

## **ВЛИЯНИЕ ГРАВИТАЦИОННОГО РАССЛОЕНИЯ ФАЗ НА ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ГАЗОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕФТЯНЫЕ ПЛАСТЫ**

*А.А. Чернова, Афанасьев А.А.*

Научно-исследовательский институт механики МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

Рассматривается двумерная модель геологического пласта: одна координатная ось расположена горизонтально, вторая – вертикально. В начальный момент времени пласт заполнен нефтью заданного состава. Источник и сток, моделирующие нагнетательную и добывающую скважины, расположены в центре левой и правой границы соответственно. Рассматриваются различные режимы закачки воды и углекислого газа. В задаче учитываются как физические параметры течения, так и экономические. Целью данной работы является поиск безразмерного параметра, характеризующего гравитационное расслоение фаз в поле силы тяжести, а также его влияние на чистую приведенную стоимость и коэффициент извлечения нефти.

В данной работе используется система уравнений, состоящая из законов сохранения масс каждой компоненты и закона фильтрации Дарси. В результате преобразований данной системы уравнений получен безразмерный параметр, характеризующий гравитационное расслоение фаз. Этот параметр отличает рассматриваемую двумерную постановку задачи от одномерной, рассмотренной авторами работы ранее. Параметр зависит от размеров исследуемой области, расхода закачиваемых жидкостей и газов, плотности и вязкости начального состава нефти, ускорения свободного падения и вертикальной проницаемости. Для исследования влияния выведенного параметра на чистую приведенную стоимость и коэффициент извлечения нефти использовался комплекс программ MUFITS. В результате исследований построен график зависимости чистой приведенной стоимости от предложенного параметра подобия.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 20-31-80009).

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ВИХРЕВЫХ СТРУКТУР ПРИ ТУРБУЛЕНТНОМ ОБТЕКАНИИ КОНИЧЕСКИХ И ОВАЛЬНО-ТРАНШЕЙНЫХ ЛУНОК**

*А.Ю. Чулюнин*

Научно-исследовательский институт механики МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

В настоящее время много публикаций посвящено исследованию теплогидравлических характеристик каналов с траншеями различных конфигураций. В частности, отмечается что для овално-траншейных лунок (ОТЛ) суммарная теплоотдача от участка с длинной овалной траншеей более чем в три раза превышает теплоотдачу от участка со сферической лункой с одинаковой площадью пятна. В настоящей работе на базе численного моделирования подробно исследуется структура течения внутри коротких ОТЛ, а также внутри лунок конической формы и их эволюция в зависимости от числа Рейнольдса.

Применены два подхода к моделированию турбулентных течений. Первый основан на использовании осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье – Стокса, которые замыкаются с помощью двухпараметрической модели турбулентности SST. При втором подходе использовалась модификация метода отсоединенных вихрей IDDES (The Improved

Delayed Detached Eddy Simulation). Для дискретизации расчетной области применялась неструктурированная сетка многогранного типа со сгущением в окрестности лунки и в ее следе. Число Рейнольдса, вычисленное по скорости набегающего потока и диаметру начального пятна лунки, варьировалось от  $Re = 10^4$  до  $4 \cdot 10^4$ .

В результате расчетов было установлено, что при увеличении относительной длины цилиндрической части овально-траншейной лунки от 0 до 1 происходит стабилизация нестационарного течения, при этом реализуется один из двух устойчивых состояний ее обтекания. Конкретный вид установившегося течения зависит от начальных условий задачи. Выявлена зона гистерезиса по числу Рейнольдса, внутри которой в зависимости от предыстории решения может реализовываться либо двухячеистая симметричная, либо одна из двух одноядерных несимметричных вихревых структур. Переход от симметричного к несимметричному режиму обтекания видоизменяет поток в следе за траншеей, что особенно важно при исследовании ряда (пакета) траншей, стоящих друг за другом в узком канале.

Исследование структуры обтекания конических лунок показало, что в диапазоне значений угла уклона конуса от  $10$  до  $35^\circ$  реализуется несимметричная вихревая структура, направление которой, как и в случае ОТЛ, зависит от начальных условий задачи. При этом в рассматриваемом диапазоне углов гидравлические характеристики канала (коэффициенты гидравлических потерь и трения) остаются постоянными.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект № 19-01-00242).

## **ИНВАРИАНТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ДИССИПАЦИЕЙ**

*М.В. Шамолин*

Научно-исследовательский институт механики МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

Описание диссипации в динамической системе, вообще говоря, является довольно трудной задачей. Но это, например, может быть сделано следующим образом: вполне определенные коэффициенты в рассматриваемой системе указывают на рассеяние энергии в одних областях фазового пространства, а в других его областях – уже на подкачку энергии. Это приводит к потере классических законов сохранения (первых интегралов), выражающихся во всем фазовом пространстве через гладкие функции.

Как известно, топологическим препятствием к наличию в системе полного набора гладких первых интегралов являются притягивающие или отталкивающие предельные множества. При их обнаружении необходимо забыть о полном наборе даже непрерывных во всем фазовом пространстве автономных первых интегралов.

При исследовании систем с диссипацией если и удастся найти полный набор первых интегралов, то среди них обязательно будут первые интегралы, являющиеся трансцендентными (в смысле теории функций комплексного переменного) функциями (имеющими существенно особые точки). Поэтому результаты, полученные в данной работе, особенно важны в смысле присутствия в системе именно (внешнего) неконсервативного поля сил.

Отдельно отмечены важные частные случаи интегрируемости динамических систем, в том числе в приложениях, – на касательном расслоении к двумерной сфере. В динамике они соответствуют движению твердого тела в неконсервативном поле сил, а также классической задаче о движении сферического маятника, помещенного в поток набегающей среды.

Данная тематика уже затрагивалась в ряде других работ автора. В данной работе показана интегрируемость некоторых классов однородных по части переменных