

ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ ТЕЧЕНИЯ 2-ФАЗНОГО ПОТОКА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВИБРАЦИЙ

© О. Л. Марченко

Дніпропетровський державний університет

Встановлюється зв'язок між поведінкою вимушеного руху пароводяної суміші і рівнем накладених зовнішніх вібрацій. Представлені дані спостережень за режимами течії і зміною гідравлічного опору на різних частотах і амплітудах вібровпливу. Зроблені висновки про необхідність урахування названого впливу при проектуванні ракетних двигунів на рідинному паливі.

На сегодняшний день жидкостной ракетный двигатель является одним из самых энергонапряженных агрегатов, в котором большое количество тепла выделяется в небольших объемах. Температуры рабочих процессов во много раз превышают допустимые для используемых конструкционных материалов, что вызывает необходимость их охлаждения.

Основной отвод тепла от конструкции осуществляется компонентами топлива. Большие удельные тепловые потоки, снимаемые рабочим телом, могут стать причиной превышения им температуры насыщения и возникновения паровой фазы (кипения). Кроме того, высокие скорости, расходы и температуры рабочих тел при работе двигателя приводят к возникновению неустойчивости его работы, появлению колебаний и вибраций газо- и гидроприводов, камеры сгорания, баков и т. д. Подразделяют низкочастотную 5—20 Гц и высокочастотную 200—1000 Гц неустойчивость работы двигателя, что приводит к появлению нерасчетных режимов работы, возникновению вибраций конструкции и ее основных элементов.

Воздействие вышеперечисленных факторов на одно- и двухфазные потоки компонентов в сложных и разветвленных трубопроводах ЖРД вызывает изменение гидродинамической и тепломассообменной картины протекания процессов, что может повлиять на характеристики двигательной установки.

Задачей конструкторского расчета при проектировании является максимально полный учет всех существующих факторов, в том числе и вибровоздействий.

Интерес к воздействию вибраций на двухфазные системы не ограничивается только областью ракетной техники. Первые работы в этом направлении

можно отнести к концу 1960-х—началу 1970-х гг. Первые эксперименты показали возможность увеличения среднего коэффициента теплоотдачи на 400 % при наложении вибровоздействий (исследовалось кипение на тонких проволоках $d = 0.6...2.1$ мм; $A = 1.4...5.9$ мм; $f = 30$ Гц).

В дальнейшем было получено 10—12-кратное увеличение теплоотдачи при вибрации цилиндра диаметром 1.24 мм в воде при $f = 17...37$ Гц, $A = 2.2$ мм.

Что касается гидродинамической картины процессов, были получены зависимости роста паровых пузырей, значения отрывного диаметра, частоты отрыва, плотности центров парообразования от амплитуды и частоты вибраций при кипении в большем объеме.

Данная работа посвящена экспериментальному исследованию гидродинамических процессов в двухфазном потоке при вынужденном течении теплоносителя, т. е. для случая теплообмена в охлаждаемом тракте при наложении внешних вынужденных вибровоздействий.

Экспериментальная установка (рис. 1) создана на базе промышленного стенда ВЭДС-400А. Стенд обеспечивает плавное изменение частоты в пределах $f = 4...40000$ Гц и величины виброускорений $a = 0...300$ м/с² с контролем и автоматической поддержкой данных параметров.

Эксперименты проводились на нескольких экспериментальных участках.

Экспериментальный участок для исследования теплообмена и гидравлического сопротивления по длине обогреваемого канала (рис. 2) представляет собой П-образную трубку сечением 5×0.5×760 мм, изготовленную из нержавеющей стали. По длине участка установлены термодатчики для контроля температуры стенки и жидкости.

