ матеріаловъ.

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

a) 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 сооруженій нормы удѣльного вѣса сварочнаго желѣза—7,77 и литого желѣза—7,85, а приказомъ 5 Іюля 1897 г. № 118 для литой стали—7,85 и для чугуна—7,2, что пами и принято во вниманіе при указаніи вѣса этихъ металловъ.

b) Дерево.

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

c) Песокъ

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

*) Для строительныхъ цѣлей примѣняется обыкновенно сѣрый чугунъ.

При определении вѣса мостового полотна, въ которое входитъ песокъ, послѣдний принимаютъ обыкновенно сырымъ, ибо песокъ, заключенный между мостовой и нижнимъ настиломъ, рѣдко вполнѣ просыхаетъ.

д) Кладки.

Кладка изъ обыкновенного 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		"
" " " " угольного шлака	1600		"
" " " " кокса	1200		"
Желѣзо-бетонъ	2400—2500		"

е) Камни.

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

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

А. 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 опредѣлениі усилий въ фермѣ, называется разстояніе между крайними узловыми пунктами—между осями опорныхъ частей.

Слѣдовательно, длина фермы составляется изъ расчетнаго пролета съ прибавленіемъ двойнаго разстоянія отъ краинаго узловаго пункта до ближайшаго конца фермы; если послѣдняя имѣеть 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 разрѣзныхъ балочныхъ фермъ.

$$l = (1 + x) L.$$

Коэффиціентъ x , на основаніи данныхъ изъ практики русскихъ мостовъ, имѣеть слѣдующія значенія:

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

при чмъ отъ опредѣленной величины $(1 + x) L$ допускаются отступленія отъ: — 0,3 m . до + 0,6 m .

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

Необходимо вмѣстѣ съ тѣмъ определить предварительно размѣры подферменныхъ камней, задаться разстояніемъ края этихъ камней отъ края устоя и тогда определить расчетный пролетъ по формулѣ

$$l = L + a + b$$

гдѣ: a — длина подферменного камня

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

Только послѣ этого можно окончательно задаться расчетнымъ пролетомъ, при чёмъ послѣдній обыкновенно для пролетовъ отъ 10 до 30мт назначается въ полныхъ метрахъ, а для пролетовъ свыше 30мт — въ четныхъ числахъ метровъ. Можетъ ли при большихъ мостахъ, напримѣръ, около 50мт, имѣть мѣсто еще далѣе идущее округленіе, нужно изслѣдоватъ ближе въ каждомъ отдельномъ случаѣ.

2) для неразрѣзныхъ балочныхъ и консольно-балочныхъ фермъ

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

гдѣ d — толщина быка по верху (обыкновенно 1,40—1,70 саж.). Также, какъ и для разрѣзныхъ фермъ, расчетный пролетъ слѣдуетъ одновременно опредѣлять по формулѣ

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

въ которую входятъ длина подферменного камня (a) и разстояніе края его отъ края устоя (b).

$$\text{средніе пролеты: } l_o = L + d.$$

Иногда для облегченія расчета дѣлаютъ $l = l_o$, хотя рациональнѣе, чтобы $l < l_o$.

3) для разрѣзныхъ арочныхъ фермъ **).

$$l = L + 2n \operatorname{Cos} \beta - 2h \operatorname{Sin} \beta$$

гдѣ β — уголъ, составленный касательной къ начальному элементу арки съ вертикалью; $n = \frac{\alpha l^{**}}{2}$; h — высота подушки.

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

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

**) 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:

$$l_o = L + d$$

Обыкновенно: $l_o = l$.

5) для висячихъ фермъ **).

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

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

h —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 пересеченія фермы съ кругомъ катанія, взятую относительно поперечного діаметра круга катанія.

B. Высота пролетныхъ строеній.

Сплошные фермы.

Высотой сплошной фермы h принято обозначать высоту вертикального 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 чмъ это отношеніе тѣмъ менѣе, чмъ больше пролетъ. Можемъ указать, что отношеніе $\frac{h}{l}$ принимается приблизительно слѣдующее при различныхъ расчетныхъ пролетахъ l :

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

**) Николан. 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 ъздуо по верху отношеніе $\frac{h}{l}$ принимается иногда меныше 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 чмъ и въ этомъ случаѣ $\frac{h}{l}$ не менѣе $\frac{1}{12}$.

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



Рис. 16.

Сквозныя фермы.

Разсмотримъ отдельно 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 обыкновенные дороги $\frac{h}{l}$ обыкновенно принимается слѣдующее.

а) фермы съ параллельными поясами

$$\text{при ъздѣ по низу} - \frac{h}{l} = \frac{1}{7} - \frac{1}{10}$$

$$\text{при ъздѣ по верху} - \frac{h}{l} = \frac{1}{8} - \frac{1}{10}$$

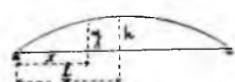
$\frac{h}{l} = \frac{1}{7}$ принимается при ъздѣ по низу обыкновенно при пролетахъ около 40mt, чтобы можно было устроить верхнія горизонтальныя связи (высота чистаго проѣзда должна составлять 4,5—5mt).

Въ неразрѣзныхъ фермахъ за 1 принимается пролѣтъ наибольшаго отверстія.

Новѣйшія изслѣдованія относительно наивыгоднѣйшей высоты фермъ помѣщены у Häseler'a „Der Brückebau“, I Teil. 4 Lieferung, I Hälften, § 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

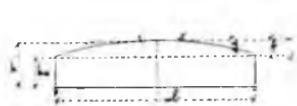


$$y = 4 \frac{h}{l} \cdot \frac{x}{l} (1 - x)$$

Рис. 17.

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

с) полу параболическія фермы



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

$$\text{гдѣ } f = h - h_0$$

Рис. 18.

Высота фермы мѣняется согласно уравненія

$$h_x = h - y.$$

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

Высота на опорѣ h_o обыкновенно принимается:

приъездѣ по низу:	при $l = 25 - 35\text{mt}$	$h_o = 2 - 2,2\text{mt}$
"	$l = 35 - 50\text{mt}$	$h_o = 2,2 - 2,5\text{mt}$
"	$l = 50 - 100\text{mt}$	$h_o = 2,5 - 8\text{mt}$

Въ послѣднемъ 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 $4,5 - 5\text{mt}$)

приъездѣ по верху: $h_o = 0,5h - 0,75b$.

d) гиперболическая ферма (Шведлера)

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

Название моста.	Пролѣтъ	$\frac{h}{l}$
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) полигональная ферма.

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



Рис. 19.



Рис. 20.

Высота на опорѣ h_o , приъездѣ по низу, принимается такая, чтобы можно было на опорѣ на верху помѣстить поперечную распорку (высота чистаго проѣзда должна составлять $4,5 - 5\text{mt}$); приъездѣ по верху h_o составляетъ обыкновенно $0,5 h$, где h — высота по серединѣ пролѣта. При выборѣ высоты h_o 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 немногі; самые извѣстные изъ нихъ слѣдующіе, въ которыхъ приняты слѣд. отношенія $\frac{h}{l}$

Название моста.	Пролетъ l	выс. между осами пояса. h	$\frac{h}{l}$	Примѣчаніе.
М. чес. Ааръ близъ Brugg'a	58,3 ^{шт.}	8,7 ^{шт.}	$\frac{1}{6,7}$	Жел. дор. м. съ ъздою по верху.
М. чес. Рейнъ въ Майнцѣ (1862)	105	15	$\frac{1}{7}$	Жел. дор. м. съ ъздою по низу.
М. чес. Monongahela въ Питс- бургѣ.	110	15,25	$\frac{1}{7,21}$	М. подъ обыкновен. ъзду.

г) фермы системы Лозе.

Мостовъ съ фермами системы Лозе известно слѣдующихъ два.

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

2) Консольно-балочные фермы.

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

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

3) Арочные фермы.

а) Арочные фермы съ ъздою по верху.

Деревянные арки.

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

Чугунные арки.

Приводимъ слѣдующія данныя о чугунныхъ аркахъ пѣсколькихъ изѣстныхъ 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-

также принимается въ большинствѣ случаевъ $\frac{1}{10} - \frac{1}{11}$ (рѣдко $\frac{1}{12} - \frac{1}{14}$). Высота арки въ ключѣ принимается въ $\frac{1}{10} - \frac{1}{13}$ пролета (въ среднемъ $\frac{1}{15}$) и удерживается обыкновенно постоянно на всемъ протяженіи арки; иногда же она увеличивается къ пятамъ приблизительно не болѣе какъ на 20% — 25% .

Желѣзныя арки.

Рассмотримъ отдельно три системы желѣзныхъ арочныхъ фермъ: 1) когда арочная ферма ограничивается собственно предѣлами арки, т. е. когда находящаяся надъ послѣдней стойки, поддерживающія проѣзжую часть, не составляютъ необходимой принадлежности арочной фермы, при чемъ когда сама арка сплошная, 2) когда арочная ферма оять 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 уровне проѣзжей части). I) Для сплошныхъ арокъ, предѣлами которыхъ ограничивается собственно арочная ферма, отношеніе стрѣлы подъема къ длине пролета $\frac{f}{l}$ принимается $\frac{1}{6} - \frac{1}{15}$ (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 данные 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 — 155,28mt.

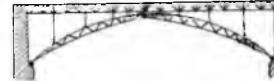
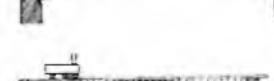
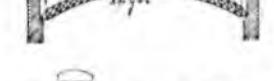
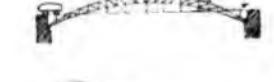
II) Для сквозныхъ арокъ, предѣлами которыхъ ограничивается собственно арочная ферма, отношеніе стрѣлы подъема къ длине пролета мѣняется въ широкихъ предѣлахъ въ зависимости отъ мѣстныхъ условій. Для соображеній при проектированіи приводимъ слѣдующія данные о нѣкоторыхъ наиболѣе извѣстныхъ мостахъ съ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

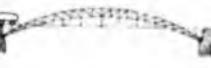
Изъ арочныхъ мостовъ разсматриваемаго типа самый большой пролетъ въ мірѣ, насколько намъ извѣстно, у моста чер. Ниагару близъ Clifton'a — 256mt.; въ Европѣ же — у моста чер. Дуэро въ Опорто (Luiz I) — 172mt.

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

Н а з в а н i е м о с т а .	Пролетъ mt.	Стрѣла подъема mt.	Г	Высота арки на опорѣ. mt.	Высота арки въ ключѣ. mt.	Гдѣ находится описание.
М. чеp. 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 шоссѣ изъ Парижа въ Туръ	16,00	1,60	$\frac{1}{10}$	0,60	0,60	
Мостъ Радецкаго въ Лайбахѣ (трехшарнирный арки) (1866)	30,34	2,21	$\frac{1}{13,72}$	—	—	Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1868, стр. 23.
М. чеp. 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 (средний 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. чеp. Севернъ въ Tewkesbury (1826)	51,80	5,18	$\frac{1}{10}$	—	—	Cresy. An encyclopaedia of civil engineering. London. 1847. (Нов. изд. 1872), стр. 304.
М. въ Рочестерѣ	51,82	5,18	$\frac{1}{10}$	—	—	
М. чеp. 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. чеp. Рону у Таракона (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. чеp. 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.

Н а з в а н и е м о с т а .	Пролетъ I mt.	Стрѣла подъема f mt.	$\frac{f}{l}$	Высота арки на опорѣ. mt	Высота арки въ ключѣ. mt.	Примѣчаніе.	Гдѣ находится описание.
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. ъзду; 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		
Вiadукъ 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 обыкнов. ъзду; 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 желѣзодорожный; арка съ задѣлан. пятами.	Civ.—Ing. 1857, стр. 214.
Вiadукъ на кружной дорогѣ въ Вѣнѣ (чер. Döblinger Haupstrasse) . . .	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.
Вiadукъ 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.	To-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 Карштадтѣ (König Karl-brücke. 1893)	50,48	4,85	$\frac{1}{10,4}$	0,94	0,83	М. подъ обыкновенную ъзду; средняя арка, двухъ-шарнирная.	Zeit f. Bauw. 1895, стр. 61.
М. чер. Эльбу въ Дреценѣ (Königin Carolabrücke (1895)	52,9	4,0	$\frac{1}{13,2}$	1,0	1,0	Мостъ подъ обыкновенную ъзду.	
М. Victoria чер. Темау въ Pimlico (1860 Лондонъ)	53,3	5,30	$\frac{1}{10}$	1,067	1,067	Мостъ желѣзодорожный; арка съ задѣлан. пятами.	Inst. civ. Eng. T. 27.
М. Boieldieu въ Руанѣ (1888) . . .	54,60	4,87	$\frac{1}{11,21}$	1,0	0,82	Мостъ подъ обыкновенную ъзду.	Ann. d. p. et ch. 1890, II sem.
М. Morand и Lafayette чер. Рону въ Ліонѣ (1890)	67,4	4,44	$\frac{1}{15,2}$	0,94	0,94	Мостъ подъ обыкновенную ъзду.	Ann. d. p. et ch. 1893, II sem; Génie civil. XIX, стр. 201 и 269.
М. du Midi чер. Рону въ Ліонѣ . .	68,50	5,45	$\frac{1}{12,57}$	1,50	1,50	Мостъ подъ обыкновенную ъзду.	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. ъзду; 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. Арка стальная съ тремя шарнир. состоять изъ косяковъ, свинчен болтами.	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 опоры) 1,5 (на гічен съ наиб. моментом)	0,9 (близъ средн. шарнира)		Ann. d. p. et ch. 1898, I. стр. 165; II. стр. 311; III. стр. 245; 1900. I. стр. 232; Centr. d. Bauz. 1898, стр. 595, 1900, стр. 162, 175, 193, 349; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1899, стр. 1053; Deut. Bauz. 1900. Nouv. ann. de la constr. 1891, стр. 81; Schweiz. Bauz. 1892. I. стр. 33; Centralbl. d. Bauz. 1886, стр. 136 (проектъ); Инженеръ 1903, стр. 319.
Вашингтонскій мостъ чер. Гарлемъ въ Нью-Йоркѣ (1889)	155,23	27,43	$\frac{1}{5,66}$	3,96	3,96	Мостъ подъ обыкновенную ъзду; арки стальные, двухъшарнирные.	

Н а з в а н и е м о с т а .	Пролетъ 1 mt	Стрѣла подъема f mt.	$\frac{f}{l}$	Высота арки на опорѣ. mt	Высота арки въ ключѣ. mt	Схема арочной фермы.	Гдѣ находится описание.
Пѣш. м. чеp. Окерь 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. чеp. Адду въ Trezzo (1885)	62,6	26	$\frac{1}{2,41}$	—	—		Gaudard. Croquis des ponts métalliques. 1901, стр. 99.
Пѣшоходный мостъ чеp. Сену 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. чеp. 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. чеp. Рейнъ въ Кобленцѣ (1864) . .	98,08	8,9	$\frac{1}{11}$	3,14	3,14		Zeit. f. Bauw. 1864, стр. 395, 529, 623.
М. чеp. Рейнъ въ Майнцѣ (1885) . .	102,1			2,5	1,9		Centralbl. d. Bauv. 1885, № 18.
М. чеp. Рейнъ въ Вормсѣ (1899) . .	106,3	11,06	$\frac{1}{9,20}$	1,20	2,10		Deut. Bauz. 1900, стр. 569.
М. чеp. 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. �st. Ing. u. Arch. Ver. 1878, стр. 179.
М. чеp. Шварцвассеръ у Берна (1882). .	114,0	21,48	$\frac{1}{5,3}$	3,5	1,5		Усиление 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. чеp. Неккаръ въ Мангеймѣ (пр. „Sichel“ 1901)	114,20	14,0	$\frac{1}{8,16}$	—	3,00		Centralbl. d. Bauv. 1901.
М. чеp. 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; Génie. civ. XXXIV, стр. 49; Bull. soc. vaud. 1898, стр. 103.

Н а з в а н i е м о с т а .	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 описание.
М. чеp. Москву на Московской окр. дор. (пр. Проскуракова 1907) . . .	135	15	$\frac{1}{9}$	1,0	4,0		Описания еще нетъ.
М. чеp. 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. чеp. каналъ Nord-Ostsee у Гринненталя (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 Moderna, 1884.
М. чеp. 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. чеp. Дуэро въ Оporto (м. Ria Maria. 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. Vér. zu Hann. 1879, стр. 539; Engng. 1878, I стр. 458, II стр. 29; Soc. ing. civ. 1878
М. чеp. каналъ Nord-Ostsee у Левензая (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.
Вiadукъ Garabit чеp. Truyère на ж. д. между Марвежолемъ и Нессаргомъ (1889)	165	56,56	$\frac{1}{2,91}$	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 чеp. Вуппер въ Мюнгштейвъ (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. чеp. Дуэро въ Оporto (м. Luiz I. 1885)	172,0	52,6	$\frac{1}{3,28}$	16,75	8,0		Genie 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. чеp. Niagara, близъ Clifton'a (1898).	256,1	45,73	$\frac{1}{5,6}$	7,95	7,95		Centralbl. d. Bauv. 1898, стр. 318; 1899, стр. 569; Zeit. de öst. Ing. u. Arch. Ver. 1899, июль, авг. №№ 30 и 31.

Т а б л и ц а Е.

Н а з в а н i е м о с т a .	П р о л е тъ 1 mт.	С т р ё л а п о д ъ е м а f mт.	$\frac{f}{l}$	Высота арки на опорѣ. mт.	Высота арки въ ключѣ. mт.	П р и м ъ ч а н i е .	Гдѣ находитсѧ описание.
М. чеp. Шире у Берлина (Unterspree- brücke. 1865)	16,39	1,37	$\frac{1}{12}$	2,00	0,75	Средняя арка. Первые трехъ-шар- нирные арки.	Zeit. f. Bauw. 1866, стр. 122, 267, 312.
Владуkъ на гор. ж. д. въ Берлинѣ чeр. Praesidentenstrasse (1884)	19,7	3,25	$\frac{1}{6,1}$	3,25	0,47	Трехъ-шарнирные арки.	Zeit. f. Bauw. 1885, стр. 5; „Die Bau- ten der Berliner Stadtbahn“. Ber- lin. 1886.
То-же чeр. Stallstrasse (1884)	22,4	3,66	$\frac{1}{6,1}$	3,80	0,47	То-же.	„Die Bauten der Berliner Stadtbahn“. Ber- lin. 1886.
Владуkъ чeрезъ Urlichstrasse 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.
Звѣринецкій мостъ чeр. Вилью въ Вильнѣ (1907)	32,0	3,20	$\frac{1}{10}$	—	—	Двухъ-шарнирные арки.	Описанiя нѣтъ.
М. чeр. Вѣну въ Вѣнѣ (Tegetthof- brücke. 1872)	34,6	3,14	$\frac{1}{11}$	3,17	2,21	Трехъ-шарнирная арка. Мостъ подъ обыкновенную щаду.	Allg. Bauz. 1877, стр. 12.
М. чeр. Неккаръ м. Гейдельбергомъ и Нейенгеймомъ (1877)	35	3,75	$\frac{1}{9,33}$	—	0,60	Двухъ-шарнирные арки. Мостъ подъ обыкновенную дорогу.	Zeit. f. Bauw. 1883, стр. 445.
Мостъ чeр. Майнѣ въ Франкфуртѣ (Unter-Main-Brücke. 1874)	36,75	3,68	$\frac{1}{10}$	3,75	0,25	Средняя арка—закрѣпленная въ пя- тахъ. М. подъ обыкнов. щаду.	Schmick. Brücken- und Ufer Bauten in Frankfurt a/M.—Zeit. f. Bauk. 1879, стр. 241.
М. чeр. Руръ у Мюльгейма (1865) (на ж. д. Osterrath-Essen)	36,29	4,92	$\frac{1}{7,39}$	5,56	0,34	Двухъ-шарнирные арки. Желѣзно- дорожный мостъ.	Hartwich. Erweiterungsbauten der rheinischen Eisenbahnen. Berlin. 1867—1870.
М. чeр. Тиссу у Чегедина (1858) (на ж. д. Чегединъ-Вѣна)	41,48	5,14	$\frac{1}{8,07}$	5,8	0,91	Двухъ-шарнирные арки. Желѣзно- дорожный мостъ.	Zeit. f. Bauw. 1861, стр. 303 и 653; Ann. d. p. et ch. 1859. I стр. 334.
Мостъ чeр. Зап. Двину въ Витебскѣ (1885)	43,7	6,15	$\frac{1}{7,1}$	6,1	0,70	Мостъ подъ обыкновенную щаду.	Журн. М-ва П. С. 1885. (статья Инж. Ляхницкаго).
М. чeр. 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 пя- тахъ.	Ann. p. et ch. 1860, стр. 161; Zeit. f. Bauw. 1862, стр. 237; Allg. Bauz. 1864, стр. 78.
М. чeр. каналъ у Орлеана, на ж. д. Orleans-Ciен	50	5	$\frac{1}{10}$	5,0	0,97	Желѣзно-дорожный мостъ.	
Мостъ чeр. каналъ Дунай въ Вѣнѣ (Franzensbrücke. 1900)	52,80	4,2	$\frac{1}{12,5}$	—	0,68	Трехъ-шарнирные арки. Мостъ подъ обыкновенную щаду.	Zeit. d. Ost. Ing. u. Arch. Ver. 1900. № 18.

Н а з в а н i е м о с т а .	Пролетъ l mt.	Стрѣла подъема. f mt	$\frac{l}{f}$	Высота арки и опоръ mt.	Высота арки въ ключѣ. mt.	П р и мѣч ани е .	Гдѣ находится описание.
Вiadукъ чеp. Heiligen-Städterstrasse въ Вѣнѣ	56	5,4	$\frac{1}{10.4}$	6,13	0,82	Двухъ-шарнирныя арки. Желѣзно- дорожный мостъ.	Foerster. Neue Brückenbauten in Oester- reich und Ungarn. 1899, стр. 34.
М. чеp. Саринъ въ Тинѣ (1891) . . .	56	5	$\frac{1}{8}$	—	—	Трехъ-шарнирныя арки. Мостъ подъ обыкновенную ъзду.	Mémorial Gonin des travaux publics du canton de Veud.
М. чеp. оврагъ (Noce) на шоссе въ Дермуло въ Тиролѣ (1888)	60	10	$\frac{1}{6}$	11,26	1,50	Двухъ-шарнирныя арки. Мостъ подъ обыкновенную ъзду.	Centralbl. d. Bauv. 1890, стр. 220; Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1889, стр. 71—73.
М. чеp. Мозель у Гюльса на ж. д. Coblenz-Trèves (1878)	65,6	7,0	$\frac{1}{9.4}$	7,88	0,90	Двухъ-шарнирныя арки. Желѣзно- дорожный мостъ.	Deut. Bauz. 1879, стр. 223; Zeit. f. Bauw. 1887, стр. 569.
М. чеp. Дунайскій каналъ въ Вѣнѣ (1884)	69,6	7,17	$\frac{1}{9.7}$	6,78	0,84	Двухъ-шарнирныя 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 чeр. Невы (1879)	74,80	6,56	$\frac{1}{11.4}$	7,76	1,20	Двухъ-шарнирныя арки. Мостъ подъ обыкновенную ъзду.	
М. чеp. Enns близъ Териберга (1890). .	76	10,8	$\frac{1}{7.04}$	13,0	2,20	Двухъ-шарнирныя арки. Мостъ подъ обыкновенную ъзду.	Foerster. Neue Brückenbauten in Oester- reich und Ungarn. 1899, стр. 36.
„Третій“ мостъ чеp. Вислу въ Вар- шавѣ (строится)	80	9,65	$\frac{1}{8.29}$	10,46	1,20	Мостъ подъ обыкновен. ъзду. Двухъ- шарнирная арка.	Описанія еще нѣтъ.
Пѣш. м. чеp. Целлину въ Montereale.	83	10,8	$\frac{1}{7.69}$	11,2	0,40	Двухъ-шарнирныя арки. Мостъ пѣ- шоходный.	
М. чеp. Рейнъ въ Бониѣ (1898) (край- ніе пролеты)	93,6	8,5	$\frac{1}{11}$	—	—	Двухъ-шарнирныя арки. Мостъ подъ обыкновенную ъзду.	Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1899, стр. 272, 309; Deut. Bauz. 1898, стр. 645, 653, 657.
Мостъ чеp. 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. чеp. овр. Anger на альпійской линии Tauern-Bahn (1906)	110,0	14,0	$\frac{1}{7.86}$	—	—	Двухъ-шарнирныя арки.	Deut. Bauz. 1905, стр. 525; Engng. news. 1905, 5 окт.; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1905, № 51.
М. чеp. р. Замбезе (1905)	152,5	27,50	$\frac{1}{5.55}$	32,0	4,5	Двухъ-шарнирныя 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. чеp. вод. Niagara (1897)	167,7	34,75	$\frac{1}{4.8}$	40,85	6,1	Двухъ-ярусный мостъ для ж. дор. и для обыкновенной ъзды. Двухъ- шарнирныя арки.	

Т а б л и ц а F.

Н а з в а н и е м о с т а .	Пролетъ	Стрѣла	Высота	Высота	Схема арочной фермы.	Гдѣ находится описание.	
	1 mt.	подъема *) 1 mt.					
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. чеp. Elbe-Trave-Kanal (1900)	44,77	5,0	$\frac{1}{8,95}$	—	—		Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1900, № 24.
Владу́къ въ Halensee	60,0	9,00	$\frac{1}{6,66}$	—	—		
М. Фердинанда чеp. Муръ въ Грацѣ (1882)	67,8	8,65	$\frac{1}{7,85}$	2,9	0,60		Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1883.
М. чеp. 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	$\frac{1}{6,9}$	—	—		
Владу́къ чеp. 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. чеp. 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:							
чeр. Одеръ Bahnhofsbrücke (1900)	47,46	9,00	$\frac{1}{5,25}$	—	1,75		Deut. Bauz. 1906, № 18 и 20.
чeр. Hansabrücke (1903)	40,0	8,0	$\frac{1}{5}$	—	1,80		“ 1906, № 22, 23.
чeр. Baumbrücke (1905)	48,0	11,0	$\frac{1}{4,36}$	—	2,10		“ 1906, № 26, 27.
чeр. Парницѣ: Parnitzbrücke (1905)	32,0	8,8	$\frac{1}{3,64}$	—	1,80		“ 1906, № 26, 27.
М. чеp. 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. чеp. Мозель въ Трарбахѣ (1899)	64,35	11,0	$\frac{1}{5,85}$	5,55	1,8		To-же.
М. чеp. Гавель между Шпандау и Эсвeрдеръ (1903)	61,15	10,2	$\frac{1}{6}$	5,9	2,0		Centralbl. d. Bauw. 1899, № 4
	75,28	14,0	$\frac{1}{5,38}$	8,4	2,0		Zeit. f. Bauw. 1904, стр. 65.
М. чеp. Тинъ въ Виламѣ	73,0	14,85	$\frac{1}{4,91}$	—	—		Genio civile, 1880.
М. чеp. Зюдеръ-Ельбу въ Гарбургѣ (1898)	100,96	17,0	$\frac{1}{5,95}$	8,65	3,2		Centralbl. d. Bauw. 1898, № 8.

*) До верхнаго пояса.

Н а з в а н i е м о с т a .	Пролетъ	Стрѣла подъема ^{*)}	f	Высота арки на опорѣ.	Высота арки въ ключѣ.	Схема арочной фермы.	Гдѣ находится описание.
	I mt.	mt.	mt.	mt.	mt.		
М. чеp. Руссановскій пропоkъ Днѣ- пра въ Киевѣ (1905).	104	17,51	1 5,94	8,91	3,3	To-же.	Описанія еще нѣть.
М. чеp. Мсту въ Боровичахъ (1905).	107	19,85	1 5,4	10,5	3,52	To-же, съ тремя шарнирами (безъ затяжки).	Описанія еще нѣть.
М. чеp. Рейнъ бл. Майнца на ж. д. Mainz-Wiesbaden (1904).	107,2	12,5	1 8,57	11,5	3,5		Deut. Bauz. 1904, стр. 230; Centralbl d. Bauv. 1904, стр. 221.
	116,8	13,8	1 8,46	11,5	4,0		Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1900, № 48; Deut. Bauz. 1900, стр. 585; Gén. civ. XLVIII.
М. чеp. Рейнъ въ Вормсѣ (1900) (же- лѣзнодорожный).	116,6	22,0	1 5,28	11,4	3,5		Centralbl. d. Bauv. 1900, стр. 14.
М. чеp. Эльбу въ Магдебургѣ (1901).	135	23,0	1 5,86	—	5,33		Gén. civ. XXXVI, стр. 49; Centr. d. Bauv. 1898, стр. 557, 572; Deut. Bauz. 1898, стр. 629; Zeit d. Ver. deut. Ing. 1899, стр. 320.
М. чеp. Рейнъ въ Дюссельдорфѣ (1898).	181,25	36,8	1 4,92	10,84	5,0		Gén. civ. XXXIV, стр. 33; Centr. d. Bauv. 1898, стр. 617, 632; Deut. Bauz. 1898, стр. 645, 653, 657.
М. чеp. Рейнъ въ Боннѣ (1898) (средній пролетъ).	187,2	34,4	1 5,45	10,14	4,8	To-же.	Centr. d. Bauv. 1907.
Конк. пр. м. Hafenbrücke чеp. Фульду въ Кассельѣ: "Kaiserstadt"	84,0	14,26	1 5,9	7,0	2,25		Bernhard. Die Brücken des Elbe-Trave- Kanals. Zeit. d. Ver. deut. Ing. Bd. XLIV, 1900, № 24, стр. 766.
"Glückauf,"	84,0	14,70	1 5,7	6,78	2,70		Centralbl. d. Bauv. 1904, стр. 42
Вiadукъ на ст. Иркутскѣ (1903).	20,50	6,6	1 3,1	6,6	0		Centralbl. d. Bauv. 1897, стр. 241, 257; Genie civil XXIX, стр. 17; Engng. news. 1896, 12 ноябр., Engin. и Engng. 1896, 19 июня.
М. чеp. каналъ Elbe-Trave у Mölln (1900).	32,25	5,53	1 5,83	5,66	0,52		Engng. 1902, №№ 1921 и 1923; Изв. Собр. Инж. Пут. Сообщ. 1903, № 4.
Троицкій мостъ чеp. Неву въ С.-Пе- тербургѣ (1902) (средній пролетъ).	99,29	8,2	1 12,1	8,6	2,0		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.
Мостъ Mirabeau чеp. Сену въ Па- рижѣ (1896).	99,34	6,17	1 16,1	2,0	0,84		—
М. чеp. Rio-Гранде на Тихоокеан- ской ж. д. въ Коста-Рика. (1902).	136,8	17,05	1 8	20,59	3,84		—
Viadукъ чеp. р. Viaur на ж. д. Carcassonne-Rodez. (1900).	220,0	53,73	1 4,1	55,0	2,76		—

*) До верхняго пояса.

а) Цѣпные висячіе мосты.

Система	Название моста.	Пролетъ въ метрахъ l.	Стрѣлка провѣса въ метрахъ f	Г	Примѣчаніе.	Гдѣ находится описание.
	Пантелеимонскій мостъ чеp. Фонтанку въ С.-Петербургѣ (1824) *).	16	2	$\frac{1}{8}$	Полотно не жесткое.	Malberg. Kettenbücken in Petersburg. Zeit. f. Bauw. 1859.
	Пѣшоходный мостъ чеp. Аарѣ у Берна.	58	4	$\frac{1}{14,5}$	Выс. жел. фермы жесткости 1,10 mt.	Dulk. Zeit. f. Bauw. 1864.
	Мостъ чеp. Сену у Suresnes (1840).	62	6,2	$\frac{1}{10}$		Nouv. ann. de la Constr. 1872; Апп. d. р. et ch. 1842; Усовъ. Строительное искусство, ч. II, стр. 323.
	М. чеp. 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. чеp. 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. чеp. 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. чеp. Маасъ въ Серенгѣ (1843)	105	7	$\frac{1}{15}$		Lintz. Allg. Bauz. 1848.
	М. чеp. Темау въ Лондонѣ (1827).	121,8	8,96	$\frac{1}{13,59}$		Werther. Allg. Bauz. 1853.
	М. чеp. 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. чеp. Днѣпръ въ Киевѣ (Николаевскій. 1853).	185,42	8,92	$\frac{1}{15,18}$	Ферма жесткости деревянная Гау.	Усовъ. Строительное искусство. 1862, ч. II, стр. 251. Усиление моста: Инженеръ. 1904, стр. 203.
	М. чеp. Дунай въ Буда-Пештѣ (1845).	202,4	14,41	$\frac{1}{14,04}$	Выс. фермы жесткости дерев. 2,59 mt.	Allg. Bauz. 1841.
	Мостъ чеp. Рейнъ въ Бонѣ (неисп. пр. „Vonner-Wappen“)	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.

Н а з в а н i е м о с т а .	Пролетъ въ метрахъ 1.	Стрѣлка прогиба въ метрахъ 1.	$\frac{1}{1}$	П р и м ъ ч а н i е .	Гдѣ находится описание.
М. у Видагамонга въ Новой Гранадѣ (1870)	56	3,56	$\frac{1}{16}$	Высота фермы жестк. 1 мт. Мостъ подъ обыкновенную ъзду.	
Пѣшѣходный м. ч. Sitter въ Brüggen (1839)	65,5	6,0	$\frac{1}{10,81}$	Высота фермы жестк. 1,2 мт.	
М. чер. Аргенъ у Лангенаргена (Боденское озеро) (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; Deut. 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. Dobroslav у Сибзаса (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	$\frac{1}{10}$		
Пѣшѣходный м. чер. Лунай въ Passau (1869)	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 Дорента	183,6	14,34	$\frac{1}{22}$	Мостъ подъ обыкновенную ъзду.	Becker. Der Brückebau. 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. Рону у Консъ-Нievрока (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. Ніагару (постр. 1855, разобр. 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 искусство, т. II, стр. 292.
М. чер. Заводъ у Фрайбурга (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.

