

Technologies” (IT&QM&IS) September, 23-30, 2017 St. Petersburg, Russia, 2017. – ISIN 978-1-5386-0703-9. – Стр. 226.

3. Kudayeva F.K., Kaygermazov A.A., Edgulova E.K., Bechelova A.R., Tkhabisimova M.M., Kerefov M.A. Study of Spherically Symmetric Hypothermia and Biological Cryodestruction Tissues Using matlab/ Proceedings of the 2017 International Conference “Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies” (IT&QM&IS) September, 23-30, 2017 St. Petersburg, Russia, 2017. – ISIN 978-1-5386-0703-9. – Стр. 388.

УДК 539.3: 620.171.5

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ЧИСЛЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ ПЛАСТИНЫ С ОВАЛЬНЫМ ВЫРЕЗОМ И ТРЕЩИНАМИ ПО КОНТУРУ

Лазарев А.А.

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Цель работы – экспериментальная проверка численного решения, полученного с использованием программного комплекса SCAD. В качестве экспериментального метода исследования напряжений применён метод фотоупругости.

В обоих случаях исследовалась модель из поляризационно-оптического материала – оргстекла марки Э2 (модуль упругости $E = 3500$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,4$, цена полосы по напряжениям $\sigma_0^{1,0} = 1650$ кПа·см) с габаритными размерами 93мм×84мм×6мм. Элемент ослаблен овальным вырезом на пересечении осей симметрии. К контуру отверстия под разным углом сделаны пропилы, имитирующие трещины, в количестве десяти штук. Модель приведена на рисунке 1, цифры 1–10 – номера трещин-пропилов.

Численный расчёт. Методом конечных элементов (МКЭ) с использованием программного комплекса «SCAD» выполнен расчет плоской модели, описанной выше. Конечно-элементная схема расчетной модели и вид нагружения приведены на рисунке 2. Модель нагружена сжимающей номинальной нагрузкой $q_0=10,75$ кН/м в вертикальном направлении. Вертикальная ось симметрии закреплена от горизонтальных смещений, а горизонтальная – от вертикальных. Модель имела квадратную базовую сетку с размером ячеек 1х1 мм. В зоне вершин трещин размер ячеек сетки уменьшен и составляет 0,25х0,25 мм.