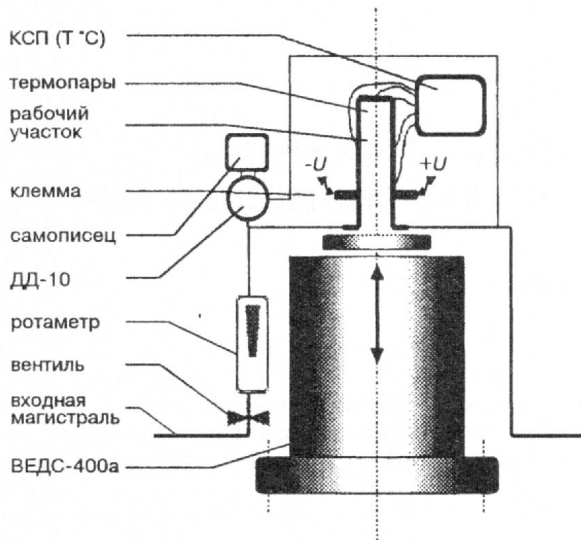


Рис. 1. Экспериментальная установка

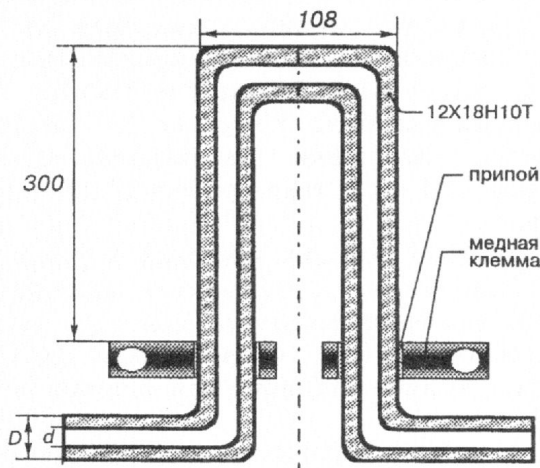


Рис. 2. Экспериментальный участок для исследования теплообмена и гидравлического сопротивления

Между входом и выходом установлен дифференциальный датчик давления для контроля величины перепада давлений вдоль обогреваемого канала.

Экспериментальный участок для визуального наблюдения за режимами течения 2-фазного потока при вынужденных вибровоздействиях (рис. 3).

Подвод тепла осуществляется прямым пропуском постоянного электрического тока от сварочного аппарата $U = 15$ В, $I = 300$ А, $q = 10^6$ Вт/м².

Эксперименты проводились на дегазированной дистиллированной воде.

Целью работы являлось получение физической картины формирования структуры двухфазного потока и оценки изменения гидравлического сопро-

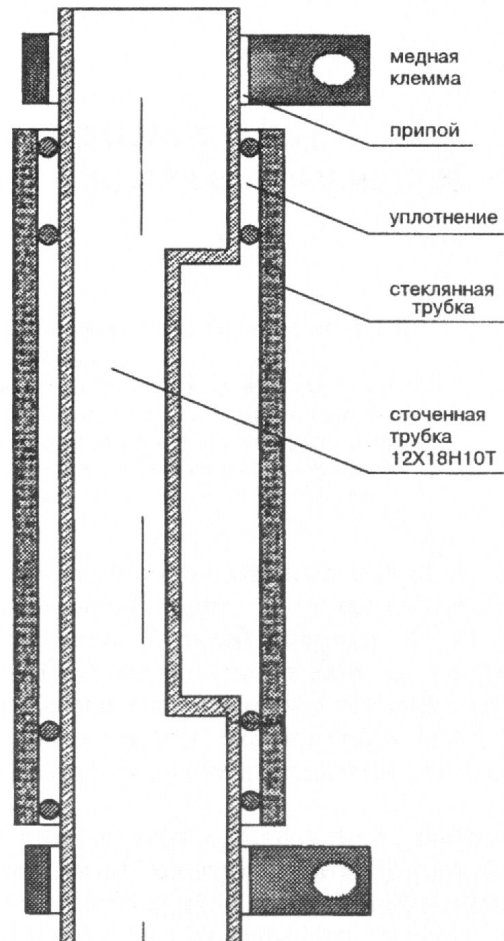


Рис. 3. Экспериментальный участок для визуального наблюдения за режимами течения 2-фазного потока

тивления двухфазного потока в широком диапазоне частот и амплитуд наложенных колебаний.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Наблюдение за режимами течения. Наблюдение за режимами течения 2-фазной пароводяной смеси при наложении вибраций (рис. 4) дало следующие результаты:

- уменьшение зоны пузырькового кипения;
- коагуляция пузырей в небольшие снаряды;
- дробление больших снарядов паровой фазы;
- отсутствие дисперсно-кольцевого режима течения даже при очень больших тепловых нагрузках;
- практически полное прекращение кипения на $f = 60...70$ Гц;
- появление устойчивого скопления пузырьков,