Название моста.	Пролетъ въ метрахъ f.	Стрѣлка провѣса въ метрахъ f.	$\frac{t}{l}$	П р и мѣчаніе.	Гдѣ находится описание.
М. чер. Дунай въ Буда-Пештѣ (Schwurplatzbrücke, 1903)	290,0	29,0	$\frac{1}{10}$	Высота фермы жесткости по серединѣ 4,75 mt., надъ быками—8,98 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
М. чер. Малый Бельть (проектъ 1900)	300,0	37,5	$\frac{1}{8}$		Stahl u. Eisen. 1900, № 41; Mem. et Compte-rendu d. trav. de la soc. d. Ing. Civ. de France, 1900, anp
М. чер. Ohio въ Wheeling'ѣ	307,7	18,50	$\frac{1}{16,6}$		Culmann. Allg. Bauz. 1852.
М. чер. Ohio въ Cincinnati (1867)	322,0	27,15	$\frac{1}{11,86}$		Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1866 и 1868; Zeit. f. Bauw. 1868.
Пѣшѣходный м. чер. Niagara	386,4	27,50	$\frac{1}{14,05}$	Высота фермы жесткости 2,0 mt.	Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1870.
Манатанскій м. чер. East-River въ Нью-Йоркѣ (1905, исп. пр. Best'a)	446,5	45,72	$\frac{1}{9,8}$		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.
Бруклинскій м. чер. East River въ Нью-Йоркѣ (1879)	486,3	38,9	$\frac{1}{12,5}$	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. Bauv. 1883; Woch. d. Ver. deut. Ing. 1883.
Вильямсбургскій мостъ чер. East-River въ Нью-Йоркѣ (1903)	487,7	54,25	$\frac{1}{9}$	Высота фермы жесткости по серединѣ 11,20 mt., а у опоръ—12,19 mt.	Centralbl. d. Bauv. 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.
М. чер. Дунай въ Буда-Пештѣ (пр. Kübler'a 1894).	316,0	27,5	$\frac{1}{11,49}$	Выс. фермы жестк. по сер. 5,7 mt., а по конц. 7,4 mt. М. подъ обыкн. щаду.	Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1894; Centralbl. d. Bauv. 1894; Инженерный журналъ. 1897 г. № 4.

лый проектъ моста съ арочными фермами рассматриваемаго типа для моста чеp. Днѣпръ въ Александровскѣ на П Екатериненской жел. дорогѣ: пролетъ средней арки взятъ 188^{mt}, а стрѣла подъема—26^{mt}, такъ что $\frac{1}{f}$ составляетъ $\frac{1}{7,28}$.

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 известныхъ мостахъ съ арочными сквозными фермами. (Таблица Е. стр. 82—83 и 84—85).

Въ заключеніе скажемъ нѣсколько словъ о много-пролетныхъ мостахъ съ арочными разрѣзными 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 указаныхъ нагрузкахъ совсѣмъ уничтожались, то при параболическихъ аркахъ требуется равенство значеній $\frac{q l^2}{8f}$, гдѣ q —полная нагрузка арки на ног. 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 придачи уклона полотну стрѣлы подъема въ различныхъ пролетахъ, дѣлать послѣднія одинаковой величины; при такомъ способѣ пришлось бы всѣ быки проектировать различныхъ размѣровъ.

б) Арочные фермы съ щѣздою по низу.

Арочные фермы съ щѣздою по низу проектируются подвѣсной системы, при чмъ они имѣютъ видъ возвышенныхъ арокъ съ затяжкой или безъ нея, къ которымъ и подвѣшивается проѣзжая часть. Арки въ большинствѣ случаевъ проектируются двухшарнирныя; очертаніе ихъ поясовъ по кругу или по параболѣ.

Отношение высоты фермы *) къ длине 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 $\frac{1}{25}$ — $\frac{1}{35}$ и иногда до $\frac{1}{40}$.

Для соображений при проектированіи приводимъ слѣдующія данные о некоторыхъ наиболѣе извѣстныхъ арочныхъ мостахъ разсматриваемаго типа подъ обыкновенныя дороги. (Два моста подъ жел. дорогу). (Таблица F, стр. 86—87 и 88—89).

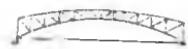


Рис. 21.

4) Консольно-арочные фермы.

Для соображений при проектированіи приводимъ слѣдующія данные о наиболѣе извѣстныхъ консольно-арочныхъ мостахъ (стр. 88—89).

5) Висячія фермы.

Стрѣла провѣса f принимается въ настоящее время отъ $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{8}$ (въ старыхъ мостахъ встречается 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 отдельныхъ пролетахъ зависятъ отъ стрѣлы провѣса f въ среднемъ пролетѣ длиной l , для которого распоръ H составляетъ $H = pl^2$.

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 имеемъ

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

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

Уголъ привѣса подвѣсной цѣпи (т. е. уголъ 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 $\frac{f}{l} = \frac{1}{16} — \frac{1}{5}$, 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 пятъ до верхняго вояса.

c) Висячі мости с жесткою стѣнкою.

Название моста.	Пролетъ въ метрахъ l	Стрѣла провѣса въ метрахъ f	Схема фермы.	Примѣчаніе.	Гдѣ находится описание.
М. чер. Неккаръ въ Мангеймѣ (постр. 1845 г., разобр. 1889 г.)			To-же.		Deut. Bauz. 1867.
М. чер. каналъ Дуная въ Вѣнѣ (Aspernbrücke 1864 г.)	65				
М. чер. каналъ Дуная въ Вѣнѣ (Verbindungs-bahnbrücke) (постр. 1860 г. разобр. 1884 г.)	80,8	4,06	To-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.
Шв. м. чер. пути на ст. Гота (1871 г.)	48,08	6,0		Высота цѣпи 1,2 mt.	Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hann. 1872; Deut. Bauz. 1879.
М. чер. Гудзонъ (North-River) (Lindenthal)	94,5	9,45		Жесткое полотно и жесткая цѣпь. Цѣпь составлена изъ канатовъ.	
М. чер. Monongahela въ Питсбургѣ (1877 г.)	243,8	26,8			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 (1889 г.)					
Манатанскій мостъ чер. East-River въ Нью-Йоркѣ (проектъ Lindenthalа 1902 г.)	448,05	56,04	To-же.		Amer. Soc. of Civ. Ing. 1904 г., авг
М. чер. св. Лаврентія при Quebec (проектъ Lindenthalа)	548,63	54,80			Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1865 и 1868; устройство этого моста: id. 1896, стр. 489.
М. чер. Молдаву въ Прагѣ (м. Франца-Іосифа) (1868 г.)	149,91		To-же.		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		To-же.		Journ. of the Franklin Inst. 1876; Engng. 1877.
М. на Пенсильванской ж. д. въ Філадельфії (1876 г.)	57,0		To-же.		Heinzelring. — Hängebrücken Abt. I, Heft 5. 1880: Rziha. Eisenbahn-Unter- und Oberbau. Bd. II. 1877.
Пѣшешодный м. чер. Майнъ между Франкфуртомъ и Саксгauenомъ (1869 г.)	79,7	6,40	To-же.		Heinzelring. id.
Пѣшешодный мостъ чер. пути на ст. Гота (неисп. проектъ)	48,0	4,5	To-же.		Centralbl. d. Bauv. 1895; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1895.
М. чер. Рейнъ въ Боннѣ (неисп. пр. Küblerа 1895 г.)	212,8	20,0	To-же.	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	To-же.	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	To-же.	Верхній поясъ представляетъ гиперболу.	

средняя высота h этой последней должна приниматься по возможности $\frac{1}{50} l - \frac{1}{60} l$ ($\frac{h}{l} = \frac{1}{50} - \frac{1}{60}$, это лучшее отношение на основании условия минимума суммы объемов ее частей).

Bohny 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

$$h = 0,53 \frac{R.f}{E dt} \cdot \frac{1}{L}$$

где: R — допускаемое напряжение

f — стрела провеса

l — пролет

$L = 1 + 2l, \operatorname{Sec}^2 \alpha$

E — модуль упругости

α — коэффициент расширения

t — изменение температуры

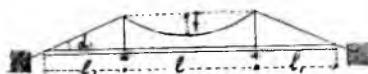


Рис. 22.

Если принять $R = 750 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, $E\alpha = 23,8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, $t = 40^\circ$, то получим

$$h = 0,418 \frac{1}{L} \cdot f.$$

Для однопролетной фермы L колеблется в пределах от 21 до 2,5; для такой фермы следовательно будем иметь:

$$h = \text{от } 0,209 f \text{ до } 0,167 f.$$

По этим формулам определяется высота фермы жесткости для середины пролета и эта высота принимается обыкновенно постоянная для всей фермы; однако при очень больших пролетах можно рекомендовать высоту фермы жесткости у опоры принять несколько больше, нежели по середине, придав нижнему поясу небольшую выпуклость. (Вильямсбургский мост в Нью-Йорке, м. Schwurplatz в Буда-Пешт и др.)

Приводим данные о стрелах провеса в некоторых известных висячих мостах. (Стр. 90—91, 92—93 и 98—99).

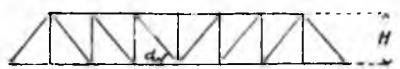
с) Длина панелей.

При металлической проезжей части длина панели оказывает большое влияние на весь рисунок фермы (на весь поясовую влияние не велико) и на весь проезжий части. От длины панели, при известной высоте фермы, зависит угол наклонения раскосов, а от этого угла и зависит их весь. При параллельных поясах наибольший угол наклонения раскосов к горизонту в простой раскосной решетке $35^\circ 15'$, а в треугольной решетке 45° . На практике, однако, эти углы не принимаются. Для облегчения проектирования ферм некоторых систем приводим ниже следующую таблицу, в которой панели указаны, какими панелями обыкновенно принимаются на практике.

Схема.

Принимаемая на практикѣ панели.

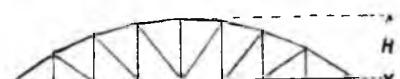
Примѣчаніе.



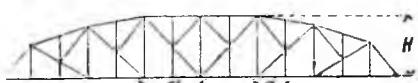
$d = 0,7 H - H$
(чаще $0,84 H - H$)
 $\alpha = 65^\circ - 45^\circ$
(чаще $50^\circ - 45^\circ$)



$d = 0,6 H$

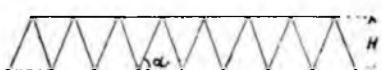


$d = 0,6 H - 0,8 H$
(чаще $0,6 H - 0,7 H$)



$d = 0,6 H - 0,9 H$
(чаще $0,8 H - 0,9 H$)

при
 $l = 75 - 100 \text{mt.}; d_i = 5,5 - 7,0 \text{mt.}$
 $l = 100 - 170 \text{mt.}; d_i = 7,0 - 8,0 \text{mt.}$



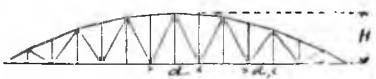
$d = 0,73 H - 1,15 H$
 $\alpha = 70^\circ - 60^\circ$



$d = 1,15 H - 1,7 H$
 $\alpha = 60^\circ - 50^\circ$



$d = 0,9 H - H$



$d = 0,8 H - H$



$d = 0,7 H - 0,84 H$
(лучше $\sim 0,7 H$)
 $\alpha = 35^\circ 30' - 31^\circ$
(лучше $35^\circ 30'$)



$d = 0,5 H$ или $0,5 \left(\frac{H + H_0}{2} \right)$



$d = \sim 0,5 l$



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 пѣтъ 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 материала.

Общее выраженіе вѣса g пог. метра балки имѣть слѣдующій видъ, если длину ея обозначимъ черезъ a :

$$g = A + B a.$$

Для двутавровыхъ продольныхъ и поперечныхъ балокъ будемъ имѣть слѣдующія среднія значения для B (коэффиціенты A для рассматриваемаго вопроса не имѣютъ значенія, какъ то видно будетъ ниже, почему ихъ не рассматриваемъ). При этомъ мы предполагаемъ, что всѣ балки изъ литого желѣза, вѣсъ куб. сант. котораго $= 0,00785 \text{ klg}$, 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 $g_1 = A_1 + B_1 a$.

б) Для крайней продольной балочки:

$$\text{при среднемъ } \frac{h}{l} = \frac{1}{12}$$

$B_1 = 6$ — при разстояніи между продольными балочками въ 1,4mt.
 $B_1 = 4$ — " " " " " " 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

$$g_3 = B_3 + A_3 a$$

а вѣсъ ея на 1 п. м. панели выразится

$$\frac{g_3 b}{a} = \left(A_3 + \frac{B_3}{a} \right) b.$$

Для указанныхъ въ отдѣлѣ „Временная нагрузка“ фуръ вѣсомъ 8,2tn, 10tn., 18tn., и 20tn. будемъ имѣть слѣдующія значенія для B_3 при $b = 6, 7, 8\text{mt}$.

b	Давленіе колеса фуры.			
	2,65tn.	2,5tn.	4,5tn.	5tn.
6 mt.	105	111	131	133
7 mt.	120	126	146	149
8 mt.	134	140	162	165

Выраженіе для вѣса реберъ всей проѣзжей части g на 1 ног. 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

$$G = n_1 A_1 + n_1 B_1 a + n_2 A_2 + n_2 B_2 a + A_3 b + \frac{B_3 b}{a} =$$

$$= \left[\underbrace{n_1 A_1 + n_2 A_2 + A_3 b}_{\text{постоянное}} \right] + \left[\underbrace{n_1 B_1 a + n_2 B_2 a + \frac{B_3 b}{a}}_{\text{перемѣнное}} \right]$$

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 наивыгоднѣйшую 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) $= 8\text{mt}$, поперечная балка расчитывается на фуры въ 10tn , число промежуточныхъ продольныхъ балочекъ 7, а крайнихъ — 2, то будемъ имѣть наивыгоднѣйшую длину панели въ отношеніи вѣса реберъ проѣзжей части

$$a = \sqrt{\frac{140 \times 8}{7 \times 8 + 2 \times 5}} = 4,13\text{mt}$$

Если число промежуточныхъ продольныхъ балочекъ будетъ 5, то наивыгоднѣйшая длина панели будетъ

$$a = \sqrt{\frac{140 \times 8}{5 \times 8 + 2 \times 5}} = 4,75 \text{ m}.$$

Если почему либо крайнія продольныя балочки проектируются одинаковыми съ промежуточными то предыдущая формула принимаетъ видъ

$$a = \sqrt{\frac{B_3 b}{n B_1}}$$

гдѣ n — число всѣхъ продольныхъ балочекъ.

Замѣтимъ, что отступленія $\pm 0,5 \text{ m}$. отъ опредѣленной по даннымъ формуламъ наивыгоднѣйшей длины панели почти не вліяютъ на вѣсъ реберь проѣзжей части: въ крайнемъ случаѣ можно безъ значительнаго увеличенія вѣса реберь проѣзжей части допустить даже отступленія отъ наивыгоднѣйшей длины панели $\pm 1,0 \text{ m}$.

Въ общемъ можно указать, что при металлической проѣзжей части длина панели колеблется въ предѣлахъ 2,0—8,0 m . (иногда и 9,0 m) и больше этого встрѣчаются панели какъ рѣдкое исключеніе (напр. въ строящемся мостѣ чер. р. Св. Лаврентія бл. Quebecа на Второй Тихоокеанской ж. д. панели приняты длиной 15,24—17, 15 m). Нормальнымъ предѣломъ длины панели слѣдуетъ считать 5,0 m .

D) 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.

I) Пѣшеходные мосты.

Полезная ширина пѣшеходныхъ мостовъ принимается обыкновенно въ предѣлахъ 1,5—4 m . (въ Россіи обыкновенно 2—3 m .) въ зависимости отъ предполагаемаго размѣра движенія по мосту. Въ крайніхъ случаяхъ она доходитъ до 8 m . (напр. пѣшеходный мостъ чер. Сену въ Парижѣ, построенный въ 1900 г. на территоріи выставки, длиной 120 m).

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 стъ того, на сколько необходимы отдѣльные тротуары.

На шоссе первостепенного значения мосты проектируются по типу III или IV; въ большинствѣ случаевъ достаточно принять типъ III, допускающей скрещивание двухъ экипажей, а типъ IV, допускающей скрещивание трехъ экипажей, приходится принимать въ исключительныхъ случаяхъ, если на мосту дѣйствительно ожидается большое скопленіе экипажей.

Наименшую ширину тротуаровъ для шоссейныхъ мостовъ слѣдуетъ

III типъ.

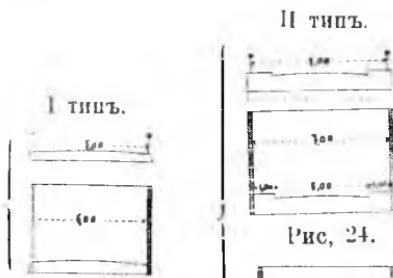


Рис. 23

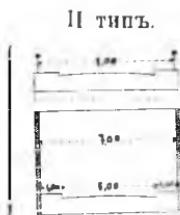


Рис. 24.



Рис. 25.

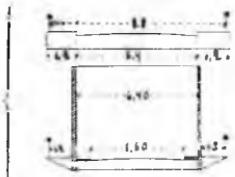


Рис. 26.

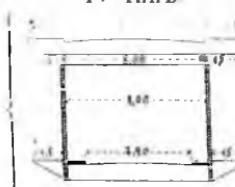


Рис. 27.

принимать въ 1^м, а наибольшую — въ 1,5^м, при устройствѣ двухъ тротуаровъ; въ случаѣ устройства всего только одного тротуара ширина таковаго должна быть не менѣе 1,8^м.

У насъ нѣтъ утвержденныхъ нормъ для ширины шоссейныхъ мостовъ: только въ V отдѣлѣ гл. I § 2 „Свода распоряженій М-ва П. С. по службѣ пути жел. дорогъ“ имѣется слѣдующее указаніе: „ширина полотна путепровода проѣзжей дороги, считая таковую между перилами, и ширина проѣзда подъ желѣзодорожнымъ путепроводомъ не должны быть менѣе 3-хъ саженей на шоссе, торговыхъ и почтовыхъ дорогахъ, и 2-хъ саженей на сельскихъ и полевыхъ дорогахъ.“

3) Городскіе мосты.

Ширина городскаго моста назначается въ зависимости отъ того, лежить ли онъ въ предѣлахъ улицы, или въ предѣлахъ площади, или же онъ соединяетъ двѣ части города, раздѣленныя рѣкой. Въ первомъ случаѣ ширина моста обыкновенно принимается равной ширинѣ улицы, ведущей къ мосту; такие мосты обыкновенно перекрываютъ каналы, овраги или рѣченьки, почему длина ихъ въ общемъ незначительная и пѣтъ особенного расчета уменьшать ширину моста противъ ширины улицы. Во второмъ случаѣ ширина моста принимается возможно большей, дабы по возможности менѣе стѣснить движеніе (Синій мостъ чер. Мойку въ С. Петербургѣ, лежащий въ предѣлахъ площади, имѣть напримѣръ, ширину 45 саж.) Въ третьемъ случаѣ ширина моста принимается въ зависимости отъ мѣстныхъ условій, при чѣмъ ширина проѣзда въ существующихъ мостахъ встрѣчается въ предѣлахъ отъ 6,5 до 22^м, а ширина тротуаровъ отъ 1,20 до

10^{mt}. Въ общемъ представляется рациональнымъ принимать для мостовъ, соединяющихъ двѣ части города, слѣдующую ширину:

	ширина проѣзда	ширина тротуаровъ*)
въ уѣздныхъ городахъ:	6,40 ^{mt} . (= 3 саж.)	1,50 ^{mt} .
въ губернскихъ городахъ:	6,40 ^{mt} . (= 3 саж.)	1,50 — 2 ^{mt} ,
	или 8,50 ^{mt} . (= 4 саж.)	
въ столичныхъ городахъ:	14 — 18 ^{mt} .	3 ^{mt} .

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^{mt}) и тогда ширина проѣзда въ 6,40^{mt}. вполнѣ достаточна. Если же на мосту предполагается уложить два трамвайныхъ пути, то ширину проѣзда достаточно принять въ 8,5^{mt}; расположивъ пути по краямъ, около обоихъ тротуаровъ. Если же по какимъ либо соображеніямъ необходимо бы было расположить два трамвайныхъ пути непремѣнно по серединѣ моста, то необходимо съ каждой стороны путей дать полосу въ 3,0—3,5^{mt} для проѣзда одного ряда экипажей. Принимая обычную величину междупутія въ 1,50^{mt}, ширину колен въ 1,0^{mt} и ширину вагоновъ въ 2,0^{mt}. полоса, занимаемая двумя трамваями, получится въ 4,50^{mt}. и слѣдовательно необходимая минимальная ширина проѣзда въ этомъ случаѣ получается.

$$4,50 + 2 \times 3,0 = 10,5^{mt}$$

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 заграницей въ нестоличныхъ городахъ ширина проѣзда принимается обыкновенно 6,50—8,50^{mt}, также какъ у насъ въ губернскихъ городахъ, и въ рѣдкихъ случаяхъ 10,0—11,0^{mt} если того требуютъ трамвайные пути; въ столичныхъ же городахъ ширина проѣзда принимается въ предѣлахъ 10—15^{mt}. (чаще 11—15^{mt}); такую ширину проѣзда, какъ имѣть мостъ Императора Александра III, въ 20^{mt} 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, расположениемъ проѣзжей части (по верху или по низу) и расположениемъ тротуаровъ (снаружи фермъ или между ними). Относительно выгодности 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 висячихъ мостахъ, при двухъ фермахъ, расположеніе тротуаровъ снаружи фермъ слѣдуетъ допу-

*) Ширина тротуара обыкновенно въ среднемъ составляетъ $1\frac{1}{2} - 1\frac{1}{4}$ отъ ширины проѣзда.

Р у с с и е м о с т ы.

	Н а з в а н i е м о с т а .	Располо- жение щады.	Ширина въ mt.		Дли- на мост mt.
			Проѣзда.	Каждаго тротуара	
У въздушные города.	М. чеp. Великую въ Островъ (1853)	По низу.	5,48	0,47	94
	М. чеp. Мсту въ Боровичахъ (1905)	“	6,67	1,50	107
Г у б е р н и е г о р о д а .	Николаевскій м. чеp. Днѣпръ въ Киевѣ (1853)	По низу.	10,27	1,22	700
	Зеленый м. чеp. Виллю въ Вильнѣ (1894)	“	8,50	1,50	87
	М. чеp. Волховъ въ Новгородѣ (1900)	“	8,22—8,53	2,69—1,84	170
	М. чеp. Волгу въ Твери (1900)	“	6,40	2,56	190
	М. чеp. Руссановскій притокъ Днѣпра въ Киевѣ (1907)	“	8,11	внутри 1,28	—
	Звѣринецкій м. чеp. Виллю въ Вильнѣ (1907)	По верху.	8,50	1,50	—
	Чеp. Зап. Двину въ Витебскѣ (1885)	“	7,92	1,07	180
	Чеp. Зап. Двину въ Ригѣ (1896)	“	10,76	1,60	525
	Чеp. Днѣпръ въ Смоленскѣ (1902)	“	6,40	1,22	—
	Чеp. Нѣманъ въ Гроднѣ (строится)	“	8,50	2,10	165
	Чеp. Куру въ Тифлисѣ (строится)	—	12,7 *)	2,13	—
С т о л и ч н ы е г о р о д а .	Александровскій м. чеp. Вислу въ Варшавѣ (1866)	По низу.	10,47	2,50	450
	Николаевскій м. чеp. Неву въ С.-Петербургѣ (1850)	По верху.	13,80	3,13	350
	Литейный м. чеp. Неву въ С.-Петербургѣ (1879)	“	17,06	3,20	430
	Троицкій м. чеp. Неву въ С.-Петербургѣ (1903)	“	17,65	2,90	480
	“Третій* м. чеp. Вислу въ Варшавѣ (строится)	“	15,0	3,20	504
	Дворцовый м. чеp. Неву въ С.-Петербургѣ (конк.)	—	21,97	2,88	260
	Охтенскій м. чеp. Неву въ С.-Петербургѣ (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 .

Н а з в а н i е м о с т a .	Располо- ж е н и е ъз д ы .	Ширина въ mt.		Длина моста mt.	Гдѣ находятся описание.	П р и мѣчанiе.
		Проѣзда.	Каждаго тротуара			
Мосты Sully чер. Сену въ Парижѣ (1876)	по верху.	12,0	4,0	98 и 143	Ann. d. r. et Ch. 1880, II стр. 483.	
M. Carouelle " " " (1836)	"	7,0	2,50	—	См. стр. 74—75.	
M. Tolbiac " " " (1895)	по низу.	11,0	2,0	162	" "	
M. Mirabeau " " " (1896)	по верху.	12,0	4,0	174	" " 88—89.	
M. Alexandre III " " " (1900)	"	20,0	10,0	174	" " 76—77.	Трамвайныхъ путей нѣть.
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. Луизы " (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	4,90	240	Zeit. f. Bauw. 1857, стр. 221.	
M. Waterloo " " "	"	8,00	—			
M. Tegetthoff чер. Вѣну въ Вѣнѣ (1872)	по верху.	11,40	3,80	35	См. стр. 82—83.	
Вiadукъ чер. пути ж. д. Императрицы Елизаветы	по низу.	7,60	2,0		Allg. Bauz. 1876.	
M. Brigitta чер. Дунайскій каналъ	"	11,30	3,8		Zeit. d. öst. Ing. n. Arch. Ver. 1900, № 18.	
M. Франца Йосифа чер. Дунайскій каналъ (1900)	по верху.	8,00	4,0	53		
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.	
M. Франца-Йосифа " " " (1897)	по низу.	10,5	2,90	335	" "	
M. Kaiserin-Elisabeth " " " (1903)	"	11,0	3,60	380	" "	
M. Kornhaus чер. Ларъ въ Бернѣ (1898)	по верху.	7,2	2,70	240	См. стр. 78—79.	
M. Kirchenfeld " " " (1883)	"	7,2	2,70	229	Schweiz. Bauz. Bd. III, стр. 128; 1893, I, стр. 137.	2 пути трамвая.
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. Майнѣ въ Франкфуртѣ (Unter-Main-Brücke (1874)	по верху.	8,70	2,90	170	См. стр. 82—83.	
M. чер. Рейнѣ въ Вормсѣ (1899)	по низу.	6,50	2,0	297	См. стр. 78—79.	
M. чер. Рейнѣ въ Боннѣ (1894)	по низу.	7,15	2,5	400	См. стр. 88—89	2 пути трамвая.
M. чер. Рейнѣ 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.

Н а з в а н и е м о с т а .	Располо- жение ъзды.	Ширина въ mt.		Длина моста mt.	Гдѣ находится описание.	Примѣчаніе.
		Проѣзда.	Каждаго тротуара			
М. чер. Неккаръ въ Мангеймѣ (Friedrichsbrücke (1890))	по низу.	10,0	5,0	187		
" " " " " (строится)	"	10,0	2,50	240		2 пути трамвая по серединѣ.
М. въ Люцернѣ (Seebrücke)	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-Trave-Kanal въ Любекѣ (Burgtor-Brücke, 1897)	по верху.	11,0	3,5	88	Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1900. № 24.	2 пути трамвая по бокамъ.
М. чер. Elbe-Trave-Kanal въ Любекѣ (Mühlentor-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). " " " " " (Hansa-Brücke, 1903)	по низу.	6,5 8,5	2,75 2,85	200 110	Deut. Bauz. 1906. №№ 20, 22, 23.	Путей трамвая нѣтъ. 2 пути трамвая по бокамъ.
М. чер. Эльбу въ Гамбургѣ (системы Лозе) (1888). M. Kornhaus чер. кан. Zoll (1891) въ Гамбургѣ M. чер. Oberhafen " " (1906) "	по низу.	— 11,0 7,0	2,0 3,0 2,5	400 — 180	Ann. d. p. et ch. 1891, pl. 40. Ann. d. p. et ch. 1891, pl. 41. Zeit. f. Bauw. 1907.	Путей трамвая нѣтъ.
M. Wettstein чер. Рейнъ въ Базельѣ (Obere-Brücke 1879). M. Johanniter чер. Рейнъ въ Базельѣ (Untere-Brücke, 1882)	по верху.	7,60	2,5	310	Deut. Bauz. 1879, стр. 243; Zeit. d.	
Кам. м. чер. Рейнъ въ Базельѣ (Mittlere-Brücke, 1905)	по верху.	7,60 11,0	2,5 3,5	310 170	Arch. u. Ing. Ver. zu Hann. 1879 и 1880; Eisenbahn XIII, стр. 50. Schweiz. Bauz. XLVII, №№ 1, 2 и 4	2 пути трамвая по серединѣ.
М. Фридриха-Августа чер. Сирскую долину въ Плауэнѣ (1905)	по верху.	11,0	3,0	100	Schweiz. Bauz. 1905.	2 пути трамвая по серединѣ.
М. чер. Фульду въ Кассельѣ (Hafenbrücke, стр.) " " " " " (Fulda-Brücke, стр.)	по низу.	10,0 10,0	3,0 3,0	90 90	Centr. d. Bauv. 1907.	2 пути трамвая по серединѣ.

скать только при небольшихъ пролетахъ; при значительныхъ же пролетахъ полезно имѣть большое разстояніе между фермами, почему въ этихъ случаяхъ слѣдуетъ тротуары располагать внутри фермъ.

Относительно расположения 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 расположении поперечныхъ балокъ надъ поясами фермъ, при устройствѣ ихъ неразрѣзными, является возможность разгружать нѣсколько промежуточныхъ фермъ расположениемъ тротуаровъ снаружи. Наконецъ расположение тротуаровъ снаружи придаетъ мосту болѣе красивый видъ.

Рассмотримъ отдельно 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 главныя 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 расположении полотна. Если же послѣднее располагается на главныя 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 расположениемъ тротуаровъ на вѣсу разстояніе принимается до 7,5^{mt} (напр. городской м. ч. чер. Рейнъ въ Вормсѣ арочной системы). При двухъ фермахъ разстояніе между ними принимается пріемѣрио 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 устраивать продольныя и поперечныя балки, ибо конструктивный коэффиціентъ 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 віадукѣ Tolbiac въ Парижѣ при разстояніи между фер-

мами въ 16^{mt} , въ висячемъ мостѣ Имп. Елизаветы въ Буда-Пештѣ при разстояніи между фермами въ 20^{mt} , въ м. Lepine на Сѣверномъ вокзалѣ въ Парижѣ при разстояніи между фермами въ $15,5^{mt}$, въ м. Tower въ Лондонѣ при разстояніи между фермами въ 18^{mt} 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 помѣщаются третью ферму, которой полотно дѣлится на двѣ части (ширина проѣзда въ каждой части должна быть не менѣе 4^{mt}), въ каждой изъ которыхъ движеніе происходитъ только въ одномъ направлѣніи (напр. Пятницкій путепроводъ Моск. Брест. жел. дороги на ст. Смоленскъ, въ которомъ ширина проѣзда въ свѣту $13,8^{mt}$). Это раздѣленіе моста на части представляется при дѣятельномъ движеніи нѣкоторыхъ пеудобства, почему примѣняется очень рѣдко.

Въ висячихъ мостахъ примѣняются иногда даже четыре и пять фермъ слѣдующаго расположения (рис. 28—30).



Рис. 28.



Рис. 29.



Рис. 30.

При такомъ расположениіи фермъ ихъ максимальныя нагрузки различныя и потому крайнія и среднія фермы должны проектироваться различныхъ размѣровъ; въ виду сего эти расположениія рѣдко примѣняются и обыкновенно въ висячихъ мостахъ ограничиваются тоже двумя фермами.

Въ заключеніе замѣтимъ, что принимаемыя въ мостахъ подъ обыкновенныя дороги разстоянія между фермами вполнѣ 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 чѣмъ для первого 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.

Утвержденіиныхъ 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 подъ желѣзодорожнымъ путепроводомъ должна быть не менѣе 2-хъ саженей, т. е. $4,267^{mt}$. Эту величину слѣдуетъ считать слишкомъ малой для чистаго проѣзда въ закрытыхъ мостахъ, ибо вагоны трамвая, а также вагоны съ сѣномъ и соломой имѣютъ высоту до $4,5^{mt}$.

Принимая это во вниманіе Haseler совѣтуетъ высоту чистаго проѣзда въ закрытыхъ мостахъ припинать отнюдь не менѣе $4,6^{mt}$ — $5,0^{mt}$.

Проф. Николай принимаетъ наименьшую высоту чистаго проѣзда въ 4,70^{мт}.

Наконецъ въ Австрии (цирк. М-ва Вн. дѣлъ 16 марта 1906 г.) установлено, что низъ поперечныхъ связей долженъ возвышаться надъ поверхностью проѣзжей части повсюду не менѣе, какъ на 4,5^{мт}. и надъ поверхностью тротуаровъ не менѣе, какъ на 2,5^{мт}.

Указанныя цифры относятся до высоты проѣзда по серединѣ моста, т. е. вдоль его продольной оси; у краевъ же полотна высота проѣзда можетъ быть уменьшена до 4,0^{мт}, если это требуется.

Наименьшая высота чистаго прохода въ пѣшеходныхъ мостахъ принимается въ 2,5^{мт}.

F. Поперечная и продольная профиль мостового полотна.

Для обезпеченія возможности стока воды мостовому полотну всегда придаются продольный и поперечный уклоны, а иногда (рѣдко) только одинъ изъ этихъ уклоновъ.

Поперечная профиль полотна бываетъ или горизонтальная, или вогнутая или выпуклая, при чмъ чаще всего встрѣчается послѣднія. Выпуклая профиль устраивается по круговой или параболической кривой (при одѣждѣ полотна въ видѣ каменной или асфальтовой мостовой, и въ видѣ щебеночнаго слоя), или же составляется изъ двухъ наклонныхъ плоскостей (при одѣждѣ полотна въ видѣ досчатаго настила или деревянной мостовой, а иногда также и при вышеуказанныхъ одѣждахъ).

