

Государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования
Московский государственный строительный университет
Ассоциация московских вузов

ОТЧЕТ

о выполнении подраздела мероприятий по социальному обслуживанию населения в
части предоставления образовательных услуг жителям города Москвы
Подраздел № 11.5.1.3. *«Научные методы разработки и инновационных технологий
исследования и применения новых строительных материалов»*
(номер и название мероприятия в соответствии с заявкой)

Научный руководитель подраздела Фриштер Л.Ю. доцент
Ответственный исполнитель инженер Шубин И.Л.
(Разработанные научно – образовательные материалы)

Поляризационно-оптические методы.

Применяются для анализа напряженно-деформированного состояния конструкций и сооружений на основе измерения оптических параметров прозрачных материалов, обладающих ярко выраженным оптическим свойством - оптической чувствительностью (например, к механическим напряжениям).

В основе всех поляризационно-оптических методов – явление двойного лучепреломления, состоящее в том, что прозрачные материалы под действием механических напряжений становятся оптически анизотропными. Соответствующие оптические величины могут быть измерены специальными приборами- полярископами.

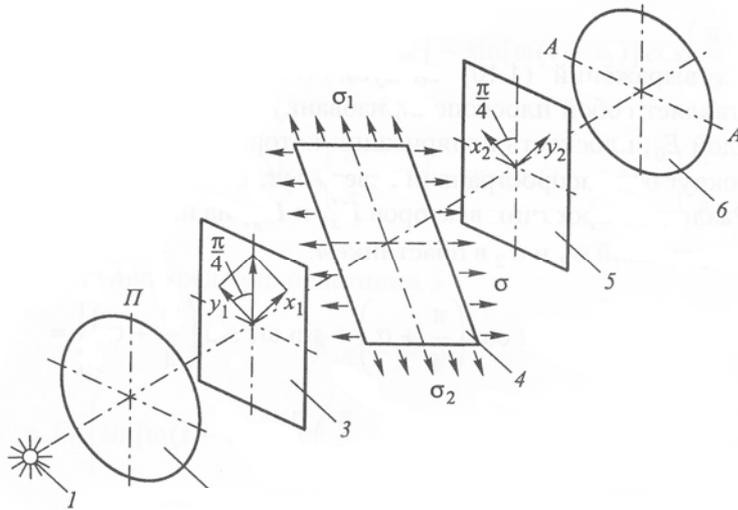


Схема распространения света через нагруженный элемент в круговом полярископе:
 1- источник света; 2- поляризатор;
 3,5 – четвертьволновые пластинки;
 4- нагруженная пластинка; 6-анализатор

Закон Вертгейма:

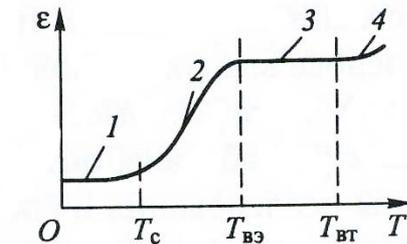
$$\sigma_1 - \sigma_2 = m \frac{\sigma_0^{1.0}}{h}$$

$h - \text{длина волны}$

$\sigma_0^{1.0} - \text{оптический эффект}$

$m - \text{коэффициент}$

$i - \text{индекс}$



Термомеханическая кривая полимеров ЭД-6-МА

Метод размораживания вынужденных деформаций, использующий процедуру предварительного замораживания элементов модели с последующим размораживанием всей модели, является эффективным, универсальным и перспективным методом моделирования напряжений от заданных вынужденных деформаций в зоне концентрации напряжений.

Отчет содержит основные результаты научно-исследовательской работы, проводимой под научным руководством доцента кафедры ВМ д.т.н. Фриштер Л.Ю., ответственным исполнителем Шубиным Л.Ю.

В представленном отчете экспериментально методом фотоупругости исследуется напряженное состояние тонкой сферической оболочки в области конструктивной неоднородности - системы отверстий (технологических проходов) различных диаметров и взаиморасположения под действием внутреннего давления.

Целью работы является получение и изучение напряженного состояния оболочки в зоне конструктивной неоднородности для определения необходимой толщины подкрепляющих накладок (упрочняющих покрытий), снимающих концентрацию напряжений вокруг отверстий.

