

УДК 665.75

**Моделирование и исследование структуры ламинарного течения плоской затопленной свободной струи высоковязкого мазута**

Камалов Р.Ф., Шамсутдинов Э.В.

Исследовательский центр проблем энергетики

В настоящее время, когда резервы энергосбережения за счет внешних источников практически исчерпаны, разработка методов снижения затрат тепловой энергии при циркуляционном подогреве жидкого органического топлива в резервуарах невозможна без изучения характера происходящих тепловых и гидродинамических процессов. Наибольшую трудность при этом вызывает исследование структуры ламинарного потока жидкого органического топлива.

Исследованию струйного течения жидкостей посвящено большое количество работ [1 – 5]. Большое количество из них посвящено моделированию течений невязких сжимаемых жидкостей (газов) при условии турбулентности потока [1, 2]. Также аналитически решены задачи течения плоской струи, выте-

$$\frac{\partial u_{x^*}}{\partial t^*} + u_{x^*} \frac{\partial u_{x^*}}{\partial x^*} + u_{z^*} \frac{\partial u_{x^*}}{\partial z^*} = -\frac{16\rho^2 b^2 \delta^3 g_{x^*}}{9G_{\max}^2} - \frac{\partial p}{\partial x^*} + \frac{4\mu b}{3G_{\max}} \left[ \frac{\partial}{\partial x^*} \left( \mu \frac{\partial u_{x^*}}{\partial x^*} \right) + \frac{\partial}{\partial z^*} \left( \mu \frac{\partial u_{x^*}}{\partial z^*} \right) \right], \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_{z^*}}{\partial t^*} + u_{x^*} \frac{\partial u_{z^*}}{\partial x^*} + u_{z^*} \frac{\partial u_{z^*}}{\partial z^*} = -\frac{16\rho^2 b^2 \delta^3 g_{z^*}}{9G_{\max}^2} - \frac{\partial p}{\partial z^*} + \frac{4\mu b}{3G_{\max}} \left[ \frac{\partial}{\partial x^*} \left( \mu \frac{\partial u_{z^*}}{\partial x^*} \right) + \frac{\partial}{\partial z^*} \left( \mu \frac{\partial u_{z^*}}{\partial z^*} \right) \right], \quad (2)$$

$$\frac{\partial u_{x^*}}{\partial x^*} + \frac{\partial u_{z^*}}{\partial z^*} = 0, \quad (3)$$

где  $u_{x^*}$  и  $u_{z^*}$  – безразмерные компоненты вектора скорости,  $p$  – давление,  $t^*$  – время,  $x^*$ ,  $z^*$  – независимые переменные,  $m$  – динамическая вязкость,  $g_{x^*}$ ,  $g_{z^*}$  – компоненты вектора ускорения сво-

кающей из узкой щели и смешивающейся с неподвижной окружающей вязкой жидкостью [3], а также при истечении струи жидкости в открытое пространство [4, 5].

В работе проведено численное исследование гидродинамических характеристик ламинарного потока плоской затопленной свободной струи мазута в пространстве, заполненном мазутом.

Численное исследование гидродинамических характеристик плоской затопленной свободной струи мазута производилось при следующих допущениях:

1. поток вязкой жидкости ламинарный;
2. теплофизические свойства вязкой жидкости, такие как плотность  $\rho$ , теплоёмкость  $c_p$  и теплопроводность  $\lambda$  меняются в ходе процесса незначительно;

3. объёмной силой, влияющей на процесс истечения плоской затопленной свободной струи мазута из насадки в пространство, является сила тяжести.

Система уравнений движения и неразрывности в безразмерном виде имеют вид:

бодного падения  $g^*$ ,  $Q_{\max}$  – максимальный расход вязкой жидкости на выходе из насадки. Введённые безразмерные величины  $u_{x^*}$ ,  $u_{z^*}$ ,  $p$ ,  $t^*$ ,  $x^*$ ,  $z^*$  определяются при помощи следующих соотношений:

$$x^* = \frac{x}{d}, \quad z^* = \frac{z}{d}, \quad t^* = \frac{3Q_{\max}}{4rb d^2} t, \quad u_{x^*} = \frac{4rb d u_x}{3Q_{\max}}, \quad u_{z^*} = \frac{4rb d u_z}{3Q_{\max}}, \quad p = \frac{16rb^2 d^2 P}{9Q_{\max}^2}. \quad (4)$$

Для решения уравнений движения и неразрывности используется метод конечных элементов. Используя метод Фэдо-Галеркина (с учетом начальных и граничных условий), получаем систему нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений. Для ее решения используется метод Рунге-Кутты.

В результате численных исследований получены распределения линий тока, полей вектора скорости и линий равных значений компоненты  $w_y$  вектора вихря при тчении плоской затопленной свободной струи жидкого органического топлива.

Численные исследования проводились при следующих условиях: расход мазута через плоскощелевую насадку равен  $G = 8,33$  кг/с (удельный расход равен  $G = 0,1327$  кг/(м·с)). Радиус насадки  $\delta$  равен 6 мм. Максимальная скорость потока мазута  $u_{\max} = 0,0183$  м/с. В этом случае определяющие параметры задачи принимают следующие значения:  $Re' = 0,02452$ ;  $Fr' = 175,272$ . Время, выраженное в секундах, связано с безразмерным временем как  $t = 0,3274 t^*$ .

