

НОВЫЕ ПОДХОДЫ В УПРАВЛЕНИИ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

Стоянов В. В.

Идея получения новых сверхпрочных материалов и конструкций всегда владела умами, как специалистов, так и фантастов. Успехи в этом направлении впечатляющие – разработаны и освоены промышленностью композиты, имеющие величину прочности в полтора раза больше прочности самой лучшей марки стали при одновременно близких величинах модуля упругости; получен полиэтилен с улучшенной сшиваемостью полимерных цепочек, что позволяет довести его прочность до 2000-3000 МПа и др. Однако, возможности повышения прочности и жесткости пассивных материалов ограничены, по ряду причин.

Заслуживают внимания совершенно нестандартные подходы к повышению работоспособности материалов и конструкций. Например, можно обратиться к созданию материалов (конструкции) физико-механические характеристики, которых изменяются по мере преобразования внешнего воздействия на них, т. е. это активные материалы и самоподстраивающиеся конструкции. Впервые идею активных материалов и самоподстраивающихся конструкций сформулировал Дж. Гордон [1]:

- активные материалы, это те материалы, которые каким-то образом (?) подпитываясь энергией повышают свою жесткость. Например, массивные балки могли бы быть чрезвычайно тонкими, но вполне работоспособными, так как при увеличении силового воздействия их несущая способность, т. е. жесткость и прочность, будет увеличиваться за счет подпитки энергией;

- самоподстраивающиеся конструкции, т. е. конструкции, изменяющие свое поперечное сечение в местах наибольшего напряженного состояния. Например, ветки дерева утолщаются в местах наибольшего изгибающего момента – в основании ветки в ее верхней части.

Несомненно, это перспективные направления, которые ждут своих исследователей, но все же это далекое будущее.

Вместе с тем, управляемые конструкции становятся реальностью уже сейчас, пусть далеко не в такой степени как писал об этом известный ученый.

В 1994 г. создана Международная ассоциация по управляемым конструкциям (IASC). Из республик бывшего Советского Союза лишь Россия активно работает в этом направлении. В этом заслуга красноярской школы ученых. Здесь, в архитектурно-строительной академии под руководством проф. Абовского Н. П. подготовлен научный комплекс I управляемые конструкции, читаются лекции и ведутся практические занятия по Iуправляемым конструкциямI, получено много патентов на управляемые конструкции [2].

Анализ полученных в Красноярске патентов на управляемые конструкции (патенты РФ № 2073838, № 2096480, заявка № 96100189 и др.) указывает на один общий прием, используемый в них – это механическое воздействие, когда путем натяжения канатов или смещения опор и прочее осуществляется управление конструкцией. Например, патент РФ № 2073838.

Способ повышения несущей способности многопролетной неразрезной балки и устройство для его осуществленияI предполагает повышение несущей способности многопролетной неразрезной балки путем передвижения опор вдоль балки. Такой прием довольно энергоемок и очень инерционен, что затрудняет (а скорее всего исключает) возможность управлять такой конструкцией при сейсмическом воздействии.

На наш взгляд возможен и другой подход, когда необходимо повысить несущую способность балки (арки, рамы и прочее) в течении короткого периода времени, поддержать необходимую несущую способность конструкции определенный промежуток времени, а затем обеспечить возвращение ее к проектной несущей способности при минимальных энергетических затратах.

Поставленная цель может быть достигнута за счет поддержки основной конструкции пневматической [3]. При работе основной конструкции в расчетном режиме пневмоконструкция находится в ненагруженном состоянии, а при исчерпании расчетной несущей способности основной конструкции вступает в работу пневматическая.

На рис. 1 изображена многопролетная балка и пневмобалка. Многопролетная балка по всей длине загружена расчетной нагрузкой ($q_{рас}$), а в одном из пролетов еще дополнительной нагрузкой ($q_{доп.}$), которая воспринимается пневматической подбалкой.

