

Таким образом, величина допустимой глубины вмятины составляет 60,01 мм, при которой возникают недопустимые пластические деформации, и резервуар необходимо выводить в ремонт.

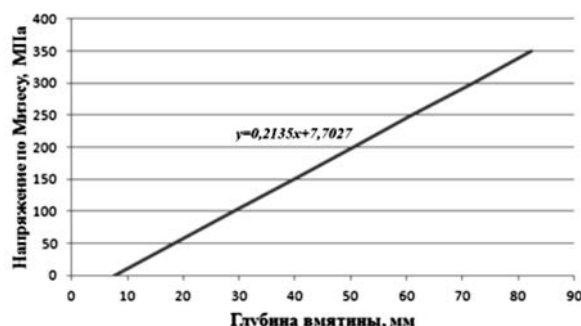


Рис. 4. Зависимость напряжений от глубины вмятины (y – глубина вмятины, x – напряжение по Мизесу)

Таким образом, на основе результатов технической диагностики было определено НДС резервуара РВСП-5000. Установлено, что для обнаруженной вмятины в стенке резервуара выполняется условие прочности и область стенки резервуара с вмятиной не переходит в область пластических деформаций. Найдено значение допустимой глубины вмятины (60,01 мм), при котором возникают недопустимые пластические деформации.

Литература

1. Галеев В.Б. Аварии резервуаров и способы их предотвращения. – Уфа: ГУП «Уфимский полиграфкомбинат», 2004. – 164 с.
2. Евдокимов В.В., Труфанов Н.А., Сметанников О.Ю. Дифференцированный подход к определению допустимых размеров вмятин на поверхности стенки вертикальных цилиндрических резервуаров // Промышленное и гражданское строительство. – 2006 г. – №6. – С.73.
3. Могильнер Л.Ю. Расчет допустимых условий эксплуатации стенки резервуара с дефектами геометрии на основе данных технического диагностирования // Трубопроводный транспорт. – 2009 г. – №4. – С.64.
4. РД-23.020.00-КТН-296-07 Руководство по оценке технического состояния резервуаров ОАО «АК «Транснефть». – Введ. 2007-11-02. М.: Транснефть, 2007 – С.135.
5. РД 08-95-95 Положение о системе технического диагностирования сварных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов. – Введ. 1995-09-01.: АО «ВНИИМонтажспецстрой», 2013 – С.19.
6. Руководство по безопасности вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов. – М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2013. – 240 с.

ЗАДАЧА БЛАЗИУСА И ЕГО РЕШЕНИЕ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОЛЯ СКОРОСТИ БЕЗГРАДИЕНТНОГО ТЕЧЕНИЯ

До Тхи Тху Хиен

Научный руководитель, профессор С. Н. Харламов

Национальный исследовательский томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время решение нестационарных задач несжимаемого пограничного слоя является весьма актуальным направлением научных исследований. Задача Блазиуса возникает как вспомогательная при моделировании обтекания бесконечно тонкой пластины потоком вязкой несжимаемой жидкости. Задача Блазиуса представляет собой нелинейное обыкновенное дифференциальное уравнение третьего порядка с краевыми условиями для полу-бесконечного интервала. Данная задача может рассматриваться как модельная для развиваемого метода редукции нелинейной задачи с полу-бесконечного интервала к конечному.

Рассмотрим модельную задачу об обтекании вязкой несжимаемой средой неподвижной тонкой пластинки (рис. 1), установленной вдоль набегающего потока. Будем считать, что скорость течения такова, что пограничный слой является ламинарным. Течение среды описывается уравнениями Навье – Стокса [3].

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right), \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right), \\ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

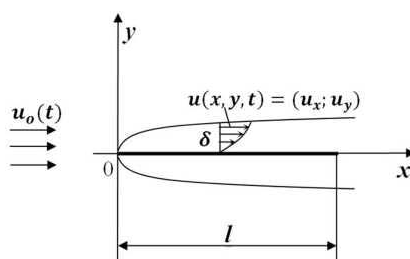


Рис. 1. Пограничный слой на обтекаемой пластинке

где ν – коэффициент кинематической вязкости; ρ – плотность среды, которая полагается постоянной; u, v или u_x, u_y – продольная и поперечная компоненты скорости; $p = p(r, t)$ – давление в точке $r = (x, y)t$.

