

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МАСС В ПУЛЬСИРУЮЩИХ, КУМУЛЯТИВНЫХ СТРУЯХ, КАК СРЕДСТВО УВЕЛИЧЕНИЯ ИМПУЛЬСА И ПОЛУЧЕНИЯ СВЕРХВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР****Богданов Василий Иванович**

*доктор технических наук, профессор  
Рыбинского государственного авиационного технического университета  
имени П.А. Соловьева  
город Рыбинск,  
эксперт ПАО «ОДК-Сатурн»  
город Рыбинск;*

**Немтырева Ирина Александровна**

*кандидат технических наук  
ведущий инженер ПАО «ОДК-Сатурн»  
город Рыбинск*

**INTERACTION OF MASSES IN PULSATING, CUMULATIVE JETS AS MEANS OF INCREASING IMPULSE AND OBTAINING ULTRA-HIGH TEMPERATURES****Bogdanov Vasily Ivanovich**

*Doctors of Science (Engineering), Professor  
«P. A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University»,  
Expert UEC-Saturn  
Rybinsk*

**Nemtyreva Irina Aleksandrovna**

*Candidate of Sciences (Engineering)  
Lead Engineer UEC-Saturn  
Rybinsk*

**АННОТАЦИЯ**

В исследованиях по реализации технологий термоядерного синтеза появляются новые менее затратные направления, связанные с получением сверхвысоких температур в результате соударения встречных высокоэнергетических течений плазмы. Проведенные исследования газодинамических резонаторов, детонационного сгорания с ударными волнами, кумулятивных струй, камер сгорания постоянного объема показали перспективность этого направления. В нестационарном рабочем процессе возможно увеличение импульса за счёт присоединения массы. Рассмотрен порядок проведения экспериментов с кумулятивными струями.

**ABSTRACT**

In research on the implementation of thermonuclear fusion technologies, new less costly directions appear associated with obtaining ultra-high temperatures as a result of the impact of counter high-energy plasma currents. Studies of gas-dynamic resonators, detonation combustion with shock waves, cumulative jets, combustion chambers of constant volume showed the promise of this direction. In a non-stationary working process, it is possible to increase the pulse due to the addition of mass. Procedure of conducting experiments with cumulative jets is considered.

**Ключевые слова:** термоядерный синтез, кумулятивная струя, реактор, ударная волна, резонатор, детонация.

**Keywords:** thermonuclear synthesis, cumulative jet, reactor, shock wave, resonator, detonation

Детонационное сгорание топлива как средство получения высоких давлений и температур для возможной реализации например повышенной термодинамической эффективности энергодвигательных установок, термоядерного синтеза привлекает всё большее внимание. Так детонационное, взрывное сгорание рассматривается в перспективных энергодвигательных газотурбинных установках [2, с.123-130], [3, с.130].

Компанец А.С. [8, с.288] разделил историю освоения человеком природы на основные этапы: овладение огнем, изобретение пороха. Он предположил также, что освоение детонации (в энергетических установках) можно будет считать новым этапом развития общества.

Результаты современных научно-технических исследований детонационного, пульсирующего рабочего процесса могут найти применение и в термоядерной энергетике. В работе [8, с.288] рассмотрена возможность сжатия и нагрева дейтерия для получения термоядерных реакций с помощью ударных волн. Эту идею можно реализовать на следующих эффектах и принципах [4, с.76-82]:

1. на эффекте Гартмана-Шпрингера, который возникает при натекании сверхзвуковой стационарной газовой струи на резонансную трубку (резонатор), открытую со стороны натекающего потока и закрытую с противоположного конца; при этом в трубке возникает пульсирующее течение с образованием

ударных волн и разогревом ее дна за счет «накачки» энергии до температур от 7000 К до 18 000 К;

2. на эффекте взаимодействия сверхзвуковой пульсирующей газовой струи с препятствием, в прилегающем объеме которого происходит перераспределение энергии, и могут возникнуть «точки» с аномально высоким значением температуры газа; так при средней температуре газа 3000 К возможно получение в «точке» 170 000 К;

