

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ОПОРНЫХ КОЗЕЛКОВ

Доц. Федосеев Г.Н.; ст. преп. Карлушко А.В.;
ст. преп. Петухов В.В. (ВГТУ)

Целью данной работы был расчёт на прочность и оптимизация конструкций опорных козелков, применяемых при ремонте и обслуживании различной автотехники. Такие опорные козелки представляют собой статически неопределимые стержневые системы набранные из стандартных профилей (Рис.1 а, б, в).

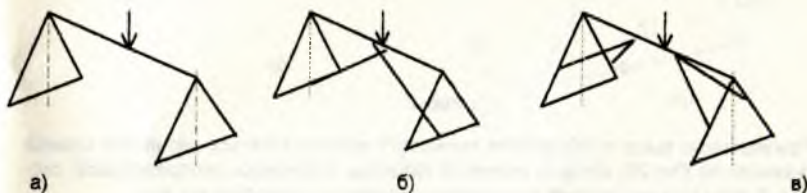


Рис. 1.

Статическую неопределимость таких систем возможно раскрыть методом сил. Реакции "лишних" связей определяются при этом из системы канонических уравнений.

$$\delta_{11} X_1 + \delta_{12} X_2 + \dots + \delta_{1n} X_n = - \Delta_{1p}$$

$$\delta_{21} X_1 + \delta_{22} X_2 + \dots + \delta_{2n} X_n = - \Delta_{2p}$$

$$\dots$$

$$\delta_{n1} X_1 + \delta_{n2} X_2 + \dots + \delta_{nn} X_n = - \Delta_{np}$$

где n - степень статической неопределимости,

δ_{in} - единичные перемещения,

Δ_{ip} - грузовые перемещения,

X_i - "лишние" неизвестные.

Нагрузка на козелки предполагалась сосредоточенной вертикальной, что является наиболее опасным случаем нагружения. Допускаемые напряжения материала козелков были приняты как для прокатной стали Ст-3, т.е. $[\delta]=160$ Мпа.

Определение единичных и грузовых перемещений проводили перемножением эюр по методу Верещагина.

Опорный козелок изображенный на Рис. 1а рассматривали как трижды статически неопределимый, основная система для него представлена на Рис. 2а.

Решив систему трёх канонических уравнений ($n=3$), определяем наибольшие эквивалентные напряжения во всех элементах козелка. При этом расчёт напряжений введём по третьей гипотезе прочности:

$$\sigma_{\text{экв}}^2 = \sigma^2 + 4\tau^2$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$$

Расчёты показали, что для всех козелков такого типа моментом X_3 можно пренебречь, а силу X_1 считать равной $P \operatorname{tg} \alpha$, т.е. полагать, что равнодействующая реакций $P/4$ и X_1 направлена вдоль наклонных стержней. Следует также отметить,

что усилия X_2 , по существу являются силами трения между "ногами" козелка и опорной поверхностью.

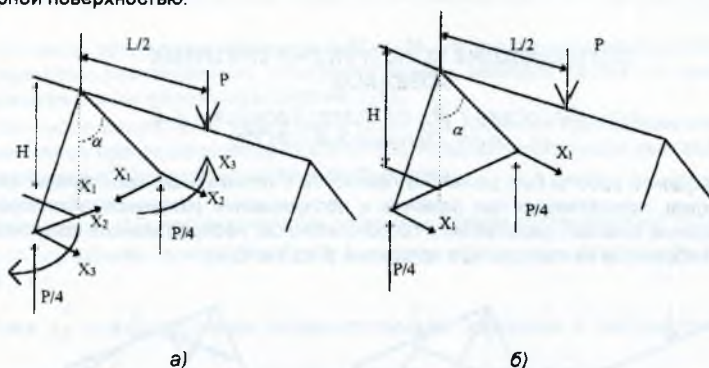


Рис. 2.

Приведенные выше соображения позволяют воспользоваться расчётной схемой показанной на Рис. 2б, которая является однажды статически неопределимой системой. В этом случае система канонических уравнений приобретает вид:

$$\delta_{11}X_1 + \Delta_{1P} = 0,$$

что, конечно же, позволяет упростить расчёты подобных козелков.

Козелки, собранные по схеме представленной на Рис. 1б, с учётом замечаний изложенных выше, можно рассматривать как дважды статически неопределимые конструкции. Основная система для них изображена на Рис. 3.

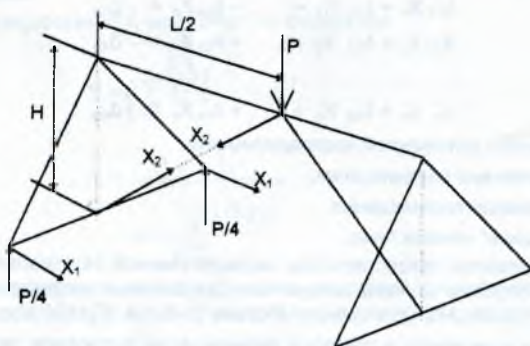


Рис. 3.

Расчёты показали, что использование раскосов, как, казалось бы, для усиления конструкции, вовсе не приводит к росту допускаемых нагрузок по сравнению с предыдущим случаем. Более того, при определённых сочетаниях размеров наблюдается даже снижение грузоподъёмности. Этот факт объясняется тем, что раскосы передавая давление горизонтальной балки на "слабые" поперечины вызывают их изгиб, тогда как в первой схеме поперечины работают лишь на растяжение. Т.о. эта конструкция козелка является неудачной.