Въ случаѣ устройства выпуклой поверхности по кривой стрѣла выпуклости принимается:

для каменной мостовой: $1/50 - 1/100$ отъ ширины проѣзда

для асфальтовой мостовой: $1/100 - 1/200$ " "

для щебеночнаго слоя: $1/50$ " "

Въ случаѣ же составленія выпуклой поверхности изъ двухъ наклонныхъ плоскостей поперечный уклонъ принимается:

для досчатаго настила: $1/30 - 1/50$

для деревянной мостовой: $1/50 - 1/100$

для каменной мостовой: $1/30 - 1/50$

для асфальта: $1/50 - 1/100$

для щебеночнаго слоя: $1/30 - 1/60$

Указанные здѣсь величины поперечнаго уклона полотна по роду одѣжды его назначаются въ зависимости отъ продольнаго уклона; чѣмъ больше продольный уклонъ, тѣмъ менѣе можетъ быть принять поперечный, и наоборотъ.

Тротуары имѣютъ обыкновенно плоскую поверхность съ поперечнымъ уклономъ во внутрь или внаружу моста.

Для различныхъ одѣждъ принимаются слѣдующіе уклоны:

для досчатаго настила: $1/30 - 1/70$

для асфальта: $1/50 - 1/100$

для каменныхъ плитъ: $1/40$

Во избежание загрязнения тротуары необходимо располагать на 12—20% выше полотна экипажного проезда (у внутренних краевъ тротуаровъ).

Продольный уклонъ придается мостовому полотну обыкновенно въ обѣ стороны отъ середины пролета. Предельная величина его, сообразно роду одежды полотна принимается следующая:

для досчатаго настила: $1/40$

для асфальта: $1/50$ (лучше $1/70$)

для деревянной мостовой: $1/30$

для каменной мостовой: $1/20$

Въ пѣшеходныхъ мостахъ продольный уклонъ принимается не выше $1/12$.

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^{mt}, 1897 г.) и Александра III чер. Сену въ Парижѣ (арочный съ Ѣздою по верху, длиной 174^{mt}, 1900 г.) продольная профиль образована изъ двухъ обратныхъ наклонныхъ прямыхъ, сопряженныхъ круговой кривой: въ Троицкомъ мосту чер. Неву въ С. Петербургѣ (консольно-арочный съ Ѣздою по верху, длиною 480^{mt}, 1903 г.), въ мосту чер. Нѣманъ въ Гроднѣ (консольно-балочный съ Ѣздою по верху, длиной 165^{mt}, строится), въ „Третьемъ“ мосту чер. Вислу въ Варшавѣ (арочный съ Ѣздою по верху, длиной 504^{mt}, строится), въ мосту чер. Рейнъ въ Боннѣ (арочный съ Ѣздою по низу, длиной 400^{mt}, 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 Ѣздою по верху длиной 350 и 430^{mt}, 1850 и 1879 г.) и въ мосту чер. Волховъ въ Новгородѣ (консольно-балочный съ Ѣздою по низу, длиной 170^{mt}, 1900 г.) продольная профиль образована изъ хордъ пологихъ кривыхъ, образующихъ ломанную линію; въ мосту чер. Зушу въ Зарѣчье (консольно-балочный съ двумя консолями, длиной 87^{mt}, 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 образовать изъ кубической параболы, а въ крайнихъ участкахъ изъ параболы 1,65th 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:

$$y = 2,36 \frac{x^2}{a^2} - 0,74 \frac{x^3}{a^3}, \text{ где } a \text{ — длина хорды.}$$

Приводимъ необходимыя формулы для расчета кривыхъ, сопрягающихъ двѣ наклонныя (въ разныя стороны) прямыя, имѣющія наклонъ $\frac{1}{n}$.

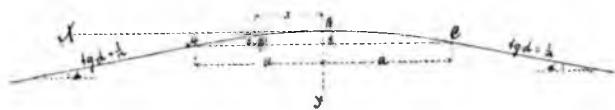


Рис. 31.

a) Кривая ABC — кругъ.

Уравненіе круга будетъ

$$x^2 + y^2 = R^2$$

откуда $y = \sqrt{R^2 - x^2}$

Радіусъ 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 значения для f и R получимъ окончательно

$$y = \sqrt{a^2(n^2 + 1) - x^2} - an,$$

по каковой формулѣ и опредѣляются ординаты круга (осью абсциссъ служить хорда).

b) 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

$$\operatorname{tg} \alpha = \left| \frac{dy}{dx} \right|_{x=a} = \frac{2f}{a} = \frac{1}{n}$$

Откуда

$$f = \frac{a}{2n}$$

Подставляя это значение въ уравненіе параболы, получимъ

$$y = \frac{x^2}{2an} \quad \text{или } x^2 = 2an \cdot y.$$

Далѣе изъ чертежа имѣемъ

$$y_1 = f - \bar{y} = -\frac{a^2 - x^2}{2 \text{ au.}},$$

по какой формуле и определяются ординаты параболы (осью абсцисс служит хорда).

Продольный уклонъ въъздовъ на мосты подъ обыкновенную дорогу долженъ быть не круче 0,05, а въ городахъ и па шоссе не круче 0,03. (V отд. гл. I § 9 „Свода распоряженій М-ва И. С. по службѣ пути желѣзныхъ дорогъ“).

Обыкновенно дѣлаютъ уклонъ въ 0,02 и 0,01.

Г) Положение низа фермъ.

§ 1. Возвышеніе и паз фермъ путепроводовъ.

а) Въ путепроводахъ надъ желѣзной дорогой наименьшая высота проѣзда подъ ними опредѣляется мѣрами утвержденныхъ предѣльныхъ приближеній строеній къ путямъ.

Эта высота, считая надъ уровнемъ рельсовъ, составляетъ:

для жел. дорогъ норм. колеи $1524\text{m}^{\text{m}}/\text{m}^{\text{*}}$ $5,55\text{m}^{\text{l}}$.—для несгор. прол. строеній.

(на пути и на станциях) 6,4^{мл.}—для дерев

4,65^{мл.} — на пути.

також заліт зонтичного 1967-го № 410544 від посиланням на підлік залітів.

(на жити и не стачиниць) $4,91^{ml}$ — для перевінчаних прош. строєній

для ж/д дорог колеи 1000^{***} (15^{mf}—для несгораемых проф. строений).

— для деревянныхъ проѣздовъ 5.00 *mt.* — для деревянныхъ проѣздовъ 5.00 *mt.* — для деревянныхъ проѣздовъ 5.00 *mt.*

ця жеъ дорога болѣе 750^м—****(3 S—ЦВ несгораемыхъ пилотъ строеній

(на пути и на стационар.) 4.65—для деревянныхъ проф. строеній

Задача 1. Доказать, что для каждого $M \in \mathbb{R}$ и

Замѣтимъ здѣсь, что въ Австрии установлено (цирк. М-ва Вп. д. № 111 отъ 1899 г.) бывшаго членомъ франц. парламента обѣ

16 Марта 1906 г.), чтобы между низомъ фермъ путепровода и барабаномъ

б) Въ путепроводахъ падъ проѣзжею дорогою высота проѣзда подъ ними должна быть не менѣе 2 саж. въ предѣлахъ ширины

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 надъ скотопрогонною дорогою высоту проѣзда подъ ними достаточно принять въ 1 саж.

*) Цирк. Деп. жел. дор. 12 Ноябр. 1893 г. № 18260.

**) Прик. М-ра II. С. 5 Мая 1895 г. № 811.

*** Цирк. Деп. жел. дор. 13 Янв. 1898 г. № 710

****) Прик. М-ра П. С. 11 Дек. 1893 г. № 20255.

§ 2. Возвышение низа фермъ мостовъ черезъ рѣки.

а) Мосты на судоходныхъ рѣкахъ.

Въ судоходныхъ пролетахъ деревянныхъ мостовъ съ деревянными опорами низъ пролетного строенія на наибольшей ширинѣ надводного габарита судовъ долженъ возвышаться надъ наивысшимъ судоходнымъ горизонтомъ не менѣе увеличенной 2^{**} футами наибольшей высоты надводного габарита (отъ ватерлипіи) судовъ.

Въ судоходныхъ пролетахъ мостовъ съ каменными опорами возвышение низа пролетного строенія надъ наивысшимъ судоходнымъ горизонтомъ въ предѣлахъ средней 10 саженой ширины каждого судоходного пролета должно быть не менѣе 2,36 саж. и не менѣе увеличенной на 4 фута наибольшей высоты надводного габарита (надъ ватерлипіей) 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 подъ обыкновенныя дороги.

Вообще въ судоходныхъ пролетахъ мостовъ разстояніе нижняго пояса балочныхъ фермъ или возвышение внутренней направляющей въ ключѣ арки арочныхъ фермъ надъ наивысшимъ горизонтомъ высокихъ водъ должно быть сообразовано съ наибольшей высотою 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, значительного возвышенія пролетныхъ частей моста требуемаго условіямъ 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 возвышение низа пролетныхъ частей надъ самыми высокими 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 пут. жел. дорогъ“ ширина разводного 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 разводного пролета принята:

мосты чер. Невы въ С. Петербургѣ	Николаевскій—10 саж.
	Литейный—10 саж.
	Троицкій—2×13 саж.
	Дворцовый—14 саж.) Охтенскій—15 саж.)

{ согласно технич. условій.

Николаевскій висячій м. чер. Днѣпръ въ Киевѣ—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.

б) Мосты на сплавныхъ рѣкахъ.

Въ мостахъ на сплавныхъ рѣкахъ повышение пиза пролетныхъ частей надъ наивысшимъ горизонтомъ, при которомъ производится сплавъ, обыкновенно принимается не менѣе 1,5 саж. (проф. Куницкій). Это возвышение, 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 избѣженіе поврежденія пролетныхъ частей ударами плавающихъ тѣлъ, низъ этихъ пролетныхъ частей балочной системы долженъ быть поднятъ на столько надъ подпорнымъ уровнемъ самыхъ высокихъ водъ, чтобы отъ верхней поверхности подформенного 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 поднять надъ подпорнымъ уровнемъ самыхъ высокихъ водъ не менѣе, какъ на 0,50 саж. (§ 43 „Техническихъ условій проектированія и сооруженія желѣзныхъ дорогъ первостепенного значенія“). Этихъ нормъ, установленныхъ для желѣзодорожныхъ балочныхъ мостовъ, слѣдуетъ придерживаться и въ мостахъ подъ обыкновенныя дороги.

Въ мостахъ арочной системы нижнее ребро подформенной площадки должно возвышаться надъ горизонтомъ самыхъ высокихъ водъ не менѣе какъ на 0,30 саж.; только въ исключительныхъ случаяхъ это возвышение можно ограничить 0,10 саж.

Въ мостахъ подкосной системы низъ подкосовъ долженъ быть поднять надъ горизонтомъ самыхъ высокихъ водъ не менѣе, какъ на 0,10 саж.

III. Общія указанія.

§ 1. Точность вычислений при расчетахъ.

Относительно точности вычислений при расчетахъ приводимъ слѣдующія указанія, данная 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 вычисленияхъ можно ограничиваться точностью до $1\frac{1}{2}\%$, такъ что достаточно вычислять двухзначныя числа до десятыхъ долей единицъ, трехзначныя числа до цѣлыхъ единицъ, четырехзначныя числа до цѣлыхъ десятковъ,

2) при проверкѣ расчетовъ дозволяется пользоваться логарифмической линейкой, при чемъ исправленію подлежать 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 съченія или моментовъ сопротивленія.

§ 2. Ичисленіе точнаго вѣса металлическаго пролетнаго строенія.

Ичисленіе вѣса пролетнаго строенія необходимо: 1) для опредѣленія дѣйствительнаго его вѣса и 2) для составленія спецификаціи металла, по которой дается заказъ прокатному заводу.

Ичисленіе вѣса производится на особыхъ бланкахъ, которые рекомендуемъ слѣдующаго образца (стр. 121—122); при этомъ приводимъ для примера группировку частей верхняго строенія, состоящаго изъ трехъ фермъ, со свободными поперечными балками (крайній пролетъ моста).

Дадимъ нѣкоторыя указанія относительно составленія исчисленія вѣса:

1) желательно, 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 исчислениемъ вѣса и чертежами облегчаетъ пайти въ исчислениіи любую часть, обозначенную на чертежѣ и обрати; 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 $3^{1/2}\%$ отъ вѣса желѣза, входящаго въ составъ пролетныхъ частей. (IX отд. гл. VIII § 9 „Свода распоряженій М-ва И. С. по службѣ пути жел. дорогъ“).

Эта норма вѣса заклепочныхъ головокъ, выраженная въ $\%$ отъ вѣса склеиваемыхъ частей, является преувеличенной для проѣзжей части мостовъ подъ обыкновенную ъзду, въ составѣ которой входитъ много цѣльныхъ (не склеенныхъ) частей, какъ напр. прокатныя продольныя и вспомогательныя поперечныя балочки, лотковое желѣзо и пр.

Въ этихъ случаяхъ, согласно произведенныхъ нами точныхъ исчислений, вѣсъ заклепочныхъ головокъ во всей проѣзжей части составляетъ всего $1^{1/4}—1^{1/2}\%$ отъ вѣса желѣза, входящаго въ ея составъ. Это замѣчаніе recommendуемъ 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 $3^{1/2}\%$ (напр. мостъ чер. Сунгари на Восточно-Китайской жел. дор., мостъ чер. Западный Бугъ на Сѣдлець-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 каконъ 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.	Размеры одной части.			Всъ
		Ширина mm	Длина m	Общая длина въ метрахъ или объемъ въ куб. сант. м. куб. м.	
		или площадь см ²			въ килограммахъ.
I. Главные фермы (въ одной фермѣ).					
1. Верхній поясъ.					A
2. Нижній поясъ.					B
3. Раскосы.					C
4. Стойки.					D
Итого въсъ одной фермы.					$A + B + C + D$
Всъ трехъ фермъ а съ 3 $\frac{1}{2}$ % на головки заклепокъ					$3(A + B + C + D)$ 3,035 (A + B + C + D)
II. Связи (между двумя фермами).					
1. Нижнія горизонтальныя связи.					A
2. Верхнія горизонтальныя связи.					B
3. Поперечныя связи.					C
4. Опорныя рамы.					D
Итого въ связ. между двумя фермами					$A + B + C + D$
Въ связяхъ между тремя фермами а съ 3 $\frac{1}{2}$ % на головки заклепокъ.					$2(A + B + C + D)$ 2,035 (A + B + C + D)
III. Проеzdная часть (во всмъ пролетъ, на всю ширину).					
§ 1. Экипажный проездъ.					
a) Верхнія часть полотна (если есть въ ней желѣзо).					
b) Настиль полотна.					
c) Ребра.					
Вспомогательныя поперечныя балочки.					
Продольныя балки (крайнія, про- межуточныя, консольныя и связи между ними).					
Поперечныя балки.					
d) Прочія части (напр. отбойныя для грязи листы).					A
§ 2. Тротуары.					
a) Настиль					
b) ребра (продольныя балочки и консоли).					
c) Прочія части.					
d) Нерна.					B
Итого въ проездной части					$A + B$
а съ 3 $\frac{1}{2}$ % на головки заклепокъ.					1,035 (A + B)

Наименование частей.

Количество.	Размеры одной части.		Общая длина въ метр. или объемъ въ куб. сант. Пог. метра или куб. сант.	Въ ВССБ. Итого.	ВСЕГО. Въ килограммахъ.
	Толщина mm .	Ширина mm .			

Въ этомъ количествѣ:

- 2) шахматного желѣза
 3) лотковаго или цилиндрическаго.
 4) волнистаго.
 5) желѣза Зоре или Вогерена
 6) полосоваго, листоваго, угловаго и пр.
 7) головки заклепокъ

IV. Опорные части.

(для одного пролета).

- § 1. Опорные части главныхъ фермъ.
- а) На быкѣ.
 Сталь.
 Чугунъ.
 Желѣзо.
 Свинецъ.
- б) На утюбѣ.
 Сталь.
 Чугунъ.
 Желѣзо.
 Свинецъ.
- § 2. Опорные части поперечныхъ балокъ (если онъ есть).
 Сталь.
 Чугунъ.
 Желѣзо.

Итого въ опорныхъ частяхъ:

Стали	A
Чугуну	B
Желѣза	C
Свинцу	D

Металла A+B+C+D.

V. Общий сводъ металла.

(въ одномъ пролетѣ).

Въ фермахъ со связями	d.11=
Въ профильной части	F ₁ , l=
Въ опорныхъ частяхъ	F ₂ , l=

Всего металла

Въ этомъ количествѣ:

- Желѣза (итого).
 Стали.
 Чугуна.
 Свинцу

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 связзывающую ихъ горизонтальную распорку въ арочныхъ фермахъ; шариры въ главныхъ фермахъ; (прикрѣпленные къ главнымъ фермамъ) перила слѣдуетъ относить къ тротуарамъ).

б) къ проѣзжей части слѣдуетъ причислять угловыя консоли, включая и уголки, служащіе 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 бетонъ, балласть, щебень и пр. листовыи желѣзомъ.

Если поперечныя балки лежатъ на главныхъ фермахъ и одновременно несуть тротуары, то къ послѣднимъ присчитываются только перила.

с) къ тротуарамъ слѣдуетъ причислять консоли съ уголками для прикрѣпленія, продольныя балочки, желѣзный настилъ и перила.

д) къ связямъ слѣдуетъ причислять угловыя плашки 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 однѣхъ частей къ другимъ, замѣтимъ, что онѣ должны быть отнесены къ тѣмъ частямъ, для которыхъ онѣ составляютъ существенное зданіе, т. е. которыя не могли бы работать безъ этихъ соединительныхъ частей.

Такъ, напримѣръ, уголки для прикрѣпленія продольныхъ балокъ къ поперечнымъ относятся къ продольнымъ балкамъ; фасонные листы и консоли для прикрѣпленія поперечныхъ балокъ къ главнымъ фермамъ относятся къ поперечнымъ балкамъ; фасонныя пакладки 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 исчислению вѣса пролетныхъ строений 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 подъ обыкновенныя дороги долженъ быть кромъ того исчисленъ вѣсъ моста на квадр. единицу его полезной площади между перилами, такъ что

$$p_B = \frac{zL}{B} + \frac{F_1}{B} + \frac{F_2}{B}$$

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 собственныи вѣсъ его, то весь расчетъ главныхъ фермъ повторяется вновь съ принятиемъ въ основаніе найденнаго непосредственнымъ вычисленіемъ вѣса пролетныхъ частей моста и, въ случаѣ надобности, соотвѣтственно измѣняется проектъ.

§ 3. Исчисленіе примѣрнаго вѣса металла въ пролетномъ строеніи.

Для составленія предварительныхъ расцѣночныхъ 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 иѣсколько 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 прийти 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 давление D одно и то же для всехъ опоръ (напр. въ балочныхъ разрѣзныхъ фермахъ), изъ которыхъ одинаковое число подвижныхъ и неподвижныхъ, то вѣсъ Q въсѣхъ опорныхъ частей, при двухъ фермахъ, выразится

$$Q^{tn} = \frac{D^{tn}}{100} (2 \alpha + 2 \beta).$$

Если въ данномъ случаѣ изъ четырехъ опоръ—только одна неподвижная, а остальные три подвижныя (съ продольной подвижностью, поперечной и диагональной), то вѣсъ Q выразится

$$Q^{tn} = \frac{D^{tn}}{100} (3 \alpha + \beta).$$

Если наибольшее опорное давление не одинаково для всѣхъ опоръ (напр. въ консольно-балочныхъ фермахъ съ одной консолью), и составляетъ для одной серии опоръ (напр. па быкѣ) D , а для другой серии (на устоѣ)— D_1 , то при двухъ фермахъ вѣсъ Q всѣхъ опорныхъ частей выразится

$$Q^{tn} = \frac{1}{100} (2 \beta D + 2 \alpha D_1)$$

если на быкѣ обѣ опоры неподвижныя, а па устоѣ—обѣ подвижныи.

Если имѣется въ данномъ случаѣ три фермы, при чемъ па быкѣ только одна опора (средняя) неподвижная, а остальная двѣ (крайнія)—подвижныя (съ поперечной подвижностью), па устоѣ же всѣ три опоры подвижныя (одна средняя съ продольной подвижностью, а двѣ крайнія съ диагональной подвижностью), то вѣсъ Q всѣхъ опорныхъ частей выразится

$$Q^{tn} = \frac{1}{100} \left[(2 \alpha + \beta) D + 3 \alpha D_1 \right]$$

гдѣ α имѣть различныя значенія въ зависимости отъ D и D_1 .

Этихъ пріемѣровъ, 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 основапіи таблички, а равно и дѣйствительные вѣса для вѣкоторыхъ новѣйшихъ русскихъ мостовъ, при чемъ всѣ опорныя части стальныя и балансирующи съ цилиндрическими шарнирами, кромѣ предпослѣдняго моста, у котораго опоры подвижныя однокатковыя.

Для стальныхъ балансирующихъ опоръ съ шаровыми шарнирами вѣсъ можно исчислять тоже по нашей табличкѣ.

Приводимъ данные о вѣсѣ такихъ опоръ (безъ свинца) для вѣкоторыхъ 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.

Н а з а м и е м о с т а .	Наибольшее опорное давление D въ тоннахъ.	Въсъ опорныхъ частей въ тоннахъ.		Примѣчаніе.
		Исчисленный по нашей табличкѣ.	Дѣйствительн.	
М. чеp. Нѣманъ въ Гроднѣ (три консольно-балочные фермы съ одной консолью).	355 (на быкѣ).	16,33 $= (2 \times 1,6 + 1,4) \frac{355}{100}$	16,26	1 опора неподв. и 2 опоры подвиг.
	139 (на устоѣ).	5,63 $= 3 \times 1,35 \times \frac{139}{100}$	5,97	3 опоры подвиг.
М. чеp. Волховъ въ Новгородѣ (пролѣтъ III—двѣ консольно-балочные фермы съ одной консолью).	306 (на быкѣ III).	9,18 $= (1,6 + 1,4) \frac{306}{100}$	9,44	1 опора неподв. и 1 опора подв.
	116 (на быкѣ II).	3,02 $= 2 \times 1,3 \times \frac{116}{100}$	4,29	2 опоры подвиг.
М. чеp. Иѣманъ на Занѣманской жел. дор. (двѣ консольно-балочные фермы съ одной консолью).	391 (на быкѣ).	10,95 $= 2 \times 1,4 \times \frac{391}{100}$	12,63	2 опоры неподв.
	165 (на устоѣ).	4,46 $= 2 \times 1,35 \times \frac{165}{100}$	5,70	2 опоры подвиг.
М. чеp. Зап. Двину на Бологое—Полоцкой желѣзной дор. (двѣ консольно-балочные фермы съ двумя консолями).	465 (на быкахъ).	27,90 $= 2 (1,6 + 1,4) \frac{465}{100}$	25,66	2 опоры неподв. и 2 опоры подвиг.
М. чеp. Зап. Бугъ на Сидлець—Полоцкой жел. дор. (двѣ балочные разрѣзныя фермы).	244 (на устоѣ и быкѣ).	14,64 $= 3 \times 1,55 + 1,35 \frac{244}{100}$	15,54	1 опора неподв. и 3 опоры подв.
М. чеp. Сунгари на Восточно-Китайской жел. дорогѣ (двѣ балочные разрѣзныя фермы).	196	9,80 $= 2 (1,35 + 1,15) \frac{196}{100}$	9,69	2 опоры неподв. и 2 опоры подв.
М. чеp. Енисей на Сибирской жел. дор. (средніе прол.), (двѣ балочные разрѣзныя фермы).	396 (на быкахъ).	23,76 $= 2 (1,6 + 1,4) \frac{396}{100}$	21,0	2 опоры неподв. и 2 опоры подв.
М. чеp. Бушу въ Шейнѣ (двѣ балочные разрѣзныя фермы).	78	3,12 $= 2 (1,1 + 0,9) \frac{78}{100}$	2,87	2 опоры неподв. и 2 опоры подвиг. однокатковая.
Владукъ Варш. Калишской жел. дор. надъ Варш. Вѣнской жел. дор. (двѣ балочные разрѣзныя фермы).	221	12,82 $= 1,55 + 1,35 \frac{221}{100}$	13,61	2 опоры неподв. и 2 опоры подв.
М. чеp. Бузанъ на Астраханской ж. д. (двѣ консольно-балочные фермы съ двумя консолями).	917	64,19 $= 3 \times 1,6 + 1,6 \frac{917}{100}$	65,19	2 опоры подв. 1 опора неподв.

Таблица В.

Название моста.	Наибольшее опорное давление D въ тоннахъ.	Въсъ опорныхъ частей въ тоннахъ.		Примѣчаніе.
		Исчисленный по табличкѣ.	Дѣйствительный.	
М. чеp. Нѣманъ въ Гроднѣ (свободный пролетъ), (три балочные разрѣзныя фермы).	98	6,76	7,93	3 опоры подвиж. и 3 опоры неподв.
М. чеp. Матыру на Юго-Восточ. жел. дорогахъ (двѣ балочные разрѣзныя фермы).	157	7,85	6,40	2 опоры подвиж. и 2 опоры неподв.
М. чеp. Зушу въ Зарѣчье (двѣ консольно-балочные фермы съ двумя консолями).	114	5,24	3,61	2 опоры подвиж. и 2 опоры неподв.
М. чеp. Вислу у Крѣи, Ново-георгіевскъ (двѣ балочные разрѣзныя 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 расположение 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 расположение желѣзныхъ конструкцій въ масштабѣ не $\frac{1}{100}$, съ обозначеніемъ поперечныхъ измѣреній отдельныхъ частей конструкціи.

с) подробные 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 расположение каждой части, судить объ этой конструкціи съ технической и эстетической точки зреія, и вычислить въсъ конструкціи.

д) отдельные важныя детали, напр. шарниры, сложныя связи, анкерныя укрѣпленія и т. п., а также и тѣ конструктивныя детали, которыхъ или совсѣмъ не встрѣчались, или рѣдко примѣнялись, должны быть вычер-

чены въ масштабѣ $\frac{1}{10} — \frac{1}{15}$, а мелкія детали еще въ большемъ (даже если можно $\frac{1}{2} — \frac{1}{1}$).

е) детальные чертежи береговыхъ устоевъ и рѣчныхъ быковъ въ масштабѣ $\frac{1}{100} — \frac{1}{200}$.

Проекты металлическихъ пролетныхъ частей мостовъ, представляемые на утверждение М-ва И. С., должны быть изготавляемы исключительно въ метрическихъ мѣрахъ и согласно русскаго нормального сортамента желѣза *), изданнаго Высочайше утвержденной Совѣщательной конторой желѣзозаводчиковъ (приказъ М-ра И. С. 2 юля 1899 г. № 80); русскія мѣры должны быть написаны тамъ, где это будетъ признано полезнымъ. (Отд. 1 гл. 1 § 5 „Свода распоряженій М-ва И. С. по службѣ пути жел. дорогъ“).

Конецъ 1-ой части.

* Означенный нормальный сортаментъ предложенъ къ руководству по М-ву и. 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^{mt}; въ Америкѣ же онѣ примѣняются въ настоящее время для пролетовъ только свыше 37^{mt}. — 40^{mt}.

Однопролетные мосты.

Однопролетные мосты могутъ имѣть верхнія строенія балочныя разрѣзныя, консольно-балочныя съ двумя небольшими свѣсами, арочныя разрѣзныя и висячія, каковыя системы и разсмотримъ отдельно.

А. Балочныя фермы (разрѣзныя).

1. Обзоръ балочныхъ фермъ.

Балочныя фермы бывають съ параллельными поясами и съ криволинейными поясами. Первые отличаются тѣмъ, что предѣльная 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); кроме 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 материала и работы) пролетами до 50^{mt}. можно прийти къ заключенію, что экономія на материалѣ, достигаемая

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 материала, 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 материала, обходятся безусловно дешевле (при нашихъ цѣнахъ за работу и материалъ). Замѣтимъ здѣсь, что въ Германіи и Австріи считается выгоднымъ примѣнять фермы съ криволинейными поясами уже съ пролетомъ 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).

Разсмотримъ 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.

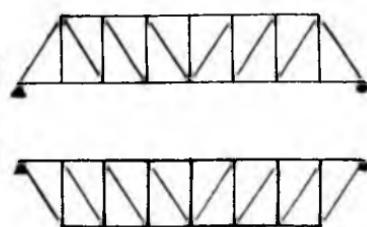


Рис. 33.



Рис. 35.

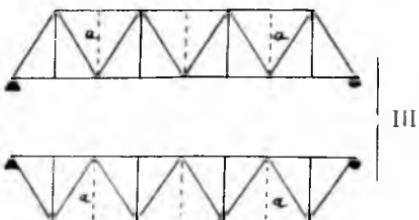


Рис. 36.

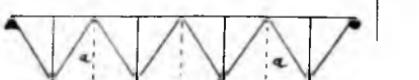


Рис. 37.

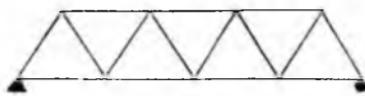


Рис. 34.

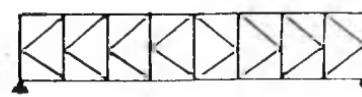


Рис. 38.

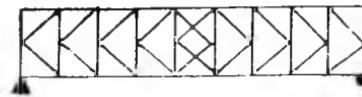
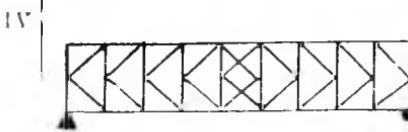
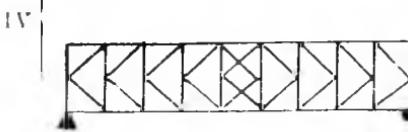


Рис. 39.



Рис. 40.



Въ типѣ II весьма цѣлесообразно поперечныя балки располагать свободно на нижній поясъ, т. е. устраивать проѣзжую часть свободной.

Въ типѣ III подвѣски χ необязательны, но безусловно желательны для устраненія мѣстнаго прогиба того пояса, который не связанъ съ проѣзжую частью, и для прикрепленія вертикальныхъ поперечныхъ связей.

Типъ IV пока еще нигдѣ не примѣненъ; можемъ указать на проектъ разборчатаго моста пролетомъ въ 30^м. проф. Кривошнейна — Инженерный журналъ 1900, кн. 5—6.

По типу V построенъ въ 1903 г. мостъ пролетомъ 33,5^м. на Восточно-Китайской жел. дорогѣ, въ 1899 г. на Владивостокской ж. д. мостъ чер. р. Самуръ (тотъ же пролетъ) и въ 1901 г. построено нѣсколько мостовъ того же пролета на Варшавско-Калишской жел. дор. (пр. Мрога, Мошанка и др.).

По типу VI построенъ въ 1903 г. мостъ пролетомъ 33,5^м. на Московскому-Ярославско-Архангельской жел. дорогѣ.

Фермы съ криволинейными поясами.

Фермы съ криволинейными поясами раздѣляются на два класса: 1) на такія, въ которыхъ очертаніе поясовъ обусловливается специальными теоретическими свойствами (фермы параболическія, гиперболическія, Паули) и 2) на такія, въ которыхъ очертаніе поясовъ опредѣляется практическими соображеніями (фермы полупараллельныя, полуарболовитическія, полигональныя, круговые, эллиптическія, Лозе и съ вогнутымъ нижнимъ поясомъ).

Въ прежнее время преобладали фермы первого класса, между тѣмъ въ настоящее время проектируются главнымъ образомъ фермы втораго класса (кромѣ эллиптическихъ, Лозе и съ вогнутымъ нижнимъ поясомъ).

а) Фермы первого класса.

а) Параболическая ферма.

Въ этихъ фермахъ узлы одного или обоихъ поясовъ расположены по параболѣ съ вертикальной осью, проходящей черезъ середину пролета, такъ что поясъ имѣеть очертаніе ломанной линіи, вписанной въ параболу. Параболическія фермы удовлетворяютъ тому условію, что при силошной нагрузкѣ, равномѣрно распределенной по всему пролету, раскосы не напряжены; горизонтальная проекція усилий обоихъ поясовъ во всѣхъ панеляхъ — величина постоянная, но различная по знаку въ этомъ и другомъ поясѣ; при частной загрузкѣ пролета, соотвѣтствующей наибольшему усилию въ раскосахъ, горизонтальная проекція тах. усилия во всѣхъ раскосовъ — величина постоянная, а тах. усилия въ раскосѣ — пропорціонально длине раскоса.

Параболическія фермы (мостовыя) проектируются обыкновенно только съ однимъ параболическимъ поясомъ, другой же поясъ на которомъ расположена проѣзжая часть, прямолинейный.

Укажемъ на слѣдующіе примѣры параболическихъ фермъ (рис. 41—45).

Въ типѣ II стойки а суть подвѣски (при ъѣдѣ по верху ихъ иногда не дѣлаются), а остальныя стойки основныя; всѣ узлы А, В, С, Д, и Е, должны лежать па параболѣ, чтобы ферма обладала всѣми свойствами параболической фермы. (Иногда никакихъ стоекъ не дѣлаются). Иногда параболическія фермы примѣняются въ видѣ серповидныхъ фермъ (рис. 46 и 47), которые даютъ большую высоту проѣзда подъ мостомъ.

По типу I спроектированъ, напримѣръ, *Kornhaus Brücke* чер. *каналъ Zoll* въ *Гамбургъ* прол. 42^{мт} (Ann. d. p. et ch. 1891, стр. 41), а по типу II: жел. дорожный мостъ чер. *Тиссу* въ *Щелнокъ* (1889) пролетомъ 95,5^{мт} мостъ подъ обыкновенную дорогу чер. *Дунай* въ *Граннъ* (Marie—Valerie—Brücke, 1895) съ прол. 117^{мт}, 100^{мт} и 81^{мт} (Zeit. d. öst. J. u. Ar. Ver.

Рис. 41.

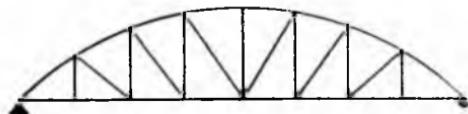


Рис. 43.

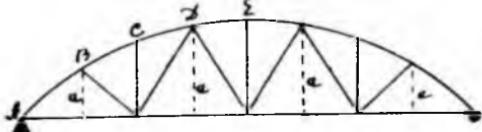


Рис. 42.

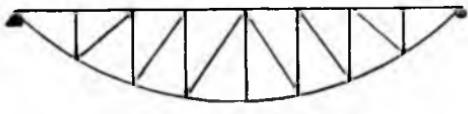


Рис. 44.



