

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИИ,  
МЕДИЦИНЫ, БИОЛОГИИ

УДК 510.6+532.5

ПОРТАТИВНОЕ ТВЕРДОТОПЛИВНОЕ УСТРОЙСТВО С РУЧНЫМ  
ПРИВОДОМ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ОГНЕННЫХ ВИХРЕЙ

© 2013 г. Д. В. Вялых, А. Е. Дубинов, Д. Ю. Колотков, И. Л. Львов,  
С. А. Садовой, Е. А. Садчиков

Саровский физико-технический институт, филиал Национального  
исследовательского ядерного университета “МИФИ”

Россия, 607188, Саров Нижегородской области

Поступила в редакцию 05.07.2012 г.

Описано простое портативное твердотопливное устройство, пригодное для генерации огненных вихрей и изучения их динамики в лабораторных условиях и на открытом полигоне.

DOI: 10.7868/S0032816213030142

Огненные вихри, возникающие при пожарах, являются одним из самых опасных факторов неконтролируемого горения. Их большие размеры (высотой до 300 м, диаметром до 3 м) и высокая плотность тепловой энергии, устойчивость в движении и большая скорость перемещения ( $\geq 0.25$  км/ч в безветренную погоду или в несколько раз больше при ветре) существенно снижают эффективность традиционных методов пожаротушения [1]. Подробный обзор физических свойств природных огненных вихрей дан в [2], впечатляющее фото огненного вихря при пожаре приведено в [3].

В литературе имеется множество описаний последствий пожаров с огненными вихрями, возникших в результате природных и техногенных катаклизмов. Для выработки эффективных методов профилактики и тушения огненных вихрей необходима объективная информация об их параметрах, механизмах их зарождения и устойчивости. Такую информацию можно получить только в специально поставленных экспериментах.

Генерирование огненных вихрей в естественных масштабах представляется достаточно дорогостоящим и опасным мероприятием. Поэтому представляет интерес экспериментальное масштабирование явления с помощью компактных и недорогих устройств.

В литературе описаны устройства двух типов, предназначенные для лабораторного получения и исследования огненных вихрей, причем в устройствах обоих типов используется жидкое топливо. К таким устройствам относятся:

а) устройства с принудительным вихревым восходящим течением газов (продуктов горения жидкого топлива), осуществляемым вращающейся крыльчаткой, которая устанавливается над ем-

костью с топливом (этанол, метанол, бензин и др.), или с помощью циклона [4–7];

б) устройства, в которых основным элементом является вращающаяся емкость с жидким горючим [8, 9].

Как указано в [5], жидкотопливные устройства обоих типов обладают существенным недостатком: в них происходит конвективное перемешивание топлива с изменением формы его свободной поверхности, что приводит в свою очередь к

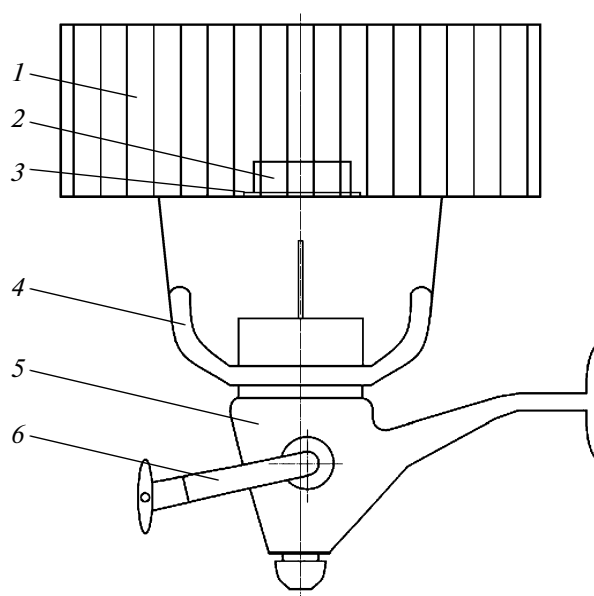
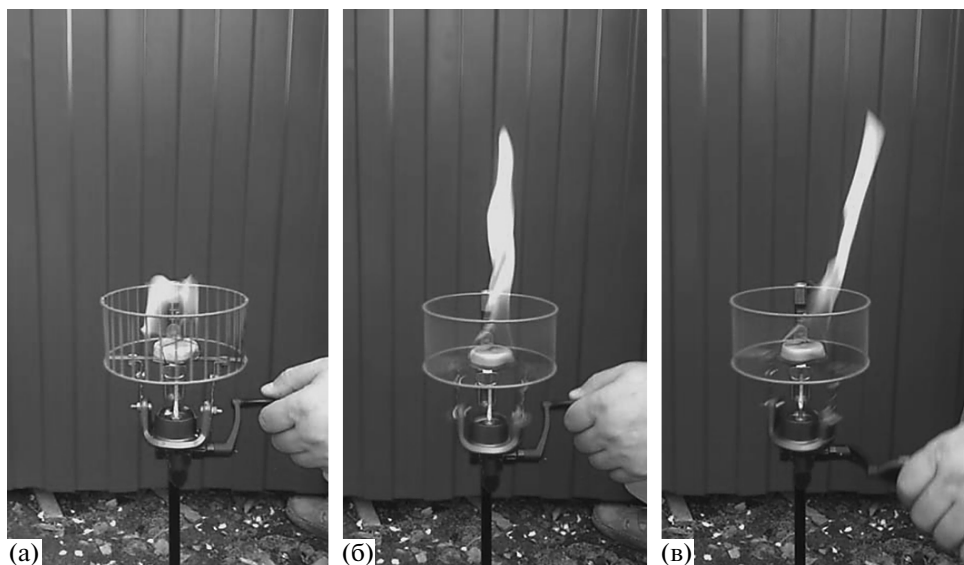