С этой целью определены:

- особенности поля напряжений в окрестности неподкрепленного и подкрепленного отверстий большого диаметра с учетом влияния кривизны тонкой сферической оболочки,
- поле напряжений в окрестности группы неоднородностей в виде отверстий и жестких включений с учетом влияния кривизны оболочки
- взаимное влияние отверстий на поле напряжений в тонкой сферической оболочке.

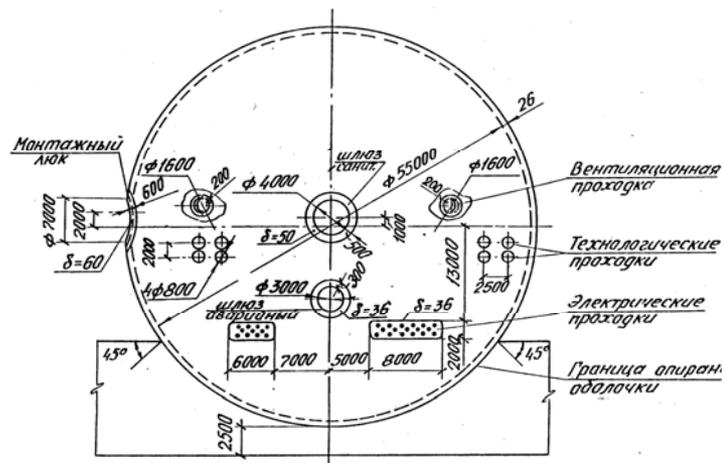
Для решения этих задач применяется двухмасштабное геометрическое моделирование с использованием аффинно - геометрического подобия, теоретический анализ напряженного состояния сферической оболочки методом асимптотического интегрирования.

На основании разработанной методики моделирования определены толщины подкрепляющих накладок (упрочняющих покрытий), снимающих концентрацию напряжений, вызванную конструктивной неоднородностью в тонкой сферической оболочке.

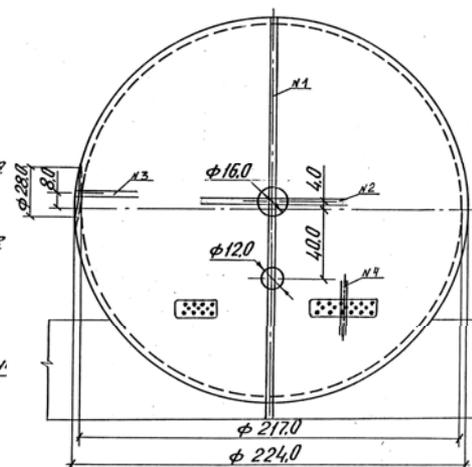
Исследования проводились в научно-исследовательском институте экспериментальной механики МГСУ поляризационно-оптическим методом.

Исследование локального напряженно-деформированного состояния упрочняющих покрытий

Исследовано напряженное состояние тонкой сферической оболочки в области конструктивной неоднородности – системы отверстий (технологических проходок) различных диаметров и взаиморасположения под действием внутреннего давления. Полученное экспериментальным методом фотупругости напряженное состояние позволяет определить необходимую толщину подкрепляющих накладок (упрочняющих покрытий), снимающих концентрацию напряжений, вызванную конструктивной неоднородностью.



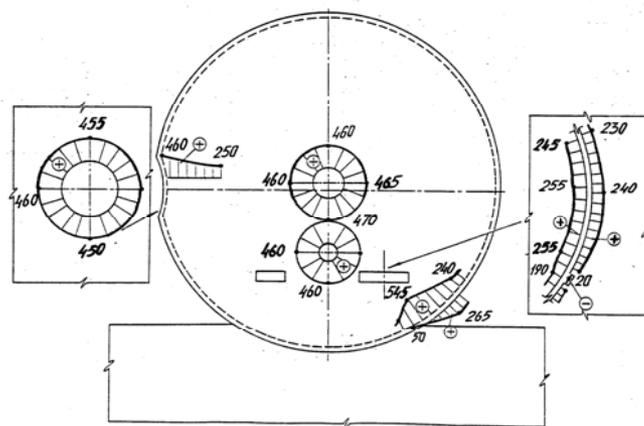
Конструкции тонкой металлической оболочки



