

ДВУХПОЯСНЫЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫЕ СИСТЕМЫ

Санжар Жураев*Преподаватель Архитектурно-строительного факультета
Термезского Государственного Университета***Шавкат Тураев***Преподаватель Архитектурно-строительного факультета
Термезского Государственного Университета*

Аннотация: В данной статье рассмотрен расчет двухпоясных предварительно напряженных конструкций с различным расположением несущих и стабилизирующих вант.

Показано влияние геометрической нелинейности, а также деформаций опорных конструкций на результаты расчета.

Annotation: This article discusses the calculation of two-tier prestressed structures with different arrangements of load-bearing and stabilizing guys.

The influence of geometric nonlinearity, as well as deformations of supporting structures on the calculation results, is shown.

Ключевые слова: ПК «ЛИРА», Двухпоясные висячие конструкции, пример, КЭ-308, КЭ-10, КЭ-310, нить, несущей и стабилизирующей ванты.

Key words: PC "LIRA", Double-belt hanging structures, example, KE-308, KE-10, KE-310, thread, load-bearing and stabilizing cable.

Двухпоясные висячие конструкции относятся к классу мгновенно-жестких и внутренне стабилизированных систем. Их работоспособность обеспечивается предварительным напряжением стабилизирующих вант, которые от действия полезных нагрузок работают на сжатие. Суммарные усилия во всех панелях стабилизирующих вант должны быть растягивающими – этим условием регламентируются величина предварительного напряжения.

Эти качества двухпоясных систем дают возможность отказаться от тяжелой кровли для стабилизации покрытия в пользу современных легких и технологичных кровельных материалов, таких как кровельные панели с различными видами утеплителей. Уменьшение массы висячих покрытий ведет к значительному уменьшению нагрузки на колонны и фундаменты, а также к уменьшению сейсмических нагрузок.

При расчете с использованием программного комплекса «ЛИРА» несущие и стабилизирующие ванты моделируются геометрически нелинейными стержневыми элементами КЭ-310, а предварительно напрягаемая панель стабилизирующей ванты – геометрически нелинейным элементом форкопфа КЭ-308. Стойки, подвески и другие жесткие элементы моделируются обычными стержневыми элементами КЭ-10.

Важным вопросом при проектировании двухпоясных систем является выбор начального очертания несущих и стабилизирующих вант, а также величины предварительного напряжения стабилизирующих вант.

Примем для пример пролет конструкций 36 м, шаг 3 м, постоянную нагрузку от легкой кровли из кровельных панелей с утеплителем – 1 кН/м^2 , снеговая нагрузка для Узбекистана – $0,7 \text{ кН/м}^2$; погонные нагрузки будут равны соответственно 3 и $2,1 \text{ кН/м}$. Несущие и стабилизирующие ванты принимаем из стальных канатов; стойки и подвески имеют шаг 1,5 м и выполняются из стальных труб. Сечения гибких и жестких элементов будут уточняться в процессе расчета.

Пример 1. Система с верхними стабилизирующими вантами.

Примем очертание несущей и стабилизирующей ванты в виде цепной линии со стрелками прогиба $f_{он} = f_{ос} = 2 \text{ м}$, при этом высота конструкции в середине пролета составит 4 м, или $1/9$ пролета.

В приложении ПК «ЛИРА» создадим опорные узлы системы, между которыми вставим цепную линию со стрелкой 2 м, разбитую на 24 элемента. Далее путем зеркального копирования несущей ванты относительно горизонтальной оси Х-Х получим стабилизирующую ванту, соединим узлы вант вертикальными стойками, и выполним упаковку системы для исключения повторяющихся узлов. Заменяем тип КЭ всех гибких элементов на КЭ-310, а среднюю напрягаемую панель стабилизирующей ванты – на КЭ-308. И, наконец, зададим жесткости всех элементов – стоек и гибких вант. Полученная расчетная схема показана на рис. 1.

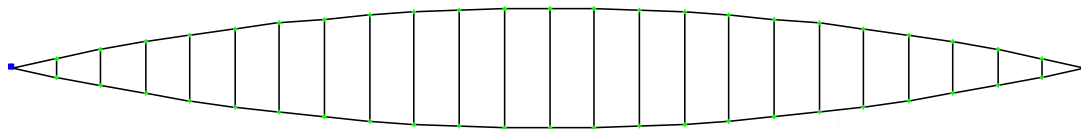


РИС. 1. Схема конструкции с верхней стабилизирующей вантой.