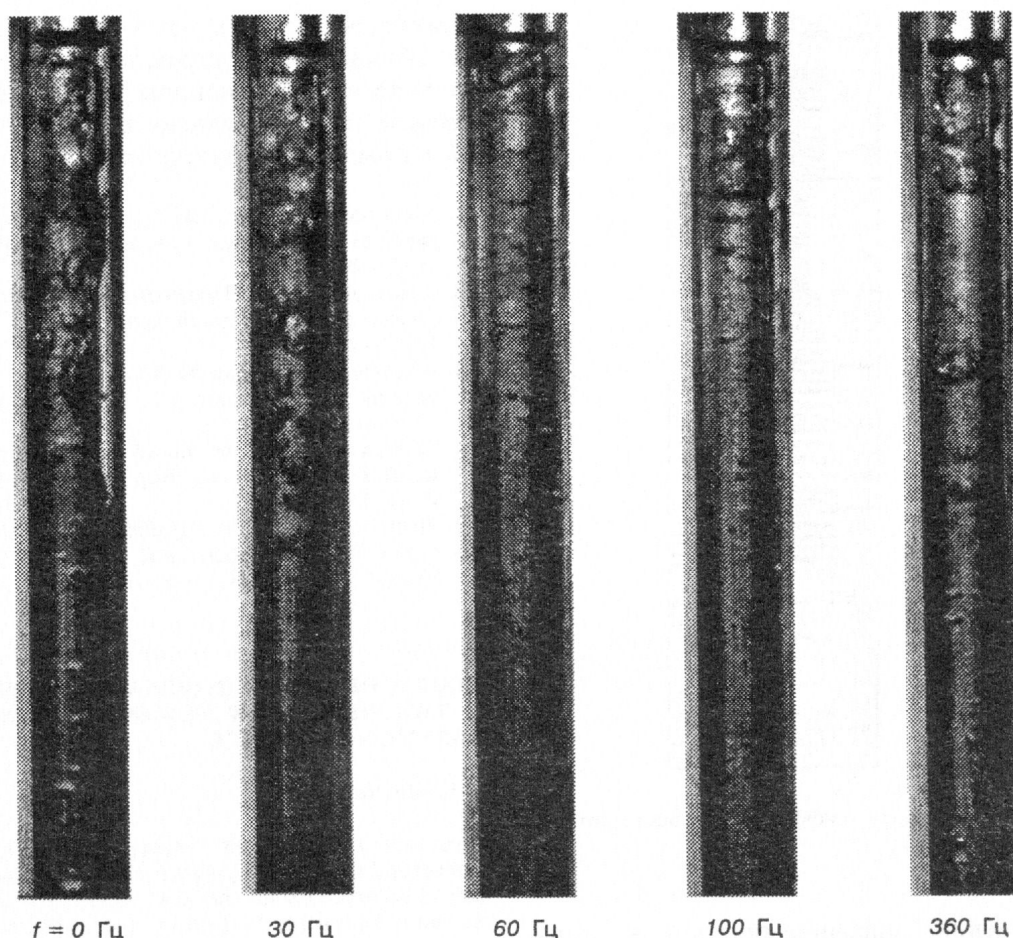


Рис. 4. Режимы течения 2-фазной пароводяной смеси при наложении вибраций

не сливающихся в снаряд, находящегося практически в одном месте, притягивающее к себе появляющиеся мелкие пузырьки на частотах $f = 350...400$ Гц.

Данные по изменению гидравлического сопротивления. Растущий на стенке пузырь пара или находящийся в течении снаряд оказывает препятствие равномерному движению жидкости вдоль канала. Поэтому было сделано предположение, что наложение внешних вибраций (вызывающее дробление снарядов, изменение отрывного диаметра пузыря, разрушающее дисперсно-кольцевой режим течения или прекращение кипения вообще) вызовет значительное уменьшение перепада давлений при движении потока вдоль канала.

Проведен ряд экспериментов на различных расходах, удельных тепловых потоках, частотах и амплитудах вибраций, целью которых являлось наблюдение за изменением гидравлического сопротивления и пульсациями давления в исследуемом канале.

Наиболее характерные из них представлены на рис. 5. На диаграммах изображены показания самописца, фиксирующего сигнал от дифференциального датчика давления, установленного на рабочем участке. Сравнивая результаты визуального наблюдения с показаниями датчика, можно заключить, что интенсивность пульсаций и процесса кипения резко уменьшаются на частотах 60—70 Гц.