Рис. 1. Схема устройства. 1 – крыльчатка; 2 – таблетка уротропина; 3 – столик; 4 – коромысло; 5 – корпус; 6 – рукоятка привода.



**Рис. 2.** Горение таблетки уротропина в устройстве: **а** – свободное горение в неподвижном состоянии; **б** – огненный вихрь во вращающемся устройстве; **в** – отклонение от вертикали огненного вихря ветром со скоростью  $\sim 1.5$  м/с.

уменьшению температуры его поверхности, снижению испарения и интенсивности горения.

Эти факты, а также то, что природные огненные вихри, как правило, опираются на твердую горящую поверхность, указывают на необходимость разработки портативного устройства для генерирования огненных вихрей на основе твердого топлива.

В данной статье описано портативное твердотопливное устройство, предназначенное для генерирования огненных вихрей в условиях как полигонов, так и лабораторных помещений.

В качестве твердого топлива был выбран уротропин, выпускаемый промышленностью в виде таблеток диаметром 40 мм, толщиной 10 мм и массой 16 г и известный в быту как “сухой спирт”. Таблетки уротропина – это простой легкий компактный источник тепла и пламени. Они горят бездымно в течение 10–15 мин, надолго сохраняя свою форму и размеры. Удельная теплота горения уротропина равна  $\sim 30$  МДж/кг.

Устройство (рис. 1) с ручным приводом было сконструировано на базе безынерционной катушки для рыболовного спиннинга марки НТ 200 (Hai Tian, China), с которой была удалена шпуля. В корпусе ручного привода на шариковых подшипниках был установлен передаточный механизм червячного типа. Привод также содержал ротор и рукоятку привода. Передаточное отношение механизма 1:5.2. Механизм имеет прямой и обратный ход, а также тормоз.

На роторе устанавливалось коромысло, с которым жестко соединялись столик и крыльчатка. Крыльчатка была изготовлена из металлической

проволоки  $\varnothing 2$  мм и имела форму беличьего колеса диаметром 122 мм, высотой 54 мм и с 32-мя перекладинами.

Устройство может быть механически закреплено на штативе (лабораторный вариант) или на телескопическом металлическом кольшке с регулируемой высотой (30–60 см) (полигонный вариант).

При испытаниях устройства на столике 3 соосно закрепляли таблетку уротропина, которую затем поджигали (рис. 2а). В отсутствие вращения высота пламени изменялась в процессе горения от 2 до 7 см, пламя имело неправильную форму, сильно зависящую от направления и силы ветра при испытаниях на открытом полигоне.

При вращении рукоятки со скоростью 0.1–1 оборот/с пламя принимало форму скрученного столба и вырастало по высоте до  $\sim 20$  см. Это и есть огненный вихрь (рис. 2б). Его форма близка к цилиндрической либо конусообразной, а границы четко очерчены. Как правило, диаметр вихря составлял 1.5–2.5 см, т.е. почти вдвое меньше диаметра таблетки. Обнаружено, что вихрь более устойчив к воздействию ветра, чем пламя без вращения: ветер лишь отклоняет вихрь от оси, не разрушая его (рис. 2в).

Таким образом, изготовленное нами простое портативное твердотопливное устройство пригодно для генерации и изучения динамики огненных вихрей как в лабораторных условиях, так и на открытом полигоне.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *King A.R.* // Australian Meteorological Magazine. 1964. № 44. P. 1.
2. *Forthofer J.M., Goodrick S.L.* // J. Combustion. (Hindawi Publ. Corp.) 2011. ID 984363.
3. *Пашицкий Э.А.* // Природа. 2011. № 10. С. 3.
4. *Muraszew A., Fedele J.B.* // Combustion and Flame. 1979. V. 34. № 1. P. 29.
5. *Гришин А.М., Рейно В.В., Сазанович В.М. и др.* // Изв. вузов. Физика. 2011. № 12. С. 14.
6. *Гришин А.М., Рейно В.В., Сазанович В.М. и др.* // Оптика атмосферы и океана. 2008. Т. 21. № 2. С. 158.
7. *Chuah K.H., Kuwana K., Saito K.* // Proc. Combustion Inst. 2011. V. 33. № 2. P. 2417.
8. *Chuah K.H., Kushida G.* // Proc. Combustion Inst. 2007. V. 31. № 2. P. 2599.
9. *Chuah K.H., Kuwana K., Saito K.* // Combustion and Flame. 2009. V. 156. № 9. P. 1828.