

И. М. Киянов

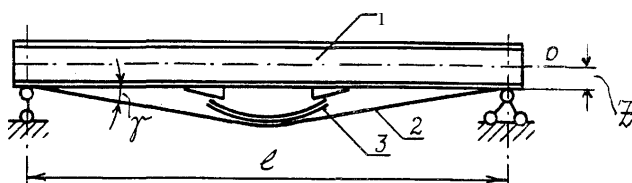
СИСТЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ С ПОСТОЯННЫМИ УСИЛИЯМИ В ЛИШНИХ СВЯЗЯХ

В статье – открытие, формула которого: «Если усилия в лишних связях систем строительной механики сохраняются постоянными при температурных и других перемещениях, то системы имеют оптимальные параметры геометрии, соответствующие максимальной суммарной работе усилий в лишних связях и не зависящие ни от степени предварительного напряжения, ни от нагрузки».

Известно, что изобретения приводят к открытиям, а открытия – к новым изобретениям. Изобретения лишних связей систем строительной механики, усилия в которых сохраняются постоянными при температурных и других перемещениях, привели к открытию ранее не известных оптимальных параметров геометрии систем строительной механики, не зависящих ни от нагрузки, ни от степени преднапряжения. Открытые параметры геометрии дают возможность изобретать новые конструкции.

Формула открытия: «Если усилия в лишних связях систем строительной механики сохраняются постоянными при температурных и других перемещениях, то системы имеют оптимальные параметры геометрии, соответствующие максимальной суммарной работе усилий в лишних связях и не зависящие ни от степени преднапряжения, ни от нагрузки».

Изобретение связи по а. с. №1686059 позволило в обычной шпренгельной балке назначить два оптимальных параметра геометрии. Назначение же оптимальных параметров геометрии привело к изобретению шпренгельной балки, показанной на рисунке (патент №2012749).



Шпренгельная балка

1 – балка, 2 – канат, 3 – связь по а. с. №1686059

Системы строительной механики с постоянными усилиями в лишних связях условно названы близкими к статически неопределимым. Шпренгельная балка, показанная на рисунке, близкая к один раз статически неопределимой. Параметры геометрии: γ – угол наклона растянутых элементов шпренгеля к горизонтали; Z – расстояние от нейтрального слоя балки до горизонтальной плос-

кости, проходящей через места прикрепления растянутых элементов шпренгеля к балке (см. рисунок). Оптимальное значение параметров геометрии находится из системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial X_1}{\partial \gamma} &= 0; \\ \frac{\partial X_1}{\partial Z} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где X_1 – усилие в растянутом элементе шпренгеля, определяемое из канонического уравнения метода сил.

Система уравнений (1) входит в отличительную часть формулы изобретения по патенту № 2012749. При решении системы уравнений (1) получена система двух алгебраических уравнений.

При $\gamma = 0$ шпренгельная балка превращается в балку с затяжкой, у которой один параметр геометрии, оптимальное значение его определяется по формуле

$$Z = \sqrt{\frac{J}{F}}, \quad (2)$$

где J, F – момент инерции и площадь поперечного сечения балки.

У балки с затяжкой связь, создающая в затяжке усилие предварительного напряжения и сохраняющая его постоянным при температурных и других перемещениях, ставится с торца балки.

У обычной балки, близкой к один раз статически неопределимой, распор создается с помощью особой подвижной опорной части (а. с. №414352 и др.).

Если конструкция имеет один оптимальный параметр геометрии, то он определяется из уравнения

$$\frac{dX_1}{dY} = 0, \quad (3)$$

где X_1 – усилие в лишней связи, определяемое из канонического уравнения метода сил;
 U – параметр, геометрии.

Решением уравнения (3) найдены оптимальные параметры геометрии: стрелка кабеля у висячего моста, стрела подъема у различных арок, стрела подъема арки с затяжкой, угол наклона элементов нижнего пояса фермы к горизонтали, высота стойки рамы и др.

