

УДК 532;621.1

НАБЕГАНИЕ СТРУИ ВЯЗКОГО ТОПЛИВА НА СТЕНКУ РЕЗЕРВУАРА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УГЛАХ НАКЛОНА НАСАДКИ

© 2011 г.

Э.В. Шамсутдинов

Исследовательский центр проблем энергетики КазНЦ РАН, Казань

eshamsutd.kazan@mail.ru

Поступила в редакцию 15.06.2011

В результате численных исследований получены распределения температурных и гидродинамических характеристик ламинарного потока свободных затопленных струй мазута марки М100 при набегании струи жидкого органического топлива на стенку. Исследовано влияние угла подачи разогретой жидкости, выходящей из насадок, на гидродинамическую структуру течения и теплообмен при различных теплогидравлических режимах работы теплообменного оборудования.

Ключевые слова: моделирование, струйное течение, вязкая жидкость, теплообмен, гидродинамика.

Постановка задачи

Необходимость исследований обусловлена широким использованием мазута в качестве резервного или растопочного вида топлива на большинстве промышленных котельных и тепловых электростанций. С учетом особенностей использования жидкого органического топлива требуется его периодический подогрев в резервуарах хранения. Наиболее распространенным способом подогрева вязких сред, таких как мазут, на данный момент является циркуляционный способ подогрева. Существующая до настоящего времени нормативно-техническая документация, посвященная вопросам эксплуатации систем хранения и подготовки жидкого органического топлива, базируется на интегральных характеристиках. Большинство органических топлив представляет собой сильно вязкие среды, процессы конвективного теплообмена в которых лимитируются наличием ламинарного пограничного слоя и характеризуются сравнительно небольшими коэффициентами теплоотдачи. В связи с этим возникает необходимость моделирования и исследования процессов теплообмена и гидродинамики для оценки их влияния на эффективность подогрева мазута в резервуарах, эксплуатируемых на промышленных котельных, ТЭС и нефтебазах. В литературе известно немало работ, посвященных вопросам гидродинамики и теплообмена струйных течений сред с различными теплофизическими свойствами. К сожалению, большинство этих работ посвящены исследованию теплообмена при струйных течениях невязкой сжимаемой

жидкости. Если же рассматривается вязкая несжимаемая среда, то изучение теплообменных процессов производится на базе теории пограничного, ламинарного или турбулентного пограничного слоя.

В настоящей работе используется модель вязкой несжимаемой среды, а для описания процессов гидродинамики и теплообмена записывается система фундаментальных уравнений термомеханики сплошной среды – уравнения движения, неразрывности и переноса энергии. Рассмотрена двухмерная постановка, что на практике соответствует случаю, когда исследуется теплообмен при циркуляционном подогреве вязкой жидкости в емкостях и резервуарах прямоугольной конструкции с линиями одинаково и близко расположенных насадок подачи разогретой жидкости вдоль одного из габаритных размеров. В силу симметрии задачи, в качестве области течения рассматривается ограниченная область двухмерного пространства, представляющая собой половину сечения прямоугольного резервуара плоскостью xOz (рис. 1, где δ – ширина щели; l – расстояние от выходного сечения насадки до преграды, β – угол наклона).

Исследуемая математическая модель процессов теплообмена при циркуляционном разогреве мазута в резервуаре основана на следующих допущениях: нестационарность процессов теплообмена обусловлена нестационарностью температуры и расхода мазута, поступающего в резервуар; теплофизические свойства мазута (плотность, теплоемкость и теплопроводность) меняются в ходе разогрева мазута незначительно; кинематическая вязкость мазута зависит от его

температуры; объемные силы, влияющие на процесс разогрева масла, являются силами тяжести; геометрия течения и граничные условия позволяют постулировать зависимость всех неизвестных переменных от двух пространственных координат x, z для прямоугольных резервуаров.

