

Выводы В результате проведенных исследований использования структурных систем предложено конструктивное решение узлового соединения, которое обладает преимуществами по сравнению с существующими. В результате существенно снизились вес элементов, стоимость и трудоемкость работ

Проведенный анализ применения структурных конструкций с узлом «БрГТУ» на базе строительных коэффициентов показал высокий экономический эффект.

Узлы такого типа применены в структурных покрытиях летнего театра в парке культуры и отдыха г. Бреста, ледовой арены в г. Пружаны и других сооружений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Трущев А.Г. Пространственные металлические конструкции.
2. Драган В.И., Шалобыта Н.Н. К вопросу эффективности узлового соединения структурных конструкций / Вестник БрГТУ. – 2009. №1: Строительство и архитектура. – с 127-129.
3. Трофимов В.И., Бегун Г.Б. Металлические конструкции

УДК 693.22.18

Хвусевич А.В.

Научный руководитель: проф Драган В.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛА ТИПА «БрГТУ»

Как известно [1] решетчатые конструкции эффективно используются при создании различного рода покрытий плоских, пространственных, криволинейных и т.д. Системы образованные пересечением плоских ферм в двух, трех и более направлениях составляют так называемые структуры.

Основным элементом структур является их узловое соединение. Создание эффективного узла структуры обеспечит простоту ее монтажа, прочность, надежность, позволит снизить материалоемкость.

Известно множество конструктивных решений узловых соединений [2]. Все они имеют как достоинства так и недостатки. Одно из эффективных конструктивных решений имеет узел «БрГТУ» [3].

С целью обеспечения прочности и надежности узла, снижения материалоемкости структур, целесообразно исследовать его напряженно-деформируемое состояние (НДС).

Узел имеет сложную геометрическую форму и представляет собой полый шар с отверстиями (рис. 1). Нагрузка передается через болты шайбы и гайки, которые соединяют стержни структуры с полым шаром.

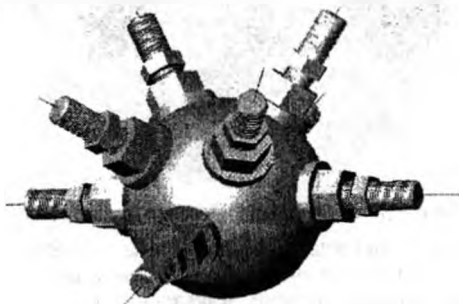


Рис. 1. Конструкция узла системы «БрГТУ»

Для исследования НДС узла необходимо поставить и решить пространственную задачу теории упругости. С этой позиции рассматривается толстостенная оболочка с отверстиями, по контуру которых приложена распределенная нагрузка заданной интенсивности. Решить такую задачу методами теории упругости чрезвычайно сложно. Поэтому решение осуществляли численно с помощью метода конечных элементов, а так же экспериментально методом тензометрии

В настоящее время известно много программных продуктов, основу которых составляют пакеты моделирования и конечно элементного анализа конструктивных элементов. Одним из таких пакетов является MSC/Nastran, который позволяет создать полноценную конечно-элементную модель и выполнить разнообразные виды расчетов. Этот пакет был использован для анализа НДС оболочки.

В виду сложной геометрии разбиение тела на конечные элементы осуществляли вручную. При разбиении использовали физическую и геометрическую симметрию модели. Для аппроксимации тела потребовалось 22002 конечных элементов и 26002 точек.

Нагрузку прикладывали по контуру в месте соприкосновения шайбы с поверхностью тела. Равнодействующая нагрузки $Q=100$ кН. Для равномерного распределения нагрузок по контурам окружностей, заменяющих шайбы, определяли значения равнодействующих распределенных нагрузок для каждого из контуров $Q_1...Q_8$.

После создания геометрии, выбора типа и параметров конечных элементов, разбиение тела на конечные элементы и задания нагрузок был выполнен расчет НДС при двухосном растяжении и сжатии оболочки. Распределение напряжений для двухосного растяжения представлено на (рис.2). Результаты дают визуальное отображение эквивалентных напряжений в МПа, которые изображаются разными цветами в зависимости от интенсивности напряжений.