III

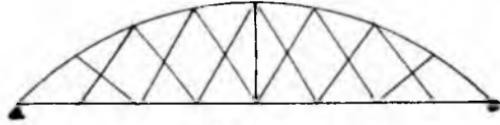


Рис. 45.

1894, стр. 453—455), желѣзно-дорожный мостъ чер. *Драу* близъ *Zakaru* (1892) съ прол. 95,5^{мт}, и мостъ подъ обыкновенную дорогу чер. *Дунай* въ *Коморнъ* (Elisabethbrücke 1893) съ прол. 102^{мт}. Типъ II примѣняется только въ многопролетныхъ мостахъ. У настъ въ Россіи параболическая

I

II

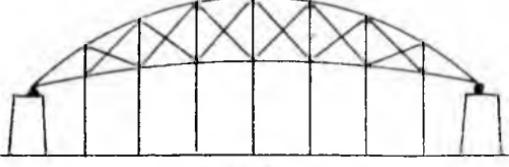


Рис. 46.

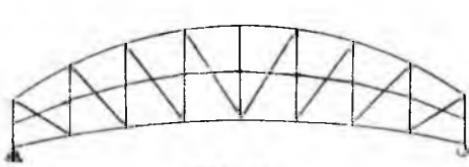


Рис. 47.

фермы въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу примѣнены чер. *Зушу* въ *Шейнъ* прол. 55^{мт}, и чер. *Зушу* въ *Новосилѣ* прол. 65^{мт}. (проекты пр. Шатона 1903 г.). Желѣзодорожныхъ 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 параболическая ферма получается 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 устраненія этого недостатка можно замѣнить простую параболу кубической (Haberkalt. Die

kubische Parabel als Trägerform. — Centralbl. d. Bauv. 1899, стр. 19, 180, 230); тогда ординаты кривого пояса измѣняются пропорционально кубамъ абсциссъ, измѣряемыхъ отъ середины фермы. Въ такой фермѣ усилия въ элементахъ параболического пояса будутъ очень мало разниться между собою.

β) Гиперболическая фермы.

Гиперболическая фермы (Шведлера) проектируются обыкновенно такъ, что нижній поясъ прямолинейный, а верхній состоять изъ двухъ гиперболическихъ дугъ, соединенныхъ въ средней части пролета прямой, параллельной нижнему поясу. Эти фермы удовлетворяютъ тому условію, что въ части фермы съ перемѣнной высотой при нагрузкѣ, соотвѣтствующей $min.$ перерѣзывающихъ усилий, раскосы не напряжены; горизонтальная проекція $max.$ усилий раскосовъ — величина постоянная, (она въ двое болѣе, чѣмъ въ параболической фермѣ того-же пролета и высоты).

Вѣсъ 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 обусловливается соотношеніемъ между величиной временнай и постоянной нагрузкѣй; при малѣйшемъ увеличеніи временнай нагрузки противъ ея расчетной величины, ферма теряетъ свои специальные свойства, т. е. $min.$ усилия раскосовъ перестаютъ быть равными нулю; раскосы дѣлаются сжато — вытянутыми элементами и, если сѣченія ихъ не въ состояніи сопротивляться сжимающимъ усилиямъ, то выпучиваются. Въ виду этого Häseler рекомендуется при опредѣленіи очертанія пояса въ фермѣ Шведлера увеличивать временную нагрузку на 50% . На основаніи выше изложеннаго недостатка гиперболическая фермы, существующія въ достаточномъ количествѣ, какъ въ Россіи, такъ и заграницей, 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. Прокуряковъ 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 равномѣрной нагрузкѣ всего пролета наибольшія усилия поясовъ одинаковы во всѣхъ панеляхъ (законъ измѣненія высотъ близко подходитъ ка параболѣ). Фермы Паули проектировались обыкновенно съ обоими криволинейными поясами, изъ которыхъ очертаніе одного опредѣлялось изъ приведенного условія, а другое принималось симметричнымъ первому (рис. 48 и 49).

По типу I с проектированы, напримѣръ, мосты чеp. Isar въ Grosshesselohe (1857) (Allg. Bauz. 1859) и чеpезъ Ааръ въ Brugg'ѣ пролетомъ 58,3 m^t . (Zeit. f. Bauw. 1886, стр. 34), а по типу II — желѣзнодорожный (Ludwigs-Eisenbahn), мостъ чеp. Рейнъ въ Майнцѣ пролетомъ 105,2 m^t . (1863) (Zeit. d. Ver. deutsch Ing. 1865) и городской мостъ чеp. Monongahela въ Питербургѣ прол. 109,7 m^t . (Engng. 1884, I стр. 239). (Всѣ эти мосты многопролетные).

Фермы Паули имѣютъ прямую нейтральную ось, проходящую чеpезъ опоры, почему устраниются вредныя сотрясенія верхняго строенія, вызванныя неремѣщениемъ опоръ при прогибѣ фермы отъ дѣйствія нагрузки.

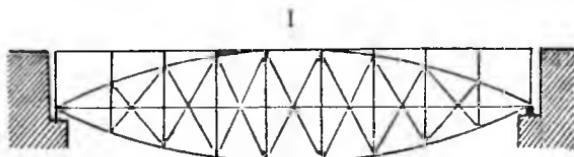


Рис. 48.

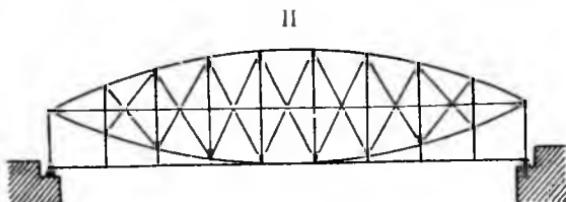


Рис. 49.

Кромѣ того съченія каждого пояса одинаковыя во всѣхъ панеляхъ. Однако эти преимущества ничтожны сравнительно съ конструктивными затрудненіями, связанными съ устройствомъ двухъ криволинейныхъ поясовъ; къ тому же вѣсъ ихъ примѣрно 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 втораго 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 скосены 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 вѣчто 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 одипаковой высотѣ нѣкоторое сбереженіе материала (примѣрно 3%—8%).

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^{mt}. (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 че-

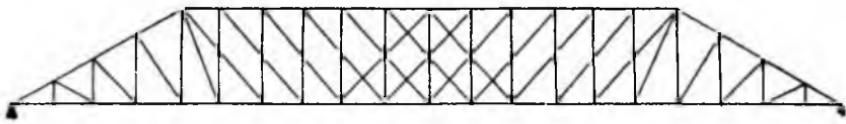


Рис. 50 I.

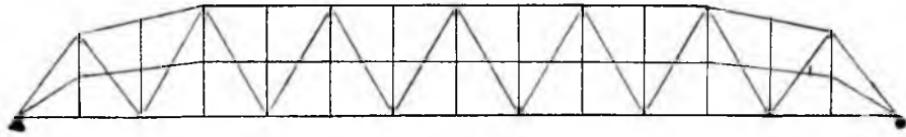


Рис. 50 II.

Дунай бл. Gross-Prüfenig въ Баваріи на ж. д. Ingolstadt-Regensburg прол. 78,0^{mt}. (1873) (двухрѣшетчатыя фермы), а какъ примѣръ фермъ съ ломанными концами—жел. дор. и шосс. мостъ че. Майнъ бл. Wertheim'a прол. 67,7^{mt}. (рис. 50").

3) Полупараболическія фермы.

Полупараболическія фермы имѣютъ одинъ параболическій и одинъ прямой поясъ и заканчиваются опорными стойками, высота которыхъ опредѣляется съ такимъ расчетомъ, чтобы можно было ихъ верхніе концы соединить распоркой, расположенной выше габарита. Эти фермы немного превышаютъ вѣсъ параболическихъ фермъ, но зато они имѣютъ то преимущество, что въ случаѣ расположения ъзы по низу верхнія горизонтальныя 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 вѣкоторые примѣры полупараболическихъ фермъ (рис. 51—57).

По типу I, но только двухъ-раскосной системы, построено у насъ въ Россіи много желѣзодорожныхъ мостовъ; изъ мостовъ подъ обыкновенную дорогу укажемъ на „Зеленый мостъ“ черезъ Виллю въ Вильнѣ (1894 г.) въ одинъ пролетъ 87,5^{mt}. (пр. Бѣлелюбскій).

Самый большой въ Европѣ мостъ этого типа, построенъ въ 1868 г. въ Голландіи черезъ Лекъ у Квиленбурга съ пролетомъ 150^{mt}. (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 *mt.* и черезъ Nouvelle Meuse прол. 90 *mt.* 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, примененнымъ для фермъ полунараболическихъ, является свободный пролетъ въ 206 *mt.* нынѣ строющагося моста консольно-балочной системы черезъ р. Св. Лаврентія на Второй Тихоокеанской жел. дорогѣ (Grand Trunk Pacific Railway) недалеко Quebec'a (Zeit. d. Ver. deut. Jng. 1907 № 10, стр. 361—368).

Рис. 51.

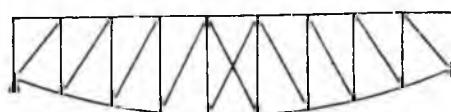
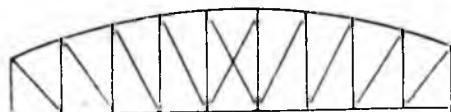


Рис. 52.

Рис. 53.

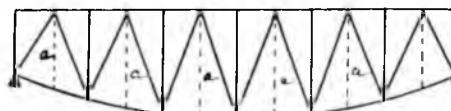


Рис. 54.

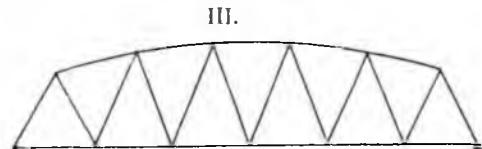


Рис. 55.

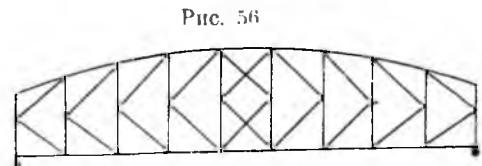


Рис. 56.

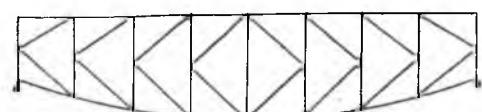


Рис. 57.

Въ типѣ II подвѣски *a* необязательны, но безусловно желательны для устраненія мѣстнаго прогиба того пояса, который не связанъ съ проѣзжей частью, и для прикрепленія вертикальныхъ поперечныхъ связей.

Въ типѣ III весьма цѣлесообразно поперечныя балки располагать свободно на нижній поясъ: по этому типу въ Россіи построенъ шоссейный мостъ черезъ Нѣманъ у Оліты (1892 г.) съ пролетами 55 *mt.* (Проф. Вѣлелюбский) и въ Италии мостъ черезъ Таваро (Biadego Rimiponti d'acciaio sulle reti Mediterraneo).

По типу IV памъ извѣстны только проектъ моста пролетомъ 87,5 *mt.* съ щадою по верху на Второй Екатериненской ж. д. (1902 г. пр. Проскуряковъ) и мостъ черезъ Havel близъ Бранденбурга прол. 90 *mt.* (Zeit. d. Ver. deut. Jng. 1905 № 41).

Приведемъ слѣдующіе примѣры полу параболическихъ фермъ.

Наименование моста.	Пролетъ въ мт.	Система рѣшетки.	Гдѣ находится описание.
М. чер. Торцу у Торжка на Никол. жел. дор.	76,8	Двухраскосная.	
Зеленый м. чер. Виллювъ Вильнѣ (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.
Вiadукъ 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. Бѣлую 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 отверстіемъ 50 саж. Полу параболическія фермы.
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. Winal близъ Nimègue	127,0	То-же.	Nouv. ann. de la Constr. 1879, стр. 68.
М. чер. Lek близъ Kuienburg'a (1868)	150,0	Трехраскосная.	Zeit. d. öst. Ing. u. Ar. Ver. 1871. Nouv. ann. de la Constr. 1879, стр. 68.

Наименование моста.	Пролетъ въ мт.	Система рѣшетки.	Гдѣ находится описание.
Вiadукъ 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, стр. 351. Protokoll d. sächs. Ing. u. Ar. Ver. 1875.
Шоссейный м. чер. Inn близъ Pontplatz	64,26	Однораскосная.	Foerster. Neue Brücke- 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. Ötzthaler-Ache на линіи Arlberg	81,8	Двухраскосная.	Oest. Eisenbahnz. 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. Bauw. 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- налъ 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) (линия Thorn-Ma- rienburg)	97,3	—	Deut. Bauz. 1879, стр. 502. Zeit. f. Bauw. 1882, стр. 243 и 403
М. чер. Рейнъ у Wesel (линия 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 Brücke- bauten in Oestreich und Ungarn. стр. 8.
М. кор. Вильгельма чер. Рейнъ у Düsseldorfа (1871)	103,6	Трехраскосная.	Zeit. f. Bauw. 1872.
Вiadукъ Trisana на линіи Arlberg (Innspruck-Blu- denz)	120,0	Двухраскосная.	Centralbl. d. Bauverw. 1884, стр. 93.

Этими примѣрами далеко не исчерпываются всѣ мосты, имѣющіе полуархитектурные фермы.

γ) Полигональные фермы.

Въ полигональныхъ фермахъ криволинейные пояса измѣняютъ свое направление не въ каждомъ узлѣ, какъ въ другихъ криволинейныхъ фермахъ, а имѣютъ ограниченное число переломовъ, такъ что пояса состоятъ изъ небольшаго числа прямыхъ участковъ, протяженіемъ въ нѣсколько панелей.

Полигональные фермы встрѣчаются слѣдующихъ видовъ (рис. 58—64).

Рис. 58.

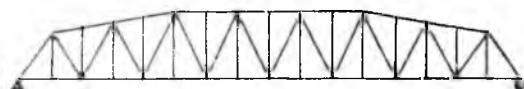
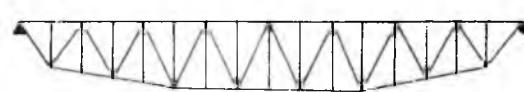


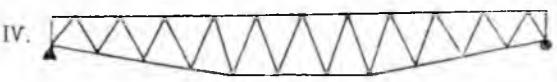
Рис. 60.



Рис. 59.



IV.



III.

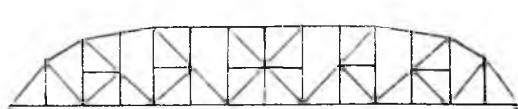


Рис. 61.

VI.

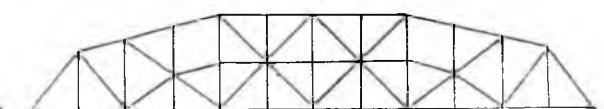


Рис. 62.

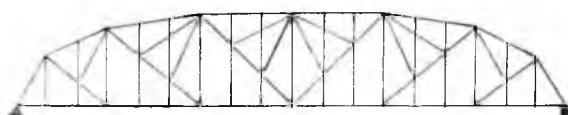


Рис. 64.

Приѣздѣ по верху примѣняютъ обыкновенно опорныя стойки, а приѣздѣ по низу—опѣ отсутствуютъ.

Эти фермы очень распространены въ Америкѣ, а въ настоящее время они часто проектируются и у насъ въ Россіи для желѣзодорожныхъ мостовъ. Для мостовъ подъ обыкновенную дорогу они, насколько намъ известно, 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 Каширы на Моск.—Павелецкой жел. дор. (проф. Проскуряковъ 1897) (см. статью Инж. Завадзинскаго въ Изв.-Собр. Инж. Пут. Сообщ. 1899 г. № 11), и мостъ чер. Зап. Бугъ на Сѣдлець-Полоцкой ж. дор. (пр. Проскуряковъ 1903), а по типу III—мостъ чер. Сунгари у Харбина на Вост.-Китайской жел. дорогѣ (пр. инж. Цорна и Михайлова 1903 г. Отдѣльное Издание). 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}. (Иж. 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 вытягивание, не подвергнутся сжимающимъ усилиямъ, что имѣть 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 представляющимъ конструктивныхъ неудобствъ (не менѣе 35°—40°).

6) Еллинитическія фермы.

Еллинитическія фермы встрѣчаются съ однимъ или съ двумя криволинейными поясами, при чемъ онѣ бываются или острыя (рис. 65) или пригнуленныя, т. е. съ опорными стойками (рис. 66—67).

I.

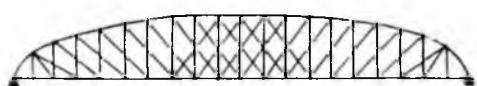


Рис. 65.

II.

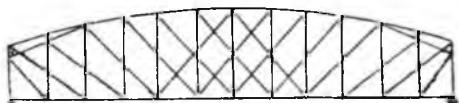


Рис. 66.

III.

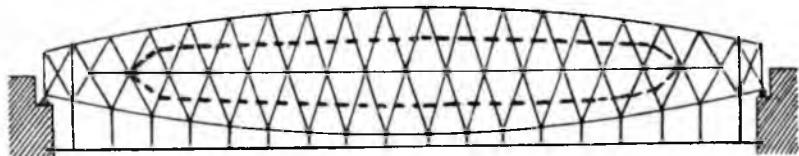


Рис. 67.

По типу I построены желѣзодорожный мостъ черезъ Stadlauer Донауаагтъ 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. Фольбу б.а. Варгу на ж. д. Berlin-Nordhausen съ прол. 65,5^{mt}. (Deut. Bauz. 1879, стр. 274) и ж. д. м. чер. Ulca-Eifъ б.л. Улеборга прол. 100^{mt}. (Allg. Bauz. 1890).

По типу III построены въ 1872 г. жел. дор. мостъ чер. Мемель 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-Memeler Staats-Eisenbahn. Berlin 1879), а въ 1892 г. построены мосты чер. Вислу въ Циршау и чер. Ногатъ въ Мариенбургъ съ пролетами 129^{mt}. (Zeit. f. Bauw. 1895 стр. 285; 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 пояса, 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 извѣстенъ только одинъ мостъ съ фермой, имѣющей верхній поясъ эллиптическій, это на Харьково - Николаевской ж. д. мостъ чер. Коломањъ близъ Кременчуга прол. 32^{мл}. (1871 г.), построенный по типу I, но только съ простой раскосной решеткой. (Леесль и Шюблеръ. Расчетъ фермъ желѣзныхъ мостовъ. Чер. Бѣлелюбскаго. II ч. стр. 80).

Фермы съ однимъ эллиптическимъ поясомъ имѣютъ то преимущество, что поясъ быстро повышается у опоръ и неѣтъ 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 круговыемъ существуютъ двухъ видовъ: при щадѣ по верху—острыя (круговыя рис. 68), а при щадѣ по низу—притупленныя (полукруговыя—рис. 69).

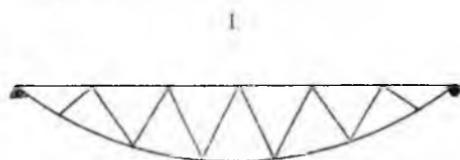


Рис. 68.

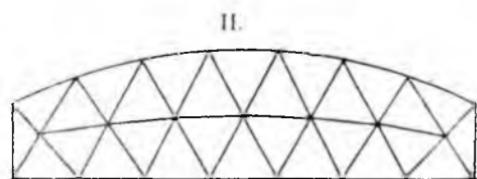


Рис. 69.

По типу I круговыя фермы примѣнены съ пролетами 32,5^{мл} въ віадукѣ чер. Нидду у Ассенгейма (1881 г.) на жел. дор. Friedberg-Hanau (Centralbl. d. Bauverw. 1882, стр. 72), причемъ радиусъ круга нижнаго пояса равенъ величинѣ пролета.

По типу II фермы примѣнены въ мосту чер. Вислу въ Фордонѣ на ж. д. Bromberg-Culmseen пролетами 100^{мл}. (Eisen und Stahl. 1893 стр. 917). При выборѣ круга для очертанія верхнаго пояса фермъ этого моста инж. Merthens руководствовался тѣмъ соображеніемъ, что при круговой линії, 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.

Круговые фермы при $\frac{h}{l}$ не болѣе $1/8$ весьма мало отличаются по своимъ свойствамъ отъ фермъ параболическихъ; конструкція же ихъ иѣсколько проще. Замѣтимъ здѣсь, что въ послѣднее время кругъ для очертанія поясовъ въ общемъ примѣняется довольно часто.

7.) 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 m^t . (рис. 70): одинъ жел.-дорожный въ 1872 г. (Zeit. f. Bauw. 1885

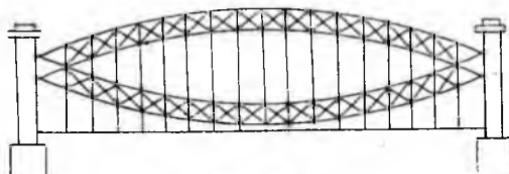


Рис. 70.

стр. 79 и 177), а другой подъ обыкновенную дорогу въ 1888 г. (Ann. d. Ponts et Chaus. 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.

8.) Фермы съ вогнутымъ нижнимъ поясомъ.

Фермы съ вогнутымъ нижнимъ поясомъ весьма мало распространены, ибо мало рациональны; распределеніе материала въ нихъ не соответствуетъ кривой моментовъ и они имѣютъ наименьшую высоту по серединѣ пролета, гдѣ какъ разъ требуется наибольшая высота, па опорахъ же они имѣютъ излишній материалъ. Одпако, 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 Австрии; какъ примѣръ, можемъ указать на мостъ чер. Laibach въ Laibachѣ (Franzensbrücke) (Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1888) и путепроводы Австрийской 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 виѣшнимъ распоромъ.

Для сбереженія материала является рациональнымъ балочнымъ разрѣзнымъ фермамъ дать виѣшний распоръ, который сократить вѣсъ нижняго пояса, а это сокращеніе вѣса пояса, уменьшаю постоянную нагрузку, повлечетъ за собой уменьшеніе вѣса и остальныхъ частей фермы. Кѣрске предложилъ распоръ дѣлать постоянной величины, т. е. независимымъ отъ временной нагрузки, при помощи механизма, помѣщаемаго въ одномъ изъ устоевъ и состоящаго изъ рычага съ противовѣсомъ. Этотъ способъ Кѣрске, насколько намъ известно, примѣненъ только въ многопролетномъ мосту чеp. Эльбу, бл. Riesa (Mitteil. d. Sächs. Ing. Ver. 1879, стр. 12), но очевидно онъ можетъ быть примѣненъ и въ однопролетныхъ мостахъ.

Однако способъ Кѣрске страдаетъ искусственностью и потому очень его рекомендовать нельзя. Гораздо лучше другой способъ, предложенный F  ррелемъ, а именно устройство подвижной опоры наклонной (рис. 70⁴ и 70⁶);

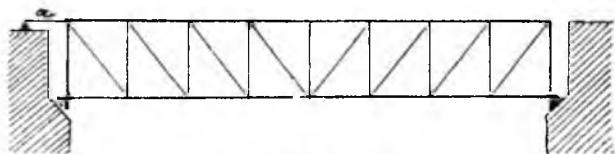


Рис. 70 I.

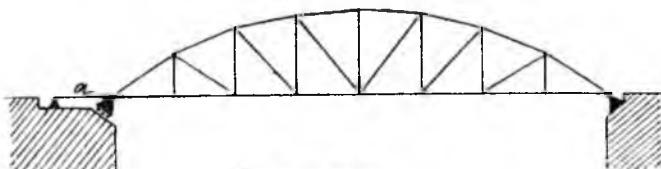


Рис. 70 II.

реакція такой опоры отъ вертикальной нагрузки не направлена вертикально, вслѣдствіе чего фермѣ и устоемъ передается горизонтальный распоръ; величина этого распора не постоянная и зависитъ отъ подвижной нагрузки. Способъ F  рреля имѣть передъ способомъ Кѣрске 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 (Schlepptr  ger), обозначенныхъ на рис. 70⁴ и 70⁶ буквой *a*; эти балочки однимъ концомъ опираются на устой, а другимъ концомъ подвѣшены къ опорной цонеречной 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 влиянія, почему эти усилія будутъ такія-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 усилія въ обоихъ поясахъ и потому, слѣдовательно, наклонныя опоры особенно выгодны для серповидныхъ фермъ.

Присутствіе распора вызываетъ увеличеніе размѣровъ устоевъ, которые должны быть такие 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 одноярдного моста лишь при большихъ пролетахъ (думается намъ не менѣе 100^m) и при томъ при невысокихъ устояхъ. Пока фермы съ наклонными опорами, на сколько

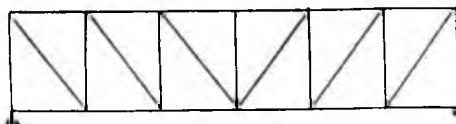


Рис. 71.

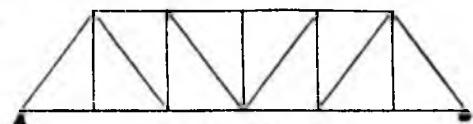


Рис. 72.

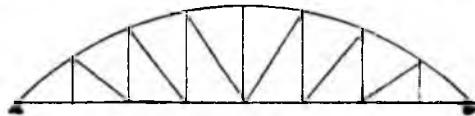


Рис. 73.

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: раскосная и рѣшетчатая; каждая изъ этихъ системъ въ свою очередь раздѣляется на: простыя, составныя и сложныя системы. Но кромѣ этихъ системъ есть еще система безраскосная.

Рассмотримъ вкратцѣ эти системы.

a) Раскосная системы.

1) Простая раскосная система *) (рис. 71—73).

Преимущества этой системы слѣдующія:

- 1) длина сжатыхъ элементовъ (стоецъ) уменьшена до minimum'a;
- 2) эти стойки не подвергаются изгибу отъ собственного вѣса;
- 3) благодаря вертикальнымъ стойкамъ весьма удобно прикрепленіе къ фермамъ поперечныхъ балокъ и связей;

*) Простая раскосная система предложена Monie въ 1858 г., во примѣненіи она была впервые въ 1863 г. въ жел. дор. мостѣ чер. Alten Rhein би. Griethausen 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 полосового желѣза (не жесткіе) и соотвѣтственно этому въ нихъ допускались только растягивающія усилія; при этомъ въ панеляхъ средняго участка фермы помѣщались обратные раскосы, которые растягивались въ тѣхъ случаяхъ, когда прямые раскосы должны были сжиматься и, поэтому выпучиваться.

Плоскіе раскосы представляютъ большиe конструктивные недостатки: 1) во время сборки нѣтъ возможности достичнуть совершенно одинаковой натянутости половиnъ одноименныхъ раскосовъ; 2) при широкихъ листахъ неизбѣжно 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 хлябаются, 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 произвольныe величины. Эта различная натянутость раскосовъ въ первоначальномъ ихъ положеніи мѣняетъ въ конечномъ результаtѣ расчетныя напряженія въ фермѣ.

Практика постройки и эксплоатациіи желѣзныхъ фермъ вполнѣ подтвердила неудобства плоскихъ полосовыхъ раскосовъ и потому въ настоящее время раскосы, также какъ и прочія части мостовъ, проектируются исключительно жесткаго съченія. Разъ же раскосы способны воспринимать сжимающія усилія, то нѣтъ никакого основанія устраивать обратные раскосы, которые вводятъ только неопредѣленность относительно распределенія усилій въ рѣшеткѣ. Кромѣ того согласно правиламъ нашего М-ва п. с. обратные раскосы, также какъ и всѣ прочія части рѣшетки, должны заклеиваться 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 раціональна для малыхъ и отчасти среднихъ (50—60 ^{mt}) пролетовъ.

3) Полураскосная система (рис. 74—78).

Устройство въ главныхъ фермахъ сквознаго заполненія полураскосной системы имѣть слѣдующія преимущества:

1) эта система въ большинствѣ случаевъ можетъ быть сдѣлана статически опредѣлимой,

*) О хлябаніи раскосовъ въ двухраскосныхъ фермахъ см. статью пр. Патона въ Centr. d. Bauw. 1909 г. № 15.

2) она можетъ дать сбереженіе материала въ сравненіи съ простыми раскосными, двухраскосными и треугольными рѣшетками,

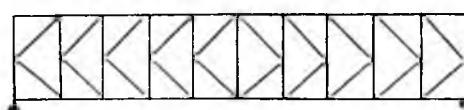
3) при значительной высотѣ фермы она позволяетъ устраивать сравнительно небольшія панели съ сохраненіемъ при томъ рационального угла наклоненія раскосовъ,

4) длина сжатыхъ частей рѣшетки въ этой системѣ значительно меньше, чѣмъ сжатыхъ частей въ системахъ простой раскосной, двухраскосной и треугольной.

5) усилия въ частяхъ фермы съ полураскосами значительно меньше, чѣмъ въ простой раскосной рѣшетчатой фермѣ.

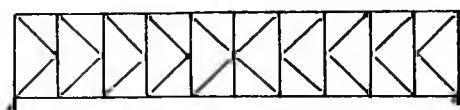
Къ недостаткамъ фермы полураскосной системы нужно отнести большое число раскосовъ и узловъ, что усложняетъ конструкцію, заставляя примѣ-

При четномъ числѣ панелей



Стат.—определенна.

Рис. 74.



Стат.—неопределенна.

Рис. 75.

При нечетномъ числѣ панелей



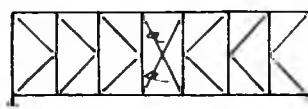
Стат.—определенна, если раск.
а, в жесткаго съченія, а раск.
б, в—плоскаго съченія, или на-
оборотъ.

Рис. 76.



Стат.—определенна, если раск.
а, в плоскаго съченія.

Рис. 77.



Стат.—определенна, если раск.
а, в плоскаго съченія.

Рис. 78.

нять много фасонныхъ накладокъ, увеличивающихъ вѣсъ сквознаго заполненія. Въ общемъ эта система весьма рациональна и удобо-примѣнна для фермъ съ параллельными поясами и фермъ полуарбаболическихъ пролетами до 120 mt ; для первыхъ она, по даннымъ H  seler'a, выгодна при длинѣ панели $d < 0,84$ Н. по сравненію съ раскосной системой. Однако наименьшій вѣсъ сквознаго заполненія полураскосной системы въ фермахъ съ параллельными поясами получается, по даннымъ H  seler'a, при $d = 0,7$ Н.

Пока эта система преимущественно примѣнена, на сколько намъ известно, въ горизонтальныхъ связяхъ, напримѣръ, въ Hackerbrücke въ Мюнхенѣ—возвышенія арки (Zeit. d. Ver. Deut. Ing. 1893, стр. 1441), въ строющемся нынѣ мостѣ чер. Вислѣ у крѣп. Ново-Георгіевскѣ—балочная ферма съ кривол. верхнѣмъ поясомъ, въ мостѣ чер. Москву на Московской Окр. жел. дорогѣ*) (1906)—серновидныя арки, въ мостѣ чер. Pritzerbersee—балочная ферма съ параллельными поясами, въ мостѣ чер. Elbe-Trave-Kanal въ Любекѣ Burgthorbr  cke. 1900) —консольно-балочная ферма (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1900, стр. 774), въ мостѣ чер. Havel бл. Бранденбурга (1903) —балочная полуарбаболическая ферма (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1905 № 41). Для главныхъ фермъ эта система примѣнена въ послѣднемъ мостѣ, а именно чер.

*) Сергіевскій мостъ.

Havel бл. Бранденбурга, прол. 90 m^t ; у насъ въ Россіи она предложена была пр. Шраскуряковымъ для моста отв. 40 саж. полупараболической системы съ ъздою по верху для Второй Екатериненской жел. дороги (1902 г.) и пр. Кривоштейномъ для разборчатаго моста для полевой жел. дороги съ паловой тягой пролетомъ 30 m^t (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 Бониѣ (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

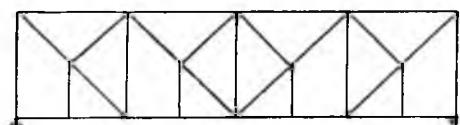


Рис. 79.

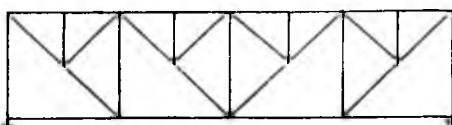


Рис. 80.

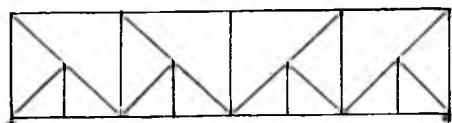


Рис. 81.

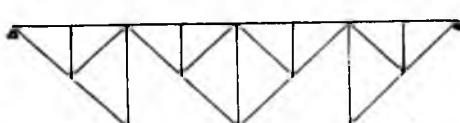


Рис. 82.

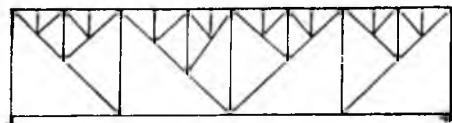


Рис. 83.

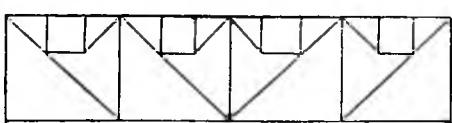


Рис. 84.

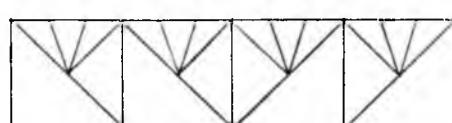


Рис. 84 I.



Рис. 84 II.

въ Лозаниѣ (1898 г.)—арочные фермы (пр. фирмы Bell de Kriens). Относительно расчета фермъ съ полураскосами укажемъ на статью Häseler'a „Das Fachwerk mit halben Diagonalen“—Süddeut. Bauz. 1898, стр. 97 и на статью инж. П. Рыжкова „Фермы съ полураскосами“—Инженеръ. 1904; далѣе Häseler. „Die eisernen Brücken“ 1900, стр. 439, 445, 447, 451, 453, и Ostenfeld. „Technische Statik“. 1904, стр. 411—425.

7) 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. шпренгельными балочками была впервые примѣнена Pettit, почему она и называется „системой Pettit“.