Распределение линий тока имеют плавный характер в течение всего процесса движения жидкости. При времени равно  $t^* = 10; 40; 100$  линии тока практически повторяют друг друга. Видно, что только небольшая часть потока движется вверх, а основная часть тормозится в верхней области и уходит вбок. В дальнейшем при времени  $100 < t^* \leq 1,05 \cdot 10^6$  линии тока направлены вверх и большая часть потока охватывает всю ширину резервуара. Лишь малая часть потока уходит вбок. При этом времени возникает зона возвратных течений мазута. Наличие возвратных течений предполагает в этом случае существование застойных зон, которые имеют вид неправильных овалов.

Из анализа полученного распределения линий тока видно, что практически во все рассматриваемые интервалы времени происходит веерное расхождение направлений движения частиц потока. Основной поток вязкой жидкости сохраняет свое направление лишь в области соизмеримой с шириной насадки.

*Список литературы:*

1. Tam K.W., Ganesan Anand. Modified k-ε turbulence model for calculating hot jet mean flows and noise // AIAA Journal. 2004. Vol. 1. P. 26 – 34.
2. Agrawal Amit, Prasad Ajay K. Evolution of a turbulent jet subjected to volumetric heating // Journal Fluid Mechanics. 2004. Vol. 511. P. 95 – 123.
3. Шлихтинг Т. Теория пограничного слоя. М.: Изд-во Наука. 1956.
4. Ахметов Д.Г., Никулин В.В., Петров В.М. Экспериментальное исследование автоколебаний, возникающих при истечении закрученной струи // Изв. РАН. МЖГ. 2004. № 3. С. 60 – 68.

5. Базилевский А.В., Мейер Д.Д., Рожков А.Н. Динамика и разрушение импульсных микроструй полимерных жидкостей // Изв. РАН. МЖГ. 2005. № 3. С. 45 – 63.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 05-08-65508) и гранта Президента РФ № МК-9718.2006.8.

Работа представлена на VII научную конференцию с международным участием «Успехи современного естествознания», Дагомыс (Сочи), 4-7 сентября 2006. Поступила в редакцию 28.08.2006г

## Сельскохозяйственные науки

### Кормовые растения для высокопродуктивного молочного и мясного скота в Северном Зауралье

Абрамова А.Ф.

*Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья*

В Тюменской области проводится большая работа по возрождению и развитию животноводства. В настоящее время для улучшения генетического потенциала завозится скот мясных и молочных пород из Франции, Голландии, Германии. Поставлена задача сделать реальным надой молока 6-8 тыс. кг от коровы, а привесы до двух и более кг в сутки.

Для реализаций такой задачи необходима значительного обновления структуры кормового поля, которая бы позволяла сбалансировать кормовые рационы по протеину, аминокислотному составу белка, сахарам, витаминам, микроэлементам.

В течение многих лет мы изучаем нетрадиционные и малоизученные кормовые растения. Сравниваем их по биолого-хозяйственной оценке и сравниваем с традиционными, наиболее продуктивными культурами.

Нами выявлено более двадцати видов кормовых растений и трав различного хозяйственного использования. Среди кормовых культур высокобелковые растения из семейства крестоцветных, бобовых, Сложноцветных, гречишных, мальвовых.

Важным решением кормовой проблемы является расширение посевов высокопродуктивных многолетних злаковых трав. В смеси с многолетними бобовыми травами они обеспечат получение сбалансированного по основным питательным веществам корма.

Мы длительное время изучали наиболее продуктивные смеси из однолетних культур. Это позволило нам приблизить их по содержанию протеина, сахаров, витаминов, микроэлементов к наиболее продуктивным травосмесям из многолетних трав.

Многолетние исследования показали, что наиболее дешевый и питательный корм получают при использовании культурных пастбищ.

Так введение в кормовой рацион молочных коров культурных пастбищ обеспечил в учхозе ТГСХА

получение надоев молока 6500 кг от коровы в год. В структуре кормового поля обязательно должны быть хотьма, топинсолнечник, люпин, кормовой щавель, пайза, сорго-суданский гибрид, свербига восточная, козлятник, многолетняя рожь, редька масленичная, вайда красильная, кормовое просо, щетинник и др.

В течение 2001-2006гг. мы организовывали производственную проверку и внедрение результатов наших исследований в хозяйствах Тюменской области.

Внедрение в структуру кормового поля нетрадиционных кормовых растений обеспечивало получение в среднем с гектара не менее 40-50т/га зеленой массы, до 70т/га клубней топинсолнечника.

В хозяйствах ежегодно заготавливалось 50-60ц кормовых единиц на условную голову

Работа представлена на VII научную конференцию с общероссийским участием «Успехи современного естествознания», 4-7 сентября 2006г. ОК "Дагомыс"(Сочи)

### Оценка районированного, новых сортов и линий сахарного сорго по комплексу хозяйственно ценных признаков

Мищенко Г.В., Смиловенко Л.А

Важнейшая сахароносная культура в нашей стране - сахарная свекла, однако она не очень распространена в засушливых районах Ростовской, Волгоградской, Астраханской областей, Калмыкии, Ставропольского края. Менее требовательная культура – это сахарное сорго. Опыт США говорит об огромном значении для пищевой и кондитерской промышленности этого источника сахара.

Сахарное сорго – источник таких моносахаридов как фруктоза и глюкоза. Резкое возрастание интереса к фруктозе обусловлено тем, что она обладает рядом преимуществ по сравнению с другими видами сахаров. Фруктоза – природный моносахарид, она является самым сладким сахаром, что позволяет потреблять меньшее ее количество, и содержащие ее продукты годятся как для здоровых людей, так и для страдающих диабетом.

В задачу наших исследований входит изучение коллекционных образцов ВИР и линий коллекции Малиновского Б.Н. сахарного сорго и выделение для