3. на базе созданной в ПАО «ОДК-Сатурн» пульсирующей золотниковой камеры сгорания постоянного объема (КС  $V=const$ ) [2, с.123-130]; камера в зависимости от исполнения может создавать рабочие пульсации с заданными скважностью от 0 % до 90 % и частотой до 1000 Гц и более; благодаря продувке и кратковременному воздействию продуктов сгорания конструкция с системой охлаждения, как в жидкостном ракетном двигателе (ЖРД), может быть работоспособной при температуре газов на уровне 4000 К и более;

Возможный способ получения сверхвысоких температур может быть основан на «сложении» описанных выше газодинамических эффектов и применении КС  $V=const$ . В установке газы и ударные волны от синхронно работающих навстречу друг другу КС  $V=const$  [4, с.76-82] взаимодействуют (сталкиваются) в специальной камере – реакторе.

Сейчас подобные концепции, базирующиеся на получении сверхвысоких давлений и температур в результате соударений встречных течений плазмы, топлива, рабочего тела становятся актуальными. Анализ современного состояния освоения термоядерного синтеза показывает [7, с.88-89], что реализуются такие масштабные проекты как:

- Международный экспериментальный термоядерный реактор (ITER) во Франции; в этот токамак вложено 21 млрд долл. США;

- не менее сложный Национальный комплекс (NIF) в Калифорнии, США, в котором на мишень (таблетку ядерного топлива) будут фокусироваться одновременные импульсы 192 лазера.

Сложность и высокая стоимость этих проектов потребуют, с учётом многолетнего опыта, решения многих проблем в экспериментальной отработке и внедрении их в ближайшие десятилетия. Кроме того, требуются большие затраты электроэнергии. Учитывая невысокий КПД в цепочке получения электроэнергии и преобразования её в токамаке и

лазерах, существует проблема обеспечения достаточной эффективности. Поэтому огромный интерес представляют новые, менее масштабные проекты, нацеленные на создание рентабельных термоядерных энергетических установок. Это, прежде всего, близкие к решению с КС  $V=const$ : установка компании General Fusion, Канада, в которой для возбуждения реакции синтеза используются ударные волны, распространяющиеся в жидком металле, и реактор компании Tri Alpha Energy на встречных пучках заряженных частиц, имеющий длину всего 23 м [7, с.88-89]. В канадской установке для сжатия плазмы в центральной сферической камере будут использоваться 200 поршней. В установке [4, с.76-82] высокочастотные КС  $V=const$  должны заменить эти поршни.

В связи с изложенным, представляет интерес конструктивно простое формирование кумулятивных струй, которые характеризуются чрезвычайно высокой энергетикой и нестационарностью. Анализ результатов исследований по кумулятивным зарядам [6, с.506] показал, что формирование кумулятивной струи происходит примерно также как в сферическом газодинамическом резонаторе (рисунок 1), но с большим уровнем параметров. Экспериментальные работы, проведенные в НТЦ им. А. Люльки показали прирост тяги (рисунок 2) и качественно высокий, в отдельных точках, уровень температур [9, с.40-43]. Кроме того, здесь была выявлена на определенных режимах работы прямо пропорциональная зависимость увеличения тяги от температуры воздуха при постоянном давлении и неизменной геометрии проточной части.

Расчётные исследования сферического резонатора-усилителя тяги, проведенные в ПАО «ОДК-Сатурн» [5, с.42-47] в развитие работ [9, с.40-43] показали, что здесь увеличение тяги происходит в основном за счёт волнового присоединения собственной массы газа в высокочастотном колебательном процессе (рисунки 3, 4) и в соответствии с теорией взрыва [1, с.350]. Увеличение тяги от повышения температуры воздуха при постоянном давлении и неизменной геометрии проточной части можно объяснить тем, что с ростом температуры повышается упругость взаимодействующих цикловых масс газа (они меньше деформируются) и поэтому уменьшаются потери на удар. Подобный резонатор рассматривается как усилитель тяги реактивного двигателя.