В качестве гидродинамических граничных

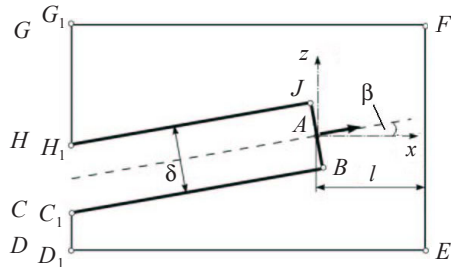


Рис. 1

условий примем, что на всех границах, за исключением границ, на которых поток мазута входит в резервуар и выходит из него, жидкость прилипает к стенкам резервуара; на границах, соответствующих входу в резервуар, считаем заданным поле скоростей, которое является функцией как от точки на границе, так и от времени; на границах, соответствующих выходу из резервуара, считаем поле скоростей не меняющимся вдоль основного направления движения. Гидродинамические начальные условия: считаем, что в начале процесса разогрева жидкость в резервуаре находилась в состоянии движения.

Результаты исследований

Численные расчеты процессов гидродинамики и теплообмена при течении свободной затопленной струи вязкой жидкости проведены при скачкообразном законе изменения температуры на выходе из насадки. В качестве модельной жидкости при численных исследованиях рассматривался наиболее часто применяющийся как основной или резервный вид топлива на тепловых электрических станциях и крупных котельных топочный мазут марки М100. В начальный момент времени температура жидкости $T_0 = 293$ К. Начиная с нулевого момента времени, температура жидкости, проходящей через насадку, возрастает скачкообразно до значения $T_1 = 333$ К. Численные исследования проводились для различных чисел Re и углов наклона насадки. На рис. 2а представлены результаты исследований процессов гидродинамики и теплообмена при $Re = 12$ и угле

наклона насадки $\beta = 10^\circ$. Из рисунка видно, что в начальный момент времени ($t = 1$) профиль распределения линий тока имеет некоторую асимметричность относительно оси насадки. С развитием течения профиль выравнивается и становится симметричным ($t = 10$). В области, близкой к краю насадки, возникают возмущения, в результате чего появляются «выпуклости» грибовидного характера. Связано это с разницей температурных уровней между жидкостью, находящейся внутри исследуемой области и поступающей в нее. При этом необходимо отметить, что если для области, находящейся выше насадки, линии тока имеют выпуклый профиль, то для области, располагающейся ниже насадки, они имеют линейный характер.

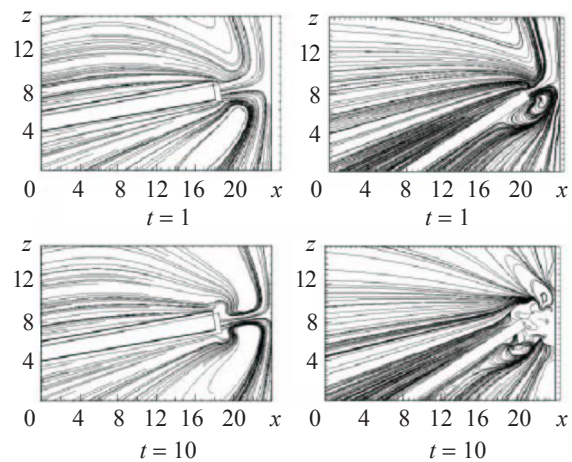


Рис. 2

Изменение угла наклона насадки резко меняет характер распределения гидродинамических характеристик потока, о чем наглядно свидетельствует рис. 2б где $\beta = 60^\circ$. Из рисунка видно, что в отличие от предыдущего случая, в области, находящейся ниже середины сечения сопла насадки А, практически сразу формируется ядро возвратных течений рядом с краем насадки. Объясняется это тем, что в силу незначительного расстояния от преграды и наличия острого угла наклона насадки основной поток нагретого мазута направлен вверх, вследствие чего в зоне между краем насадки и преградой образуются завихрения, приводящие к формированию обратных токов.

Работа выполнена при реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (государственные контракты № П557, № П1014).

**MOVEMENT STREAMS OF VISCOUS FUEL ON A TANK WALL AT VARIOUS ANGLES
OF SLOPE OF A NOZZLE**

E.V. Shamsutdinov

As a result of numerical researches distributions of temperature and hydrodynamic characteristics of a laminar stream of the free flooded streams of black oil of mark M100 are received at movement streams of liquid organic fuel on a wall. Influence of a corner of giving of the warmed up liquid leaving nozzles on hydrodynamic structure of a current and heat exchange at various thermo hydraulic operating modes heat and mass transfer equipment.

Keywords: modeling, jet current, viscous liquid, heat exchange, hydrodynamics.