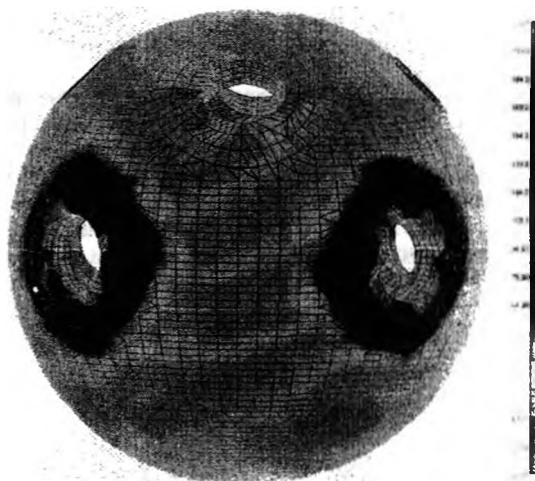


Рис.2. Напряженное состояние оболочки при двухосном растяжении

Наиболее напряженной оказалась область в зоне отверстий под шайбами с максимальными эквивалентными растягивающими напряжениями равными 139,2 МПа, с удалением от места приложения нагрузки эквивалентные напряжения уменьшаются до уровня 19 МПа.

Проведен расчет оболочки при двухосном сжатии (рис.3). Наибольшие эквивалентные сжимающие напряжения отмечены так же в области отверстий и достигают величины около 127 МПа

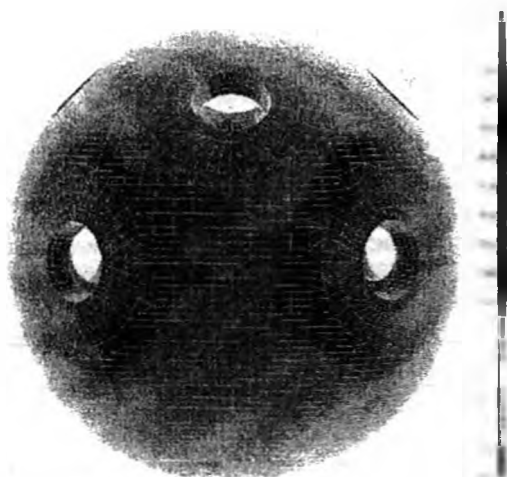


Рис.3. Напряженное состояние оболочки при двухосном сжатии

Анализ НДС оболочки при изменении двухосного растяжения на двухосное сжатие показал различие в знаках напряжений и их пропорциональное распределение, в зависимости от вида нагружения.

Кроме простых видов деформаций, исследовано НДС и при двухосном растяжении сжатии оболочки (рис.4). Анализ результатов вычислений показал, что при сложном нагружении напряженное состояние является более опасным. Так растягивающие напряжения в 1,72 раза больше, чем при двухосном растяжении, однако, сжимающие напряжения, больше при сжатии. Таким образом, для узла наиболее опасным является одновременное действие растяжения и сжатия (двухосное растяжение и сжатие)

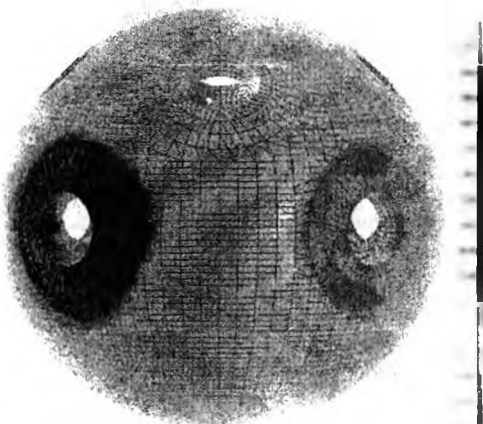


Рис.4 Напряженное состояние оболочки при двухосном растяжении и сжатии

Кроме численного метода НДС оболочки определили экспериментально, методом тензометрирования.

Исследование узлов осуществляли с помощью машины ИР5145-500 используемой для испытания образцов на растяжение и сжатие. Сначала с помощью тензостанцита типа «АИД» определяли деформации в наиболее напряженных областях оболочки. Напряжения определяли с использованием закона Гука.

$$\sigma = \Delta\phi \cdot E \cdot k_p$$

где $\Delta\phi$ - абсолютные деформации стали (определены тензометрированием), $E=2.06 \cdot 10^5$ МПа - модуль упругости стали, k_p - коэффициент тензочувствительности.

Испытания проводили при растяжении, сжатии, растяжении с поперечным сжатием. НДС при двухосном напряженном состоянии создавали напряжением силовых гаек и усилиями машины ИР5145-500. По результатам испытаний построены эпюры напряжений в параллельном и меридиальном сечениях оболочки для всех видов нагружений.

Сравнение результатов численного решения с значениями напряжений и деформаций полученных экспериментально показало незначительную погрешность (табл.1), что свидетельствует о достоверности используемых методов.