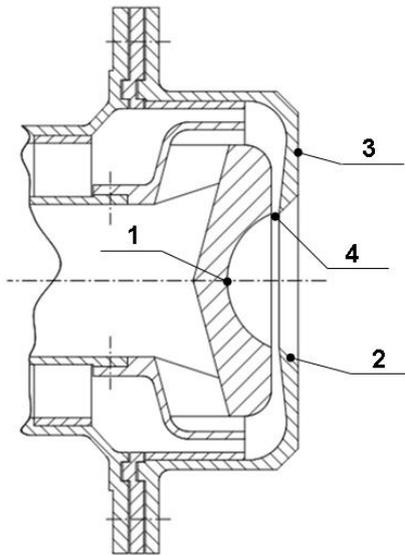


Рисунок 1. Схема экспериментального сферического резонатора  
(1 – сферическая полость; 2 – выходное сопло; 3 – торцевая стенка; 4 – критическое сечение)

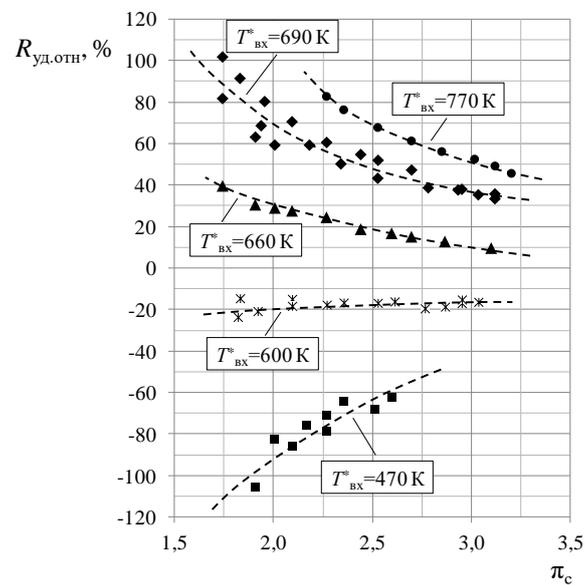


Рисунок 2. Экспериментальная зависимость относительной удельной тяги от температуры входного воздуха для разных  $\pi_c$