Наиболее рациональны, с точки зрения грузоподъёмности, оказываются козелки представленные на Рис. 1а. Учитывая симметрию, данная конструкция рассматривалась как дважды статически неопределимая (Рис. 4).

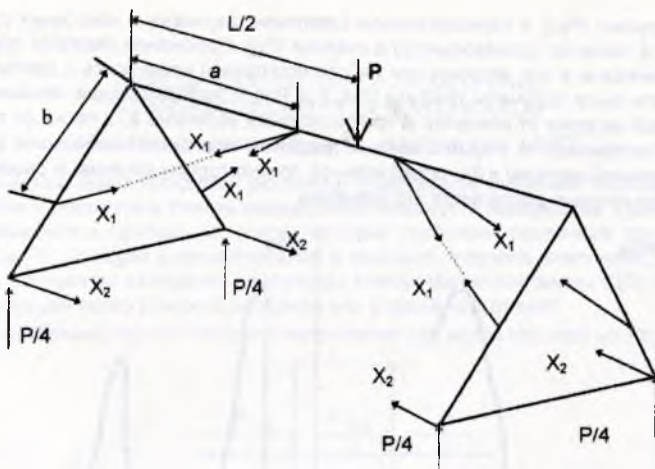


Рис. 4.

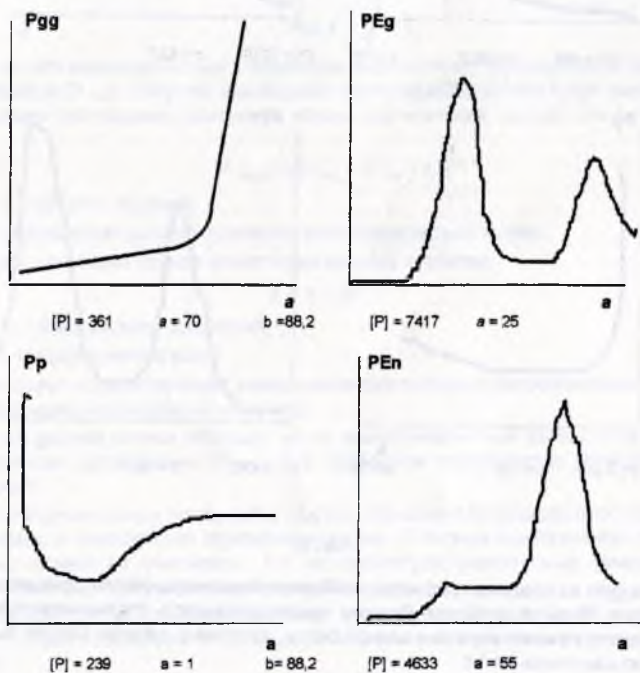


Рис. 5.

Для определения наиболее рационального положения раскосов была составлена программа на языке Turbo Pascal 6.0. Величины допустимых нагрузок определялись из расчёта на прочность по пяти сечениям: среднему (P_{Gg}), крайнему (P_{Eg})

и надраскосному (Png) в горизонтальном швеллере; верхнему в наклонных стержнях (Pen), а также по произвольному в раскосе (Pp). Положение раскосов определялось размерами a и b , которые при работе программы изменялись с шагом 2 см. В результате были получены графики (Рис.5 и Рис.6) изображающие зависимость допускаемой нагрузки от значений a при постоянной величине b , а также от значений b при постоянной - a . Рядом с каждым графиком выводится наибольшее значение допускаемой нагрузки в Кн, определённой по некоторому сечению и размеры a и b в см при которых достигается это значение.

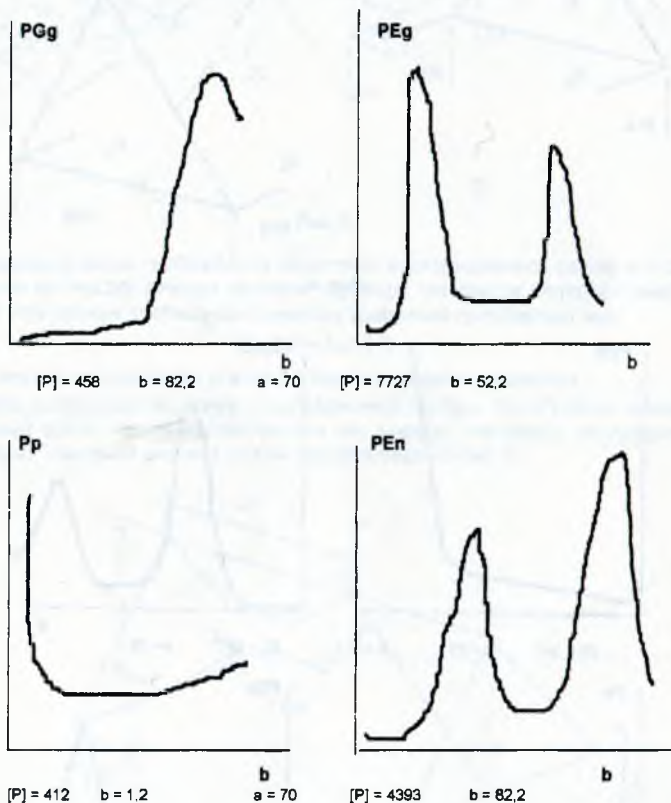


Рис. 6.

Как следует из анализа графиков, наиболее рациональной конструкция оказывается при $a = 70$ см, а $b = 82$ см. Причём грузоподъёмность ограничивается прочностью среднего сечения горизонтальной балки, которая в данном случае была изготовлена из швеллера № 14.