

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКОВ ПРИ ПРЕЦЕССИИ ВИХРЕВОГО ЯДРА

Зайцев О. Н. (*Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса*)

The idealized model of speed of twisted stream is obtained in view of effect of a precessing vortical core permitted to reveal complexes of stability, the analysis has shown which one stabilization of two of them in time, and the oscillations have third a harmonicity

Энергетический кризис и вызванный им вопрос эффективного использования основных видов топлива требует соответствующих научно-технических решений в области выработки тепловой энергии с учетом тенденции развития энергетической промышленности. Которая в настоящее время идет по пути децентрализации систем теплоснабжения, что приводит в свою очередь к уменьшению пределов варьирования выработки тепловой энергии в оптимальных режимах эксплуатации оборудования.

Одним из путей решения этой проблемы является интенсификация теплопередачи и регулирования теплоносителя при сжигании газового топлива в топках котлов малой производительности путем закручивания и смещения в горизонтальной плоскости противоположно направленных факелов, причем регулирование теплосъема осуществляется изменением расстояния между осями закрученных потоков или направлением их крутки.

Однако, использование этого метода требует устойчивости как самой структуры вихря, так и исключения срыва пламени при взаимодействии факелов.

Известные критерии устойчивости закрученных потоков определяют пределы разрушения структуры как появление области с низким давлением в центральной части закрученного потока и возникновение прецессирующего вихревого ядра [1,2]. То есть данные критерии не

позволяют выполнить оценку устойчивости закрученного потока при существовании возвратных течений.

Для выявления условий устойчивости закрученных потоков при существовании прецессирующего вихревого ядра использован способ расчета нестационарных периодических течений [2]. При этом использовано допущение, что, основной поток является стационарным, а его движение происходит по закону свободного вращения газа. Дополнительно на поток налагаются нестационарные колебания вихревого ядра.

Результирующая скорость складывается из скорости закрученного основного потока газа и дополнительной скорости, индуцированной нестационарными нутациями вихревого ядра:

$$U(x, t) = U_0(x) + U_1(x) \sin(nt) \quad (1)$$

где $U(x, t)$ – результирующая скорость закрученного потока, м/с;

$U_0(x)$ – скорость основного стационарного потока газа, м/с;

$U_1(x)$ – осциллирующая составляющая скорости, индуцированная вихревым ядром, м/с.

Дополнительный градиент давления, возникающий в результате воздействия прецессирующего вихревого ядра на основной поток, рассчитан по выражению, приведенному в [2]:

$$F(x, y) = \frac{1}{2} U_1 \frac{dU_1}{dx} \bar{F}\left(\frac{y}{\delta}\right) \quad (2)$$

В результате теоретических исследований была получена зависимость амплитуды колебаний скорости от пульсаций вихревого ядра: (3)

$$A = \Omega^2 x (1 + L) \left(\sin(nt) - e^{-\frac{y}{\delta}} \sin\left(nt - \frac{y}{\delta}\right) \right) \left(\sin(nt) - e^{-\frac{y'}{\delta'}} \sin\left(nt - \frac{y'}{\delta'}\right) \right) \left(1 + L - \frac{x^2 L}{2vt} \right) \quad (3)$$

где

$$L = e^{-x^2/4vt} \quad (4)$$

Анализ полученной зависимости показал, что амплитуда колебаний будет равна нулю при выполнении одного из следующих условий:

- 1) $1 + L = 0$

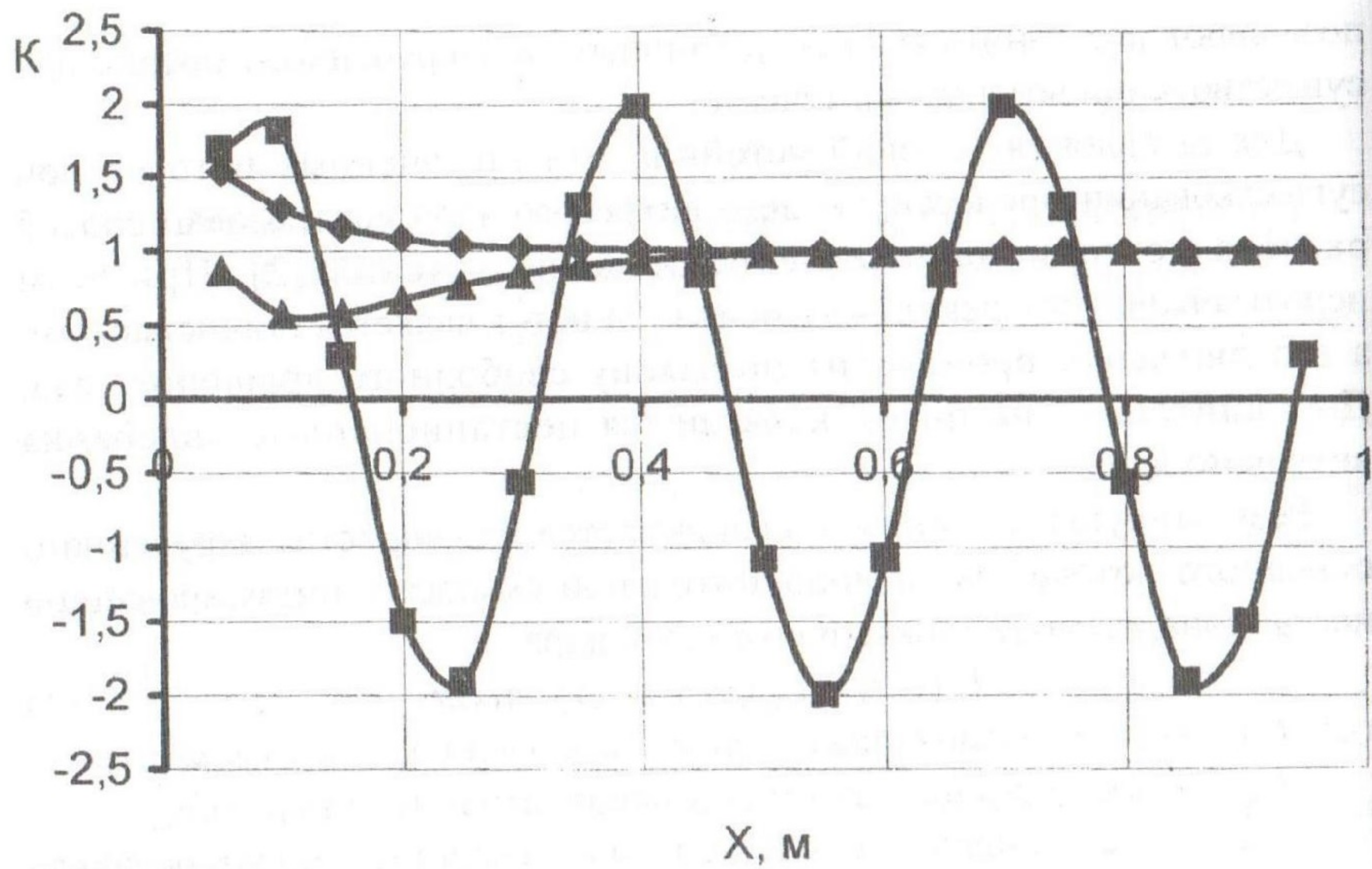


Рис. 1. Изменение комплексов устойчивости от координат.