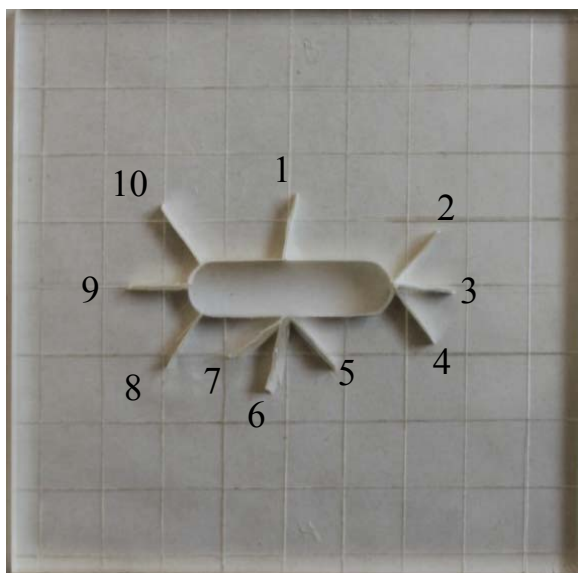


Рисунок 1 – Исследуемая модель

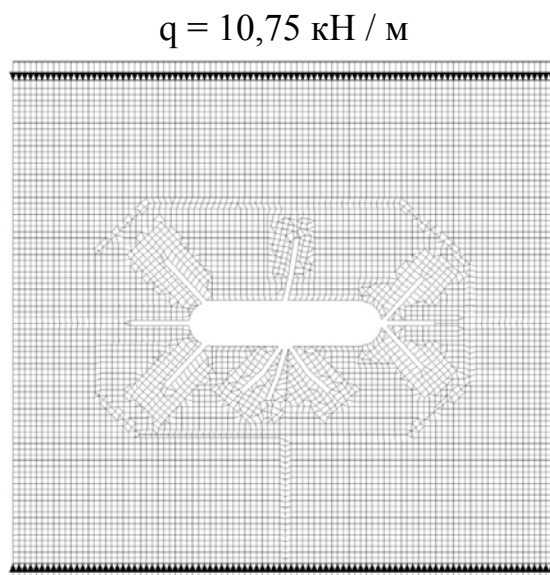
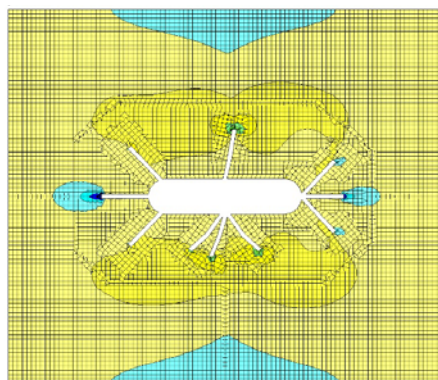


Рисунок 2 – Схема нагружения расчетной модели

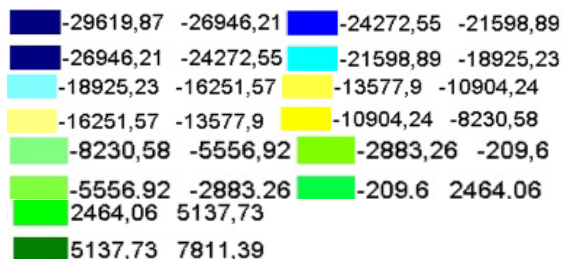
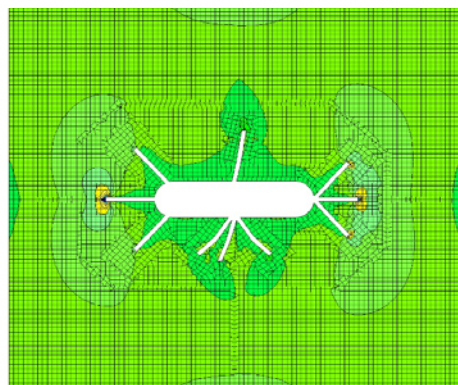
На рисунке 3 представлены поля напряжений σ_1 , σ_2 , и τ_{xy} в модели. Анализируя полученные результаты можно отметить, что зона влияния концентраторов не велика, напряжения в мо-

дели довольно быстро выравниваются и становятся равномерными. У вершин горизонтальных трещин-пропилов отмечены наибольшие значения напряжений. Максимальное напряжение наблюдается у вершины трещины № 3 ($\sigma_{\max} = 16,1$ МПа). У вершин трещин № 2 и 4 напряжения значительно выше, чем у трещин № 10 и 8, что, по-видимому, объясняется тем, что трещина № 9 является одиночной с незначительным влиянием трещин № 10 и 8, а трещины № 2, 3 и 4 работают как единый концентратор с перераспределением напряжений в зоне вершин. Напряжения у вершин трещин, расположенных вблизи горизонтальной оси модели отрицательные, в то время как у вершин трещин, расположенных вблизи вертикальной оси - положительные.