Механизмы подобных явлений на данный момент изучены не полно и являются целью дальнейших исследований.

ВЫВОДЫ

Колебания и вибрации оказывают существенное влияние на поведение двухфазной смеси (уменьшение внутренних пульсаций; более спокойный характер кипения, вплоть до полного прекращения; уменьшение гидравлических потерь). В зависимости от частоты, интенсивности и направления нало-

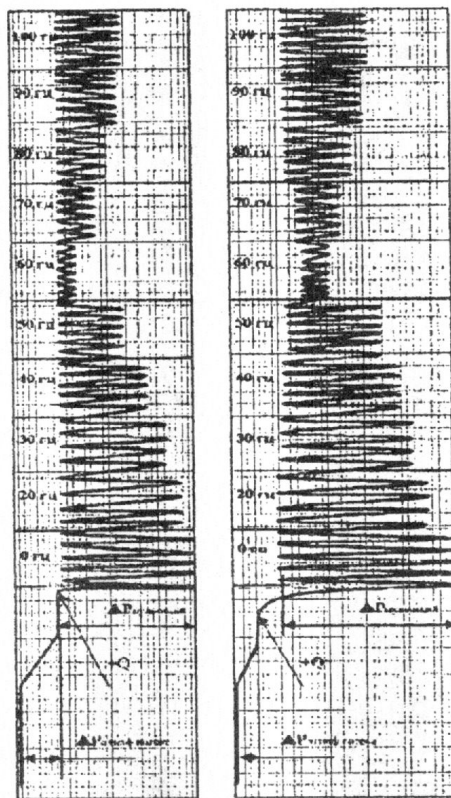


Рис. 5. Примеры сигналов от дифференциального датчика давления

женных возмущений гидродинамическая картина течения сильно изменяется, что необходимо учитывать при проектировании устройств, в которых

теплообмен осуществляется при наличии двухфазности. Можно также управлять процессами кипения путем наложения внешних возмущений и отметить в общем положительный характер вибровоздействий на вышеупомянутые процессы.

1. Жукаускас А., Улинскас Р., Катинас В. Гидродинамика и вибрации обтекаемых пучков труб. — Вильнюс: Мокслас, 1984.—312 с.
2. Колесников К. С. Продольные колебания ракеты с жидкостным ракетным двигателем. — М.: Машиностроение, 1971.—260 с.
3. Чеканов В. В., Кульгина Л. М. Влияние вибрации нагревателя на процесс кипения // Инж.-физ. журн.—1976.—30, № 1.—С. 44—48.
4. Zemlich R. Effect of vibration on natural convection heat transfer // Sud. and Eng. Chem.—1955.—47, N 6.—P. 1175—1180.
5. Zemlich R., Rao M. A. The effect of transverse vibration on free convection from a horizontal cylinder // Int. J. Heat Mass Trans.—1965.—8, N 1.—P. 27—33.

CHANGE OF HYDRODINAMICAL PICTURE OF TWO-PHASE FLOW PROCEEDING DURING VIBRATION INFLUENCE

O. L. Marchenko

A connection between the forced motion of steam-water mixture conduct and the level of applied external vibration is established. The data of observations for the flow regimes and change of hydraulic resistance for various frequencies and amplitudes of vibroinfluence are represented. The conclusions about the necessity to take into consideration above-mentioned influence during the design of rocket engines on a liquid fuel are made.

УДК 669.017.3

ИЗНОСОСТОЙКИЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ Fe-C-СПЛАВОВ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

© О. М. Шаповалова, А. В. Бойко

Дніпропетровський державний університет

Розроблено недефіцитний зносостійкий інструментальний матеріал на основі Fe-C-сплавів для масового виробництва, а також технологія його термічної обробки з використанням нового гартувального середовища та енергозберігаючих температурно-часових режимів.

Все материалы, в том числе применяемые в аэрокосмической технике, обрабатывают резанием при изготовлении изделий разной степени сложности. Поэтому проблема повышения стойкости режущего инструмента всегда остается актуальной.

Учитывая трудности использования высоколегированных сплавов для режущего инструмента и

большой дефицит таких легирующих элементов, как Co, Cr, V, W, представляют особый интерес инструментальные Fe-C-сплавы, особенно для массового применения. Известен прецедент получения стали из Fe-C-сплавов с недостижимо высоким комплексом свойств (булатная сталь). Поэтому проводимые нами работы по исследованию