

**К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТАТИЧЕСКИ
НЕОПРЕДЕЛИМЫХ СТЕРЖНЕВЫХ
ПОКРЫТИЙ С БОЛТОВЫМИ
СОЕДИНЕНИЯМИ ЭЛЕМЕНТОВ**

Должиков В.Н., Должиков А.В.
Филиал Московского государственного
университета сервиса
ООО Научно-производственный центр
«Югдорстрой»
Сочи, Россия

Статически неопределимые системы из металлических конструкций с болтовыми соединениями элементов широко применяются в строительстве. Целесообразность применения металлических конструкций устанавливается на основании технико-экономического анализа конструктивных решений. Таким конструкциям присуща высокая прочность, относительная легкость, технологичность изготовления и монтажа, транспортабельность.

Стремление к увеличению габаритов зданий а, следовательно, и увеличению площади покрытия в промышленных, развлекательных и спортивных сооружениях привело к расширению номенклатуры конструкций с болтовыми соединениями их элементов.

Компоновочные и конструктивные особенности таких элементов позволяют выделить монтируемые с их применением конструкции в особый класс сооружений, отличительными особенностями которых являются:

- перераспределение усилий в статически неопределимых системах вследствие неупругих смещений в соединениях элементов, вызываемых неплотной постановкой болтов в отверстия;
- влиянием на усилие в статически неопределимых системах повышенных деформаций их оснований вследствие неравномерных просадок фундаментов этих сооружений.

О важности учета отмеченных факторов свидетельствуют наблюдавшиеся на практике случаи потери несущей способности элементов, к примеру, надстроек плавучих опор для строи-

тельства мостов в результате перераспределений усилий от неучтенных перемещений. Причиной разрушения некоторых покрытий развлекательных сооружений, выполненных из металлических статических неопределимых систем с болтовыми соединениями элементов может быть также по причине неучтенных смещений на величину разности диаметров болта и отверстия и на величину смятия металла в соединении по площадке контакта болта с отверстием. Этим определяется актуальность соответствующих исследований.

Наиболее сложным вопросом расчета статически неопределимых систем является определение усилий в элементах. Решетчатые конструкции с болтовыми соединениями элементов рассчитываются в основном с учетом шарнирного соединения в узлах. При расчете таких конструкций, представляющих собой многократно статически неопределимые стержневые системы, с целью сокращения объема вычислений, часто пользуются приближенными способами, понижающими, а иногда и полностью исключаящими степень статической неопределимости.

Выполненный обзор научно-исследовательских работ в области решетчатых каркасных конструкций свидетельствует о существенном влиянии деформативности болтовых соединений на перераспределение внутренних усилий в элементах. Столь значительное влияние смещений в соединениях вынуждает весьма внимательно подходить к проектированию и расчету решетчатых конструкций, элементы которых соединяются на болтах нормальной точности.

Смещение в болтовых соединениях решетчатых конструкций учитываются посредством замены модулей упругости E на модуль линейной деформации E_{Δ} элементов, определяемые через модули деформаций болтовых соединений в начале $E_{C,1i}$ и в болтовых $E_{C,2i}$ i -го элемента.

Модуль деформации болтового соединения $E_{C,i}$ при усилиях N_i в i -том элементе запишется как:

$$E_{ci} = \frac{N_i}{\Delta i} = \frac{T_i + S_i(\Delta_{cm})}{U + V + \Delta_{cm}}$$

где T_i -- сила трения в соединениях i -го элемента;

$S_{i(\Delta_{cm})}$ - эмпирическая зависимость при работе соединения на смятие [2];

U - сдвиг в соединении на разность номинальных диаметров болта и отверстия;

V - допускаемые отклонения от номинальных диаметров болта и отверстия;

Δ_{cm} -- неупругая деформация смятия.

Для соединений на высокопрочных болтах, в случае использования последних как несущих, сила трения T_i определяется по формуле:

$$T_i = N_H f(B_0 + B_1 \Delta_{cm}),$$

где N_H -- нормативное усилие натяжения болта;
 f -- коэффициент трения;

B_0, B_1 -- эмпирические параметры, значения которых для низколегированной и углеродистой стали, приводятся в таблице [2].

Изменение Δl_1 расстояний между центрами узлов i -го элемента определяется как сумма упругой деформации Δl_{1i} и Δl_{2i}

$$\Delta l_1 = \Delta l_{y1} + \Delta l_{1i} + \Delta l_{2i},$$

$$\Delta l_i = N \left(\frac{l_i}{EF_i} + \frac{1}{E_{c,1i}} + \frac{1}{E_{c,2i}} \right)$$

или

Отсюда модуль линейной деформации i -го элемента

$$E_{\varepsilon i} = \frac{l_i E E_{c,1i} E_{c,2i}}{EF_i E_{c,1i} + EF_i E_{c,2i} + l_i E_{c,1i} E_{c,2i}}$$

Допуская, что величины смещений в соединениях в начале Δl_{1i} и конце Δl_{2i} i -го элемента одинаковы, модуль деформации элемента будет определяться по формуле:

$$E_{\varepsilon i} = \frac{l_i E E_{c,i}}{2EF_i + l_i E_{c,i}}$$

Расчет ведется методом итерации с поэтапным уточнением усилий в элементах статически неопределимых систем. Итерационный процесс можно выполнять, также уточняя напряжения σ_i в i -том элементе. В этом случае формула для определения модуля деформации будет иметь вид:

$$E_{\varepsilon i} = \frac{E}{\frac{2E\Delta l_i}{l_i \sigma_i} + 1}$$

В первом приближении значения $E_{\varepsilon i}$ определяется по напряжениям в конструкции с не смещающимися узлами.

Таким образом, замена модуля упругости на модуль линейной деформации позволит учесть смещения в болтовых соединениях при расчете многократно статически неопределимых систем и избежать перераспределений усилий в элементах, приводящих к разрушению конструкций.

МИНИМИЗАЦИЯ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Егунов В.П., Суетов А.В.

*Самарский государственный архитектурно-строительный университет,
Самара, Россия*

Первые аппаратурные реализации термического анализа (более полутора веков назад) осуществлялись путем погружения исследуемого образца с термочувствительным элементом в

предварительно нагретую печь и регистрации темпа его нагрева. Низкая чувствительность такой схемы привела к появлению так называемой дифференциальной схемы, когда в нагреваемую печь помещаются помимо тигля с исследуемым образцом второго тигля с веществом не имеющим никаких превращений («эталон») в интервале заданных температур. Регистрация одновременно с температурой образца и разности температур между образцом и эталоном (дифференциальная кривая) позволила существенно (на порядки) повысить чувствительность метода. Однако, необходимость помещения в печи двух тиглей, причем в максимально идентичных тепловых условиях и одновременно минимально влияющих друг на друга отразилась на размерах, мобильности и потребляемой печью мощности.

Размещение образца и эталона в отдельные синхронно управляемые печи уменьшила потребляемую мощность, увеличила «мобильность» и «разрешающую способность» метода.

Замена одной из печей (эталона) специальным образом сформированным электрическим сигналом позволила реализовать так называемый