Напряжение σ_1 , кН / м²



Напряжение σ_3 , кН / м²



Напряжение τ_{xy} , кН / м²

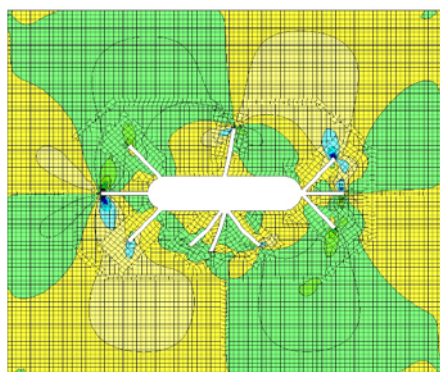


Рисунок 3 – Поля напряжений, полученные программным комплексом SCAD

Физический эксперимент. Для проверки результатов численного эксперимента выполнен фотоупругий анализ модели, приведённой на рисунке 1. При прямом просвечивании модели в белом свете на установке ППУ-7 получены картины полос интерференции [1]. Интерфе-

ренционная полоса соединяет между собой точки с одинаковой разностью главных в плоскости напряжений. На Рисунке 4 представлена картина полос интерференции при нагрузке, соответствующей численному эксперименту. Цифрами 0 – 3 обозначены номера полос.

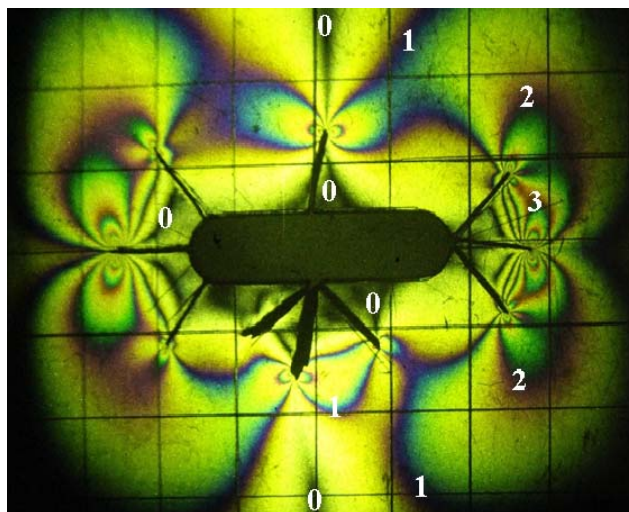


Рисунок 4 – Картина полос интерференции

С помощью картины полос интерференции определены напряжения у вершин трещин – пропилов (порядок интерференционной полосы умножают на цену полосы по напряжениям с учётом толщины модели). Такой подход к определению величин напряжений на контуре отверстий более подробно описан и применён ранее в других работах [2, 3].

Некоторые выводы по результатам исследований. В данной работе моделируется влияние трещин, возникающих по контуру отверстий в элементах конструкций, на напряженное состояние элемента. Рассмотрена возможность использования программного комплекса SCAD для решения задач с трещинами.

Отмечено, что вертикальные и близкие к ним трещины более опасны для прочности конструкции, так как напряжения у их вершин растягивающие, хотя и имеют меньшие значения, чем у вершин горизонтальных пропилов.

С помощью поляризационно-оптического метода выполнена экспериментальная проверка напряжений, вычисленных на основе программного комплекса «SCAD». Это позволило отметить, что результаты расчётов численных методов сильно зависят от размера ячейки базовой сетки вблизи острых концентраторов. При достаточно мелкой сетке напряжения получаются значительно больше, чем в реальной модели. Это необходимо учитывать при проведении расчетов конструкций.

Следует отметить, что расчётная модель для SCAD многократно уточнялась, менялась разбивочная сетка, вблизи вершин трещин ячейки разбивались дополнительно. Все эти меры не позволили максимально приблизиться к физическому эксперименту. Исходя из этого, можно заключить, что программный комплекс SCAD не позволяет точно оценить напряжённое состояние вблизи таких концентраторов, как трещины. Ранее, аналогичное исследование по оценке целесообразности применения программного комплекса SCAD для исследования концентрации напряжений вблизи угловых вырезов в плоских элементах, позволило заключить, что уменьшение разбивочной сетки не позволяет достичь соответствия с физическим экспериментом [4]. Исходя из этого, можно заключить, что для оценки напряжённого состояния и концентрации напряжений вблизи таких концентраторов, как трещины и угловые вырезы следует рассмотреть возможность применения других программных комплексов, основанных на методе конечных элементов, с целью выбора программы, корректно определяющей напряжения вблизи перечисленных концентраторов.