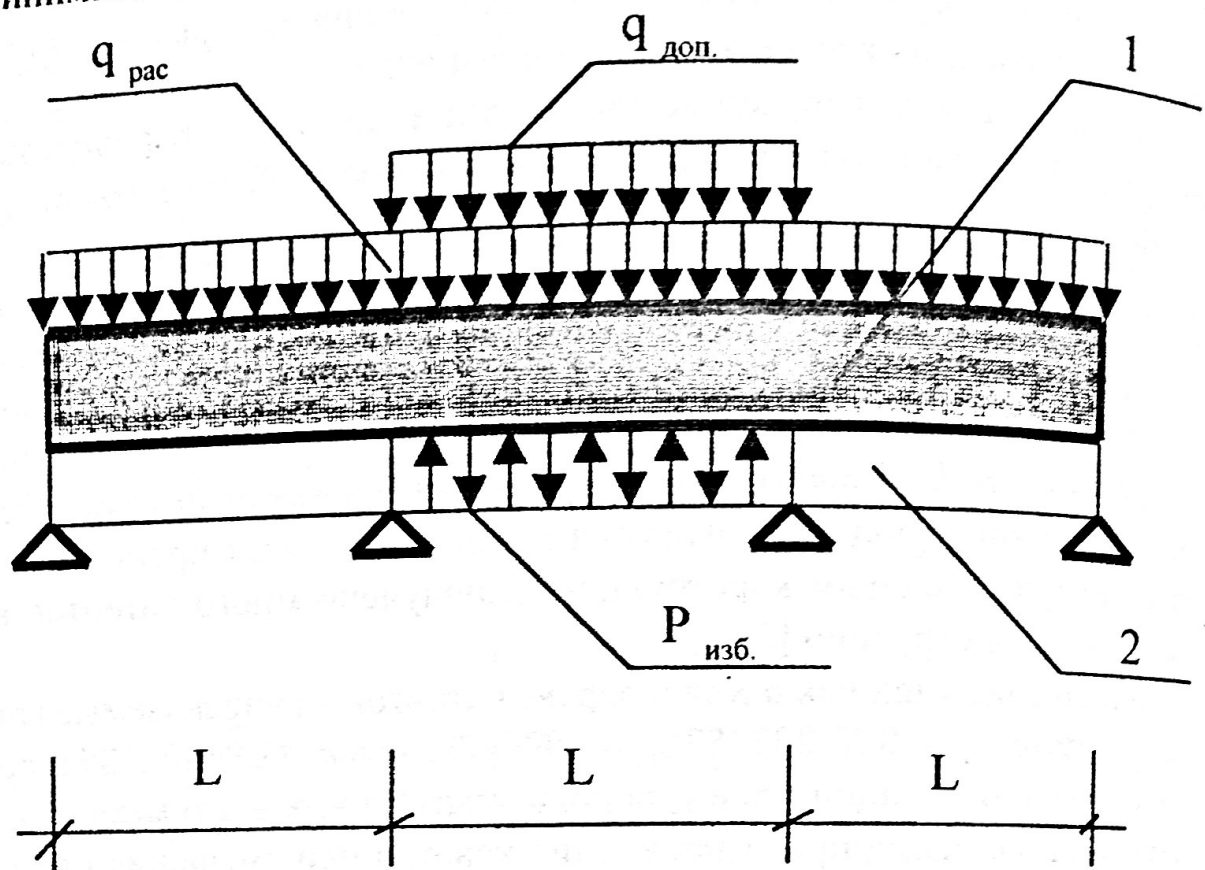


Рис. 1

Многопролетная балка с пневматической подбалкой:

1 – многопролетная балка; 2 – пневматическая подбалка;
 $q_{рас}$ – расчетная нагрузка; $q_{доп}$ – дополнительная нагрузка;
 $P_{изб}$ – избыточное давление в пневмобалке.

Технологический процесс повышения несущей способности происходит следующим способом: в случае перегрузки многопролетной балки в одном из пролетов или во всех одновременно в работу вступает пневматическая подбалка, которая обеспечивает повышение несущей способности основной конструкции. После снятия дополнительной нагрузки ($q_{доп.}$) пневматическая подбалка переводится в нерабочее состояние путем снижения избыточного давления до нуля ($P_{изб} = 0$).