Уравнения (1) дополняются граничными условиями прилипания на поверхности обтекаемой пластинки и условиями затухания возмущений при удалении от нее. Из уравнения 1 можно получить систему уравнений движения в ламинарном слое – уравнения Прандтля на основе оценок-гипотез о порядке различных членов.

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}, \\ \frac{\partial p}{\partial y} = 0, \\ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0, \end{cases} \quad (2), \quad \begin{cases} u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}, \\ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0, \end{cases} \quad (3)$$

Будем считать пластинку бесконечно тонкой, а поток среды стационарным, $u_0 = \text{const}$. Систему координат введем как указано на рис. 1: ось Ox направим вдоль пластинки, ось Oy – перпендикулярно к ней, начало координат поместим в переднюю кромку пластинки, тогда скорость установившегося течения $u = (u; v)t$ будет удовлетворять уравнениям (3). Точное решение задачи (3) можно найти лишь для обтекания бесконечной пластинки ($y = 0, x \geq 0$), тогда граничные условия в приближенной постановке, предложенной Блазиусом, имеют следующий вид: Для пластинки при $y = 0, x \geq 0, u = v = 0$; на внешней границе пограничного слоя при $y \rightarrow \infty, u \rightarrow U_0$ (4).

Нелинейное уравнение безразрывности не может быть решено в замкнутой форме. Поэтому численное решение можно достичь посредством следующим аффинным преобразованиям:

$$\eta = y \sqrt{\frac{U_\infty}{\nu x}} \quad \Psi(y) = \sqrt{\nu U_\infty x} \cdot f(\eta) \quad (4), \quad \delta \propto \sqrt{\frac{\nu x}{U_\infty}} \quad (5)$$

где η – переменный изменяется в конечных пределах. $y = \delta \eta$. Согласно с [1] толщина пограничного слоя имеет вид (5). С целью интегрирования уравнения неразрывности введем функцию тока $\psi(x, y)$. Тогда для продольной составляющей u скорости мы получим выражение

$$u = \frac{\partial \psi}{\partial y} = \frac{\partial \psi}{\partial \eta} \frac{\partial \eta}{\partial y} = \sqrt{\nu x U_\infty} f'(\eta) \cdot \sqrt{\frac{U_\infty}{\nu x}} = U_\infty f'(\eta) \quad (6)$$

где штрих у буквы f означает дифференцирование по η , а для поперечной составляющей v – выражение

$$v = -\frac{\partial \psi}{\partial x} = -\frac{1}{2} \sqrt{\frac{\nu U_\infty}{x}} + \sqrt{\nu x U_\infty} \frac{1}{2} y \sqrt{\frac{U_\infty}{\nu x^3}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\nu U_\infty}{x}} (\eta f' - f) \quad (7)$$

Поставив эти выражения u и v в первое уравнение (3), получим для определения безразмерной функции тока $f(\eta)$ уравнение

$$-\frac{U_\infty^2}{2x} \eta f' f'' + \frac{U_\infty^2}{2x} (\eta f' - f) f'' = \frac{U_\infty^2}{x} f'' \quad (8)$$

Можем сократить уравнение (8) в виде:

$$2f'' + ff'' = 0 \quad (9)$$

Пограничными условиями на основании равенств (4), (6) и (7) будут.

$$\left. \begin{aligned} f = 0, \quad f' = 0 \text{ при } \eta = 0 \\ f' = 1 \text{ при } \eta = \infty \end{aligned} \right\}$$

С помощью аффинного преобразования, получим уравнение нелинейное третьего порядка, следовательно трех граничных условий достаточно для полной определенности решения.

Аналитические вычисления, необходимые для решения дифференциального уравнения (9), довольно затруднительны. Блазиус получил решение, применив разложение функции $f(\eta)$ в степенной ряд в окрестности точки $\eta = 0$ и асимптотическое разложение для больших η и затем, сомкнув оба разложения в некоторой подходящим образом выбранной точке η . Затем Л.Хуарт вновь решил это уравнение, выполнив все вычисления с большой точностью. С его решений [1] можно построить зависимость продольной скорости $u/U_\infty = f(\eta)$ от толщины пограничного слоя (рис. 2).