Важным является исследование предварительного напряжения конструкций, близких к статически неопределимым. Главное в этом исследовании – вывод уравнения для потенциальной энергии конструкций, преднапряженных постоянным усилием:

$$u = u_0 - \frac{1}{2}v^2 X_1 \Delta_{IP} + v\eta X_1 \Delta_{IP}^H, \quad (4)$$

где u_0 – потенциальная энергия основной системы;
 Δ_{IP} – линейное перемещение силы X_1 по ее направлению, вызванное действием нагрузки;
 Δ_{IP}^H – перемещение силы X_1 по ее направлению, условно названное перемещением теневой геометрической нелинейности;
 η – коэффициент полноты диаграммы;
 v – коэффициент, характеризующий степень преднапряжения конструкции сравнительно с силой X_1 .

Первое слагаемое в уравнении (4) относится к линейным перемещениям в конструкции при действии на нее нагрузки, а второе – к нелинейным. В обычных статически неопределимых конструкциях такое разделение сделать нельзя.

Уравнение (4) показывает, что при коэффициенте v , большем единицы, эффект от преднапряжения постоянным усилием резко повышается. Это уравнение: приведено в описании изобретения по патенту №2012749.

Лишние связи, в которых усилия сохраняются постоянными при температурных и других перемещениях, разделяются на две группы: лишние связи, создающие усилие предварительного напряжения и сохраняющие его постоянным (патент №2004665 и др.), и лишние связи, не создающие усилия преднапряжения (а. с. №414350 и др.).

Экономический эффект от применения изобретенных связей, усилия в которых сохраняются постоянными, складывается, во-первых, из отсутствия вредных напряжений: температурных, ползучести и усадки материала, неравномерных осадок опор, во-вторых, из того, что усилия предва-

рительного напряжения в лишних связях постоянны, а это значит, что работа этих усилий на перемещениях, возникающих от действия на конструкцию нагрузки, вычисленная по формуле Клапейрона, в два раза больше, а прогиб конструкции в два раза меньше, поэтому площадь поперечного сечения связи (кабель висячего моста, затяжка балки и др.) можно уменьшить в два раза, в-третьих, из возможности назначить оптимальные параметры геометрии.

С помощью связи по а. с. №1686059 и высокопрочной проволоки опоясывающей оболочку, можно преднапрягать постоянным усилием трубопроводы больших диаметров, резервуары, фюзеляжи. Легко доказать, что это даст экономический эффект и повысит надежность конструкций. В соответствии с принципом возможной работы возможная работа внешней силы (внутреннее давление в оболочке) равна возможной работе внутренних сил (результатирующих напряжений в оболочке и в проволоке). Возможная работа усилия в высокопрочной проволоке, преднапряженной постоянной силой, согласно теореме Клапейрона, в два раза больше возможной работы в такой же проволоке, преднапряженной обычным преднапряжением. Это дает экономию материала.

Рациональность преднапряжения листовых конструкций постоянным усилием обеспечивается еще и тем, что отношение расчетного сопротивления материала оболочки к расчетному сопротивлению высокопрочной проволоки равно 0,33–0,2.

Доказано, что постоянным усилием выгодно преднапрягать даже стержни, работающие на растяжение.

В г. Оренбурге, в парке им В. П. Чкалова, по проекту автора построен арочный мост, в котором подвижные опорные части (а. с. №614155) являются связью, сохраняющей, усилие (распор) постоянным при температурных и других перемещениях.

Подвижная опорная часть по а. с. №614155 является опорной частью секторного типа. Она имеет фильтр усилий (а. с. №414350) и уклон опорной плиты в сторону пролета. Уклон опорной плиты создает полезный положительный распор, а вязкое вещество (битум), залитое между гребенкой верхнего балансира и гребенкой секторной части, превращает подвижные при температурных перемещениях опорные части в неподвижные при кратковременных нагрузках.

Изобретения, приведенные в статье, принадлежат автору (соавторам нет).