Методы расчета пневмостержней основаны на следующих предельных состояниях [4]:

- Условие прочности материала по основе (или поперечных швов):

$$n^P_1 + n^M_1 + n^N_1 < R_1 \text{ (или } R^ш_1 \text{)}. \quad (1)$$

- Условие отсутствия морщин:

$$n^P_1 - n^M_1 - n^N_1 > 0. \quad (2)$$

- Условие прочности материала по утку (или продольных швов):

$$n^P_2 < R_2 \text{ (или } R^ш_2 \text{)}, \quad (3)$$

где $n^P_1 = pA / F$ - напряжение от внутреннего давления P воздуха в

продольном (меридиональном) направлении $A = \frac{\pi r^2}{4}$; $F = 2\pi r$ площади

соответственно I воздуха и материального сечения стержня; $n^P_2 = pr/2$ - то же, в поперечном (кольцевом) направлении, (r - радиус поперечного сечения стержня); $n^M_1 = \pm M / W$ - продольное напряжение оболочки от действия изгибающего момента M ($W = \pi r^2$); $n^N_1 = \pm N / F$ - то же, от действия продольной силы N ; R_1, R_2 - расчетные сопротивления материала пневмобалки по основе и утку; $R^ш_1, R^ш_2$ - расчетные сопротивления швов оболочки продольного и кольцевого направлений.

- Условие прочности в продольном направлении:

$$pA / F + M / W < R_1, \quad (4)$$

то же, в поперечном направлении:

$$pr < R_2, \quad (5)$$

- Условие отсутствия морщин и складок:

$$pA/F - M/W > 0. \quad (6)$$

- Минимальное давление воздуха:

$$p_{\min} = MF / (AW). \quad (7)$$

Для примера выберем многопролетную балку (Рис. 1), когда $L = 600$ см. и балка загружена расчетной равномерно распределенной нагрузкой $q_{\text{расч}} = 5$ кН/м. В качестве подбалки используем пневматический стержень радиусом $r = 40$ см. При создании в пневматической подбалке избыточного давления $P_{\text{изб}} = 0.6$ МПа несущая способность основной конструкции увеличится в несколько раз и сможет воспринять дополнительную нагрузку $q_{\text{доп}} = 10$ кН/м. Следует отметить, что процесс достижения в пневмобалке рабочего состояния занимает всего 10-15 сек., а избыточное давление в пневмоконструкции поддерживается ровно до завершения перегрузки основной конструкции. После этого избыточное

давление в пневмобалке снижается до нуля и она переходит в нерабочее состояние, но в случае необходимости может быть снова приведена в проектное положение.

Очевидно, что такой прием увеличения несущей способности может быть использован не только для балки, а практически для любой конструкции – арки, рамы и прочее.

В завершении отметим, что способ повышения несущей способности за счет использования поддерживающих пневмоконструкции позволяет:

- увеличить несущую способность любой конструкции;
- в течении очень короткого времени можно добиться резкого увеличения несущей способности конструкции, что весьма важно для восприятия динамических нагрузок, в том числе сейсмических;
- отсутствие заметной инерционности уменьшает энергопотребление и повышает эффективность конструкции.

Литература.

1. Дж. Гордон Почему мы не проваливаемся сквозь пол. М. ; Мир, 1971 г.
2. Абовский Н. П. Научно – образовательный комплекс управляемые конструкции. В сб. Пространственные конструкции в Красноярском крае. Красноярск, ГАСЛ, 1998 г.
3. Стоянов В.В. Засіб підвищення несучої спроможності багатопрольотної балки. Заявка на винахід № 2000021159 від 22.02.2000 р. , ІПВ
4. Ермолов В.В. Воздухонесомые пневматические конструкции. В сб. Современные пространственные конструкции. Москва, Высшая школа, 1991 г.