большихъ панелей основной системы на двѣ или болѣе малыхъ панелей, при чёмъ элементы этихъ балочекъ работаютъ лишь отъ нагрузки, расположенной въ предѣлахъ соотвѣтственной большой панели.

Такое дѣление большой панели на малыя необходимо при значительной высотѣ простой раскосной фермы для уменьшения вѣса проѣзжей части.

Составная раскосная фермы въ большинствѣ случаевъ представляютъ статически опредѣлимыя системы.

Недостатокъ ихъ заключается въ томъ, что сжатыя основныя стойки весьма значительной длины и ничѣмъ не подпираются, почему требуютъ большую затрату материала для обеспеченія ихъ отъ продольнаго изгиба.

Составная раскосная система весьма выгодна для фермъ большихъ пролетовъ и особенно съ криволинейными поясами.

Въ заключеніе какъ оригиналъный 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); здесь по-перечные 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 неопредѣлена, въ чёмъ и заключается ея главный недостатокъ. Такія фермы въ значительномъ количествѣ встречаются во Франціи и въ

I.

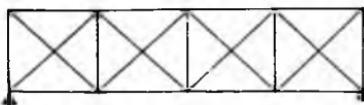


Рис. 85.

II.

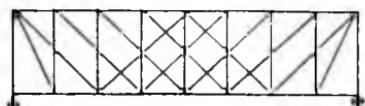


Рис. 86.

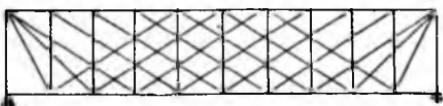


Рис. 87.

Австріи для пролетовъ отъ 15 до 35^м. и еще недавно примѣнены въ значительномъ количествѣ для мостовъ на новыхъ Альпійскихъ желѣзодорожныхъ линіяхъ для пролетовъ отъ 20 до 65^м. (Zeit. d. öster. Ing. u. Arch. Ver. 1907, стр. 553).

Типъ II — двухъ и трехраскосная фермы. Преимущество такихъ фермъ заключаются въ слѣдующемъ:

1) при большихъ пролетахъ и при значительной высотѣ фермы онѣ допускаютъ устройство панелей нормальной длины (около 5^м).

2) Поперечная сила распредѣляется на нѣсколько раскосовъ или стоечъ, и тѣмъ уменьшаются ихъ усиленія и сѣченія.

3) Вслѣдствіе пересѣченія раскосовъ со стойками сокращается свободная длина послѣднихъ, что выгодно, ибо стойки сжаты.

Изслѣдованиемъ многораскосныхъ фермъ занимался проф. Шатонъ, который указываетъ на существенный недостатокъ ихъ, а именно, что при неравномѣрномъ распределеніи нагрузки узловъ отдельныхъ 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, которые настолько значительны, что пояса этихъ фермъ оказываются сжато-вытянутыми *).

На основаніи изложеннаго можно рекомендовать избѣгать примѣненія на практикѣ многораскосныхъ фермъ; послѣднія уже и заграницей сданы въ архивъ и здѣсь предпочтеніе отдается болѣе рациональнымъ системамъ. Однако въ бывшее время двухъ и трехраскосныя фермы были весьма распространены для пролетовъ отъ 40 до 150 m^t . Означенія фермы, за рѣдкими исключеніями исполнены въ видѣ статически неопределенныхъ системъ.

б. Рѣшетчатыя системы.

а) Простая треугольная система (система Neville'a или Warren'a **)—рис. 88 и 89).

По сравненію съ простою раскосною системою простая треугольная имѣеть тотъ недостатокъ, что при одинаковой высотѣ фермы и одинаковомъ углѣ наклоненія раскосовъ ей соотвѣтствуетъ значительно большая

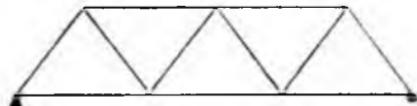


Рис. 88.

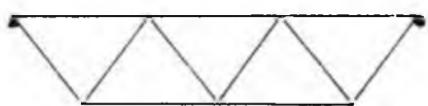


Рис. 89.

длина панели, что влечетъ за собою увеличеніе вѣса проѣзжей части. Кромѣ того при ъездѣ по верху, поперечныя связи могутъ быть расположены лишь въ наклонныхъ плоскостяхъ раскосовъ.

Простая треугольная система примѣняется довольно рѣдко; особенно она рациональна для фермъ съ ъездомъ 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 „Втіяніе 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 цослѣднюю 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 m^t . чер. Sambre между Scharleroi и Erguelles; однако теоретически она была обоснована лишь англичаниномъ Warrenомъ, взявшимъ на нее въ 1849 г. привилегію, послѣ чего она въ 1851 г. была правильно примѣнена въ мостѣ прол. 73,3 m^t . чер. Trent бл. Newark.

Замѣтимъ здѣсь, что есть еще одинъ типъ треугольной рѣшетки, а именно такой, въ которомъ углы, составляемые поясами съ раскосами обаихъ направлений, не равны между собою (система Post'a); но рѣшетка эта, примѣнявшаяся нѣкогда въ Америкѣ (м. ч. Missouri бл. Omaha. 1870), въ настоящее время совсѣмъ не примѣняется, ибо неравенство угловъ наклоненія раскосовъ вызываетъ конструктивныя неудобства.

3) Составные рѣшетчатыя системы (рис. 90 - 98).

Подвѣски и стойки, обозначенные въ тицахъ I и III пунктиромъ, не обязательны, но безусловно желательны для устраненія мѣстнаго

Рис. 90.

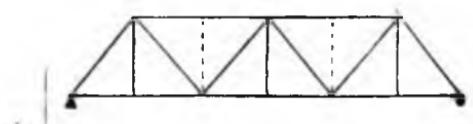


Рис. 92.

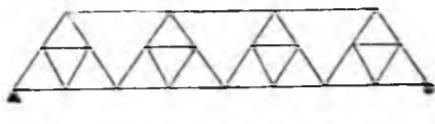


Рис. 91.

Рис. 93.

Рис. 94

Рис. 96.

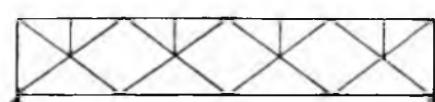
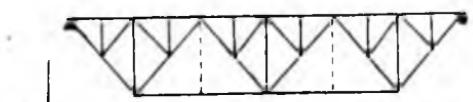


Рис. 95.

Рис. 97.



Рис. 98.

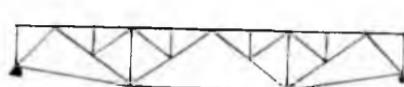


Рис. 98 I.



Рис. 98 II.

прогиба того пояса, который не связанъ съ проѣзжей частью, и кромѣ того для прикрепленія 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 перациональнымъ. 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 Ламаншъ консольно-балочной системы (Engineering 1892. № 1395, Журн. М-ва П. С. 1889 г. № 47).

3) мостъ пролетомъ $33,5^{\text{mt}}$. на Восточно-Китайской жел. дор. (1903 г.).

4) мосты пролетомъ $33,5^{\text{mt}}$. 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 Луивилль (Zeit. d. ver Deut. Ing. 1889 стр. 1080; Engineering 1888 янв. X стр. 85,90; Org. f. d. Forschr. d. Eisenbahnnw. 1888. стр. 163). Особенно часто этотъ типъ встрѣчается въ Америкѣ въ мостахъ Пенсильванской жел. дор.

Типъ IV—треугольная рѣшетка съ дополнительными ширенгельными балочками; такія балочки были примѣнены въ треугольной рѣшеткѣ впервые Fink'омъ въ 1870 г. въ мосту чер. Ohio въ Луивилль съ прол. 122^{mt} . (рис. 98) (Engng. 1876, стр. 358) на подобіе того, какъ Pettit примѣнилъ ихъ въ раскосной рѣшеткѣ, почему разматриваемая рѣшетка и называется системой 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. $65,8^{\text{mt}}$. и $87,3^{\text{mt}}$. на Московской Окружной жел. дорогѣ (рис. 98''. 1906 г.). (Алексѣевский мостъ.)

4) Сложные рѣшетчатыя системы.

Изъ сложныхъ рѣшетчатыхъ системъ въ настоящее время примѣняются только двухрѣшетчатыя фермы (для среднихъ и большихъ пролетовъ) (рис. 99—104), а многорѣшетчатыя 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 нагруженніи узловъ обѣихъ частныхъ системъ пояса получаютъ волнообразный изгибъ, вызывающій въ нихъ значительныя дополнительныя напряженія; 2) времененная 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-вытѣнутыми.

При неравнокрънъмъ нагружениі узловъ пояса гиутся въ разныя стороны, вслѣдствіе чего вертикальныя разстоянія между ними то увеличиваются, то уменьшаются.

Для устраненія этихъ недостатковъ добавляютъ стойки во всѣхъ узлахъ (типъ II) или же устраиваютъ средний поясъ, соединяющій точки пересѣченія раскосовъ и обезпечивающій неизмѣняемость разстояній между этими точками (типъ III).

Такой средний поясъ, предложенный Шведлеромъ и Кепке, примѣненъ между прочимъ въ слѣд. мостахъ:

1) мостъ чер. Вислу въ Фордонѣ балочной системы — полукругловыя фермы (Eisen u. Stahl, 1893); 2) мосты чер. Вислу въ Диршau и чер. Ногатъ въ Мариенбургѣ балочной системы — эллиптическія фермы (Zeit. f.

Статически неопределѣлыми

I.

II.

III.

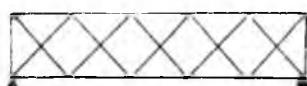


Рис. 99.

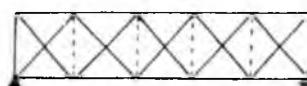


Рис. 100.



Рис. 101.

Статически опредѣлыми

IV.

IV. II.

IV. III.

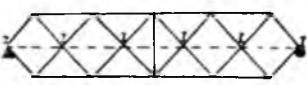


Рис. 102.



Рис. 103.

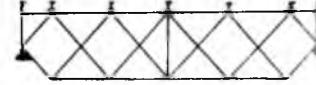


Рис. 104.

Bauw. 1895, стр. 235; Génie Civil XXVII, 311); 3) мостъ чер. Эльбу въ Йошигѣ висячей системы (Centr. d. Bauw. 1894, стр. 235; Stahl u. Eisen. 1894, стр. 383); 4) м. чер. Аргенъ на кружной жел. дор. около озера Constance балочной системы — фермы полупараболической (1899); 5) м. чер. Эльбу въ Дрезденѣ (1899) — балочныя нераарѣзаныя фермы. (Körcke. Brücken beim Dresdenner Bahnhofsbau. — Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1898, стр. 1133).

Оба указанныхъ способа (типы II и III) неудобны тѣмъ, что дѣлаютъ фермы въ высокой степени статически неопределѣлыми.

Типъ IV (со среднею стойкой — фермы Dietz'a) рационаленъ; особенно онъ удобенъ для фермъ съ криволинейными поясами: система эта статически опредѣлена. (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1894, стр. 1238 и 1248, и 1899, стр. 231, Журн. М. И. С. 1907 г. кн. 5 стр. 3).

С. Безраскосная система.

Безраскосная фермы суть жесткими узлами (рис. 104') предложены проф. Vierendeel'емъ лѣтъ одинадцать тому назадъ и названы имъ „longerons à arcades“. Онѣ представляютъ собою въ сущности силошную балку, въ стѣнкѣ которой сдѣланы прямоугольные или овальныя вырѣзы.

Проф. Vierendeel (Vierendeel. Longerons en treillis et longerons 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 вѣса, удобства сборки и пр. Однако вопросъ о сравнительномъ достоинствѣ фермъ системы Vierendeel'я до сихъ поръ открытыѣ и онѣ, какъ мостовыя фермы, насколько намъ известно, еще не примѣнены. Въ Россіи фермы — аркады были предложены въ 1904 г. Инж. Абрамовымъ для продольныхъ балочекъ въ мостѣ чер. Зап. Движу на Бологое-Шолоцкой ж. д., какъ варіантъ.

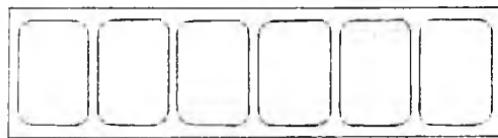


Рис. 1041

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. А. Vierendeel'я“. Очеркъ I.

3. Заключеніе о балочныхъ фермахъ.

Послѣ обзора системъ балочныхъ сквозныхъ фермъ и ихъ рѣшетокъ сдѣлаемъ слѣдующія указанія относительно проектированія этихъ фермъ:

- 1) для пролетовъ до 50 m^t . цѣлесообразно примѣнять фермы съ параллельными поясами; для пролетовъ же свыше 50 m^t . — 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 m^t ; б) фермы полупараллельныя (кромѣ системы Battig u Cöstlin), полунараболическія или полу круговыя для пролетовъ 75—120 m^t ; с) фермы полигональныя для пролетовъ 75—200 m^t .

- 3) изъ рѣшетокъ рациональны слѣдующія: а) для фермъ съ параллельными поясами пролетами до 50 m^t . 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 лежать на параболѣ, и двухрѣшетчатая со средней стойкой; с) для фермъ полунараболельныхъ, полунараболическихъ и полу круговыхъ пролетами 75—120 m^t : простая раскосная, составная раскосная, треугольная съ дополнительными стойками (скошенные концы) и полу раскосная; д) для фермъ полигональныхъ пролетами 75—200 m^t : составная

раскосная съ шпренгельными балочками и треугольная съ дополнительными стойками.

4) При большихъ пролетахъ и небольшой высотѣ опоръ рационально примѣнить фермы съ наклонными опорами.

Если рассматривать перечисленныя здѣсь балочные фермы съ эстетической стороны, то слѣдуетъ замѣтить, что фермы съ параллельными поясами, а также полупарараболическая и полукруговая, вовсе не эстетичны; иѣсколько лучше въ этомъ отношеніи фермы съ однимъ криволинейнымъ поясомъ.

Говоря объ однопролетныхъ мостахъ подъ обыкновенныя дороги можно рекомендовать балочные разрѣзныя фермы только для шоссейныхъ мостовъ виѣ городовъ: для городскихъ же мостовъ, которые должны служить украшеніемъ города, ихъ слѣдуетъ избѣгать, отдавая предпочтеніе фермамъ арочнымъ и висячимъ.

В. Консольно-балочные фермы съ двумя небольшими свѣсами.

Взамѣнъ балочной разрѣзной фермы, помѣщенной на двухъ устояхъ, устраиваютъ иногда ферму съ двумя небольшими свѣсами, помѣщая ее приѣздѣ по низу на двухъ быкахъ, выдвинутыхъ за предѣлы насыпей, такъ

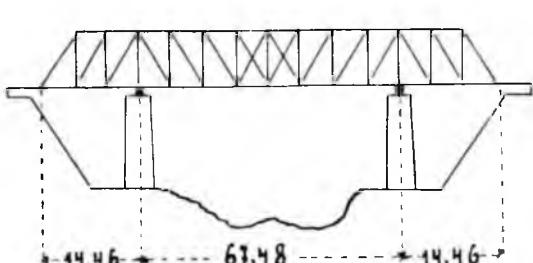


Рис. 105.

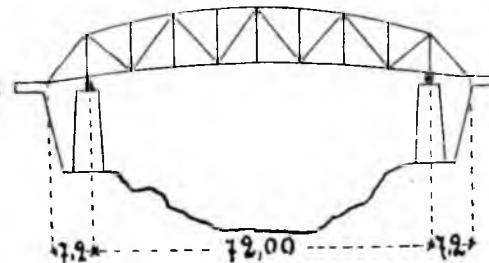


Рис. 106.

что мостъ въ этомъ случаѣ получается безъ устоевъ (свѣсы служатъ для перехода съ быковъ на земляное полотно); приѣздѣ по верху свѣсы скрываютъ въ устояхъ.

Главная выгода системы мостовъ безъ устоевъ заключается въ значительномъ пониженіи стоимости опоръ. Правда, вѣсъ такого пролетного строенія получается больше вѣса обычного разрѣзного строенія, но это превышение вѣса незначительно въ виду присутствія свѣсовъ; часть желѣза, потребного 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 рассматривать какъ однопролетный, меньше стоимости однопролетного 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 вѣсъ междуопорной части, но такія мѣры могутъ быть выгодны только до извѣстной 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 зависимой отъ температуры.

Изъ мостовъ съ Ѣздою по низу со свободными свѣсами (безъ устоевъ) намъ извѣстны 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. Зупу въ Зарѣчье—рис. 106. (Отдѣльное изданіе 1906 г.)

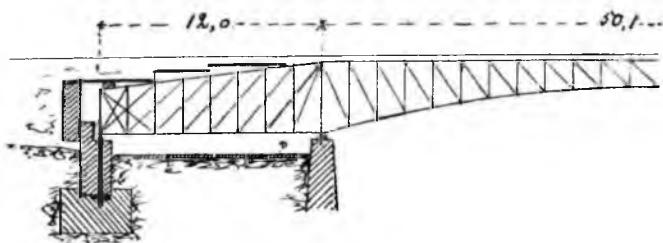


Рис. 106 I.

Изъ мостовъ съ Ѣздою по верху со скрытыми въ устояхъ свѣсами намъ извѣстенъ одинъ, а именно Stephanie-Brücke чер. Дунайскій каналъ въ Вѣнѣ—рис. 106¹ (All. Bauz. 1887, №№ 11 и 12; Central. d. Bauz. 1883, стр. 138); мостъ этотъ производитъ впечатлѣніе арочнаго моста (свѣсы искусственно загружены и закрѣплены).

C. Арочные фермы.

1) Обзоръ желѣзныхъ арочныхъ фермъ *).

Арочные 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.

Первые фермы (съ задѣланными пятами) трижды статически не-определенны, 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 влияніе на положеніе и величину опорныхъ давленій, по-

* Чугунныхъ фермъ, какъ устарѣвшихъ, рассматривать не будемъ; примѣры ихъ приведены на стр. 74—75.

чemu такія фермы можно примѣнять только при вполнѣ неподвижномъ основаниі.

Далѣе 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 m^2 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 (известный віадукъ чер. Wirreg въ Mungsten'ѣ. 1897).

Вторыя фермы (двухшарнирныя) представляютъ систему одинъ разъ неопределимую, 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 направлениі моста меньше, ибо сами фермы жестче и цѣлѣнно, а равно и горизонтальная связь, не прерываются надъ ключемъ; эта непрерывность проѣзжей части особенно желательна, если проѣзжая часть должна быть водонепроницаема. Въ смыслѣ расхода матеріала двухшарнирныя и трехшарнирныя арки мало отличаются. Двухшарнирныя 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. Рѣсановскій протокъ Даѣпра въ Кіевѣ (1905) построены съ двухшарнирными арками, а въ настоящее время строятся съ такими же арками городской мостъ чер. Вислу въ Варшавѣ, мостъ чер. Москву на Московской Окружной жел. дорогѣ*) и Звѣринецкій мостъ чер. Віллю въ Вильнѣ (городской). [послѣдніе два моста теперь уже отстроены].

Третыя фермы (трехшарнирныя) 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, где шарниръ, приходится прерывать полотно и горизонтальная связь. Трехшарнирныя арки очень распространены въ Америкѣ. Въ Европѣ онѣ также примѣнены еще недавно; напримѣръ, въ мостѣ Имп. Александра III черезъ Сену въ Парижѣ (1900), въ віадукѣ 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, предложенные инж. Souleyre (Ann. d. ponts et chaussées 1895), пока не примѣняются.

Изъ всѣхъ этихъ группъ арочныхъ фермъ приходится отдать пред-

*) Серпуховскій мостъ.

почтение едва ли не двухшарнирнымъ аркамъ, которыя имѣютъ больше хорошихъ сторонъ, нежели недостатковъ.

Въ отношеніи жесткости арочныхъ фермы раздѣляются на жесткія арки и на пижесткія—съ фермой жесткости.

1. Жесткія арочные фермы.

Жесткія арочные фермы бываютъ двухъ родовъ:

а) въ строгомъ смыслѣ арочные, производящія на опоры распоръ и
в) арочные, непроизводящія на опоры распора (дѣйствующія на опоры, какъ балочные фермы).

а) Жесткія арочные фермы съ распоромъ.

Эти фермы въ свою очередь бываютъ двухъ родовъ:

а) арочные фермы, ограничивающіяся предѣлами арки, со стойками надъ ней для поддержанія проѣзжей части; 3) арочные фермы съ нижнимъ поясомъ арочнаго вида и съ верхнимъ поясомъ на уровне проѣзжей части.

а) Арочные фермы, ограничивающіяся предѣлами арки.

Сами арки въ такихъ фермахъ бываютъ или съ вполнѣ параллельными поясами (мостъ черезъ Рейнъ въ Кобленцѣ, чер. Миссисипи въ St. Louis), или съ почти параллельными поясами (мостъ чер. Niagara прол. 256^{mt}), или съ поясами, разстояніе между которыми на опорахъ больше, нежели въ ключѣ (віадукъ чер. Wupper въ Mungstenѣ, Kornhausbrücke чер. Aаръ въ Бернѣ), или наконецъ серповидныя (віадукъ Garabit черезъ Триуэгъ, мостъ Pia Maria чер. *) Дуэръ въ Оporto, мостъ чер. Москву на Московской окружной жел. дор., мостъ чер. Кан. Nord.-Ostsee у Гринен-гала и др.).

Арки первыхъ трехъ типовъ бываютъ или сплошнныя (самый большой пролетъ въ Вашингтонскомъ мосту чер. Harlem въ Нью-Йоркѣ—155^{mt} 1889 г.) или сквозныя (самый большой пролетъ въ мірѣ въ м. чер. Niagara близъ Clifton'a—256^{mt}. 1898 г.; въ Европѣ же самый большой пролетъ въ м. Luiz I чер. Дуэръ въ Оporto—172^{mt}. 1885 г.); арки же четвертаго типа (серповидныя) бываютъ исключительно сквозныя. Сплошнныя арки устраиваются обыкновенно цѣльныя; какъ исключеніе составляютъ арка моста Имп. Александра III въ Парижѣ (стальная), состоящая изъ отдѣльныхъ косяковъ, свинченныхъ болтами. Сквозныя арки имѣютъ заполненія слѣдующихъ типовъ (рис. 107—113):

Замѣтимъ здѣсь, что для арокъ съ вполнѣ или почти параллельными поясами можно рекомендовать примѣнять решетки типовъ I, II, IV, V и VI, причемъ самыми удачными въ эстетическомъ отношеніи слѣдуетъ признать типы IV и V, где стойки при круговой аркѣ располагаются по радиусу и раскосы составляютъ со стойками углы приблизительно 45°.

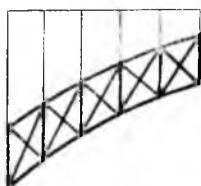
*) Сергіевскій мостъ.

Для серповидных же арокъ можно рекомендовать рѣшетку типа III, хотя примѣняется часто и рѣшетка типа II.

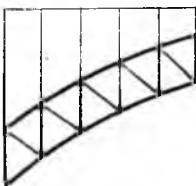
Сплошное заполненіе примѣняется только въ пологихъ аркахъ, а сквозное—какъ въ пологихъ, такъ и въ крутыхъ аркахъ.

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

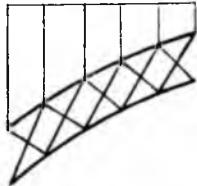
I.



II.



III.



IV.

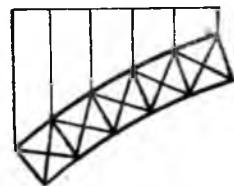


Рис. 107.

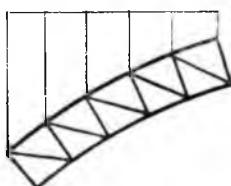
Рис. 108.

Рис. 109.

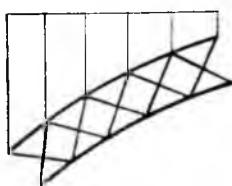
Рис. 110.

- 1) М. чер. Рейнъ въ 1) М. чер. Niagarу 2) М. чер. Nord-See-Ka- 1) Kornhausbrücke 1) Kornhausbrücke
■ Кобленцъ. бл. Clifton'a. bl. Nord-See-Ka- Aarъ въ Бернѣ.
2) M. Luiz I и Pia Ma- 2) Biad. чер. Wupper- ner въ Grünenthal'e. 2) M. чер. Addy въ
гия чер. Дуэро въ въ Мюнгстенъ. Trezzo.
Оporto и др. 3) М. чер. Москву на 3) М. чер. Рейнъ въ
Моск. Окр. ж.д. и др. въ Майнцъ и др.

V.



VI.



VII.

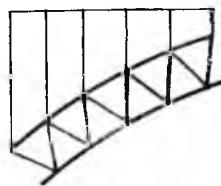


Рис. 111.

- М. чер. Шварцвассеръ
у Берна.

Рис. 112.

- М. чер. Рейнъ у
Hochheim.

Рис. 113.

- М. чер. Миссиссии въ
St. Louis (пояса труб-
чатые).

моста Kornhaus черезъ Ааръ въ Бернѣ (1898) при $\frac{f}{l} = \frac{1}{3,5}$ 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, напримѣръ, въ мостахъ чер. Ааръ въ Бернѣ (Kornhausbrücke), чер. Дуэро въ Оporto (м. Pia-Maria и Luiz I), чер. Wupper въ Münghsten'ѣ (Kaiser-Wilhelm-brücke), черезъ Javroz на дор. Bulle-Boltingen, чер. Адду въ Paderno и др.).

Мосты черезъ Миссисипи въ St. Louis и чер. Рейнъ въ Coblenz'ѣ надо признать неудачными въ отношеніи расположения стоекъ (слишкомъ часты).

Далѣе замѣтимъ, что для малыхъ и среднихъ пролетовъ рациональнѣе примѣнять сплошные арки, а для большихъ пролетовъ сквозные арки съ параллельными поясами или серповидныя; при сквозныхъ аркахъ получается нѣсколько большая конструктивная высота, сборка дѣбодится дороже, зато получается значительная экономія на матеріалѣ при большихъ пролетахъ. Наиболѣе извѣстные мосты съ арочными фермами разсмотриваются въ литература о нихъ указаны на стр. 76-81. Эти фермы примѣнены при сплошныхъ аркахъ для пролетовъ до 155^{мт}, а при сквозныхъ аркахъ для пролетовъ до 256^{мт}.

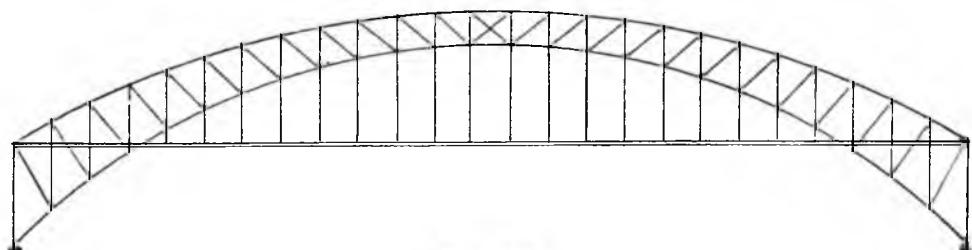


Рис. 114.

Къ этому же роду арокъ принадлежать 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 обѣ этихъ мостахъ указаны на стр. 88-89. Эти фермы примѣнены для пролетовъ отъ 107^{мт} до 187^{мт}.

3) Арочные фермы съ нижнимъ поясомъ арочнымъ и съ верхнимъ поясомъ на уровне проѣзжей части.

Эти арочные фермы бываютъ сплошные и сквозные (рис. 115—117).

Рѣшетка сквозныхъ фермъ обыкновенно устраивается простая раскосная (т. I); рѣдко встрѣчается двухрѣшетчатая (м. пролетомъ 65,6^{мт} чер. Мозель близъ Guls'a 1878), которая примѣнялась при чугунныхъ аркахъ (т. II).

Замѣтимъ еще, что въ 1898 г. при конкурсе моста de la Cathedrale въ Лозаннѣ, фирма Bell de Kriens представила проектъ арочной фермы пролетомъ 72^{мт} съ рѣшеткой полураскосной системы (т. III).

Съ эстетической точки зрења самая неудачная решетка 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 обеспеченія неизмѣняемости 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 принять 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-

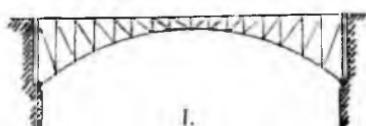


Рис. 115.

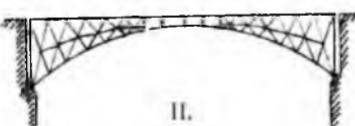


Рис. 116.

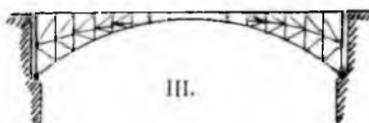


Рис. 117.

мѣрно разстояніямъ между обоими поясами арки. Объ этомъ см. статью инж. Bernhard'a „Die Linienf\u00fchring grosser Eisenb\u00f6gen“—Centralbl. d. Bauw. 1900, стр. 257.

Рассматриваемыя 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 убывають къ опорамъ и къ ключу.

Въ этомъ отношеніи болѣе рациональна ферма, примѣненная въ м. пролетомъ 56,33 *mt.* (рис. 118) чер. Sarthe бл. Fill\u00e9 на жел. дор. Le Mans-Foulletourte *) (1896) (Notices sur les mod\u00e8les, dessins et c. Exposition Universelle \u00e0 Paris en 1900, стр. 517; Bernhard. Br\u00fccken auf der Weltausstellung zu Paris 1900—Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1900 и 1901).

Замѣтимъ однако, что примѣненная рассматриваемыя арочныя фермы получаемъ наименѣшую 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 *mt.* (Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1877, стр. 722).

Наиболѣе извѣстные мосты съ фермами разматриваемаго типа и литература о нихъ указаны на стр. 82-85

У насъ въ Россіи мосты съ разматриваемыми 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. Виллю въ Вильнѣ. Изъ мостовъ со сплошными арочными фермами, укажемъ на недавно построенный (1905) мостъ чер. Введенскій каналъ (у церкви Св. Миронія) въ С.-Петербургѣ

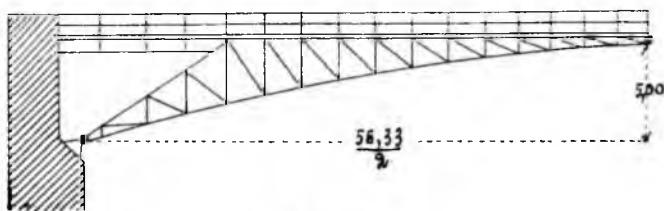


Рис. 118.

бургѣ (Журн. М. И. С. 1906, кн. VII). Разматриваемыя фермы примѣнены для пролетовъ отъ 16 $m\cdot$ до 168 $m\cdot$; строго говоря онѣ раціональны для пролетовъ только свыше 30 $m\cdot$.

б) Жесткія арочные 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 балочные фермы, и потому при нихъ значительно понижается стоимость опоръ. Правда, вѣсъ ихъ получается нѣсколько больше

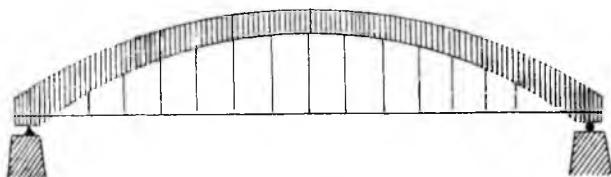


Рис. 119.

шій, нежели арочныхъ фермъ съ распоромъ, но въ общемъ стоимость моста получается меныше въ виду значительной экономіи на опорахъ.

Означенныхъ фермъ существуетъ нѣсколько видовъ:

1) возвышенная жесткая сплошная арка съ затяжкой соединяющей опоры—система одинъ разъ статически неопредѣлимая при отсутствіи шарнира въ ключѣ, и статически опредѣлѣма при таковомъ шарнире.

По этой системѣ построены, напримѣръ, м. въ Ischlѣ прол. 40 $m\cdot$ (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 Wappen“ прол. 84 $m\cdot$ (Centralbl. d. Bauv. 1907).

2) возвышеная 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 m^t , нижній поясъ арки очерченъ на протяженіи всѣхъ промежуточныхъ панелей по кругу $R = 13,5 m^t$,

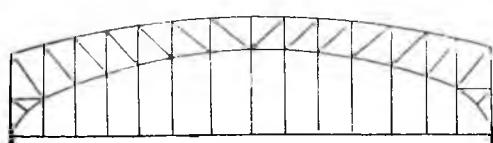


Рис. 120.

Шосс. м. чер. Dortmund-Ems-Kanal.

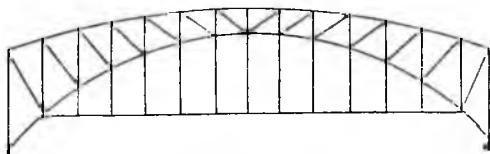


Рис. 122.

1) ж. д. м. чер. Рейнъ въ Ворисѣ.

2) ж. д. м. чер. Рейнъ въ Майнцѣ.

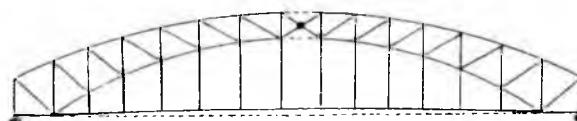
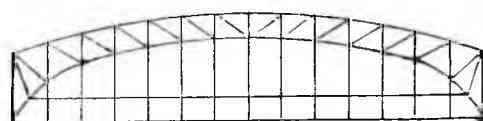
Рис. 121.
Гор. м. въ Бамбергѣ.

Рис. 123.

Гор. м. „Hackenbrücke“ въ Мюнхенѣ.

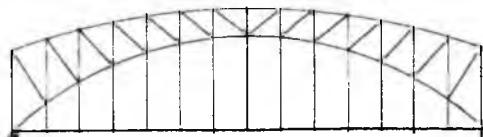


Рис. 124.

- 1) Гор. м. чер. Зюдеръ-Эльбу въ Гарбургѣ.
- 2) Гор. м. чер. Мюель въ Тиррахѣ.
- 3) Гор. м. чер. Руссановскій пр. Днѣпра въ Кіевѣ.
- 4) Гор. м. чер. Одеръ въ Штеттинѣ и др.