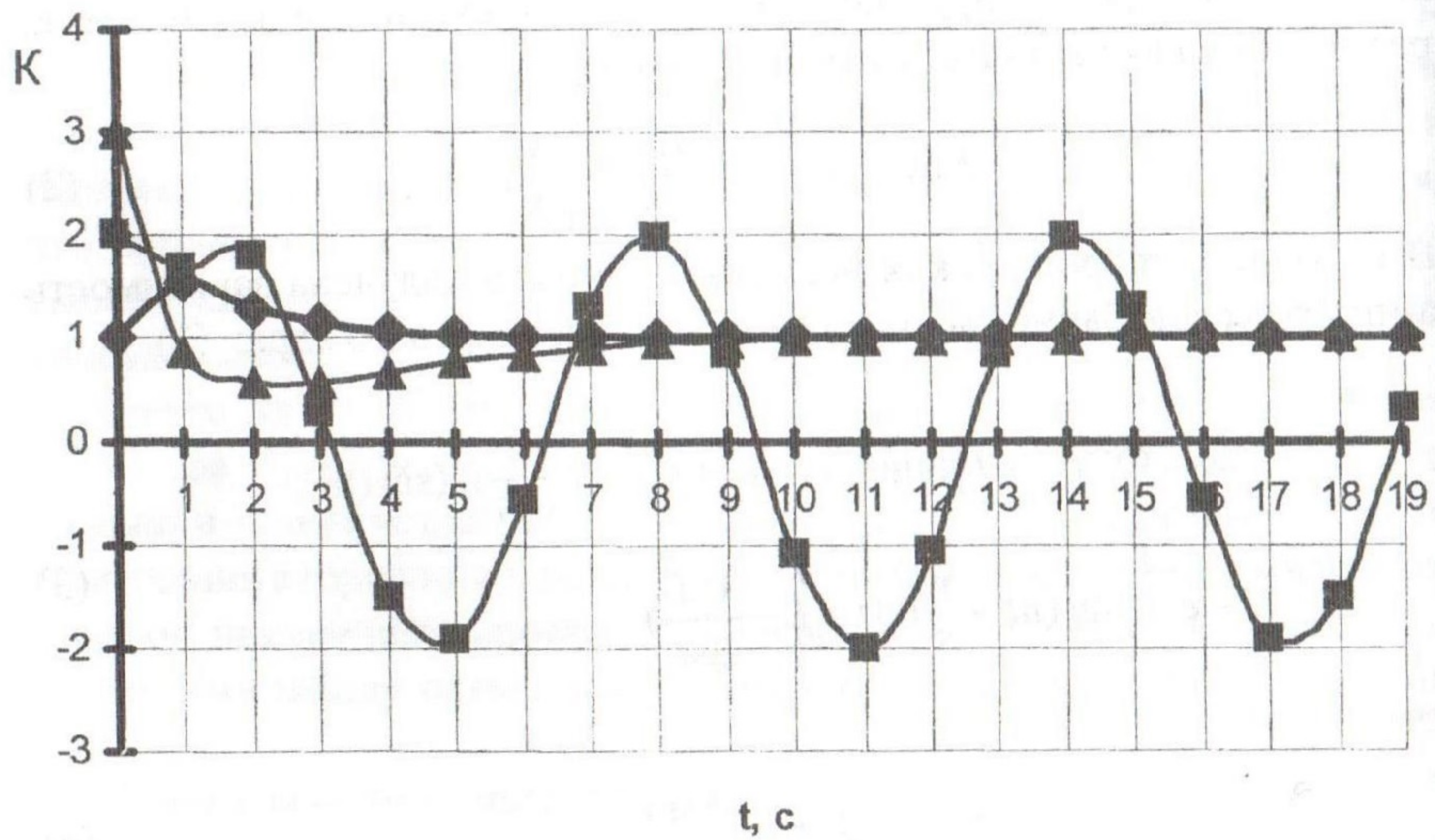


Рис. 2. Зависимость комплексов устойчивости от времени.

$$2) \sin(nt) - e^{-\frac{y}{\delta}} \sin\left(nt - \frac{y}{\delta}\right) = 0$$

$$3) 1 + L - \frac{x^2 L}{2\nu t} = 0$$

Построенные зависимости полученных комплексов от координат и времени (рисунки 1 и 2) позволили сделать вывод о том, что амплитуда колебаний скорости в сильнозакрученном потоке принимает наибольшее значение в начальный период времени, а в дальнейшем стабилизируется для первого и третьего критериев. В случае второго критерия наблюдаются гармонические колебания, что объясняется движением вихревого ядра вокруг области обратных токов закрученного потока.

ВЫВОДЫ:

1. Проведенные теоретические исследования показали, что устойчивость скорости закрученного потока при колебаниях прецессирующего вихревого ядра может быть достигнута изменением вязкости самого потока, что в процессах сжигания топлива неприемлемо.

2. Полученная теоретическая модель скорости сильнозакрученного потока с учетом воздействия прецессирующего вихревого ядра позволила выявить комплексы устойчивости, анализ которых показал стабилизацию двух из них во времени, а колебания третьего носят гармонический характер, что позволяет рекомендовать при использовании взаимодействующих потоков для исключения резонансных явлений расхождение частот колебаний вихревого ядра как минимум на 30 процентов (или расхождение в расходах потоков на 0,951).

Литература

1. Закрученные потоки: Пер. с англ. / А. Гупта, Д. Лилли, Н. Сайред, – М.: Мир, 1987, – 588 с.
2. Штихлинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1974, – 711 с.