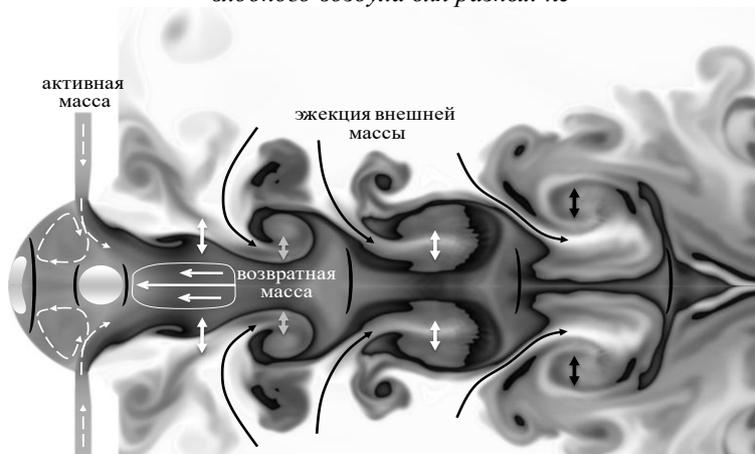


Рисунок 3. Визуализация течения в резонаторе

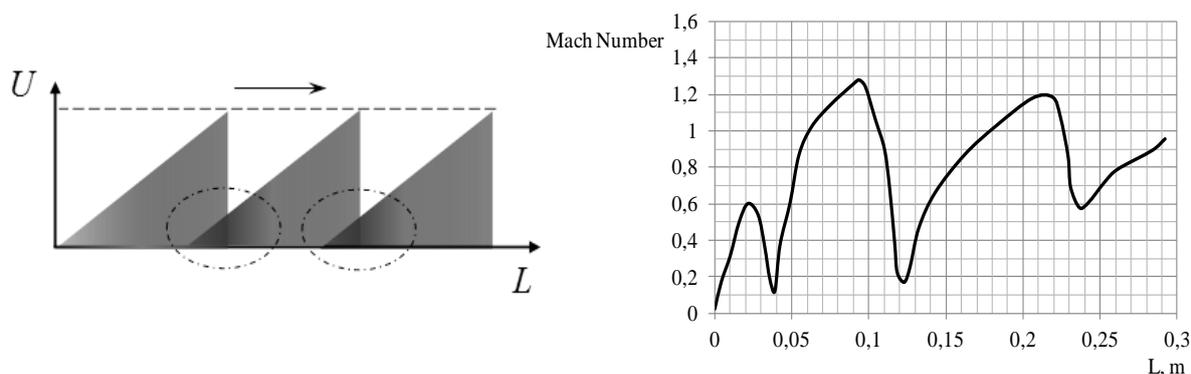


Рисунок 4. Теоретическая модель присоединения масс газа и результат вычислительного эксперимента

Схожесть физических явлений вызывает интерес к оценке тяги (импульса) кумулятивного заряда, как импульсного реактивного двигателя, например, экспериментально с помощью баллистического маятника, а также расчётом, используя эмпирические методы [6, с.506]. Увеличенный импульс позволит повысить тяговые характеристики твёрдотопливных ракетных двигателей.

Учитывая высокую энергетику и нестационарность кумулятивной струи, целесообразно рассмотреть встречное столкновение струй для получения сверхвысоких температур. Вычислительный эксперимент из-за новизны процесса представляется проблематичным. Поэтому целесообразным

следует считать проведение эксперимента на базе существующих кумулятивных зарядов малой мощности. После набора статистических данных создаётся эмпирическая методика проведения вычислительного эксперимента. Предлагается следующая упрощенная программа проведения эксперимента:

1. Создание экспериментальной установки, схема которой приведена на рисунке 5. Установка состоит из прочного разъёмного корпуса 1, в котором устанавливаются кумулятивные заряды 2 с встречным направлением действия кумулятивных струй. Устройство 3 содержит датчики давления и температуры, предохранительную мембрану, обеспечивает подачу термоядерного топлива – смеси дейтерия и трития.

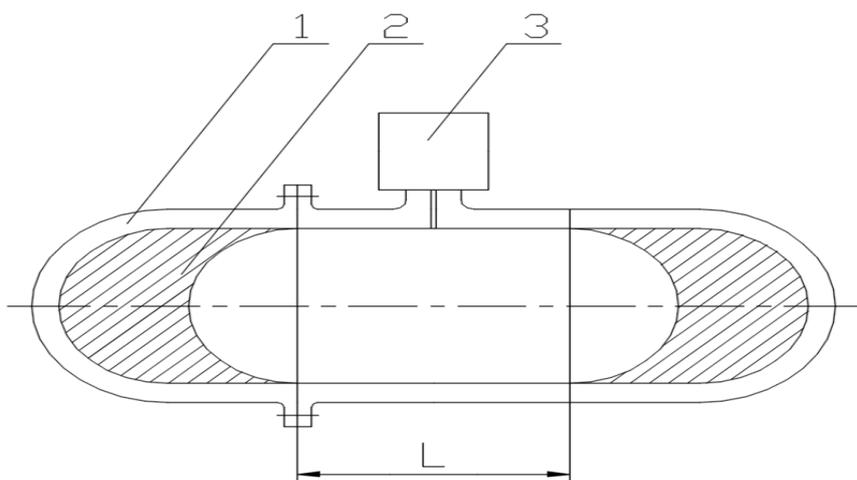


Рисунок 5. Схема установки для получения сверхвысоких температур

2. На первом этапе эксперимента исследуется процесс встречного удара кумулятивных струй в нейтральной среде при различных значениях L. Оцениваются параметры столкновения струй. На втором этапе производятся эксперименты с термоядерным топливом, с постепенным увеличением (от опыта к опыту) его концентрации.