а на протяженіи крайней панели — по кругу $R = 5,75 m^t$, въ віадукѣ „Hacken“ чер. жел. дор. пути въ Мюнхенѣ, прол. 28,52 m^t , нижній поясъ арки на протяженіи крайней панели очерченъ по кругу $R = 6,0 m^t$, на протяженіи второй (отъ опоры) панели — по кругу $R = 7,0 m^t$, а на протяженіи остальныхъ панелей — по кругу $R = 32,0 m^t$. Такое очертаніе нижнаго пояса арки довольно эстетично.

Нижній поясъ дѣлается иногда (очень рѣдко) арочнымъ только до предпослѣдней стойки, а отсюда до опоры онъ тогда совпадаетъ съ затяжкой; такъ устроено, напр. въ гор. м. чер. Регницѣ въ Бамбергѣ, а также это предложено въ конк. пр. „Kasseler Wappen“ для моста чер. Фульду (Hafenbrücke) въ Касселѣ (Centralbl. d. Bauv. 1907).

Рѣшетка въ рассматриваемыхъ аркахъ примѣняется можно сказать исключительно простая раскосная.

Рассматриваемыя фермы въ настоящее время примѣняются довольно часто въ Германіи *), ибо они съ виду красиы, 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 известные 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).

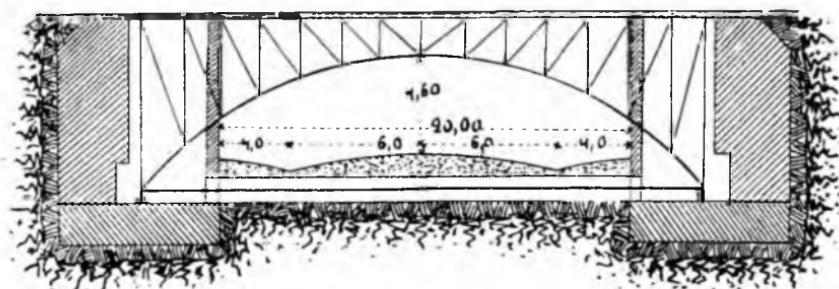


Рис. 125.

Рассматриваемыя фермы осуществлены для пролетовъ отъ 28 *mt.* до 117 *mt.*; въ конкурсныхъ же проектахъ онѣ встречаются для пролетовъ до 153 *mt.*

Въ Россіи возвышенныя арки съ затяжкой были предложены впервые въ 1900 г. пр. Кривошеиномъ совмѣстно съ военными инженерами Лихачевымъ и Апышковымъ для проекта Пантелеимонскаго моста въ С.-Петербургѣ, пролетомъ 40,8 *mt.* (Изв. СПБ. 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 (внѣк. проектъ „Свобода Судоходству“), прол. 150 *mt.* Осуществлены онѣ въ 1905 г., въ гор. мостѣ чер. Руссановскій протокъ Даѣпра 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 арочные фермы съ затяжкой весьма

*) Въ Штеттинѣ, напримѣръ, за періодъ 1900—1905 г. пять городскихъ мостовъ выстроено, все съ фермами рассматриваемаго типа (Deut. Bauz. 1906 г., № 18, 20, 22, 23, 26 и 27), а для двухъ мостовъ чер. Фульду въ Кассельѣ рассматриваемыя фермы предложены въ 14 конк. проектахъ изъ числа всѣхъ 42 проектовъ (Centralbl. d. Bauv. 1907).

рациональны въ томъ видѣ, какъ онѣ устроены въ віадукѣ надъ Кеттвиг-скомъ шоссѣ въ Эссенѣ (рис. 125).

Какъ видно изъ эскиза затяжка проходитъ подъ одеждой 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 иѣчто подобное представляла конструкція стропильъ въ зданіи изящныхъ искусствъ на Парижской всемірной 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).

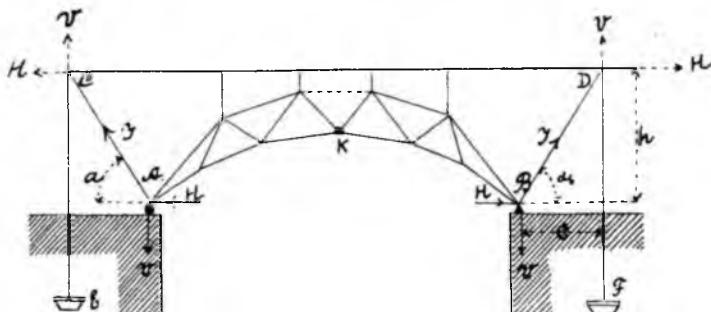


Рис. 126.

Затяжку можно устроить на любой высотѣ, лишь слѣдуетъ озабочиться 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.

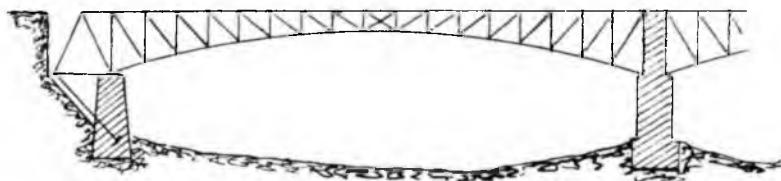


Рис. 126.

Горизонтальные распоры H , въ точкахъ А и В, раскладываютя на двѣ силы $V = H \operatorname{tg} \alpha$ и $Y = - \frac{H}{\cos \alpha}$.

Въ точкахъ С и D силы Y раскладываютя на $V' = V = H \operatorname{tg} \alpha$ (растяженіе, напряженіе анкеровъ СЕ 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 (однажды статически неопределенной) или трехшарнирной (статически определенной).

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. deutsch. 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 восприятія распора, такъ что ферма дѣйствуетъ на опоры какъ балочная. Ферма жесткости бываетъ или цѣльная (мостъ Wasserthor въ Берлинѣ, вiadукъ въ Hallensee, мостъ чер. Муръ въ Грацѣ) или же съ шарниромъ по серединѣ пролета (мостъ чер. Муръ въ Гоберницѣ).

Арки въ этихъ фермахъ можно рассматривать какъ двухшарнирныя; ферма жесткости всегда устраивается свободнолежащей на опорахъ.

Очень рѣдко арки устраиваются трехшарнирныя, какъ напр. въ мостѣ черезъ Лекъ близъ Гохцоля.

I.

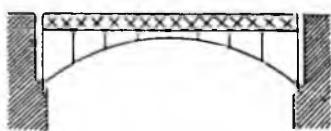


Рис. 127.

II.

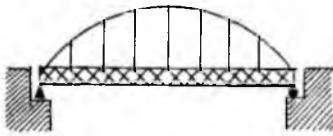


Рис. 128.

Недостатокъ разматриваемыхъ арочныхъ фермъ, довольно эстетичныхъ въ виду отсутствія раскосовъ, заключается въ нежесткости самой арки и кроме того въ неопределенности въ передачѣ нагрузки частью на арку, частью на затяжку, поэтому эти фермы рѣдко примѣняются (какъ исключение).

Укажемъ здѣсь, что по типу I (ферма жесткости надъ аркой) построенъ мостъ прол. 44,5 m , 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), вiadукъ въ Hallensee, и наконецъ пѣш мостъ чер. Elbe-Trave-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 m и 116,5 m . (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 линія очертанія фермы ломанная, просто или пепрерывно криволинейная, при чемъ разстоянія между ними пропорціональны моментамъ. Фермы эти должны быть отнесены къ арочнымъ.

Они устраиваются или съ шарниромъ въ ключѣ, какъ напр. въ м.

чер. Matina-River на ж. дор. Limon-Punta Arenas, Costarica, прол. 18^{мл.} (Engineering. 1880, I стр. 24) или безъ такового, какъ напр. въ віадукѣ Blaunw Krantz, Kapland, прол. 70^{мл.} (рис. 129), (Engineer LIX, № 1522; Schweiz. Bauz. 1885, V стр. 118; Centralbl. d. Bauw. 1884, стр. 476; Génie civil, VI, стр. 123).

2. Заключеніе 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 приѣздѣ по-верху сплошныя арки со стойками для поддержанія проѣзжей части, а приѣздѣ по-низу возвышенныя сквозныя арки съ затяжкой (съ подвѣшенній проѣзжей частью). Сплошныя арки достаточно жестки, эстетичны,

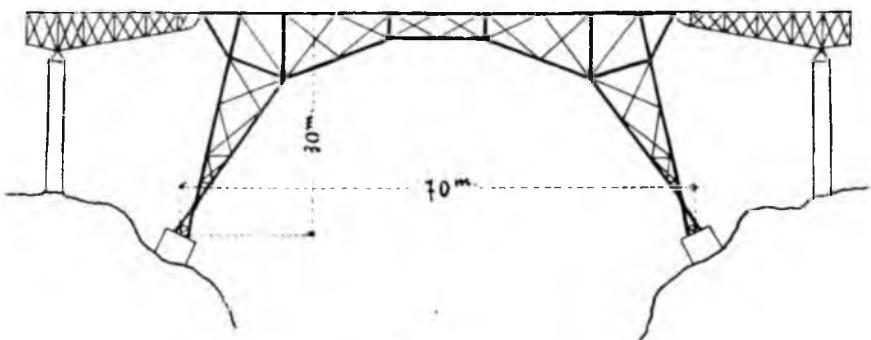


Рис. 129.

конструкція ихъ проста, содержаніе ихъ удобное, наконецъ конструктивная высота при нихъ получается небольшая, особенно, если помѣстить поперечные балки между фермами.

2) Для большихъ пролетовъ рационально примѣнять приѣздѣ по-верху сквозныя арки со стойками для поддержанія проѣзжей части, а приѣздѣ по-низу сквозныя возвышенныя арки съ затяжкой (съ подвѣшенній 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 радиусу. 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^{мл.} черезъ Harlem въ Нью-Йоркѣ (1889), м. Имп. Александра III прол. 107^{мл.} черезъ Сену въ Парижѣ (1900), конкурсный проектъ „Freie Bahn“ втораго моста чер. Неккаръ въ Манигеймѣ пролетомъ 113^{мл.} (Centralbl. d. Bauverw. 1901, стр. 293), конкурсный проектъ „Einfach“ для моста чер. Рейнъ между Майнцемъ и Кастелемъ (Centralbl. d. Bauverw. 1881 г. стр. 239), konk.

проектъ „Neunzehntes Jahrhundert“ для городского моста черезъ Рейнъ въ Вормсѣ прол. 110^{mt}. (Centralbl. b. Bauverw. 1896 г. стр. 130).

3) Сквозныя арочные фермы съ нижнимъ поясомъ арочнымъ и съ верхнимъ на уровнеѣ проѣзжей части слѣдуетъ примѣнять только въ томъ случаѣ, если требуется весьма малая конструктивная высота, которой нельзя достичь примѣненіемъ сплошныхъ или сквозныхъ арокъ со стойками для поддержанія проѣзжей части, при чёмъ рѣшетку, какъ указано на стр. 160, можно рекомендовать двухрѣшетчатую или полураскосную. Слѣдуетъ имѣть въ виду болѣе рациональную конструкцію этихъ фермъ, примененную 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 примѣняемыхъ въ настоящее время арки это двухшарнирные; трехшарнирные примѣняются нынѣ рѣдко (м. Имп. Александра III чер. Сену въ Парижѣ 1900 г. — сплошные арки, м. Имп. Франца Йосифа чер. Дунайскій кавалъ въ Вѣнѣ 1900 г. — арочные фермы; м. чер. Sarthe на ж. д. Le Mans-Fouilletourte — сквозныя арочные фермы, пѣш. м. чер. Оккеръ въ Брауншвейгѣ 1887 — сквозныя арки, м. чер. Мсту въ Боровичахъ 1905 г. — возвышенныя сквозныя арки) *).

6) для пролетовъ до 100^{mt} арочные системы по рациональности конкурируютъ, по нашему мнѣнію, съ балочными, для пролетовъ 100—200^{mt}. они имѣютъ передъ ними предпочтеніе (вѣсъ получается легче на 10—15%, а иногда еще болѣе), для пролетовъ 200—300^{mt}. они конкурируютъ съ висячими системами. Здѣсь мы говоримъ о шоссейныхъ и городскихъ мостахъ съ болѣе или менѣе тяжелымъ движениемъ; для пѣшеходныхъ мостиковъ и мостовъ съ весьма легкимъ движениемъ, висячія фермы могутъ быть выгоднѣе для значительно менѣшихъ пролетовъ.

Приведенные ціанныя о пролетахъ суть круглые числа и, разумѣется, не претендуютъ на точность. Однако они могутъ нѣсколько облегчить выборъ основной системы фермы при проектированіи моста.

Въ эстетическомъ отношеніи арочные фермы могутъ конкурировать только съ висячими.

D. Висячія фермы.

1. Обзоръ системъ висячихъ фермъ.

Приступая къ обзору висячихъ мостовъ необходимо различать старые висячіе мосты и новые, которые различаются не только по конструкціи, но и по материалу, изъ которого они изготавлялись.

*) Какъ трехшарнирные арки въ настоящее время стали строить даже каменные мосты: напр. м. пролетомъ 70^{mt}. чер. Адду у Morbegno на ж. д. Колико Сандріо (1903), м. прол. 43^{mt} чер. Дунай бл. Inzighofen'a (1895), м. прол. 50^{mt}. чер. Неккаръ бл. Neckarhausen (1902), м. прол. 59^{mt}. чер. Iller бл. Lautrach (1904), м. прол. 72^{mt}. чер. Isar бл. Grünwald'a (1905) и др.

При этомъ для удобства будемъ рассматривать 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 попечерными балками, подвѣшенными при помощи прутьевъ къ цѣпи или канату. Подъ вліяніемъ сплошной равномѣрно распределенной нагрузки цѣпь или канатъ принимаетъ видъ кривой, мало отличающейся отъ параболы или цѣпной линіи; при односторонней нагрузкѣ (временной) наступаютъ болѣе или менѣе значительные видоизмѣненія, которые по мѣрѣ увеличенія скорости движенія этой нагрузки соответственно увеличиваются и вызываютъ значительные колебанія и качанія пролетного строенія; этимъ видоизмѣніямъ можетъ до извѣстной степени противостоять жесткость проѣзжей части и подвѣсной цѣпи.

Необходимость увеличить сопротивленіе указаннымъ видоизмѣненіямъ и уменьшить качанія моста сознавалась еще и въ прежнее время, при чѣмъ старались это достичь слѣдующими мѣрами:

а) принятиемъ малой стрѣлы провѣса;

б) путемъ взаимнаго соединенія всѣхъ попечеринъ между собою помощью продольнаго бруса или путемъ устройства перилъ въ видѣ рѣшетчатой фермы (деревянной или желѣзной) (м. чер. Дунай въ Буда-Пештѣ, чер. Saane въ Фрейбургѣ, пѣнх. м. чер. Дунай въ Passau, тоже чер. Ааръ въ Бернѣ и др.).

Этимъ достигалась, разумѣется, несовершенная жесткость моста. Развитіе теоріи привело къ усовершенствованію этого способа

в) устройствомъ прямыхъ наклонныхъ вантъ, которые исходятъ отъ верха пилоновъ вѣрообразно 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 нельзѧ признать надежнымъ, ибо на нихъ имѣтъ большое вліяніе температура—онѣ могутъ быть или перенапряжены или наоборотъ свободны. Кроме того, если онѣ прикреплены не къ полважной 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. Canues-Ecluse 1894 г., м. чер. Сону въ Ліонѣ 1888 г. и др.), передающими непосредственно опорамъ часть вѣса моста и нагрузки; этимъ нѣсколько разгружается подвѣсный канатъ и кромѣ того получается определенность работы наклонныхъ вантъ. Благодаря этому этотъ способъ примѣняется при перестройкѣ слабыхъ канатныхъ мостовъ.

г) для уменьшения боковыхъ качаній моста устраиваютъ добавочные 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 (пѣш. м. 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 американские инженеры ограничивались тѣмъ, что помѣщали вѣтровыя связи въ плоскости проѣзжей части.

з) путемъ наклоннаго положенія фермъ для увеличенія ихъ боковой устойчивости (Бруклинскій м. чер. East-River въ Нью-Йоркѣ 1879, пѣш. м. чер. Дунай въ Passau 1869, м. чер. Saane въ Фрейбургѣ 1832 и др.). Относительно пѣлесообразности этого способа мнѣнія мостовиковъ раздѣляются.

у) 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 Cubzacѣ 1839). Этотъ способъ нынѣ совсѣмъ оставленъ.

Въ Россіи висячіе мосты строились только въ царствованіе Императоровъ Александра I и Николая I.

Такъ, при Императорѣ Александрѣ I построены висячіе мосты въ С.-Петербургѣ: Пантелеимонскій чер. Фонтанку (1824 г.), Египетскій тоже чер. Фонтанку (1827 г.), обрушившійся въ 1904 г., пѣш. мостикъ черезъ Мойку (между Сивимъ и Потѣлуевымъ мостами) и два пѣш. 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-Георгіевскѣ чер. Наревъ (послѣдній мостъ снесенъ высокими водами въ 1889 г.).

Описаніе Николаевскаго 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 „Kettenbrücke in Petersburg“ (Zeit. f. Bauwesen. 1859 г.).

b) Новые висячіе мосты.

Новые висячіе мосты можно раздѣлить на три типа: а) висячіе мосты съ фермами жесткости; б) висячіе мосты съ жесткими стѣнками; г) висячіе мосты съ прямолинейными наклонными струнами.

а) Висячіе мосты съ фермами жесткости.

Фермы этихъ мостовъ состоять 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 мѣняетъ равновѣсіе и прогибы незначительны.

Фермы жесткости могутъ быть безъ шарнира по серединѣ и съ таковыми, причемъ въ послѣднемъ случаѣ вся система получается статически опредѣлимой. Насколько намъ известно, 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 конструкціи; конецъ консоли цѣдѣвѣшивается особой цѣпью, перекинутой черезъ пylonъ и закрепленной въ кладкѣ

Такое устройство фермы жесткости было предложено Morisonомъ въ конкурсномъ проектѣ моста чер. North-River въ Нью-Йоркѣ ($a = 45 \text{ m.t.}$) и Kublerомъ въ конкурсномъ проектѣ моста чер. Дунай въ Буда-Пештѣ ($l_0 = 37,5 \text{ m.t.}$, $a = 36,3 \text{ m.t.}$, $b = 212,4 \text{ m.t.}$) (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 Mühlenstorfъ че. кан. Elbe-Traue въ Любекѣ (1899, фиг. 208) (Zeit. deut. Ing. 1900, № 24, стр. 771), въ цѣпномъ м. Имп. Елизаветы че. Дулаг въ Буда-Пештѣ (1903, фиг. 209); Zeit. deuts. Ing. 1900, № 19, стр. 592; Schweiz. Bauz. 1904 (Zeit. d. öst. Ing. n. Arch. Ver., 1904, стр. 261, 277; Engineer 1904, I стр. 379, 429, 438, 503, 514, 579, 628); въ конк. проектѣ „Eisenkette“ для городскаго моста че. 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. че. Аргенъ у Лангенаргена (1898); (Centralbl. d. Bauv. 1898, стр. 71. Deutsch. Bauz. 1898, стр. 67; Südd. Bauz. 1898, стр. 47), м. че. Рону у Жонсъ-Ніевроза (1904), Génie Civil 1904, XLVI, стр. 20), Бруклинскій мостъ че. 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.

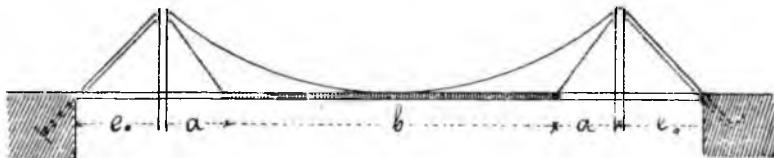


Рис. 130.

Bauv. 1883), конк. пр. „Bonner Wappens“ че. Рейнъ въ Бониѣ (фиг. 211) (Centralbl. d. Bauv. 1895, № 2 и 13; Zeit. d. Ver. deuts. Ing. 1895), Манатаскій м. че. 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 че. Фульду въ Кассельѣ (Fulda-brücke) (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 подвѣсные прутья замыняются тогда стойками. Въ этомъ случаѣ распоръ можетъ быть воспринять фермой жесткости и тогда можно примѣнить весьма слабые удерживающіе цѣни или даже можно совсѣмъ ихъ не устраивать. Такая система была предложена Lauter'омъ въ конк. проектѣ „Hessen und bei Rhein“ городскаго моста че. 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.

3) 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 верхній 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 расположении нагрузки работаетъ въ большинствѣ случаевъ и на сжатіе и на растяженіе. Въ виду сего нижній поясъ долженъ быть жесткаго съченія, 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.

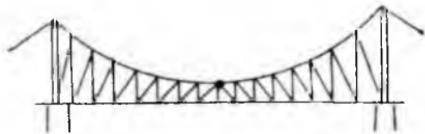


Рис. 131.

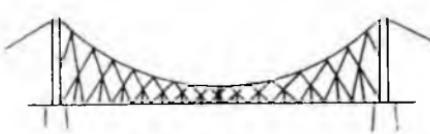


Рис. 132.

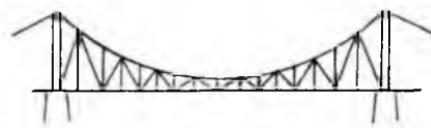


Рис. 133.

ost. 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 Kублеромъ, въ конк. проектѣ для моста чер. Рейнъ въ Боннѣ (фиг. 213) (Centralbl. d. Bauw. 1895; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1895).

Узловыя соединенія въ подобныхъ фермахъ должны быть такъ устроены, чтобы стойки и раскосы могли передать свои усиленія канату; удачнаго решенія этого вопроса пока еще не существуетъ. Въ виду сего фермы рассматриваемаго типа въ новѣйшихъ мостахъ устраиваются цѣликомъ клепанныя, при чемъ верхній поясъ дѣлается жесткаго съченія. Примѣрами такихъ мостовъ служатъ: въш. м. чер. Майнъ между Франкфуртомъ и Саксгаузеномъ (1869) (фиг. 214) (Heinzerling-Hangebrücken 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), неисп. пр. пѣш. моста чер. пути на ст. Гота (Heinzerling, Hangebrücken), конк. пр. Pfeuffera для моста Имп. Елизаветы чер. Дунай въ Будапештѣ (Centralbl. d. Bauw. 1894; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1894). Вѣти фермы имѣютъ шарниръ по серединѣ пролета (м. чер. Эльбу въ Лошвицѣ имѣть листовой упругій шарниръ). Рѣшетки въ разматриваемыхъ фермахъ примѣнены слѣдующія (рис. 131—133).

При большихъ пролетахъ раскосы и стойки получаются весьма длинныя; для такихъ мостовъ Lindenthal предлагаетъ фермы слѣдующаго вида (рис. 134).

Фермы эти весьма рациональны, ибо наибольшее сѣченіе ихъ соотвѣтствуетъ четверти пролета, гдѣ проявляются наибольшіе моменты отъ дѣйствія временной нагрузки. Такія фермы Lindenthal'емъ предложены въ проектахъ моста чер. р. Св. Лаврентія въ Quebec и третьаго моста чер.

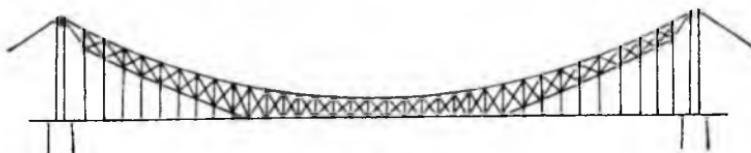


Рис. 134.

East-River (Манатанскаго) въ Нью-Йоркѣ (фиг. 216) (Americ. Soc. of Civ. Eng. 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 тѣ же висячія фермы съ фермами жесткости, верхній поясъ которыхъ совпадаетъ съ подвѣсной цѣпью.

II группа фермъ.

Фермы II группы примѣнены въ мостѣ (Point-Brücke) чер. Monongahela въ Питтсбургѣ (1877); (Deutsche Bauz. 1879; Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover 1879; Ann. des ponts et chaussées 1879, II; Engng. news 1879; Railroad Gazette 1878; Engng. record. 1903, II; XLVII, стр. 2—10, 1904, XLIX стр. 424 и 455); нижній поясъ (изъ отдѣльныхъ звеньевъ)

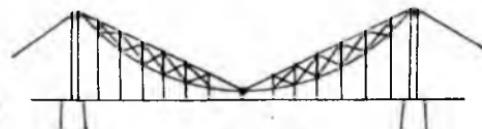


Рис. 135.

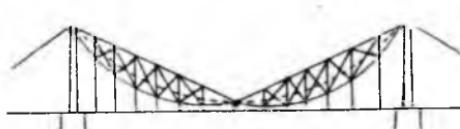


Рис. 136.

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, которая 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. Körpcke. (Zeit. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover 1861) и позднѣе Claxton Fidler (Engng. 1875, I) предложили, чтобы это обстоятельство избѣгнуть, т. е. чтобы цѣпь работала только на растяженіе, такъ устроить цѣпь, 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 построены 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).

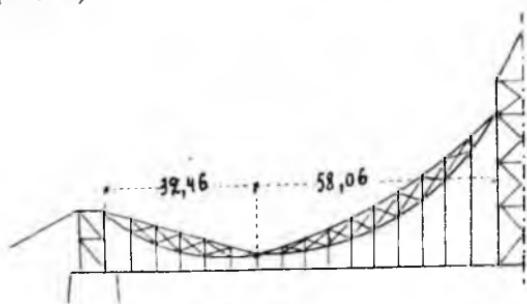


Рис. 137.

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 направлѣніяхъ.

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).

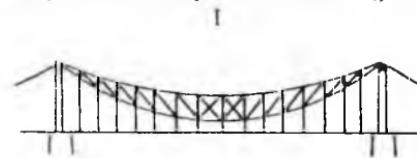


Рис. 138.

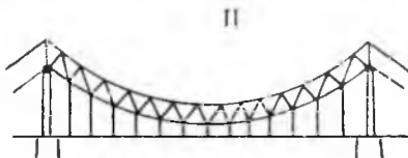


Рис. 139.

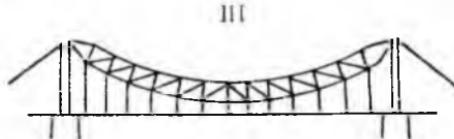


Рис. 140

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 отдельныя опорныя части и затѣмъ отдельныя 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 Шиндра 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 (Verbindungsbaunbrücke) разобранъ въ 1884 г. (жел. дор. мостъ).

Еще укажемъ на м. Grand-Avenue въ St. Louis средн. прол. 121,8^{mt} (1889) (фиг. 217) и второй м. въ Питсбургѣ черезъ Allegheny съ двумя средними пролетами 100,5^{mt}. (North Side-Brücke. 1884).



Рис. 141.

Изъ новѣшихъ проектовъ укажемъ на конкурсный проектъ завода Harkort для моста чер. Рейнъ въ Кёльнѣ со средн. прол. 220^{mt}, где высота цѣпи на опорѣ нѣсколько больше, нежели по серединѣ пролета (фиг. 218).

Обратимъ здѣсь внимание, что для того же моста Rippel'емъ былъ составленъ konk. проектъ, съ виду весьма инохождій 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).

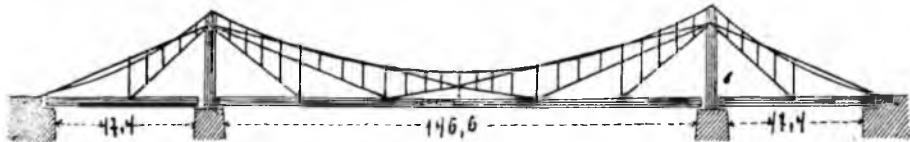


Рис. 142.

Къ этой же группѣ мостовъ относится проектъ Lindenthal'a (неиспользованный) для моста чер. North-River въ Нью-Йоркѣ со средн. прол. 944,5^{mt}. (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).

7) Висячія фермы съ прямолинейными наклонными струнами.

Висячія фермы съ прямолинейными наклонными струнами встрѣчаются двухъ системъ: системы Ordisch-Lefevre (рис. 142) и системы Fives-Lille (рис. 143); послѣдняя система отличается отъ первой тѣмъ, что здѣсь имѣется „распорка“ для восприятія распора обратнаго направлѣнія *).

По системѣ Ordisch-Lefevre построены м. Франца-Йосифа чер. Молдаву въ Прагѣ (1868) средн. прол. 150^{mt}. (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 Филадельфиѣ (1876) (Journ. of the Franklin Inst. 1876).

Въ этихъ фермахъ сплошная балка поддерживается въ отдельныхъ 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 назначение только поддерживать наклонные струны. Благодаря упругимъ растяжениямъ послѣднихъ и ихъ малой жесткости мѣняется вертикальное положеніе точекъ привѣса балки; система много разъ статическая неопределенная; неточности при сборкѣ, измѣненія температуры и пр., следовательно, имѣютъ значительное вліяніе.

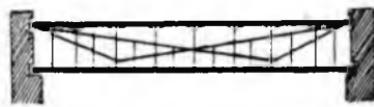


Рис. 143.

Кромѣ того сплошная балка, чтобы быть въ состояніи воспринять приходящуюся на нее нагрузку, требуетъ много материала. Вообще эта система не можетъ быть рекомендована; наблюденія за мостами въ Прагѣ и Лондонѣ дали результаты не въ ея пользу. По системѣ Fives-Lille построено м. чер. каналъ Дунай въ Вѣнѣ (Augartenbrücke. 1873) прол. 58,3^м. (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 отдельнымъ цѣпямъ; распоръ цѣпей передается на особую распорку, къ которой также подвѣшена балочная ферма. Конструкція эта тоже неудачна. По разчету Винклера излишекъ затраченного материала, по сравненію съ рѣшетчатой фермой, составляетъ 34%.

Въ заключеніе обзора жесткихъ висячихъ фермъ небезинтересно упомянуть еще о способѣ увеличенія жесткости висячихъ мостовъ при помощи превращенія ихъ въ желѣзо-бетонныя. Благодаря связи желѣза съ бетономъ въ конструкціи этихъ мостовъ можно уничтожить колебанія при проходѣ подвижныхъ грузовъ и дать такую жесткость сооруженію, которой еще не достигли въ теперешнихъ типахъ, при этомъ размѣры сооруженій ничѣмъ не стѣняются. На этотъ способъ указываетъ Henry Pick; онъ приводить чертежи двухъ мостовъ—одного висячаго съ консолями, а другого особаго типа—висячаго—балочнаго (Nouv. Ann. de la Constr. 1899).

2. Сравненіе цѣпей съ кабелемъ.

Сравненіе цѣпей и кабеля можетъ быть сдѣлано: а) въ смыслѣ конструкціи, б) въ смыслѣ качества материала, с) въ смыслѣ способа и продолжительности сборки, д) въ смыслѣ стоимости.

а) Въ смыслѣ конструкціи кабели и цѣпи стоятъ на одномъ уровнѣ, ибо каждые изъ нихъ имѣютъ свои преимущества и недостатки. Преимущество кабелей заключается въ меньшемъ вѣсѣ. Недостатокъ же тотъ, что сѣченіе

ихъ, опредѣленное по наибольшему усилію, приходится дѣлать одинаковое на проложеніи всего пролета, тогда какъ для цѣпи сѣченіе можно измѣнить сообразно усиліямъ. За то недостатокъ цѣпей заключается въ большомъ собственномъ вѣсѣ и въ большомъ расходѣ матеріала на серги и болты.

b) Цѣпи обыкновенно изготавляются въ настоящее время изъ литого желѣза, имѣющаго прочное сопротивленіе $37 - 46 \frac{\text{kg}}{\text{m/m}}$ и

наим. предѣлъ упругости $22 \frac{\text{kg}}{\text{m/m}}$. Примѣнена также для цѣпей и Си-

менѣсъ-Мартеновская сталь (м. Имп. Елизаветы въ Буда-Чештѣ 1903; конк. пр. завода Harkort для моста чер. Рейнъ въ Кельнѣ) съ прочнымъ сопротивленіемъ $50 - 60 \frac{\text{kg}}{\text{m/m}}$ и наим. предѣломъ упругости

$26 \frac{\text{kg}}{\text{m/m}}$ и паконецъ никельная сталь (конк. пр. „Hessen und

bei Rhein“ для город. моста въ Вормсѣ; конк. пр. Lindenthal‘я для третьего (Манатанскаго) м. чер. East-River въ Нью-Йоркѣ; нынѣ строящейся Брук-вельскій мостъ (четвертый) черезъ East-River въ Нью-Йоркѣ) съ прочнымъ сопротивленіемъ $60 - 85 \frac{\text{kg}}{\text{m/m}}$ и наим. предѣломъ упругости $34 \frac{\text{kg}}{\text{m/m}}$.

Кабели устраиваются въ настоящее время исключительно стальныя. Стальная проволока бываетъ двухъ сортовъ: твердая съ прочнымъ сопротивленіемъ $120 - 150 \frac{\text{kg}}{\text{m/m}}$ и предѣломъ упругости $70 - 75\%$ отъ этого сопротивленія, и менѣе твердая съ прочнымъ сопротивленіемъ $90 - 100 \frac{\text{kg}}{\text{m/m}}$ 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, припимая ихъ равными $\frac{1}{4}$ отъ прочнаго сопротивленія:

для кабелей: $\frac{1}{4} (120 - 150) = 30 - 37,5 \frac{\text{kg}}{\text{m/m}}$

для цѣпей:

изъ литого желѣза: $\frac{1}{4} (37 - 46) = 9,25 - 11,25 \frac{\text{kg}}{\text{m/m}}$

изъ Мартеновской стали: $\frac{1}{4} (50 - 60) = 12,5 - 15,00 \frac{\text{kg}}{\text{m/m}}$

изъ никельной стали: $\frac{1}{4} (60 - 85) = 15 - 21,25 \frac{\text{kg}}{\text{m/m}}$

Если сравнить теперь эти допускаемыя напряженія съ предѣлами упругости, то получается слѣд. средніе коэффиціенты безопасности α для остающихся деформаций:

кабели

изъ параллельныхъ проволокъ: $\alpha = \frac{90 - 112,5}{30 - 37,5} = 3$

изъ канатовъ: $\alpha = \frac{72 - 90}{30 - 37,5} = 2,4$

цѣни

$$\text{изъ литого желѣза: } \alpha = \frac{22}{9,25 - 11,25} = 2,1$$

$$\text{изъ мартеновской стали: } \alpha = \frac{26}{12,5 - 15} = 1,9$$

$$\text{изъ никельной стали: } \alpha = \frac{34}{15 - 21,25} = 1,9$$

Изъ этого видно, что кабели въ смыслѣ безопасности по отношению къ остающемуся растяженію имѣютъ преимущество передъ цѣнами.