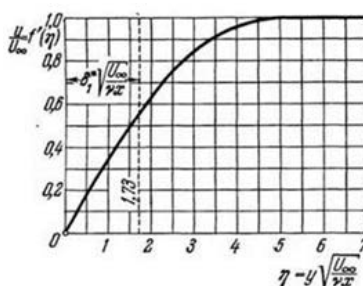


Рис. 2. Распределение продольной скорости в пограничном слое на плоской По Блазиусу

Из рисунка 2 видно, что профиль скорости имеет близи стенки небольшую кривизну, но зато дальше от стенки он быстро приближается к асимптоте. При увеличении толщины пограничного слоя, соотношение продольной скорости к начальной скорости равно единице.

Вследствие нарастания толщины пограничного слоя вниз по течению жидкость на своем пути вдоль пластины несколько оттесняется от стенки и проводит к существованию составляющей скорости. При продольном обтекании пластины перепад давления не будет, поэтому пограничное слое не будет отрываться.

В работе рассмотрев классическую задачу Блазиуса, получено точное решение с помощью решения Хоуарта для несжимаемой жидкости и стационарного течения. Доказан, что при присутствии объект как клин в таком течения, всегда возникает тонкий слой на поверхности обтекаемого тела, в котором скорость продольная в определенный момент равна заданной скорости.

Литература

1. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя, перев. с немецкого, Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», Москва, 1969.
2. Газодинамика: Учеб. пособие для вузов. — М.: Издательство АТЦ, 2015 год. — 384 с.
3. Седов Л.И. Механической сплошной среды. СПб.: Лань, 2004. 560с.
4. Курин В.В., Грязнов А.И., Клемина А.В., Мартыанов А.И. Основы механики сплошных сред. — М.: Университетская книга, 2011. — 88 с.
5. Баумана Н.Э. Моделирование обтекания тонкой пластинки с использованием модифицированной схемы метода вихревых элементов // Наука и Образование. —2013. — № ФС77 — 48211.

ОЧИСТКА ПОЛОСТИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ОТ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИМЕНЕНИЕМ ВЕЕРНЫХ СОПЕЛ СВК-ЭН

Е. К. Дугарова

Научный руководитель, доцент Н. В. Чухарева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одной из важных проблем эксплуатации резервуаров является очистка резервуаров. При хранении и перекачивании состав нефти и нефтепродуктов претерпевает изменения, особенно вблизи днищ резервуаров скапливаются осадки. Осадок по площади распределяется неравномерно, наибольшая его толщина создается в участках, удаленных от приемно-раздаточных патрубков, что не позволяет точно замерять фактическое количество нефти в резервуаре. Со временем осадок уплотняется и в отдельных зонах трудно поддается размыву. Для надежной эксплуатации резервуаров их необходимо периодически очищать от накопившегося осадка [2].

Периодичность очистки резервуаров с нефтепродуктами устанавливается ГОСТ 1510-84, резервуары изпод нефти зачищаются при необходимости: для освобождения от пирофорных отложений, высоковязких осадков, при проведении диагностики резервуара [3]. Основным элементом системы размыва донных отложений в резервуаре является такое устройство, как «Диоген», «Тайфун» а также используются сопла. В данной статье будет рассмотрен третий вариант, а именно веерные сопла СВК-ЭН.

Система размыва донных отложений резервуаров вертикальных стальных с соплами СВК-ЭН предназначена для того, чтобы с целью сохранения проектной полезности резервуаров удалять донные отложения, которые естественно выпадают из нефти и нефтепродуктов. Сопло веерное кольцевое с эксцентричными радиальными направляющими СВК-ЭН снижает интенсивность коррозионного разрушения днища, а также утраты нижнего пояса стальных резервуаров. Сопла СВК-ЭН-100 также рекомендуется устанавливать с целью размыва донных отложений в тех местах, где располагаются выходные патрубки подслонной системы пожаротушения резервуаров (с использованием передвижных насосных агрегатов на производительность 200-250 м³/ч и напором 3-6 кг/см²).