Для 1-го типа жесткости (стойки) примем стальные электросварные трубы $83 \times 2 \text{ мм}$, для 2-го типа жесткости (несущая ванта) – стальной канат ЛК-О $6 \times 19(1+9+9)+7 \times 7(1+6)$ диаметром 29,5 мм и модулем упругости $E = 147000 \text{ МПа}$, для 3-го типа жесткости (стабилизирующая ванта) – стальной канат ТК $1 \times 37(1+6+12+18)$ диаметром 15,5 мм и модулем упругости $E = 167000 \text{ МПа}$.

Нагрузку от предварительного напряжения стабилизирующей ванты следует задавать как 1-ое загрузку, так как оно является формообразующим. Постоянная нагрузка будет загрузкой 2, снеговая нагрузка по всему пролету – загрузкой 3, и снеговая нагрузка на половине пролета – загрузкой 4.

Примем в качестве 1-го приближения величину натяжения элемента 24 (форкопфа) $N_{ин} = 100 \text{ кН}$. Постоянная и снеговая нагрузки приложены в верхних узлах конструкции; постоянная узловая нагрузка равна 4,5 кН, и снеговая узловая нагрузка равна 3,15 кН. Схемы загрузки показаны на рис. 2.

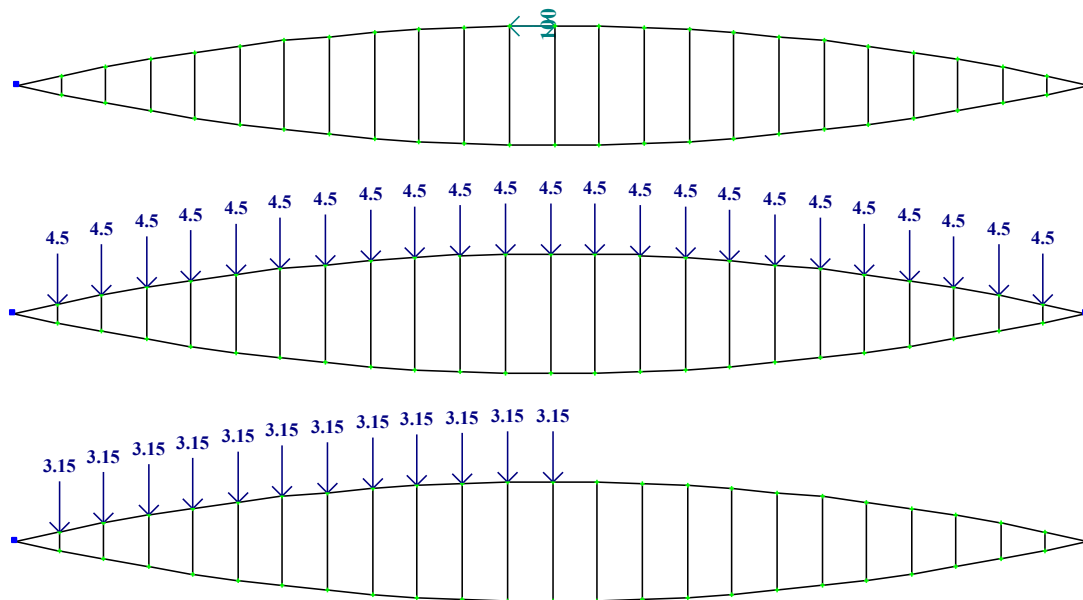


Рис. 2. Схемы загрузки конструкции: 1 – преднапряжение, 2 – постоянная нагрузка, 3 – снеговая нагрузка на всем пролете, 4 – то же, на половине пролета.

В опции «Моделирование нелинейных загрузений» зададим две последовательности загрузений – 1,2,3 и 1,2,4. При этом для загрузений 2,3 включаем параметр «Учет предыстории». Выполнив расчет, проанализируем его результаты. На рис. 3. показаны недеформированная и деформированные схемы конструкции от 1-ой и 2-ой последовательности загрузений.

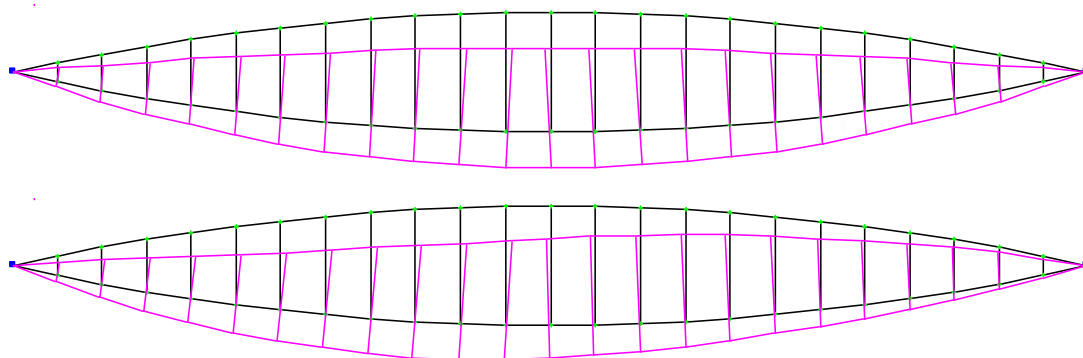


Рис. 3. Недеформированная и деформированные схемы конструкции от 1-ой и 2-ой последовательности загрузений.