Таблица 1

$\sigma_{эксп}$, МПа	$\sigma_{числ}$, МПа	Погрешность
140.8	139.2	1.16
71.1	94.33	24.63

На рис.5 показаны эпюры напряжений при более опасном нагружении узла - растяжении и сжатии.

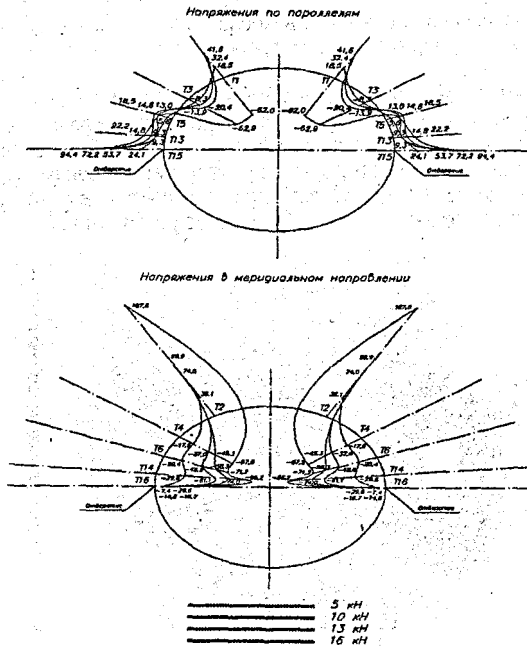


Рис.5. Эпюры напряжений оболочки при двухосном напряженном состоянии

Выводы: Поставлена и численно решена задача теории упругости для массивной оболочки с отверстиями. В результате получены поля напряжений и деформаций в любых сечениях тела.

Достоверность полученных результатов подтверждена экспериментальным методом.

В результате разработана эффективная методика определения напряженно-деформированного состояния узловых соединений структур, которая позволяет проектировать такие элементы с максимальной прочностью, жесткостью и минимальной материалоемкостью.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Трущев А.Г. Пространственные металлические конструкции
2. Драган В.И., Шалобыта Н.Н. К вопросу эффективности узлового соединения структурных конструкций / Вестник БрГТУ. – 2006. №1: Строительство и архитектура – с.127-129
3. Шимкович Д.Г. Расчет конструкций в MSC/Nastran/ - М 2001

УДК 681.3.624.04

Игнатов А.Ю.

Научный руководитель: доц. Игнатьюк В.И.

УЧЕБНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА РАСЧЕТА ДВУХШАРНИРНЫХ АРОК НА СТАТИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ

Учебные компьютерные программы в строительной механике должны способствовать эффективному изучению методов расчета и работы сооружений, облегчая трудоемкие вычислительные процессы, уменьшая объем ручных вычислений и представляя при этом необходимые условия и возможности для закрепления принципов методов расчета, для более глубокого познания физической сути этих методов, физических основ работы сооружений, а также возможности для выполнения исследований работы и поведения сооружений при различных их параметрах и характеристиках [1].

В задачах расчета сооружений можно выделить две стороны, одна из которых представляет суть и физические основы методов расчета и работы сооружений, а вторая связана с математической реализацией методов расчета и большими (в той или иной степени) объемами вычислений.

При создании учебных компьютерных программ самым сложным является нахождение наиболее оптимального соотношения двух сторон в методе расчета, которое позволяло бы с одной стороны, максимально облегчить математические вычисления и уменьшить их объем, а с другой стороны, максимально сохранить его сущность физическую сторону. Решение этой проблемы требует глубокого анализа метода расчета, в результате которого метод разделяется на две части. Одна из этих частей, менее трудоемкая с вычислительной точки зрения, но несущая в себе большой физический смысл, раскрывающая сущность метода и способствующая его глубокому познанию, должна выполняться вручную. Другая же, менее информативная, но более трудоемкая, содержащая большие объемы трудоемких вычислений, передается программе и ПЭВМ.

С другой стороны, современная компьютерная техника и системы программирования представляют большие возможности для создания эффективных учебных программ, включая возможности создания диалогового режима ввода исходной информации, обработки и анализа промежуточных и окончательных результатов решения задачи: широкие возможности графического представления данных и результатов расчета на всех этапах решения задачи; возможности создания удобного интерфейса работы с программой и разветвленной помощи.

Для создания программы «Arka2» использована современная система визуального программирования Delphi 7, позволяющая в полной мере использовать возможности и ресурсы современных ПЭВМ, создавать качественные и надежные Windows-приложения.

На основе таких подходов и позиций составлена учебная компьютерная программа «Arka2».