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 висячие мосты, какъ показываетъ практика, не стоятъ ниже цѣпныхъ, а скорѣе наоборотъ, особенно если кабели устраиваются изъ готовыхъ канатовъ.

д) Вопросъ о сравнительной выгодѣ кабелей и цѣпей можетъ быть решенъ только, если известны цѣпи того и другого, и потому опредѣлен-наго рѣшенія не имѣть. Здѣсь считаемъ не безинтереснымъ указать соображенія по этому вопросу, приведенные нѣсколько лѣтъ тому назадъ при выборѣ кабелей для Манатанскаго висячаго моста чеp. 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 цѣнахъ 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 ($= \frac{2,4}{1,6}$). 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 цѣни 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 американскихъ цѣнахъ въ настоящее время на никельныя цѣпи и на готовыя кабели изъ параллельныхъ проволокъ кабельные мосты получаются дешевле цѣпныхъ по крайней мѣрѣ на 15%. полагая, конечно, въ обоихъ случаяхъ одинаковыя фермы жесткости.

При этомъ еще не принято во вниманіе, на сколько закрѣпленія удерживающихъ цѣпей и виловы 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 прийти къ тому же заключенію, принимая особенно во вниманіе, что въ скромъ времени можно будетъ примѣнять готовые канаты. Проf. Melan полагаетъ, что для пролетовъ до 200^m цѣли, въ смыслѣ выгода ихъ

примѣнія, могутъ вполнѣ 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 извѣстными 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. Заключеніе 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, выпущенные съ боковыхъ небольшихъ пролетовъ.

б) висячія фермы съ раскоснымъ соединеніемъ между цѣпью и нижнимъ прогономъ съ шарниромъ посерединѣ, при этомъ сами фермы рационально устраивать цѣликомъ клепанныя; для большихъ пролетовъ можно рекомендовать систему этихъ фермъ, предложенную Lindenthal'емъ.

с) висячія фермы съ двойной цѣпью въ видѣ гирлянды.

2) для пролетовъ до 200^{mt}. конкурируютъ для висячихъ фермъ цѣпи и кабели; для большихъ пролетовъ слѣдуетъ примѣнить преимущественно кабели. При этомъ въ случаѣ примѣненія цѣпей ихъ слѣдуетъ изготавливать 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^{mt}. висячія фермы въ смыслѣ выгоды примѣненія конкурируютъ съ арочными, а для пролетовъ свыше 300^{mt}. *) 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. Приведенные данныя о пролетахъ суть круглые числа и, разумѣется, не претендуютъ на точность.

*) Для желѣзодорожныхъ мостовъ висячія фермы рациональны, начиная съ пролетовъ только въ 600^{mt}. Эти предѣлы 300^{mt}. для мостовъ подъ обыкновенную дорогу и 600^{mt}. для желѣзодорожныхъ мостовъ опредѣлены были во время диспута по поводу постройки Манатанскаго моста въ Нью-Йоркѣ.

Многопролетные мосты.

Многопролетные мосты могут иметь верхняя 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 примѣнить 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 (меньшие) перекрыть фермами съ параллельными поясами и такой высоты, какую имѣютъ опорныя стойки фермы средняго пролета. Комбинація по фиг. 144 примѣнена, напримѣръ, въ мостѣ чер. Minnesund въ Норвегіи (1880), въ мостѣ 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 віадукѣ чер. оврагъ въ Karako (въ Венгрии, 1897), гдѣ крайніе пролеты въ двое меньше средняго; наконецъ комбинація по фиг. 146 примѣнена въ м. чер. Тиссу въ Щолнокѣ (1889). (Foerster. Neue Brückebauten in Oesterreich und Ungarn. Leipzig. 1899).

При выборѣ системы балочныхъ разрѣзныхъ фермъ для многопролетныхъ мостовъ слѣдуетъ руководствоваться указаніями, сдѣланными для одно-пролетныхъ мостовъ съ такими же фермами.

Говоря о разрѣзныхъ балочныхъ фермахъ въ многопролетныхъ мостахъ считаемъ нужнымъ еще указать, что весьма рационально для достижениія экономіи въ вѣсѣ фермъ таковыя связывать въ одну систему и этой системѣ дать виѣшній 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 надѣ-быками помѣстить подвижная опора 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 сплабжена наклонной подвижной опорой (на фиг. 146' нагрузкой въ лѣвомъ пролетѣ), при чемъ распоръ этотъ передается лишь устоямъ, быки-же подвержены только дѣйствію вертикальныхъ силъ. Присутствіе распора съ одной стороны уменьшаетъ вѣсъ лижнихъ поясовъ фермъ, а это сокращеніе вѣса нижнихъ поясовъ, уменьшаю 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 много-пролетнаго моста, почему и можетъ быть рекомендовано.

Идея связыванія желѣзныхъ фермъ многопролетнаго моста въ систему съ вѣнчальнымъ распоромъ не нова и была примѣнена Кѣрске еще въ 1878 г. въ желѣзодорожномъ мосту черезъ Эльбу бл. Riesa (Mitteil. d. sachs. 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 помѣщенаго въ лѣвомъ устоѣ. Указанный мостъ имѣетъ 4 пролета, перекрытыхъ параболическими фермами съ юзду по-низу; три пролета величиной $101,4^{\text{mt}}$, а одинъ— $44,4^{\text{mt}}$.

Къ концу фермы малаго пролета и приложенъ распоръ съ такимъ расстояніемъ, чтобы напряженія нижняго пояса фермъ большихъ пролетовъ отъ собственнаго вѣса равнялись нулю. Способъ Кѣрске страдаетъ искусственностью и потому уступаетъ мѣсто передъ вышеуказаннымъ способомъ устройства на концѣ системы наклонной подвижной опоры. Этотъ послѣдній способъ, на сколько намъ известно, 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-Венгрии и Италии (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, построенные сравнительно въ недавнее время, а также нынѣ проектируемыя, устроены съ однимъ вогнутымъ поясомъ, что болѣе рационально, ибо на опорахъ моменты больше, нежели по серединѣ пролетовъ: такія фермы производятъ впечатлѣнія фермъ арочныхъ и висячихъ. 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 Brückebauten in Österreich und Ungarn Leipzig 1899); здѣсь неразрѣзныя фермы на трехъ опорахъ съ пролетами по 33^{mt} , стрѣла выпуклости нижняго пояса прибл. $1/36$.

2) На фиг. 148 представленъ мостъ чер. Эльбу въ Дрезденѣ на жел. дор. Лейпцигъ—Дрезденъ (1900 г.); Кѣрске. Brücken beim Dresdener Bahnhofshaus-Zeit. d. Vcr. deut. Ing. 1898, стр. 1133); здѣсь неразрѣзныя фермы на пяти опорахъ съ тремя пролетами $65,75^{\text{mt}}$, (стрѣла выпуклости нижняго пояса прибл. $1/16$; высота фермъ на опорѣ 7^{mt} , а по серединѣ пролета— 3^{mt}) и однимъ крайнимъ пролетомъ $37,6^{\text{mt}}$. (объ этомъ мостѣ см. еще дальше).

3) На фиг. 149 и 150 представлены два конкурсныхъ 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 открыть видъ на окружающую мѣстность, за то онѣ получились тяжелѣе, нежели фермы по фиг. 149.

4) На фиг. 150¹ представленъ конк. проектъ городскаго моста (третьяго) чер. Рейнъ 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 близь 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 обычнов. ъзду чер. Аргенское ущелье между деревнями Grünbach и Meierhöfen со средн. прол. 84^м и боковыми пролетами 48^м (Zeit. d. öst. Ing. и Arch. Ver. 1907, № 22).

Преимущества неразрѣзныхъ фермъ передъ разрѣзными заключаются въ томъ, что вѣсъ ихъ получается иногда меныше **), прогибъ ихъ получается тоже меныше (при параллельныхъ пясахъ на 20% — 30% (что впрочемъ не особенно существенно, сборка ихъ проще, ибо онѣ допускаютъ накатку фермъ и сборку на вѣсу и наконецъ размѣры промежуточныхъ опоръ (быковъ) при неразрѣзныхъ фермахъ получаются меныше, что даетъ экономію въ стоимости моста, особенно при высокихъ опорахъ. За то неразрѣзныя фермы имѣютъ существенные недостатки. Главный недостатокъ ихъ заключается въ томъ, что усилия 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 смыкание фермы въ неразрѣзную.

**) Вѣсъ неразрѣзныхъ фермъ получается меныше при пролетахъ только свыше 50^м. и при томъ при перекрытии не болѣе трехъ—четырехъ пролетовъ; при пролетахъ меныше 50^м. разрѣзныя фермы параболическія, гиперболическія и полигональныя съ большой высотой оказываются легче неразрѣзныхъ.

тельныя усиления въ элементахъ неразрѣзной фермы могутъ значительно развиться отъ расчетныхъ.

Второй недостатокъ рассматриваемыхъ фермъ, по сравненію съ балочными, заключается въ томъ, что въ ихъ рѣшеткѣ больше элементовъ сжато-вытянутыхъ. Наконецъ неразрѣзныя фермы статически неопределены въ отношеніи опорныхъ реакцій, почему ихъ расчетъ довольно сложенъ и требуетъ знанія сѣченій 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 вполнѣ надежномъ основаніи опоръ, но притомъ при каменныхъ или невысокихъ металлическихъ опорахъ и при перекрытии всего двухъ или трехъ пролетовъ величиной не менѣе 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 промежуточныя опоры на быкахъ сдѣлать подвижными (на каткахъ) и наконецъ другому концу фермъ дать тоже подвижную опору и приложить къ нему иѣкоторый виѣшній 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 пролѣтѣ, величиной 24^м, Körcke устроилъ трехшарнирныя 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 Körcke устроилъ отдѣльныя балочныя фермы съ параллельными поясами (рѣшетчатой системы) для поддержанія проѣзжей части. Такимъ образомъ арочныя фермы изолированы отъ дѣйствія подвижной нагрузки и потому производить 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 виѣшнаго распора уменьшаетъ вѣсъ нижнаго пояса, а сокращеніе вѣса нижнаго 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 строющійся мостъ чер. Indus бл. Khushalgarh (Engng. 1907, Zeit. d. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1907, стр. 560) (два пролета: 92^{мт}. и 143^{мт}).

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 берегового, чтобы въсѣ фермы имѣть наименѣшую величину. Николаи, Winkler, Köchlin и др. даютъ для этого приближенныя рѣшенія. Такъ, обозначая черезъ l_1 —величину берегового пролета, а черезъ l —величину средняго пролета, имѣемъ: по Winkler'у (Eiserne Brücken. Die Gitterträger und Lager. 1875, стр. 10): $\frac{l_1}{l} = 0,84 - 0,96$.

* Консольно-балочныя фермы называются въ Германии, а оттуда часто и у насъ, „фермами системы Гербера“; однако идея устройства шарнировъ въ нераарѣзныхъ фермахъ была предложена еще до Гербера (Vesthosen, Clark, Fowler и др.). Въ извѣстномъ сочиненіи Ritter'a „Elementare Theorie und Berechnung eiserner Dach-und Brückkonstruktionen“ (1863) мы находимъ предложеніе устраивать въ нераарѣзныхъ фермахъ по шарниру съ каждой стороны быковъ; это устройство не рационально съ той точки зрѣнія, что требуетъ, для устойчивости фермъ, чрезчуръ толстыхъ быковъ. 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 Германии въ 1867 г., а именно построены были: мостъ Софіи чер. Regnitz бл. Bamberg'a и мостъ чер. Main бл. Hasslurt'a (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1891, стр. 85—91). Въ Америкѣ первый мостъ консольно-балочной системы построенъ въ 1876 г., при чёмъ надо замѣтить, что здѣсь эта система появилась и развилась совершенно самостоятельно, независимо отъ Германии.

По Николаи. (Мосты 1901, стр. 277): $\frac{l_1}{l} = 0,90$.

По Kœchlin'y. (Applications de la Statique graphique. Paris 1898) $\frac{l_1}{l} = 0,75$.

Вигг. (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 получаются отрицательныя опорныя реакціи, почему потребуется закрѣпленіе концевыхъ опоръ въ устояхъ или снабженіе концовъ фермъ противовѣсами. Такое закрѣпленіе концовъ фермы является нерациональнымъ, ибо эту задѣлку трудно содержать въ исправности, а между тѣмъ отъ нея зависитъ вся устойчивость фермъ. Кроме того, если опоры должны быть подвижными, то такое закрѣпленіе является нѣсколько сложнымъ. Наконѣцъ отмѣтимъ еще, что въ закрѣпленныхъ консольныхъ фермахъ пояса испытываютъ въ нѣкоторыхъ панеляхъ предѣльные усилия разныхъ знаковъ. Въ виду сего, если по мѣстнымъ условіямъ пришлось бы береговые пролеты принять такой величины, что опорныя реакціи получаются 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 проходитъ 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 примѣнены къ мостамъ подъ обыкновенную дорогу.

1) ж. д. м. чер. Молдаву у Севене на ж. д. Табор—Pisek (1891), со среднимъ и береговыми пролетами 84,4^{мл}. (фиг. 153) (Allg Bauz 1892, стр. 65, 73 и 89; Stahl u. Eisen. 1893 № 6; Centr. d. Bauu. 1890, стр. 86; также Foerster. Neue Brückenbauten in Österreich und Ungarn. стр. 22). Въ такомъ же родѣ (рѣшетка двухраскосная) построенъ въ Россіи м. чер. Днѣстръ у м. Рыбница на Юго-Запад. жел. д. (1892 г.) со среднимъ пролетомъ 102,3^{мл}. и бер. пролетами 92,6^{мл}. (Изв. Собр. Инж. Пут. Сообщ. 1893 г. № 10). Такой же типъ консольныхъ фермъ примѣненъ въ ж. д. м. чер. Kögös бл. Gyoma (1893) со средн. и берег. пролетами

66^{mt}. (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^{mt}. (фиг. 153).

3) шосс. м. чер. Эмсъ у Тункедорфа (1900) со средн. прол. 68,14^{mt}. и берег. прол. 25,41^{mt}. (фиг. 156) (Zeit. f. Bauw. 1902. Dortmund-Ems Canal).

4) Вейделдамскій м. въ Берлинѣ (1896) со средн. прол. 40^{mt} и берег. прол. 16,50^{mt}. (фиг. 157) (Die Strassenbrücken der Stadt Berlin. Herausgegeben vom Magistrat 1902).

5) гор. м. чер. Elbe-Trave-Kanal въ Lübeck'ѣ (Burgtor-Brücke) (1897) со средн. прол. 45,6^{mt}. и берег. прол. 21,44^{mt}. (фиг. 157'), (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1900, стр. 774).

6) м. чер. Гріонну па электр. дорогѣ Вех-Грюон- Villars (1901) со средн. прол. 56,6^{mt}. и берег. прол. 42,5^{mt}. (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^{mt}. и берег. прол. 52^{mt}. (фиг. 159)

8) Днѣпровскій м. (Кичкасскій) чер. Волчье Горло на Второй Екатерининской ж. дор. со средн. прол. 190^{mt}. и берег. прол. 38^{mt}. (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 городскаго моста чер. Неккаръ въ Мангеймѣ (фиг. 161) (Centrabl. d. Bauw. 1901).

10) гор. мостъ (Bergstrassenbrücke) у Central-Bahnhof въ Дрецинѣ (1892) со средн. прол. 44,9^{mt}. и берег. прол. 26,4^{mt}. (фиг. 162); по этому же типу, со средн. прол. 77,32^{mt}. и берег. прол. 50,85^{mt}. былъ составленъ въ 1887 г. для первого городскаго моста чер. Неккаръ въ Мангеймѣ конкурсный проектъ (Гермія) Bernatz'a и Grün'a.

11) м. чер. North Umpqua (Oregon) со средн. прол. 88,4^{mt}. и берег. прол. 44,8^{mt}. (Crille et Falconnet. Revue techn. de l'exposition de Chicago 1893) (фиг. 163).

12) гор. м. Ипп. Франца-Іосифа чер. Дунай въ Буда-Пештѣ (1897) со средн. прол. 174,9^{mt}. и берег. прол. 79,3^{mt}. (фиг. 164) (Zeit. d. Öst. Ing. и 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 построены гор. м. чер. Волгу въ Твери (1900) со средн. прол. 93^{mt}. и берег. прол. 47^{mt}. (Журн. Мин. Пут. Сообщ. 1900 г. № 6), а также былъ проектированъ проф. Кривоштейномъ (не исп.) гор. м. чер. Великую въ Псковѣ со средн. прол. 75^{mt}. и берег. прол. 56^{mt}. (Изв. Собр. Инж. Пут. Сообщ. 1900 г. № 7).

13) Конк. проектъ для гор. м. чер. Дунай въ Буда-Пештѣ прол. 309,4^{mt}. (фиг. 165) (Zeit. d. Ver. Deut. Ing. 1894 г. стр. 1238).

14) м. чер. Monongahela въ Pittsburgh'ѣ на ж. д. Wabash (1902) со среднимъ прол. 247,5^{mt}. и бер. прол. 105,5^{mt}. *) (Railroad Gazette 1902, XXXIV, стр. 180).

15) 3 конкурсныхъ проекта для шоссейного моста чер. Рейнъ между Рурортомъ и Гомбергомъ, со среднимъ пролетомъ 203,4^{mt}. и берег. пролет. 123,3—127,2^{mt}. (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^{mt}. и берег. прол. 188,4^{mt}. (фиг. 168') (Centralbl. d. Bauv. 1901 г. стр. 70).

Особый видъ консольныхъ фермъ составляютъ такъ называемыя „ко-
нсольныя фермы цѣннаго вида“

Въ этихъ фермахъ консоль, въ виду устройства цѣпи, не составляетъ продолженія фермы берегового пролета, а состоить 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 имѣть стремленія отклониться изъ вертикальной плоскости, 3) въ ихъ эстетичномъ видѣ. Для статической опредѣлимости этихъ фермъ необходимо прерывать средній поясъ надъ промежуточной опорой или снабжать его въ этомъ мѣстѣ подвижнымъ соединеніемъ. Изъ примѣровъ „консольныхъ фермъ цѣнного вида“, укажемъ на:

1) м. чер. Kanawha бл. Point-Pleasant на ж. д. Ohio (1888) со средн. прол. 146,3^{mt}. и берег. прол. 73,15^{mt}. (фиг. 167'). (Railroad Gaz. 1888 стр. 753; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1889, стр. 1097).

2) гор. м. чер. Неккаръ въ Майнингеймѣ (Friedrichsbrücke, 1890) со средн. прол. 74,7^{mt}. и берег. прол. 56,2^{mt}. (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. 480; Ann. d. tr. publ. 1888 май, стр. 2054).

3) того-же вида гор. м. чер. Волховъ въ Новгородѣ (1900) со средн. прол. 54,6^{mt}. и берег. прол. 40,08^{mt}. и 44,9^{mt}. (Инж. Соловьевъ. Отдѣльное изданіе).

4) гор. м. чер. Везеръ въ Бременѣ (1895) со средн. прол. 66,1^{mt}. и берег. прол. 35,5^{mt}.

5) шосс. м. чер. Тиссу въ Токайѣ (1897) со средн. прол. 107,6^{mt}. и берег. прол. 51,7^{mt}. (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 Рурортомъ и Гомбергомъ (фиг. 170) со средн. прол. 203,4^{mt}. и берег. прол. 123,33^{mt}. (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1904 и 1905).

Въ заключение замѣтимъ, что въ трехпролетныхъ мостахъ консольно-балочной системы съ шарнирами въ среднемъ пролетѣ иногда береговая консольная фермы устраиваются съ єздою по-верху, а подвѣсная ферма—съ єздою по-низу; такъ, напримѣръ, устроены гор. м. чер. Днѣпръ въ Смоленскѣ (рис. 170'), (1902). Такая комбинація для мостовъ подъ обыкновенную дорогу мало эстетична для проѣзжающихъ по мосту и кромѣ того она стѣснительна для движенія, почему для мостовъ подъ обыкновенную дорогу, особенно городскихъ мостовъ, ея слѣдуетъ, по нашему мнѣнію, избѣгать.

б) Консольные фермы съ однимъ шарниромъ въ среднемъ пролетѣ.

Фермы эти статически неопределены. Обѣ консольные фермы не могутъ работать независимо одна отъ другой, ибо поперечная сила передается черезъ шарниръ, и потому реакціи опоръ не могутъ быть определены изъ основныхъ условій статики.

Преимущество этихъ фермъ, по сравненію съ предыдущими, заключается только въ томъ, что береговая опора испытываютъ отрицательную реакцію въ меньшей степени:

Изъ примѣровъ такихъ фермъ укажемъ на:

1) пѣш. м. „Passy“ чер. Сену въ Наріжѣ (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 Вгу-сир-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 (Haeseler. Die eisernen Brücken. 1900, стр. 530).

4) проектъ м. чер. Хавель у Сакрова (фиг. 173) (Centralbl. d. Bauw. 1897, стр. 114) (размѣры пролетовъ неуказаны)

5) проектъ Eitself'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 Obergönenweide (1898. Müller-Breslau), гдѣ добавлена въ среднемъ пролетѣ еще арка (фиг. 174) (Zeit. f. Bauw. 1900. Hest. I-II; Génie civil XXXVI, стр. 272); величины пролетовъ: среднаго—86^{mt}, береговыхъ—43^{mt}.

Иногда, для упрощенія конструкціи, шарниръ въ среднемъ пролетѣ совсѣмъ не устраивается (нар. 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 увеличивалась; въ виду сего такой конструкціи рекомендовать нельзя.

О расчетѣ консольныхъ фермъ съ однимъ шарниромъ въ среднемъ пролетѣ см. Müller-Breslau-Centralbl. d. Bauw. 1897, стр. 113, и Haeseler-Die Eisernen Brücken. 1900, стр. 535.

с) Консольные фермы съ шарнирами въ береговыхъ пролетахъ.

Эти фермы имѣютъ, по сравненію съ фермами съ двумя шарнирами въ среднемъ пролѣтѣ, то преимущество, что отношенія длины междуопорной части и консоли получаются больше, вслѣдствіе чего усиленія элементовъ въ меньшей степени подвержены измѣненію знака и потому съченія этихъ элементовъ могутъ быть подобраны съ меньшимъ запасомъ. Кроме того эти фермы никогда не требуютъ закрѣпленія концовъ или противовѣсовъ.

Изъ примѣровъ такихъ фермъ укажемъ на:

1) гор. віад. Tolbiac въ Парижѣ чер. путь Орлеанской ж. д. (1895) со средн. прол. 60^{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. Двіпу на Бологое-Полоцкой ж. д. (1904) со среднимъ пролетомъ 128^{mt} и берег. прол. 53^{mt} .—фермы съ параллельными поясами (Инж. 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 всѣ перваго возрастаютъ въ большей степени, чѣмъ понижается всѣ уменьшеннаго пролета; при этомъ можно рекомендовать принимать число пролетовъ нечетное, чтобы фермы имѣли симметричное относительно середины моста расположение 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, удачные 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. Forschr. d. Eisenbahnw. 1888, стр. 163).

4) проектъ Schneider'a и Hersent'a м. чер. Ламанишкій 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. Mississipi бл. Thebes (1906), со среднимъ пролетомъ 201,3^м**).

7) 3 конк. проекта для шоссейного моста чер. Рейнъ между Рурортомъ и Гомбергомъ (рис. 178, 179, 180) (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1904 и 1905); мостъ построенъ согласно рис. 178 (Zeit d. Ver. deut Ing. 1907, №№ 21, 22, 23, 24 и 32).

8) гор. Блоувелльскій мостъ чер. East-River въ Нью-Йоркѣ (четвертый мостъ), нынѣ строящийся (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. мостъ 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 движения, если консольные фермы устроены съ щадою по верху, а свободные съ щадою 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 щада была расположена во всѣхъ фермахъ одинаково (или по верху, или по низу).

*) К. Оппенгеймъ. Новѣйшіе Сѣверо-Американскіе желѣзодорожные мосты. Варшава. 1907.

4. Заключение о консольно-балочныхъ фермахъ.

Консольно-балочные фермы имѣютъ сравнительно съ разрѣзными фермами слѣдующія главныя преимущества:

1) собственный вѣсъ ихъ получается иногда меныше, конечно, при удачномъ выборѣ относительныхъ размѣровъ уравновѣшенной фермы, свободной фермы и длины консолей; а также при рациональномъ очертаніи фермъ, отвѣчающимъ свойствамъ консольной системы (при большихъ пролетахъ экономія получается иногда до 15%).



Рис. 185.

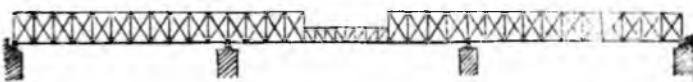


Рис. 186.

2) толщина быковъ получается меныше, вслѣдствіе помѣщенія на нихъ лишь одной опоры; 3) сборка ихъ можетъ быть произведена на вѣсу безъ постоянныхъ подмостей, каковыхъ иногда не представляется возможнымъ устраивать.

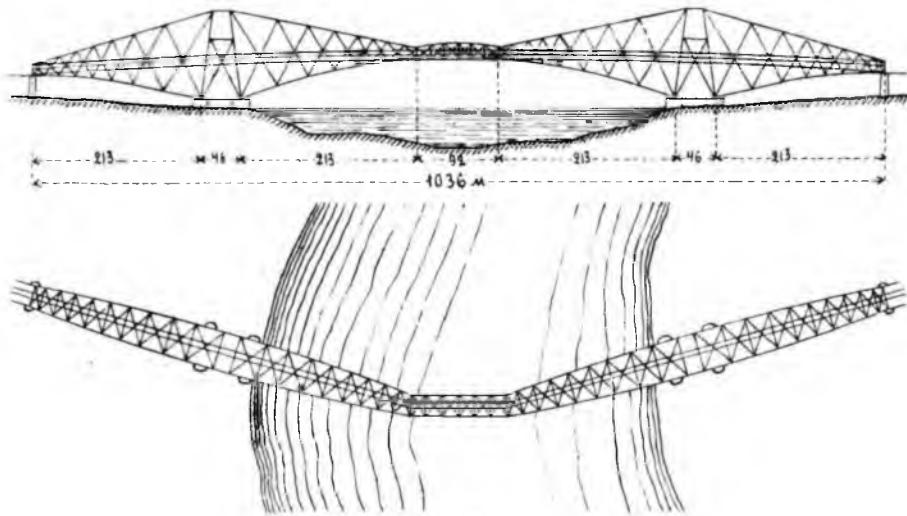


Рис. 186.

Все это даетъ иногда значительную экономію въ стоимости моста. Сравнительно съ иеразрѣзными фермами консольныя имѣютъ то преимущество, что опорная реакція и усиленія въ элементахъ не зависятъ отъ понижения опоръ; въ смыслѣ же экономіи въ вѣсѣ консольныя и иеразрѣзныя фермы занимаютъ одинаковое положеніе.

Укажемъ еще, что консольныя фермы представляютъ большія удобства, если въ мостѣ необходимо устроить иѣкоторыя части разводными для пропуска судовъ, что ясно видно изъ слѣдующихъ двухъ эскизовъ (рис. 185 и 186) (во второмъ эскизѣ подвѣсенная часть можетъ быть устроена подъем-

юю, откатною или опрокидывающеюся 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 пагрузкой и постоянной, прогибаются сравнительно меньше; 2) затруднителенъ 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 консольная ферма 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 $75^{mt.}$ — $100^{mt.}$, хотя на практикѣ онѣ осуществлены для пролетовъ, начиная съ $40^{mt.}$. Одно можно сказать, что консольно-балочныя фермы, какъ всякия консольныя системы, даютъ экономію на стоимости быковъ, что особенно важно при высокихъ опорахъ, и безусловно весьма выгодны въ тѣхъ случаяхъ, когда не представляется возможности устроить для сборки постоянныхъ подмостей, а именно при перекрытии мостами глубокихъ овраговъ и рѣкъ, а также рѣкъ съ весьма сильнымъ теченіемъ. Въ мостахъ подъ обыкновенную дорогу консольно-балочныя фермы примѣнены для пролетовъ до $200^{mt.}$ *).

D. Аро чныя разрѣзныя фермы.

Въ многопролетныхъ мостахъ отдѣльные пролеты могутъ быть перекрыты арочными разрѣзными фермами одинаковой системы, при этомъ при фермахъ съ щѣдою 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 Трапбахѣ 1899. Glasers Annalen. 1900, Centr. d. Bauv. 1898, стр. 219), при фермахъ же съ щѣдою по верху (сплошныя или сквозныя арки со стойками надъ ними

*) Изъ желѣзно-дорожныхъ мостовъ съ консольными фермами самыиъ большииъ являются нынѣ строящейся мостъ на Второй Тихоокеанской ж. д. (Grand Trunk Pacific Railway) чер. р. Св. Лаврентія (5 килом. выше Квебека) со среднимъ пролетомъ въ $548^{mt.}$. Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1907, № 10; часть моста во время постройки 30 авг. 1907 г. рухнула, описание какового крушения 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 арочныхъ 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 подъ обыкновенную дорогу *) полотну придается продольный уклонъ отъ середины моста къ устоямъ, а пяты всѣхъ арокъ располагаются на одпомъ уровнѣ (см. стр. 96).

При выборѣ системы арочныхъ разрѣзныхъ 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 ъздою по верху (фиг. 190), или же наибольшіе пролеты перекрыть серповидными арками съ ъздою посерединѣ, а меньшіе—серповидными же арками съ ъздою по верху (фиг. 191).

Комбинація по фиг. 190 примѣнена, напримѣръ, въ гор. м. ч.р. Рейнъ въ Бониѣ (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. ч.р. 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. ч.р. Неккаръ въ Мангеймѣ (Centralbl. d. Bauv. 1901 г.).

Комбинація по фиг. 191 примѣнена, напримѣръ, въ конк. проектѣ „Sichel“ (удостоившемся первой преміи) для втораго гор. м. ч.р. Неккаръ въ Мангеймѣ (Centralbl. d. Bauv. 1901 г.).

Е. А р о ч н ы я н е р а з р ъ з н ы я ф е р м ы .

Въ многопролетныхъ мостахъ всѣ пролеты могутъ быть перекрыты неразрѣзными арочными фермами, при которыхъ вліяніе распора на промежуточныя 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). Неразрѣзные арочные фермы статически неопредѣлимы, если онѣ двухшарнирны (если п пролетовъ, то онѣ п разъ стат. неопредѣлимы), и статически опредѣлимы, когда онѣ трехшарнирны. Послѣднія однако для того, чтобы были примѣнны, должны быть абсолютно неподвижны, что достигается при нечетномъ числѣ пролетовъ. Неразрѣзные арочные фермы по сравненію съ разрѣзными имѣютъ то преимущество, что при нихъ размѣры промежуточныхъ опоръ, какъ не подвергающихся дѣйствію распора, получаются меньше, но за то вѣсъ 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 арочные фермы, 1899), но онѣ почти не примѣняются. Ир. Николаи указываетъ на одинъ примѣръ неразрѣзныхъ арочныхъ фермъ (Изв. Собр. Инж. П. С. 1894 г. стр. 69), а именно на трехпролетный мостъ

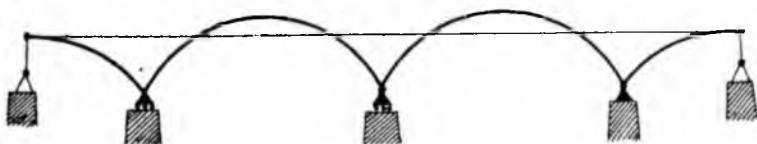


Рис. 194.

(съ пролетами 20^м.) на жел. дорогѣ отъ Диакопта до Калаврита въ Греціи, описание которого помещено въ литографированномъ отчетѣ по сооруженію этой жел. дороги (*Mission francale des travaux publics. Chemin de fer de Diakophto 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) (Haberkalt. Oester. Wochenschr. f. d. öffentl. Bau Dienst. 1901).

Крайніе пролеты имѣютъ полуарки, концы которыхъ соединены затяжкой, не имѣющей отношенія до промежуточныхъ арокъ. Изъ всѣхъ опоръ только одна неподвижная, а всѣ остальныя—подвижныя въ горизонтальномъ направленіи; на концахъ полуарокъ подвижность можетъ быть достигнута посредствомъ качающихся колонпокъ.

Система единенія крайнихъ полуарокъ затяжкой примѣнена инж. Résal'емъ и Alby для пѣшеходнаго мостика чер. Сену въ Парижѣ (между мостами Alma и Jena), построенного 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 отдельно двухшарнирную арку въ среднемъ пролѣтѣ и отдельно двѣ полѣарки въ боковыхъ пролетахъ, концы которыхъ соединены затяжкой (фиг. 195); послѣдняя подвѣшена къ средней аркѣ, но распора ея не воспринимается.

Каждая изъ этихъ отдельныхъ системъ является одинъ разъ статически неопредѣлимой.

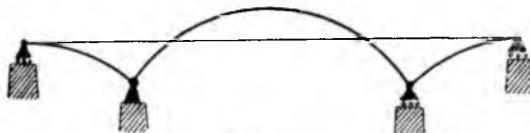


Рис. 195.

Эту систему, примѣненную 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 пролѣтѣ устроить шарниръ (рис. 197).

