

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЭВМ

Марчук Н. И., Фиферова Д.П., Тиунова И.А.
 научный руководитель канд. техн. наук Марчук Н.И.
*Инженерно-строительный институт Сибирского
 федерального университета*

Рассматривается регулирование напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций при действии статических нагрузок.

Задачи регулирования являются разновидностью вариационной и оптимизационной задач. Одна из возможных постановок задач регулирования: "загнать" проектные параметры в допустимый "коридор" путем подбора значений управляемых параметров.

Для решения задач регулирования НДС конструкций используется разработанная в среде Delphi компьютерная программа, работающая в режиме диалога пользователя с ПЭВМ, соединяющая методологию и алгоритм решения задач регулирования с универсальным программным комплексом расчета конструкций SCAD (при этом могут быть использованы и другие программные комплексы, например, LIRA, ANSYS, NASTRAN). Данные универсальные программные комплексы и ряд других обладают огромным потенциалом для задач расчета конструкций. Их синтез с методологией решения задач регулирования конструкций позволяет получить программу регулирования НДС широкого класса сооружений и конструкций, используя при этом все расчетные возможности и универсальность программных комплексов.

На данном этапе разработки в программе реализован блок, позволяющий решать задачи регулирования НДС плоских стержневых систем с использованием таких способов регулирования, как предварительное напряжение отдельных элементов конструкции, осадка опор и комбинация этих способов.

Используя разработанную программу, решен ряд задач регулирования усилий в стержневых системах (неразрезных и шпренгельных балках, пространственной раме, вантовой конструкции и др.).

В качестве иллюстрирующего примера рассмотрим решение задачи регулирования комбинированной (вантовой) системы, нагруженной, равномерно распределенной нагрузкой $q = 15 \text{ кН/м}$ (рис.1).

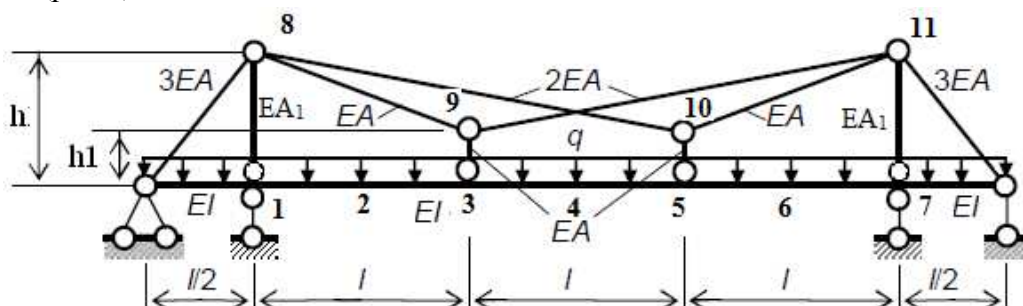


Рис.1

Исходные данные: $L=24\text{м}$, $h=16\text{м}$, $h_1=6\text{м}$; балка $EI = 110333 \text{ т}\cdot\text{м}^2$, $EA = 1324000 \text{ т}$; ванты и оттяжки $EA = 164850 \text{ т}$, подвесные элементы $EA = 59346 \text{ т}$, пилон $EA_1 = 331000 \text{ т}$.

Требуется путем предварительного напряжения вантовых элементов (оттяжек вант) уменьшить напряжения в вантовой балке за счет выравнивания моментов в опасных сечениях.

Как видно из результатов предварительного расчета по программе SCAD в виде эпюр изгибающих моментов, т·м (рис. 2), опасными сечениями в балке являются точки 1, 4. Наибольший момент возникает в сечении 1. Для выравнивания моментов в опасных сечениях (с учетом симметрии системы) составим следующее условие регулирования:

$$M_1 + M_4 = 0$$

Чтобы выполнить это условие выберем два регулятора: $Pe_1 = Pe_2$, представляющие собой усилия предварительного напряжения оттяжек вант (рис. 1).