Список использованных источников

1. Александров А.Я., Ахметзянов М.Х. Поляризационно-оптические методы механики деформируемого тела. Москва, Наука, 1973. – 576 с.
2. Tabanyukhova M.V. Photoelastic analysis of change mode I stress intensity factor in elements with angular notches / M.V. Tabanyukhova, V.V. Pangaev // In Proceedings of 16th European Conference of Fracture. Alexandroupolis, Greece, 2006. – P. 447-448.
3. Албаут Г.Н. Модельное определение концентрации напряжений в элементах строительных конструкций с угловыми вырезами / Г.Н. Албаут, М.В. Табанюхова // Известия вузов. Строительство, 2006. – №10. – С. 107-112.
4. Албаут Г.Н. К вопросу об определении коэффициентов интенсивности напряжений в элементах строительных конструкций / Г.Н. Албаут, В.В. Пангаев, М.В. Табанюхова, Н.В. Харина // Известия вузов. Строительство, 2005. – №1. – С. 97-102.

УДК 66.045.53+621.175

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ В ГРАДИРНЕ

Лантева Е.А., Лантев А.Г.

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Рассмотрена задача определения тепловой эффективности по жидкой и газовой фазам в противоточных пленочных градирнях. Из совместного решения уравнения теплового баланса и выражений тепловой эффективности по жидкой и газовой фазам, установлено соотношение между эффективностями охлаждения воды и нагрева воздуха в блоках оросителей. Получено выражение для минимальной скорости воздуха при заданной тепловой эффективности.

Ключевые слова: структура потока, регулярные насадки, пленочные градирни, тепловая эффективность.

Исследование выполнено в рамках научного проекта РНФ 18-79-10136.

Основной задачей при теоретических исследованиях любых теплообменных аппаратов, в том числе и градирен, является достоверное определение эффективности проводимых процессов. Эффективность, как тепло, так и массообменного процесса чаще всего выражается исходя из достигнутых показателей (концентраций, температур, энтальпий), к максимуму возможно. Например, в теории массопередачи такая эффективность называется эффективностью по Мерффрибарботажных тарелок или коэффициентом извлечения в насадочных абсорберах [1,2].

Тепловая эффективность по охлаждаемой воде в противоточной градирни выражается в виде [3]

$$E_{\text{ж}} = \frac{t_{\text{н}} - t_{\text{к}}}{t_{\text{н}} - t^*}, \quad (1)$$

где $t_{\text{н}}, t_{\text{к}}$ – начальная и конечная температуры охлаждаемой воды; t^* – температура воздуха по мокрому термометру на входе в аппарат. Знаменатель в отношении (1) характеризует теоретический предел охлаждения воды. Известно, что большинство промышленных градирен имеют невысокую эффективность ($E_{\text{ж}} = 0,2 - 0,5$), особенно в летнее время.

Аналогично отношению (1) запишем тепловые эффективности по газовой (воздушной) фазе в виде отношений энтальпий и влагосодержаний

$$E_{\text{г}} = \frac{I_{\text{к}} - I_{\text{н}}}{I_{\text{к}}^* - I_{\text{н}}}, \quad E_{\text{х}} = \frac{x_{\text{к}} - x_{\text{н}}}{x_{\text{к}}^* - x_{\text{н}}}, \quad (2)$$

где $I_{\text{н}}, I_{\text{к}}$ – начальная и конечная энтальпия влажного воздуха, Дж/кг; $I_{\text{к}}^*$ – значение энтальпии влажного воздуха на выходе из блока контактных устройств градирни на линии насыщения при температуре воды на входе $t_{\text{н}}$; $x_{\text{к}}, x_{\text{н}}$ – влагосодержания насыщенного воз-