Библиографический список

1. Кабулов, В.К. Алгоритмизация решения оптимизационных задач / В.К. Кабулов, Ш.А. Назиров, С.Х. Якубов. – Ташкент: Фан, 2008. – 204 с.
2. Якубов, С.Х. Математическая модель и вычислительный алгоритм оптимизации пластинчатых конструкций со сложной конфигурацией / С.Х. Якубов // Совместный выпуск узбекского журнала «Проблемы информатики и энергетики» (№5) и журнала «Проблемы информатики» (№6) Сибирского отделения РАН по материалам Международной научно-технической конф. «Проблемы оптимизации сложных систем» (г. Ташкент,17-27 октября 2011г.).- Ташкент, 2011. – С. 84-89.

УДК 539.3

ОБОБЩЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЕСОВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Якубов Сабир Халмурадович, *профессор кафедры общетехнических дисциплин, КИЭИ, Узбекистан*

Донаев Бурхон, *доцент кафедры общетехнических дисциплин, КИЭИ, Узбекистан*

Абдимуминов Эркин Файзиевич, *доцент кафедры общетехнических дисциплин, КИЭИ, Узбекистан*

Аннотация. *Сформулирована идея возможности получения весовых аналогов однотипных конструктивных решений, имеющих различные размеры, нагрузки и материалы. Получены соотношения, определяющие структуру зависимости веса конструкции от всех безразмерных параметров.*

Ключевые слова*: вес оболочки (конструкции), геометрические параметры, физико-механические характеристики материала, нагрузка, деформация, критерия, весовое подобие.*

Рассматривается оболочечная конструкция, что в элементах конструкций от действия нагрузки возникают упругие деформации и что метод расчёта весовой оптимизации оболочки известен [1]. Требуется получить структуру зависимости веса оболочки от определяющих параметров. Как известно, вес любой несущей конструкции, в том числе и оболочки, зависит от величины нагрузки и её положения на конструкции, физико-механических характеристик применяемых материалов, а также от геометрической формы и размеров конструкции.

Нагрузка и её положение на оболочке в общем случае может быть определена следующими параметрами: $P_1, P_2, \ldots P_r$ (вес полезной нагрузки); d_1, d_2, ... d_t (линейны размеры, характеризующие положение полезной нагрузки на оболочке). К физико-механическим характеристикам материалов, определяющим вес оболочки, отнесем три параметра: объемный вес γ, расчётное сопротивление R и модуль упругости E. Если в конструкции оболочки использовано k материалов, то в перечень параметров, определяющих её вес, следует включить 3 k параметров. Геометрическая форма оболочки может быть определена линейными размерами и некоторыми безразмерными параметрами, характеризующими конструктивную форму оболочки. Среди всех линейных размеров оболочки большая их часть является зависимыми. Так, например, размеры b_i подкрепляемых элементов (ребра жесткости) являются зависимыми линейными размерами. Они зависят от величин и положения нагрузок $\vec{P}$, величины пролета L, высоты H оболочек, физико–механических характеристик R и E применяемого материала. Для этих размеров запишем следующую зависимость:

$$b_i = F\left(\vec{P}, L, H, R, E\right). \tag{1}$$

Конкретнее вид этой зависимости не всегда известен и его не всегда можно получить. Однако это несущественно. Важно установить факт существования этой связи по физическому смыслу задачи. Если на основе анализа удается получить связь вида (1) для какого-либо размера, то это позволяет считать размер зависимым и в дальнейшем его не рассматривать. В окончательное выражение, определяющее вес оболочки, он входить не будет. Вес оболочки (конструкции) в конечном итоге будет зависеть только от независимых линейных размеров, которые будем называть линейными параметрами конструкции оболочки.

Геометрия конструкции оболочек, помимо линейных параметров, характеризуется ещё безразмерными параметрами, такими как число ребер жесткости, число опорных балок и креплений и т.п. Таким образом, в список определяющих параметров впишем только независимые линейные параметры и безразмерные, характеризующие конструктивную форму.Пусть L - основной характерный линейный параметр конструкции оболочки; $l_1, l_2, ..., l_\rho$ - прочие линейные параметры; $\alpha_1, \alpha_2, ...\alpha_\upsilon$ - безразмерные параметры, характеризующие форму и компоновку оболочки. Таким образом, выявлена система определяющих параметров.

$$L = \Phi\left[\overline{P}, \overline{d}, \overline{v}, \overline{E}, L, \overline{l}, \overline{\alpha}\right]. \tag{2}$$