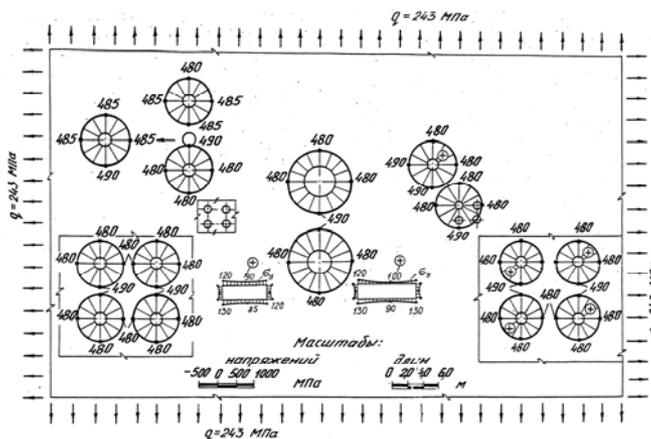
Чертеж объемной модели сферической оболочки. Схема разрезки на срезы



Фото модели оболочки. Модель в стадии склейки. Подкрепляющие накладки в зоне отверстий не приклеены



Эпюра контурных напряжений (МПа) в сечениях оболочки, нагруженной внутренним давлением 0,46 МПа



Эпюры контурных напряжений вокруг отверстий – проходок (без подкрепления). Эпюры σ_y в накладках отверстий

Экспериментально на модели при двухосном растяжении получены напряжения в зоне отверстия наибольшего диаметра $d_{max} = D/8$ с подкреплением в виде круговой накладки.

Подкрепление в зоне отверстий снижает уровень максимальных контурных напряжений с 480 МПа до 220 МПа.

3.4. Заключение

- Исследовано напряженное состояние тонкой сферической оболочки в области конструктивной неоднородности - системы отверстий (технологических проходок) различных диаметров и взаиморасположения под действием внутреннего давления. Полученное экспериментальным методом фотупругости напряженное состояние позволяет определить необходимую толщину подкрепляющих накладок (упрочняющих покрытий), снимающих концентрацию напряжений, вызванную конструктивной неоднородностью.
 - 1. Получено экспериментально поле напряжений в окрестности наибольшего неподкрепленного отверстия в шаровой оболочке.
 - 2. Получено поле напряжений возле аналогичного подкрепленного накладкой отверстия. Выявлено, что учет подкрепления снимает уровень напряжений практически в два раза.
 - 3. Показано экспериментально на объёмной и плоской моделях, что при рассматриваемых диаметрах отдельного отверстия в оболочке её кривизна не влияет на форму поля напряжений и величину в срединной поверхности оболочки.
 - 4. Экспериментально получено поле напряжений в зонах оболочки, содержащих группы неоднородностей в виде системы отверстий и жестких включений. Показано, что максимальное напряжение в накладках (упрочняющих покрытий) практически нигде не превышает значений напряжений в оболочке без отверстий.
 - 5. Показано, что при рассматриваемом размере области, содержащей неоднородности, кривизна оболочки не влияет на вид её поля напряжений в срединной поверхности оболочки.
 - 6. Дано теоретическое исследование проблемы моделирования поля напряжений возле заделки в очень тонкой сферической стальной оболочке.
 - 7. Определены верхние оценки величины напряжений от изгиба в зоне заделки оболочки и установлено, что суммарное напряжение в зоне заделки превосходит предел текучести стали на . Это требует проведения специальных конструктивных мероприятий по усилению оболочки в зоне контакта со стилобатной частью.

2.4.4. Анализ новизны созданных научных и технологических решений
2.6.4. Анализ направлений и масштабов использования полученных результатов.
Практическая значимость результатов работы

Разработанный теоретико-экспериментальный подход исследования локального напряженно-деформированного состояния оболочки в зоне конструктивной неоднородности может быть применен при исследовании проблем прочности оболочечных конструкций с учетом концентрации напряжений в областях технологических проходов, а также в области опирания на основание - стилобатной части.

Проведенные исследования являются составной частью решения проблемы прочности, безопасной и эффективной работы металлических защитных оболочек.

Полученные в процессе выполнения работы новые научные данные могут быть использованы при проектировании конструкций тонких сферических оболочек с применением подкрепляющих накладок (упрочняющих покрытий), снимающих концентрацию напряжений в зоне отверстий различного диаметра и взаиморасположения.

Полученные в процессе выполнения работы новые научные данные будут использоваться при подготовке дипломированных специалистов по направлению «Строительство», в том числе в учебном процессе по дисциплинам строительные конструкции, строительство атомных электростанций и промышленное гражданское строительство.