

В.В. ГАБРУСЕНКО, канд. техн. наук. (Новосибирская гос. академия строительства),
Ю.М. РЕДЬКО, канд. техн. наук (Сибирская гос. академия путей сообщения),
Н.Е. МАЛЫХ, инж. (Новосибирская гос. академия строительства)

Конструктивное решение арочных решетчатых балок пролетом 24 м

Принято считать, что при пролете 24 м железобетонные балки из-за большой материалоемкости не в состоянии конкурировать с фермами. Попытки облегчить конструкцию за счет отгиба арматуры, подрезки бетона у опор, тонкой стенки и т. п. успеха не принесли: стройиндустрия не приняла балки ввиду слишком сложной технологии. Между тем об экономической эффективности стропильных конструкций нельзя судить только по расходу материалов, не учитывая эксплуатационных затрат. Именно они, как показывает анализ [1,2], являются определяющими статьями в суммарных (приведенных) затратах, и балки здесь явно предпочтительнее. Вопрос состоит лишь в том, какие балки и каких габаритов следует предложить строительной отрасли.

Традиционные двускатные балки имеют фиксированную высоту в середине пролета, которая зависит от высоты на опоре и уклона верхнего пояса. В них изменение высоты опасных сечений, вызванное требованиями прочности или трещиностойкости, влечет за собой и изменение других параметров. Конструкцией, лишенной этого недостатка, являются арочные решетчатые балки, которые и были приняты в качестве альтернативы фермам.

Из работ [1, 2] явствует, что с уменьшением высоты стропильных элементов приведенные затраты снижаются быстрее, чем растет стоимость материалов. Однако высота должна иметь разумный минимум, иначе рост собственной массы изделий затруднит их изготовление, перевозку и монтаж, приведет к заметному повышению нагрузки на колонны и увеличению сечения последних. Минимальная высота определяется, в первую очередь, максимальными нагрузками, в связи с чем был обозначен диапазон унифицированных (условных) расчетных нагрузок. Просмотр номенклатуры типовых железобетонных ферм, выпускаемых заводами сборного

железобетона в разных регионах России, показал, что нагрузки не превышают 11 кПа при шаге 6 м и 6,5 кПа при шаге 12 м (речь не идет об особо высоких, редко встречающихся нагрузках, например, в зданиях с техническим этажом в межферменном пространстве).

На воздействие этих нагрузок были выполнены расчеты прочности поясов с подбором размеров сечений, классов бетона, армирования [3] при различных значениях высоты балок в середине пролета, в результате чего была принята высота 2,4 м, или 1/10 пролета. При меньшем значении скачкообразно, на 60 мм, увеличивается высота сечения нижнего пояса (в нем требуется разместить более 20 канатов $\varnothing 15\text{K-7}$), что, в свою очередь, дает скачок в уменьшении плеча внутренней пары сил в нормальном сечении балки. В итоге, масса конструкции приближается к 20 т — величине, ставящей под сомнение возможность изготовления и применения изделий.

Между коньком и опорой ось верхнего пояса очерчена по ломаной (см. рис.), максимально приближенной к балочной эпюре моментов от равных сосредоточенных сил с шагом 3 м. Наибольшее расхождение между очертанием оси и эпюрой моментов находится над опорой, что чревато возникновением значительных местных моментов в опорных узлах и поперечных сил в приопорных панелях поясов [4]. В связи с этим крайним панелям верхнего пояса придана секторная форма ([5], см. узел А на рис.).

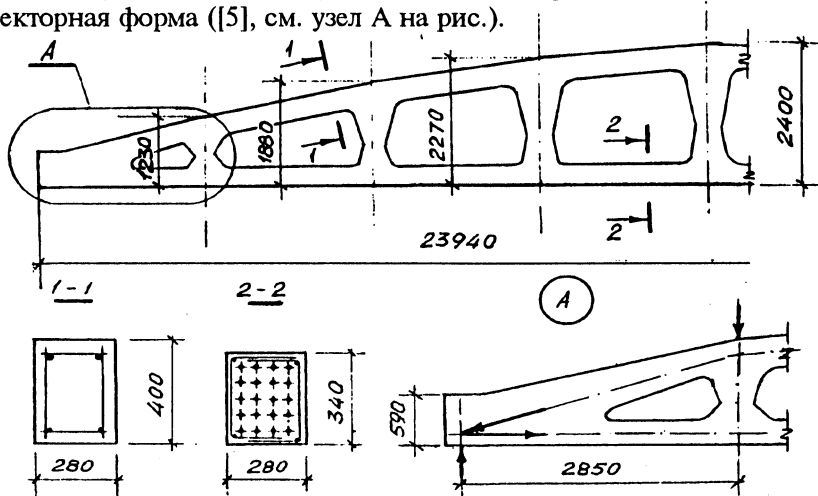


Рис. Конструкция балок

Для балок под остальные нагрузки (см. табл. 1) прочностными расчетами определяли классы бетона и армирование поясов.