Въ первомъ случаѣ, т. е. безъ шарнира въ среднемъ пролѣтѣ, получимъ систему, имѣющую всего одну статически неопредѣлимую величину—

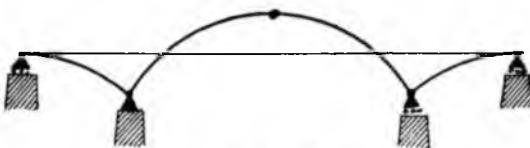


Рис. 196.

горизонтальное усиліе въ затяжкѣ, а во второмъ случаѣ, съ шарниромъ въ среднемъ пролѣтѣ, получимъ систему статически опредѣлимую. Эта система Парижского моста, видоизмѣненная въ томъ отношеніи, что одна изъ опоръ на быкахъ подвижная. (рис. 196), примѣнена проф. Кривошеиномъ въ проектѣ моста чер. Тверцу въ Твери *) („О трехпролетной арочной фермѣ съ повышенной затяжкою“ см. статью пр. Кривошеина „Инж. Журналъ“. 1904 г. № 1). Замѣтимъ еще, что на подобіе Парижского моста былъ въ 1906 г. представленъ конк. проектъ „Stahl u. Eisen.“ для моста чер. Фульду въ Кассельѣ.

F. Консольно-арочныя фермы.

Въ многопролетныхъ мостахъ пролеты могутъ быть перекрыты консольно-арочными фермами, при которыхъ уменьшается распоръ на промежуточныя опоры; загрузка консоли вызываетъ распоръ обратнаго направления сравнительно съ распоромъ отъ нагрузки, расположенной между опорами.

*) Описание этого проекта будетъ помѣщено въ Сборникъ С.-Петербургскаго Округа Путей Сообщенія, какъ то намъ любезно сообщено авторомъ проекта.

рами фермы. Консолями снабжаются, какъ двухшарнирныя (м. ч. р. Rio-Гранде на Тихоокеанской ж. д. въ Коста-Рика. 1902), такъ и трехшарнирныя арки (Троицкій м. ч. р. Неву въ С.-Петербургѣ 1902,—м. Mirabeau ч. р. Сену въ Парижѣ 1896, віадукъ ч. р. Viaur на ж. д. Carmaux-Rodez 1900, м. ч. р. кан. Elbe-Trave у Mölln 1900, м. Hawk-Street въ Albany (Нью-Йоркѣ), причемъ концы консоли или опираются на устои (м. Mirabeau въ Парижѣ, м. ч. р. кан. Elbe-Trave у Mölln, м. ч. р. Rio-Гранде въ Коста-Рика) (фиг. 198) или же на нихъ опираются свободныя фермы (Троицкій м. въ С.-Петербургѣ. віадукъ ч. р. Viaur, м. Hawk-Street въ Albany) (фиг. 199 и 201). Въ первомъ случаѣ, т. е. когда фермы двухшарнирныя, система дважды статически неопределенна; во второмъ случаѣ, при шарнире въ серединѣ пролета, она статически определена, почему этотъ типъ консольно-арочныхъ фермъ болѣе распространенъ.

По типу фиг. 198 построены м. ч. р. Rio-Гранде на Тихоокеанской ж. д. въ Коста-Рика съ среднимъ пролетомъ 136,8 m^t и съ консолями длиной 36 m^t (1902) (Engng. 1902 №№ 1921 and. 1923; Изв. Собр. Иж. Пут. Сообщ. 1903 г. № 4).

По типу фиг. 199 построены: а) віадукъ ч. р. Viaur на ж. д. Сагмайх-Rodez съ среднимъ пролетомъ 226 m^t *) и консолями длиной 69,6 m^t (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. ч. р. кан. Elbe-Trave у Mölln (безъ подвѣсныхъ фермъ) съ среднимъ прол. 32,25 m^t и консолями длиной 13,43 m^t (1897) (Bernhard. Die Brücken des Elbe-Trave-Kanals. Zeit. d. Ver. deut. Ing. Bd. XXXIX, 1900, стр. 766); это первый консольно-арочный мостъ въ Германии.

По типу фиг. 200 построены м. Mirabeau ч. р. Сену въ Парижѣ со среднимъ прол. 99,34 m^t и консолями длиной 37,05 m^t , причемъ концы послѣднихъ на устояхъ закрѣплены (1896) (Centralbl. d. Bauv. 1897, стр. 241, 257; Génie Civil XXIX, 17; Engng. news 1896, 12 ибр.; Engineer и Engng. 1896, 19 июня).

По фиг. 201 построены м. Hawk-Street въ Albany (Нью-Йоркѣ) съ среднимъ прол. 109,7 m^t и консолями длиной 34,2 m^t (Engng. news 1889, стр. 130; Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1889, стр. 1120).

По типу фиг. 226 построены Троицкій мостъ ч. р. Неву въ С.-Петербургѣ со среднимъ прол. 99,29 m^t и консолями длиной 27,97 m^t (1902) (Centralbl. d. Bauv. 1904, стр. 42).

Очертаніе нижняго пояса дѣлается обыкновенно по кругу, но за такое можетъ быть припять и перевернутый веревочный многоугольникъ,

*) Въ Европѣ это самый большой пролетъ арочныхъ фермъ; больше этого только пролетъ въ 256 m^t моста ч. р. Niagara въ Америкѣ.

определенный отъ нагрузки, увеличивающейся отъ середины пролета къ опорамъ, приблизительно соразмѣрно разстояніямъ между поясами, о чмъ см. статью инж. Bernhard'a „Die Linienf\u00fchring grosser Eisenb\u00f6gen“—Centralbl. d. Bauv. 1900, стр. 257.

Укажемъ здѣсь еще на одну новую систему консольно-арочныхъ фермъ, которая въ отношеніи дѣйствія опорныхъ давлений является консольно-балочной; это „возвышенная арка съ затяжками и съ консолями“. Приводимъ нѣсколько примѣровъ мостовъ этой системы:

1) По фиг. 202 построенъ мостъ чер. Havel между Spandau и Eiswerder съ среднимъ пролетомъ 75,28 m^t и консолями длиной 4,71 m^t (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^t (Centralbl. d. Bauverw. 1901).

2) Фиг. 203 представляетъ проектъ ж. д. и шосс. моста чер. Одеръ у Neusalz'a со средн. прол. 100 m^t и двумя боковыми по 75 m^t ; длина консолей 12,5 m^t (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1905).

3) Фиг. 204 представляетъ конк. проектъ „Полярная Звѣзда“ для Дворцового моста чер. Неву въ С.-Петербургѣ со среднимъ пролетомъ 130,15 m^t и консолями длиной 32,66 m^t (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^t , длина консолей 20 m^t .

5) Конк. проектъ (средній прол.) зав. Union шосс. моста чер. Рейнъ между Рурортомъ и Гомбергомъ (фиг. 178) со средн. прол. 203,4 m^t и консолями длиной 39,25 m^t (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^t и консолями длиной 34,83 m^t (Инж. Дѣло, 1904 № 4).

Выгоды этой системы заключаются въ уменьшениі 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 разрѣзной балочной. Рассматриваемыя фермы весьма эстетичны и несомнѣнно имѣютъ будущность.

Въ заключеніе укажемъ еще на оригиналъный проектъ консольно-арочнаго моста, а именно конк. проектъ Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft N\u00fcrnberg для моста въ порту Jakson въ Sydney (фиг. 205²) (Centralbl. d. Bauv. 1901, стр. 70). Здѣсь въ среднемъ пролетѣ величиной 500 m^t подвѣшена трехшарнирная арка прол. 250 m^t и потому весь средній пролетъ представляетъ изъ себя пятишарнирную арку, принимая во вниманіе опорные шарниры консолей.

G) Висячія ферми.

Въ многопролетныхъ мостахъ съ висячими фермами пролеты дѣлаются одинаковой величины, или же, что чаще встречается, величина пролетовъ уменьшается отъ середины моста къ устоямъ. Обыкновенно ставится условіе, чтобы распоры для всѣхъ пролетовъ были одинаковые. Въ виду сего, если всѣ пролеты одинаковой величины, то стрѣлы провѣса цѣли въ нихъ принимаются одинаковые; 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 — равномѣрная нагрузка, а $f_1, f_2, f_3 \dots$ стрѣлы провѣса цѣпи въ отдѣльныхъ пролетахъ (рис. 221).

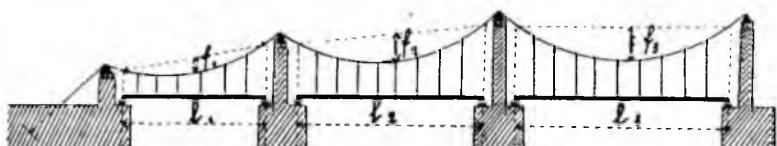


Рис. 221.

Задавшись одной стрѣлой провѣса можно отсюда опредѣлить всѣ остальные.

При этомъ безъ большой погрѣшности можно пролеты фермъ l_1, l_2, l_3 замѣнить горизонтальными разстояніями между осями опорныхъ частей цѣпи; конечно, въ такомъ случаѣ стрѣлы провѣса f_1, f_2, f_3 слѣдуетъ измѣнять отъ вершины параболъ до линіи, соединяющей верхушки опоръ (рис. 222).

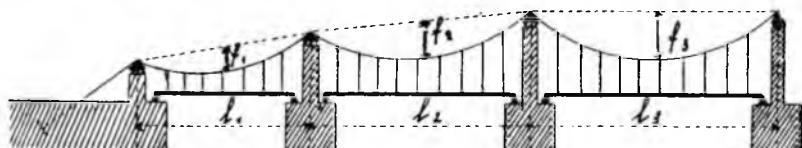


Рис. 222.

На практикѣ часто встречаются висячіе мосты съ тремя пролетами, причемъ каждый крайній пролетъ составляетъ половину средняго (рис. 223), а также висячіе мосты съ двумя равными пролетами (рис. 224).

Въ первомъ случаѣ

$$l_1 = l_3 = \frac{1}{2} \text{ и слѣд. } f_1 = f_3 = \frac{f}{4}$$

а во второмъ случаѣ

$$l_1 = l_2 = \frac{1}{2} \text{ и слѣд. } f_1 = f_2 = \frac{f}{4}$$

Системы висячихъ фермъ, примѣняемыхъ въ многопролетныхъ мостахъ, а также указанія относительно ихъ проектированія, приведены въ отдѣль "однопролетные мосты съ висячими фермами" (стр. 179).

Здѣсь только въ дополненіе укажемъ на два оригинальныхъ проекта висячихъ мостовъ:

1) конк. проектъ Kochlin'a для моста чр. 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

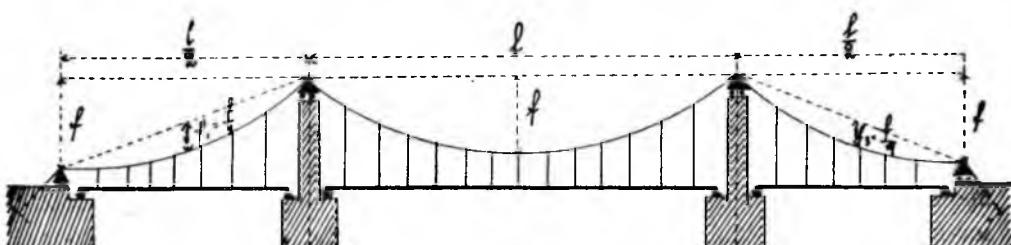


Рис. 223.

только изъ способныхъ сопротивляться изгибу верхняго и нижняго поясовъ, распerteыхъ весьма основательными стойками.

Интересное изслѣдованіе этой системы на основаніи начала наименѣшой работы произведено Zschetzsche (Centralbl. d. Bauv. 1895, №№ 47 и 48 A).

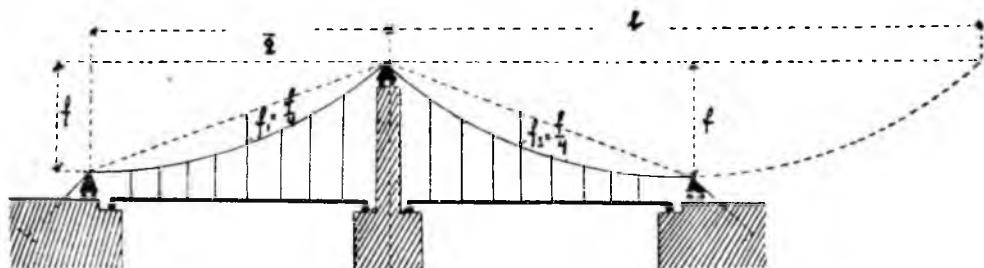


Рис. 224.

2) конк. проектъ Rieppel'я для втораго моста чр. Рейнъ въ Кельнѣ (1898) (Mehrtens. Der deutsche Brückebau im XIX Jahrhundert. 1900, стр. 20—21) (фиг. 219). Его особенность заключается въ томъ, что концы фермъ не имѣютъ анкерныхъ закрѣплений, а вмѣсто того нижній поясъ двойной цѣпи въ двухъ мѣстахъ вблизи своихъ письшихъ точекъ схвачены подъ проѣзжей частью брускомъ, подвергнутымъ сжатію. Благодаря этому каждая половина моста по отношенію собственаго вѣса дѣйствуетъ, какъ консоль и сообразно этому она должна была собираться.

Н. Соединеніе фермъ разныхъ системъ.

Для перекрытия многопролетныхъ мостовъ нѣтъ необходимости примѣнять фермы исключительно одной системы. Весьма пѣлесообразно и эстетично примѣнять въ этихъ случаяхъ фермы нѣсколькихъ системъ. Такъ, напримѣръ, пять пролетовъ можно перекрыть слѣд. образомъ:

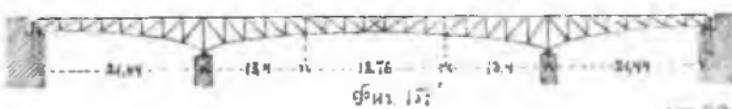
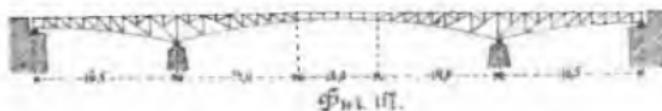
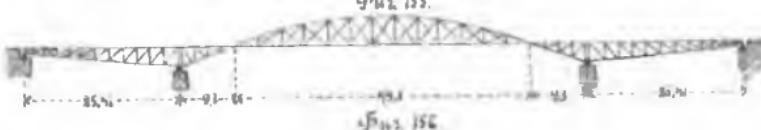
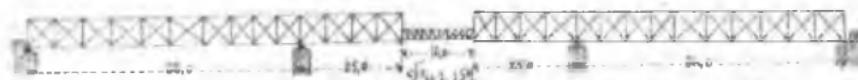
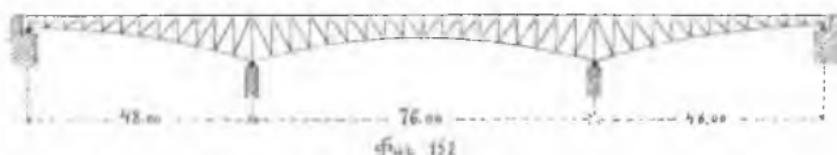
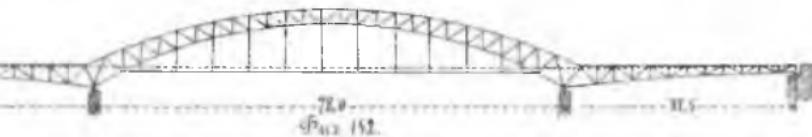
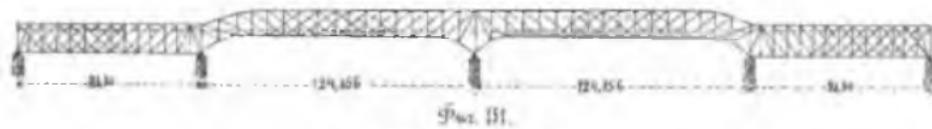
1) Средніе три пролета перекрыть консольно-балочными фермами, а два крайнихъ—разрѣзными балочными; такая комбинація была предложена, напримѣръ, зав. Gutehoffnungshütte и Harkort для шосс. моста чер. Рейнъ между Рурортомъ и Гомбергомъ (фиг. 166, 167, 170) (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1904 и 1905).

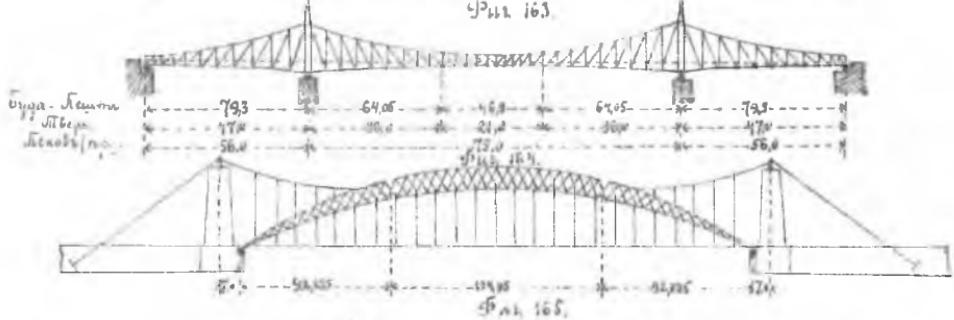
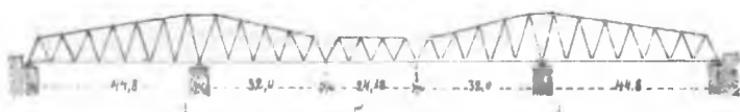
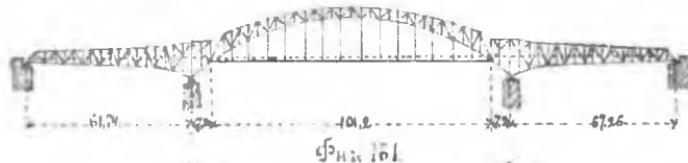
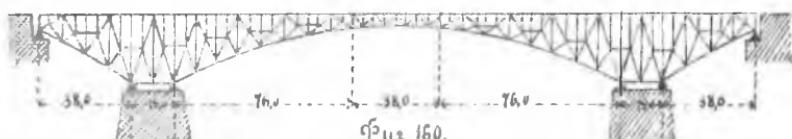
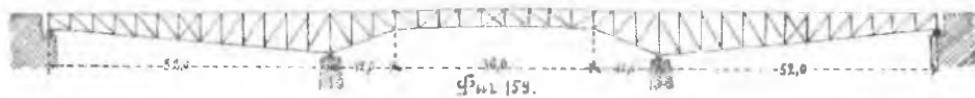
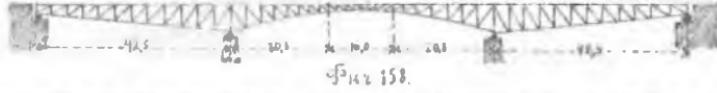
2) Средній пролетъ перекрыть трехшарнирной аркой съ консолями, два крайнихъ—балочными фермами съ консолями, а въ двухъ промежуточныхъ пролетахъ консоли арочныхъ и балочныхъ фермъ соединить балочными подвѣсными фермами (фиг. 226); такая комбинація примѣнена, напримѣръ, въ Троицкомъ мосту чер. Неву въ С.-Петербургѣ (Centralbl. d. Bauv. 1904, стр. 42).

3) Средній пролетъ перекрыть возвышенной аркой съ затяжкой и съ консолями, два крайнихъ—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. Рейнъ между Рурортомъ и Гомбергомъ (фиг. 179) (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1904 и 1905).

4) Средніе три пролета перекрыть висячими фермами, а два крайнихъ—разрѣзными балочными; такая комбинація предложена, напримѣръ, въ кокн. проектѣ „Eisenkette“ для гор. моста чер. Рейнъ въ Вормсѣ (фиг. 210) (Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1896; Centralbl. d. Bauv. 1896).

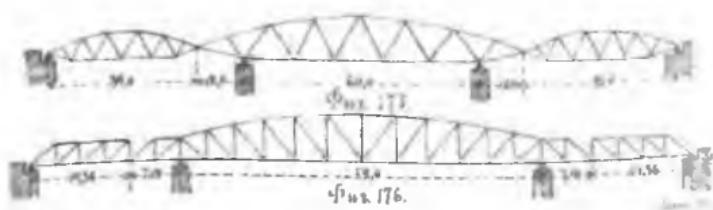
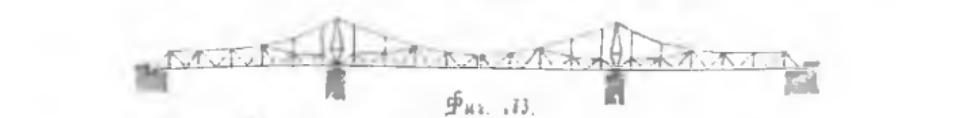
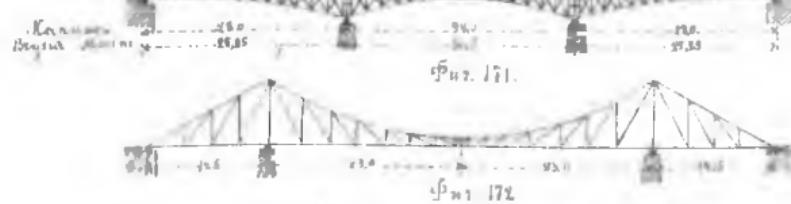
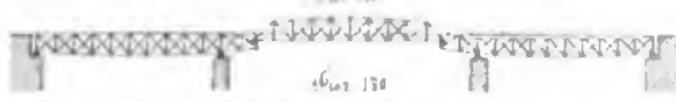
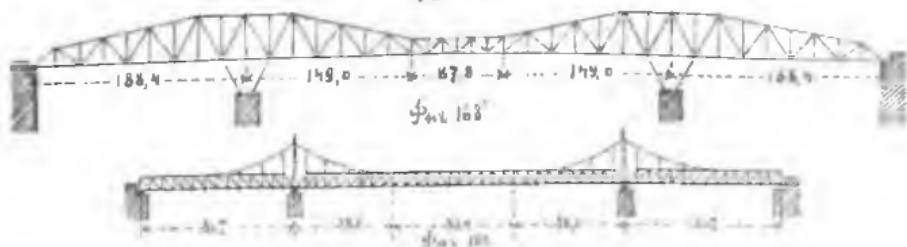
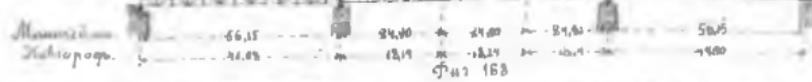
Въ заключеніе укажемъ еще, что многопролетные мосты можно перекрыть слѣд. довольно рациональнымъ способомъ: одинъ изъ пролетовъ перекрыть арочной фермой, а остальные—балочными фермами съ прямолинейнымъ нижнимъ поясомъ, причемъ все эти фермы связать въ одну систему, а имелю смежные концы фермъ соединить такъ между собой, чтобы распоръ могъ передаваться отъ одной фермы на сосѣднюю, что достигается, напримѣръ, расположениемъ 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 все быки будутъ подвержены лишь дѣйствію вертикальныхъ силъ. Если арочная ферма трехшарнирная, то вся система получается статически опредѣлимая; при этомъ арочная ферма нижнѣ не отличается отъ простыхъ арочныхъ фермъ, а балочные фермы являются фермами съ вѣшнимъ распоромъ и потому они логче балочныхъ фермъ на горизонтальныхъ опорахъ. Само собой разумѣется, что если выполнено условіе, что на обоихъ устояхъ неподвижны опоры, а на быкахъ—подвижны опоры на каткахъ, то безразлично, который изъ пролетовъ перекрыть арочной фермой. Разсмотрѣнная комбинація, насколько намъ известно, предложена проф. Патономъ („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 трехпролетного моста, какъ то пами показано на примѣрѣ—рис. 227.





142.166.





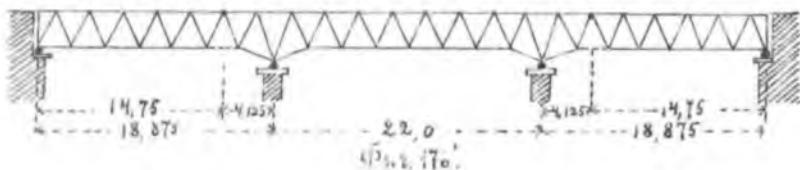


Fig. 177.

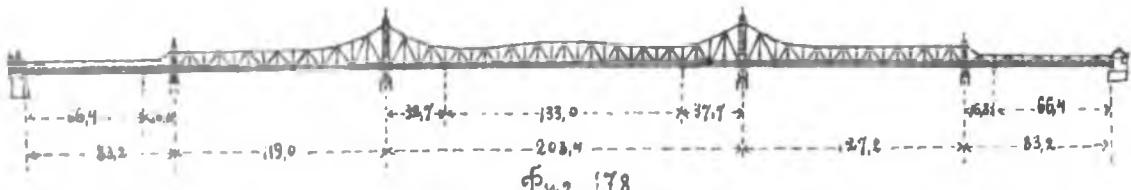
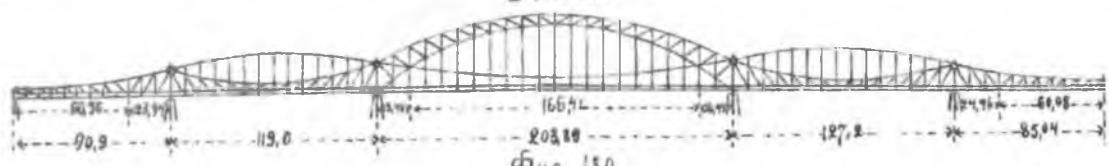


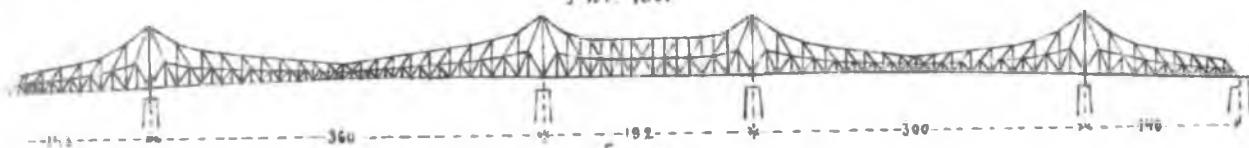
Fig. 178.



FIG. 179.



φ_{W2} 150.



Digitized by srujanika@gmail.com



Fig. 182.



162 189



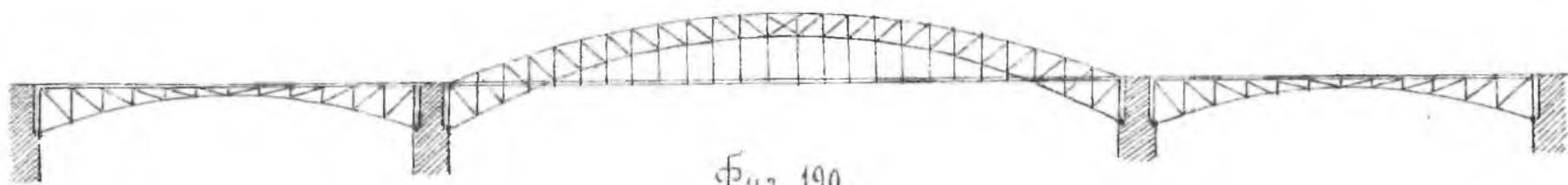
Phi 187.



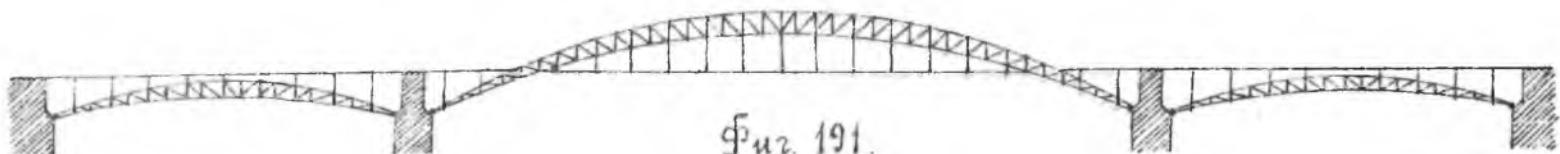
Fig. 182.



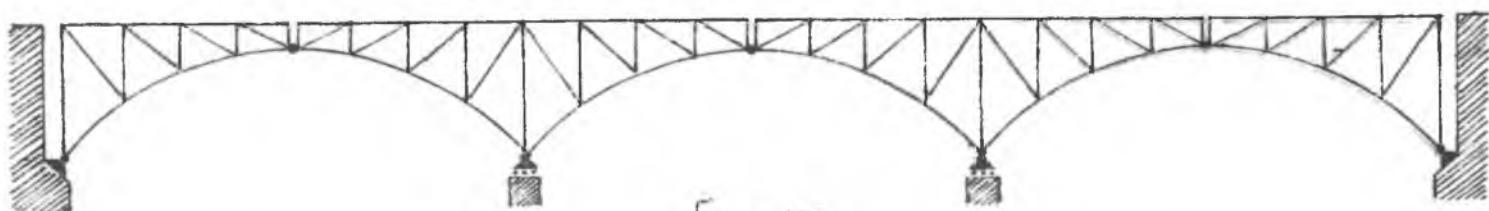
Фиг. 189.



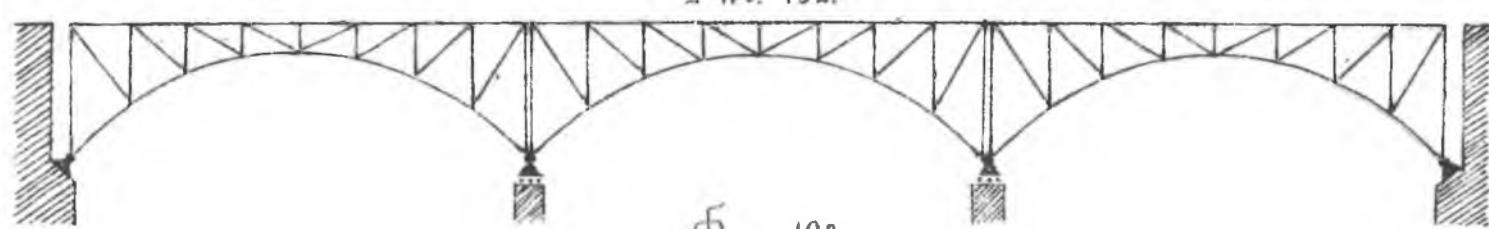
Фиг. 190.



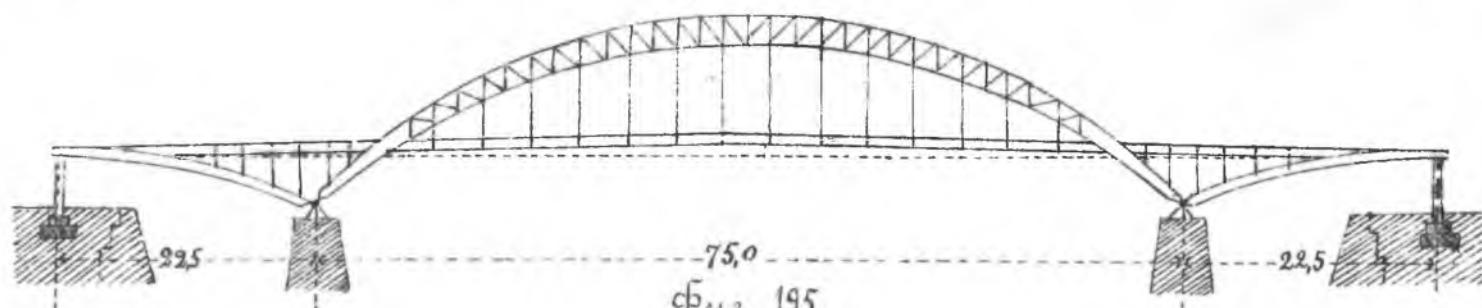
Фиг. 191.



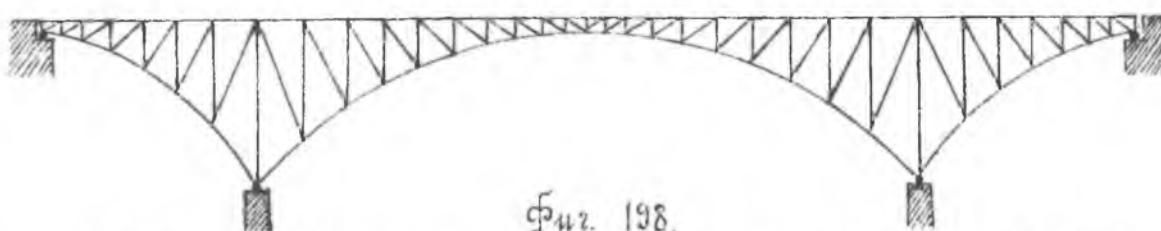
Фиг. 192.



Фиг. 193.



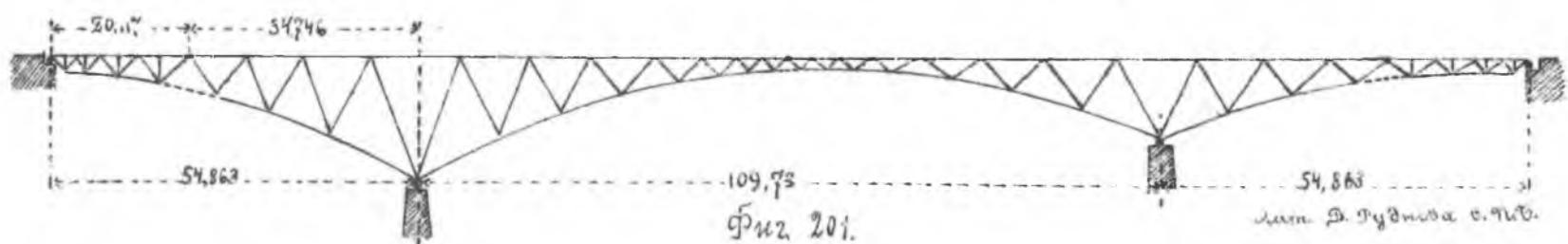
Фиг. 195.



Фиг. 198.



Фиг. 199.



Фиг. 201.

Лист. 2. Типичные с. п. в.

Ullnangay.
Mansfelder.

