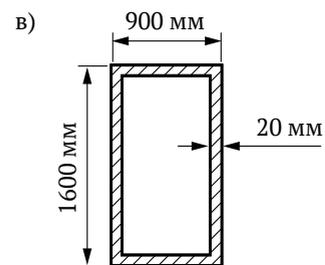
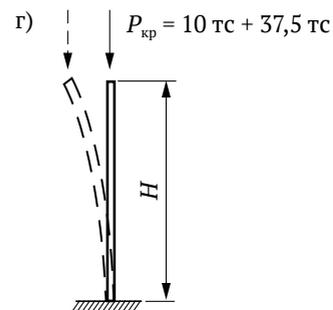


Относительный прогиб коробчатой балки:

$$\frac{f}{L} = \frac{QL^2}{48\alpha Eh^3} + \frac{5}{384} \frac{GL^2}{\alpha Eh^3}$$



При  $L = 50$  м,  $Q = 10$  тс,  $f/L = 1/400$ ,  
 $E = 2 \times 10^6$  кгс/см<sup>2</sup>,  $[\sigma] = 2000$  кгс/см<sup>2</sup> (прокат):  
 $F = 960$  см<sup>2</sup>,  $\rho = 750$  кг/м,  $G = 37,5$  тс,  
 $\Delta T_{\Delta t=100^\circ\text{C}}^{\text{max}} = 2400$  тс (неразрезная балка).



Несущая способность опоры:

$$P_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 EJ_{\text{min}}}{(\mu H)^2} = \frac{1}{4} \left( \frac{\pi^2 EJ_{\text{min}}}{H^2} \right),$$

где  $\mu H$  – приведенная высота опоры,  $\mu = 2$ .

Рисунок 1 – Балочное пролётное строение:  
 а) схема балочной эстакады; б) балочное пролётное строение;  
 в) поперечное сечение оптимальной коробчатой балки;  
 г) схема работы опоры балочного пролётного сечения

Известны два способа создания пролётного строения между опорами: 1) с помощью жёсткой балки; 2) с помощью гибкой нити, натянутой до высоких усилий. Поскольку абсолютно жёстких систем не бывает, то в результате компромисса между требованиями по снижению материалоемкости пролётных строений и требованиями по получению максимально высокого значения жёсткости путевой структуры под воздействием расчётной подвижной нагрузки во всём мире была принята расчётная относительная жёсткость пролётов мостов и путепроводов, равная 1/400–1/800.

На рисунке 1 показано балочное пролётное строение однопутной дороги монорельсового типа. Относительный прогиб такой балки пропорционален квадрату её длины и обратно пропорционален высоте в третьей степени, модулю упругости материала и коэффициенту, учитывающему форму поперечного сечения балки. Поэтому при проектировании балочного пролёта стремятся уменьшить пролёт, увеличить высоту балки и использовать материал с высоким модулем упругости.

На рисунке 1в показано оптимальное поперечное сечение стальной балки максимально облегчённого коробчатого типа, имеющей относительную жёсткость 1/400 в пролёте 50 м при воздействии нагрузки в 10 тс. Расход стали на такую балку будет равен 750 кг/м (общая масса балки на пролёте  $G = 37,5$  тонны), площадь поперечного сечения – 960 см<sup>2</sup>. Температурные усилия (при перепаде температур 100 °С: от –50 °С зимой до +50 °С летом на солнце) в такой балке могут достигать 2400 тс, поэтому на балке устраивают температурный шов, опирая её концы на ригель опоры. Поскольку верх опоры не закреплён, то коэффициент  $\mu$ , который определяет приведённую высоту опоры при определении её несущей способности, равен 2.

Рассмотрим струнное пролётное строение (рисунок 2). Относительный прогиб такого пролёта пропорционален нагрузке  $Q$  и обратно пропорционален натяжению  $T$  струны. Следует обратить внимание на то, что относительный прогиб струнного пролёта не зависит от материала струны, её формы и поперечных размеров, а также от длины пролёта. Для обеспечения относительной жёсткости 1/400 под нагрузкой 10 тс натяжение нити должно быть равно 1000 тс. Поскольку жёсткость пролёта не зависит от формы поперечного сечения нити, то она может быть набрана, например, из высокопрочной проволоки с расчётными напряжениями растяжения порядка 10 000 кгс/см<sup>2</sup> (СНиП 2.05.03-84 на мосты допускает нормативные сопротивления растяжению в арматурных канатах К-7 в 13 200–14 000 кгс/см<sup>2</sup>). Тогда площадь поперечного сечения стальной струны составит 100 см<sup>2</sup>, а её масса – 78 кг/м (общая масса на пролёте – 3,9 тонны).