После подбора сечений балки рассчитывали по трещиностойкости с подбором арматуры стоек. Конструкции рассматривали как статически неопределимые системы, подвергаемые воздействию постоянных (покрытие, фонари) и

временных (снег, подвесные краны) нагрузок в самых разнообразных комбинациях. Расчет выполняли на ПЭВМ РС АТ 386/387 по специальной программе [6], которая включала статический расчет, проверку трещиностойкости нижнего пояса и стоек, составление ключей подбора балок по нагрузкам. Причем рассчитывали балки дважды — применительно к условиям эксплуатации в обычной и агрессивной газовых средах (последняя для типовых ферм с канатами вообще не предусмотрена). По результатам расчета были разработаны чертежи конструкции.

Окончательные показатели расхода материалов в арочных балках (см. табл. 2) оказались даже лучше ожидавшихся в начале работы [2].

Таблица 2

Технико-экономическое сравнение конструкций

Наименование показателей	Марки балок по несущей способности						
	3/4	4/5	5/6	6/7	7/8	8/9	9/10
Класс бетона В	$\frac{25}{30}$	$\frac{25}{30}$	$\frac{27.5}{30}$	$\frac{30}{35}$	$\frac{35}{35}$	$\frac{40}{40}$	$\frac{45}{45}$
Число канатов $\varnothing 15K-7$	$\frac{10}{8}$	$\frac{12}{8}$	$\frac{12}{10}$	$\frac{14}{12}$	$\frac{16}{14}$	$\frac{18}{14}$	$\frac{20}{16}$
Общий расход стали, кг	$\frac{572}{606}$	$\frac{680}{675}$	$\frac{695}{761}$	$\frac{795}{898}$	$\frac{908}{852}$	$\frac{983}{1081}$	$\frac{1150}{1180}$

Примечание. В числителе — показатели балок, в знаменателе — безраскосных ферм. Объем бетона балок 6,2 м³, ферм — 4,7 м³.

Кроме того сравнение ключей подбора балок и ферм выявило, что по несущей способности марки арочных балок соответствуют более высоким маркам ферм. То есть окончательная несущая способность балок по условиям трещиностойкости выше полученной по эскизному проекту. Достоверно судить о величинах приведенных затрат сегодня, при неуправляемой инфляции и непредсказуемом росте цен на материалы, энергоносители и т. д., не представляется возможным. Резонно однако полагать, что в этих условиях относительный разрыв между приведенными затратами на балки и фермы еще больше увеличится.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Габрусенко В.В., Якушин В.А., Кузнецов С.М.* Об экономической эффективности универсальных решетчатых балок // Бетон и железобетон. — 1990. — № 7. — С. 7-8.
2. *Габрусенко В.В., Кузнецов С.М.* Повышение эффективности железобетонных стропильных конструкций пролетом 24 м // Известия вузов. Строительство. — 1991. — № 10. — С. 5-7.
3. *Габрусенко В.В.* Практические методы расчета прочности и конструирования поясов решетчатых балок // Известия вузов. Строительство. — 1993. — № 11. — С. 5-7.
4. *Габрусенко В.В.* Влияние геометрии решетчатых балок на поперечные силы в поясах // Научные труды Общества железобетонщиков Сибири и Урала. Вып. 1.— Новосибирск: ЦНТИ, 1993. — С. 66-67.
5. *Габрусенко В.В.* Увеличение сопротивления поперечной силе поясов безраскосных железобетонных конструкций // Рекомендация и совершенствование несущих элементов зданий и сооружений транспорта / Межвузовский сб. научн. трудов. — Новосибирск: НИИЖТ, 1993. — С. 27-28.
6. *Габрусенко В.В., Редько Ю.М.* Составление ключей подбора решетчатых балок // Научные труды Общества железобетонщиков Сибири и Урала. Вып. 1. — Новосибирск: ЦНТИ, 1993. — С. 63-66.