

Отзыв

на автореферат диссертации

«Динамика и структура фронта водородно-воздушного пламени в каналах и плоских зазорах»

представленную **Ельяновым Артёмом Евгеньевичем**

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника.

Поскольку основным источником антропогенной эмиссии CO_2 в атмосферу (более 75%) является современная энергетика, которая с середины XIX века и по настоящее время более чем на 80% базируется на углеводородных источниках энергии, основной целью усилий по реализации Парижского соглашения заявлено снижение доли углеводородных источников в мировом энергобалансе, в основном за счет перехода на возобновляемые источники энергии. Однако реальный потенциал возобновляемых источников энергии значительно ниже даже текущих потребностей мировой энергетике, поэтому все серьезные прогнозы на обозримый период отводят ей долю всего в несколько процентов мирового энергобаланса.

В этой связи неудивительно, что в последнее время основным направлением усилий по снижению углеродного следа энергетике провозглашена необходимость ускоренного перехода на водородную энергетику, то есть более широкое использование водорода в качестве энергоносителя в производстве энергии, коммунальном секторе и на транспорте. Конечно, необходимо отметить, что водород является не источником энергии, а только вторичным энергоносителем, который необходимо производить, затрачивая на это энергию из других источников. Поэтому переход на использование водорода в качестве энергоносителя требует увеличения глобального энергопотребления для компенсации неизбежных потерь при преобразовании энергии. Кроме того, использование водорода как топлива ставит более сложные задачи обеспечения взрывобезопасности при эксплуатации устройств, использующих H_2 . Широкие концентрационные пределы воспламенения (5-75% в воздухе) указывают на значительные риски возникновения нештатных ситуаций.

В связи с изложенным, в прикладном смысле диссертационная работа посвящена выявлению факторов, определяющих эффективное и безопасное использование водорода в двигателях внутреннего сгорания и топливных ячейках. Научная ценность заключается в разработке модели «обратного пальцеобразного» пламени, которая может использоваться как в расчетных работах, так и учитываться при конструировании водородных энергетических установок. Экспериментальное установление преимуществ периферийного воспламенения перед центральным может повысить эффективность работы двигателей внутреннего сгорания.

Автором получены следующие основные результаты:

1. Установлены особенности режимов распространения пламени в трубах и каналах при периферийном зажигании. Данный режим по аналогии

с известным режимом горения, когда фронт пламени имеет «пальцеобразную» структуру (в зарубежной литературе «фингер») определен как «обратный пальцеобразный» фронт. Обнаружен рост скорости пламени в режиме «обратного пальцеобразного» горения.

2. Впервые проведены синхронизированная съемка в инфракрасном спектре и теневая визуализация водородно-воздушного пламени, распространяющегося в трубе в перпендикулярных плоскостях, что позволило соотнести стадии распространения пламени с формой его фронта.

3. Предложены аналитические модели «пальцеобразного» и «обратного пальцеобразного» пламени и установлено, что фронт «обратного пальцеобразного» пламени способен уменьшить эффект стука в двигателе внутреннего сгорания.

4. Впервые получены инфракрасные изображения водородно-воздушного пламени в плоском зазоре. Данные изображения позволили детально рассмотреть вызванные термодиффузионной неустойчивостью распад фронта пламени на начальном этапе и образование ячеистых пламен.

5. Предложен критерий распада фронта пламени в плоском зазоре на основе скорости и периметра фронта пламени в момент его распада.

Одним из основных результатов, на мой взгляд, является установление того факта, что использование периферийного воспламенения может повысить эффективность работы двигателей внутреннего сгорания. Другим важным результатом является выявление закономерностей распада фронта водородного пламени в плоском зазоре, что непосредственно важно при решении вопросов взрывобезопасности при эксплуатации водородных топливных ячеек.

Выгодно подчёркивает достоинства работы то, что основные результаты получены автором с использованием современных экспериментальных методик и представляются достоверными и воспроизводимыми.

К автореферату можно сделать следующие замечания.

1). Имеются опечатки, затрудняющие восприятие работы. Например, Стр. 7. «когда фронта пламени представляет собой «пальцеобразную» структура». Стр. 7. «**Показаны** (должно быть «измерены») скорости фронта пламени в зависимости от концентрации». Стр. 14. «проводились эксперименту по распространению пламени». Стр. 20. «Построена аналитическая модели «обратного пальцеобразного» пламени».

2). При рассмотрении реакции горения водорода не учитывается её разветвленно-цепной характер, а именно важная роль атомов и радикалов в химическом превращении. Действительно, если атом водорода гибнет на стенке реактора (а для плоского зазора этот процесс важен и при атмосферном давлении), то этот атом не будет участвовать в цикле реакций, приводящих к воспроизводству этих атомов, т.е. не осуществится химическое превращение, приводящее к выделению тепла. Таким образом, процесс гетерогенной гибели атомов формально эквивалентен дополнительным потерям тепла. Эти потери следовало бы учесть, например,

в аналитической модели «обратного пальцеобразного» пламени (Глава 1) и при получении критерия, определяющего распад фронта пламени (Глава 2). Данное замечание автору следует принять во внимание при дальнейшем развитии исследований.

Сделанные замечания не снижают общего положительного впечатления о диссертационной работе.

Считаю, что диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему. Диссертация удовлетворяет всем требованиям п. 9. «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор Артём Евгеньевич Ельянов заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.