

**В. А. Петухов, И. М. Набоко, В. Е. Фортов** (Москва, ОИВТ РАН). **Горение и взрыв водородно-воздушных смесей в больших замкнутых объемах.**

Анализ комплекса проблем по эксплуатации энергообменных аппаратов показывает, что практически достигнут предел совершенствования их при использовании процессов сравнительно медленного горения. Более эффективными могут быть энергообменные установки с применением детонационно-подобного сжигания газоздушных смесей.

Но такая интенсификация сжигания топлива и, особенно, обращение к водородной энергетике требует серьезного внимания к прогнозированию возникновения нештатных взрывоопасных ситуаций и их предотвращению. В основе анализа проблем обеспечения взрывобезопасности работ лежат физические и численные исследования, которые проводятся для традиционных реакционных объемов: труб, сферических и цилиндрических бомб. На практике реакционные объемы и загазованные помещения имеют более сложные формы и большие размеры. Взаимодействие потоков с элементами конструкций и распространение возмущений в объемах сложной геометрии может приводить к созданию зон повышенной температуры и плотности, в которых возможно возникновение очагов самоподдерживающихся реакций.

В докладе рассматриваются возникновение и развитие взрыва и горения, инициируемые ударными волнами разной интенсивности. В качестве модельной задачи исследован процесс затекания волн в коническую полость. Измерялось изменение давления вдоль образующей конуса, регистрировалось время фиксации этого давления относительно момента инициации волны и распространение фронта свечения. Содержание водорода в смеси изменялась от 7,5% до 40%. Энергия инициирования процесса составляла 2,5–19 кДж, эксперименты проводились при нормальных начальных условиях, общий объем, заполнявшийся реакционно-способной смесью, составлял ~ 190 литров. Объем был ограничен металлическим конусом и присоединенной к нему тонкой резиновой оболочкой, в нижней части которой осуществлялось инициирование смеси. Для смесей, близких к стехиометрическим, и энергии инициирования 16–18 кДж в вершине конуса было зафиксировано давление более 1000 атм.

Был проведен уникальный эксперимент в сферической камере объемом 900 кубометров для стехиометрической водородно-воздушной смеси при энергии инициирования процесса 6 Дж. На внутренней поверхности в нижней части камеры было зафиксировано давление 190 атм.

Обобщение и анализ результатов экспериментов показывают следующее.

1. Наиболее опасны и значительны по силовому воздействию на элементы конструкций режимы нестационарного горения. Неустойчивость фронта нестационарного горения приводит к возникновению возмущений и волн в среде перед фронтом и потоков за этими волнами. В замкнутых и кумулирующих объемах усиление волн создает условия для возникновения вторичных очагов горения — взрывов, параметры которых значительно превосходят значения, прогнозируемые условиями Чепмена–Жуге для стационарной детонации. Как показывает анализ экспериментальных данных, процесс развивается стохастически.

2. Энергия инициирования взрывов водорода с воздухом в кумулирующем объеме слабее зависит от концентрации водорода в смеси, чем это принято считать на основе результатов измерений в объемах традиционной формы (трубах, бомбах малых объемов). Концентрационные пределы взрывов расширяются.

3. В замкнутых объемах больших размеров, малые энергии инициирования первичного горения (на порядок меньшие принимаемых как критические для возникновения детонации) могут приводить к взрывам в результате возрастания интенсивности волн от первичного пламени при их распространении в реакционно-способной смеси, а также в результате многократного прохождения их через первичный фронт пламени.