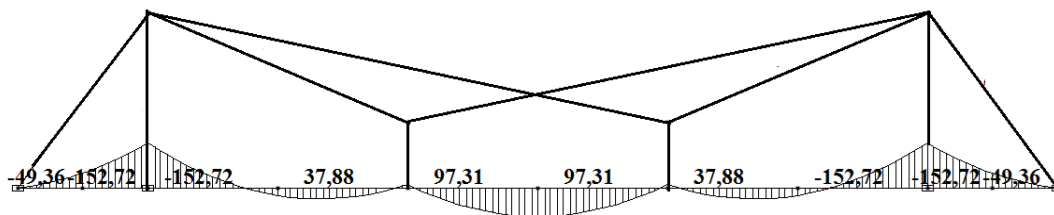


Рис.2

В результате выполненного регулирования моменты в указанных сечениях стали одинаковыми и уменьшились почти до нулевых значений, при этом усилия в других сечениях увеличились, не превысив максимальный момент в сечении 1 (рис.3), что говорит о неудачной постановке задачи регулирования. Изменим постановку задачи регулирования – будем выравнивать максимальные моменты в сечениях 1 и 3., используя при этом те же регуляторы.

$$M_1 - M_3 = 0.$$

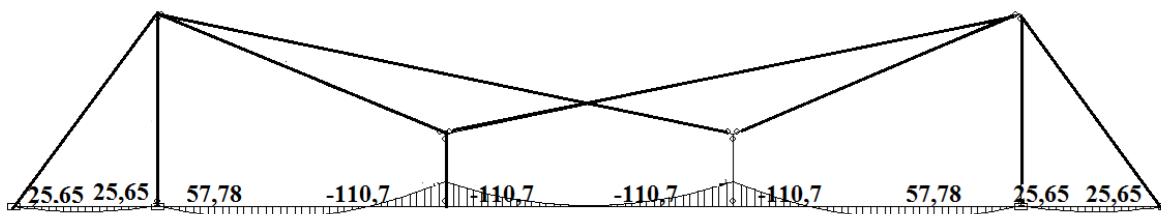


Рис.3

Анализируя полученные результаты (рис.4), видим, что максимальный момент в балке уменьшился более чем в 2 раза. С целью дальнейшего уменьшения величин моментов, в сечениях 1,3, и 5,7, продолжим решение задачи регулирования, приняв в качестве критерия регулирования новые условия при двух параметрах регулирования Pe_1 - усилия предварительного напряжения оттяжек вант и Pe_2 - одновременное смещение (осадка) опор 1,7 вантовой системы.

$$M_1 - M_3 = 0, \quad M_3 + M_4 = 0$$

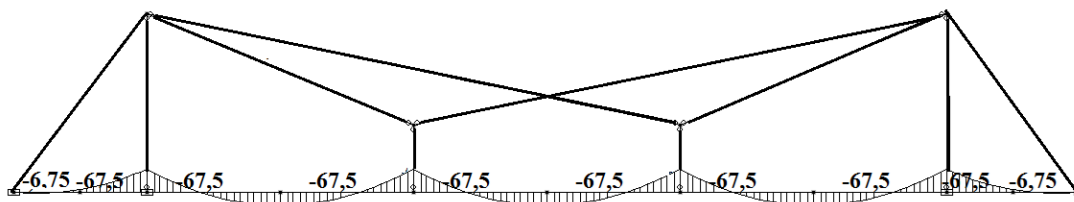


Рис.4

Решив заново задачу регулирования, получим окончательные значения регуляторов:

$$P_{e21} = 192 \text{ т}, P_{e22} = \Delta_1 = 58,7 \text{ мм};$$

Окончательная эпюра изгибающих моментов, соответствующая совместному действию внешней нагрузки и найденных регуляторов показана на рис. 5.

Как видно из результатов, величины моментов в расчетных сечениях уменьшились по сравнению с предыдущим вариантом регулирования.

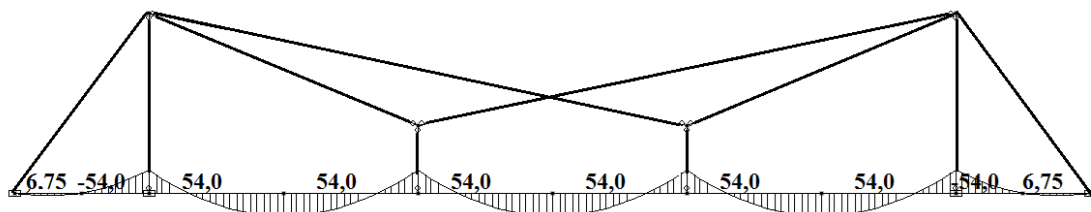


Рис.5

При этом величина максимального момента уменьшилась почти в 3 раза. Проверка балки показала ее достаточную прочность и жесткость.

Рассмотренные примеры показывают, что решение задачи регулирования НДС зависит от правильной и корректной ее постановки. Задача регулирования может быть поставлена так, что ее решение приведет к нереальным результатам.

В целом, полученные результаты регулирования конструкций показали, что разработанная программа является эффективным инструментом для решения задач регулирования различного типа конструкций.