От 1-ой последовательности загрузений деформированное состояние равновесное, с максимальным прогибом в середине пролета (узел 25), равным $f = 62,35$ см. Поскольку для расчета установлена опция «Выдача результатов по шагам», полученный прогиб представим как сумму составляющих по загрузениям:

$$f = f_{nn} + f_{пост} + f_{снег} = 17,88 + 27,62 + 16,85 = 62,35 \text{ см.}$$

Для висячих конструкций регламентируется только прогиб от временной нагрузки, который будет равен

$$f_{снег} = 16,85 \text{ см} < L/200 = 3600/200 = 18 \text{ см.}$$

Таким образом, жесткость конструкции при 1-ой последовательности загружений достаточная.

Для 2-ой последовательности загружений снеговая нагрузка является неравновесной, при этом максимальный суммарный прогиб будет примерно в четверти пролета (узел 19). От снеговой нагрузки наибольший прогиб будет равен

$$f_{\text{снег}} = 59,70 - 42,36 = 17,34 \text{ см} < 18 \text{ см}.$$

Здесь жесткость также обеспечена, хотя прогиб от снеговой нагрузки несколько больше, чем в 1-ом случае.

Проверим усилия в вантах и их прочность. В стабилизирующих вантах наибольшее усилие равно 32,24 кН от 1-ой последовательности загружений и 46,16 кН от 2-ой последовательности загружений. Как видно, усилия в вантах положительные (растягивающие), так что заданной величины преднапряжения достаточно. Прочность стабилизирующей ванты проверим по усилию преднапряжения:

$$\sigma = 100/1,4137 = 70,74 \text{ МПа} < R_{\text{кан}} = 1570 \text{ МПа}.$$

Для несущей ванты наибольшее усилие равно 342,39 кН от 1-ой последовательности загружений и 300,42 кН от 2-ой последовательности загружений. Прочность несущей ванты проверим по максимальному усилию

$$\sigma = 342,39/3,9565 = 86,54 \text{ МПа} < R_{\text{кан}} = 1570 \text{ МПа}.$$

Несущая способность жестких стоек проверяется обычным расчетом на устойчивость. Таким образом, несущая способность и жесткость конструкции при равновесных и неравновесных нагрузках обеспечены. При этом имеется некоторый запас по прочности вант и величине преднапряжения, который при необходимости можно уменьшить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Джураев С. «Особенности расчета геометрически нелинейных конструкций в ПК ЛИРА» / Проблемы архитектуры и строительства (научно-технический журнал). Самарканд, 2021, № 3, часть 1. - 4 с.
2. “Аналитические методы расчета висячих и вантовых мостов”: учеб. пособие / Ю.В. Дмитриев, А.С. Дороган. - Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2008. - 194 с.: ил.
3. Жураев, С., & Беккамов, М. (2022). КЛАССИФИКАЦИЯ ВИСЯЧИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ (ТРОСОВЫХ И МЕМБРАННЫХ) ПОКРЫТИЙ. *O'ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI*, 2(14), 997-1002.
4. Жураев, С., & Сатторов, К. (2023). Расчет Тросовых Висячих Покровов В Пк Лира. *Periodica Journal of Modern Philosophy, Social Sciences and Humanities*, 16, 119-123.
5. Жўраев, С. (2023). АЛИШЕР НАВОИЙ ДАВРИ ИМОРАТЛАРИНИНГ АРХИТЕКТУРАСИ. *O'ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI*, 2(16), 142-146.

6. Turayev, S., & Sanjar, J. (2023). ZILZILA VAQTIDA BINO VA ZAMIN GRUNTLARINING O'ZARO TA'SIRI. *Finland International Scientific Journal of Education, Social Science & Humanities*, 11(2), 410-414.

7. Sanjar, J. (2023). DEVELOPMENT OF CULTURE AND ENTERTAINMENT PARKS. *American Journal of Pedagogical and Educational Research*, 9, 49-52.