Следует отметить, что общее число параметров, входящих в систему, составляет $r + t + 3k + \rho + \nu + 1$, число размерных параметров $m = r + t + 3k + \rho + 1$, а число независимых размерностей $n=2$. В качестве независимых размерностей примем следующие комбинации:

$$|P| \text{ и } |L|, |E| \text{ и } |L|, |R| \text{ и } |L|. \tag{3}$$

Выбор независимых комбинаций определяется соображениями простоты и удобства. Удачным выбором является случай, когда в качестве независимых размерностей принимают размерности тех величин, которые реже, чем другие, изменяются при решении различных задач. В нашей рассматриваемой задаче такими величинами являются $|E|$ и $|L|$. В связи с этим размерности $|E|$ и $|L|$ приняты как независимые. На основе П – теоремы метода подобия и размерности число определяющих параметров может быть сокращено на число n независимых размерностей, если вместо принятых в системе размерных определяющих параметров ввести безразмерные комбинации из этих величин. В нашей задаче число определяющих безразмерных параметров составляет

$$m-n=m-2=r+t+3k+\rho-1. \qquad (4)$$

В качестве определяющих безразмерных параметров могут быть взяты любые из независимых комбинаций.

Соотношения (3) или (4) определяют структуру зависимости веса конструкции оболочки от всех безразмерных параметров, его определяющих. Классом решений конструкций оболочек будем называть все множество решений, характеризующихся одинаковыми числовыми значениями безразмерных параметров $\overline{\alpha}$, определяющих конструктивную форму, и произвольными значениями остальных безразмерных параметров:

$$\frac{P}{E_1 L};\quad \frac{d}{L};\quad \frac{\nu\, L}{E_1};\ \frac{e}{L}. \qquad (5)$$

Из этого определения следует, что в класс решений конструкции оболочек входят решения, отличающиеся размерами, нагрузками и материалами. Соотношение (4) для класса конструкции оболочек принимает следующий вид:

$$\frac{L}{E_1 L^2}=\Phi_3\left[\frac{\overline{P}}{E_1 L};\frac{\overline{d}}{L};\frac{\nu L}{E};\frac{R}{E};\frac{\overline{l}}{L}\right] \qquad (6)$$

Выражение (6) показывает, что параметр $\frac{L}{E_1 L}$ находится в некоторой зависимости от сравнительно небольшого числа безразмерных параметров, характеризующих размеры конструкции оболочки, нагрузку на неё и материал, из которого она изготовлена. Определенному сочетанию численных значений параметров, входящих в правую часть, будет соответствовать какое-то числовое значение безразмерного веса. Это значение будет сохраняться для того же сочетания числовых значений безразмерных параметров в том случае, если числовые значения входящих в них размерных величин будут существенно изменены. Таким образом, возможны ситуации, при которых разложенные конструктивные решения, отличающиеся размерами, нагрузками и материалами, будут иметь одинаковое числовое значение безразмерного параметра, характеризующего вес конструкции оболочки. Равенство безразмерных параметров, характеризующих различные виды оболочечных конструкций, свидетельствует о подобии этих объектов. Поэтому можно считать, подобны в весовом отношении те различные оболочечных конструкции одного класса, которые имеют одинаковое числовое значение параметра $\frac{L}{EL^2}$. В этом смысле и используется в дальнейшем термин «весовое подобие».

Чтобы сохранить весовые подобия конструктивных решений оболочек, а, следовательно, и возможность перехода от показателей одного конструктивного решения к показателям другого решения того же класса конструкции, требуется соблюдать геометрическое подобие основных линейных параметров, подобие схем нагружения конструкций и выполнение условий (6) и (7). При этих условиях вес подобных конструкций может определяться из выражения

$$\frac{L}{EL^2} = \frac{L}{E'(L')^2}\,. \qquad (7)$$

Из всего изложенного выше следует, что если удается каким-либо образом получить явную связь (аналитическую, графическую или табличную) типа (6) или (7) для одной какой-либо конкретной конструкции оболочки, то можно считать, что получено решение для целого семейства конструкций, отличающихся размерами, нагрузками, материалами. Если же удастся получить такую зависимость во всем возможном диапазоне изменения безразмерных параметров, то можно считать, что получено решение для всего класса конструкций. Связи такого рода имеют фундаментальное значение [2].

Важно также установить, имеются ли какие-либо комбинации из двух или более безразмерных параметров, которые позволят уменьшить число определяющих параметров и облегчат получение функциональной связи в явном виде.

Библиографический список

1. Кабулов, В.К. Алгоритмизация решения оптимизационных задач / В.К. Кабулов, Ш.А. Назиров, С.Х. Якубов. – Ташкент: Фан, 2008. – 204 с.

2. Якубов, С.Х. Методы и алгоритмы синтеза и анализа конструкторских и технологических решений в системе автоматизированного проектирования инженерных конструкций и сооружений. Монография / С.Х. Якубов.- М.: ИНФРА-М, 2019.-164 с.