Выполненный анализ результатов исследований высоконестационарных газодинамических явлений, возникающих при взаимодействии масс газа, плазмы, представляет интерес для дальнейших исследований этих взаимодействий в кумулятивных струях для

увеличения импульса и получения сверхвысоких температур (при встречном ударе кумулятивных струй).

**Литература:**

1. Баум Ф. А., Орленко Л. П., Станюкович К. П., Шехтер Б. И. Физика взрыва. – М.: Наука, 1975. – 350с.  
 2. Богданов В.И., Кузнецов С.П. Результаты экспериментальной отработки золотниковой камеры сгорания постоянного объема // Вестник СГАУ им. С.П. Королева. – 2011. – № 2. – с.123-130.

3. Богданов В.И. Пульсирующий рабочий процесс в реактивной технике. Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2015. – с.130.

4. Богданов В.И. Об освоении пульсирующего детонационного рабочего процесса в энергодвигательных установках // Известия РАН. Энергетика. – 2007. – № 2. – с.76-82.

5. Богданов В.И., Ханталин Д.С. Особенности расчёта сферического газодинамического резонатора-усилителя реактивной тяги. Вестник РГАТУ им. П.А. Соловьёва. Рыбинск. 2014. №3. с.42-47.

6. Боеприпасы. Под общей редакцией В.В. Селиванова в двух томах. Т. 1. М.: Изд.-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016. 506с.

7. Дэвид Биелло. Ядерный микросинтез // В мире науки. – 2016. – № 1-2. – с.88-89.

8. Компанец В.С. Законы физической статистики. Ударные волны. Сверхплотное вещество. – М.: Наука, 1976. – 288с.

9. Тарасов А. И., Щипаков В. А. Проблемы создания газотурбинного пульсирующего детонационного двигателя // Авиационно-космическая техника и технология. – 2012. – №9(96) – с. 40-43.

УДК 004.9

## ANALYSIS OF THE COMPETENCE-BASED APPROACH OF THE SCHOOLS' CURRICULUM OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN: DIGITAL COMPETENCES

*Seitakhmetova Zhanat*

*East Kazakhstan Technical University named after D. Serikbaev,  
Kazakhstan, 070004, Ust-Kamenogorsk, Protazanov str., 69*

*Mukhtarkhanova Gulshat*

*Deputy Director of the Nazarbayev Intellectual School in Ust-Kamenogorsk,  
Master of Pedagogical Sciences,  
Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, 070016, st. Satpaeva, 17/4-2*

## АНАЛИЗ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА УЧЕБНЫХ ПРОГРАММ ШКОЛ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН: ЦИФРОВЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ

*Сейтахметова Жанат Маратовна*

*Восточно-Казахстанский Технический Университет имени Д.Серикбаева,  
Казахстан, 070004, г.Усть-Каменогорск, ул.Протазанова, 6*

*Мухтарханова Гульшат Токтасыновна*

*Заместитель директора Назарбаев Интеллектуальной школы г. Усть-Каменогорск,  
магистр педагогических наук,  
Казахстан, г. Усть-Каменогорск, 070016, ул. Сатпаева, 17/4-2*

DOI: [10.31618/nas.2413-5291.2022.2.75.559](https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2022.2.75.559)

### ABSTRACT

This article presents a qualitative analysis of the content of educational curricula for the presence of elements of a competency-based approach with an emphasis on the development of digital competence of students. As an object of study, educational programs and mid-term plans of senior classes in the subjects of computer science (as a specific subject) and mathematics (as a general education subject), implemented in schools of the Republic of Kazakhstan in the 2020-2021 academic year, were chosen. The results of the analysis show the need to develop a digital competence framework for high school students, which could specify the types and components of digital competence and become a guideline for planned revisions of the content of educational programs in high school.

### АННОТАЦИЯ

В этой статье представлен качественный анализ содержания образовательных учебных программ на наличие элементов компетентностно-ориентированного подхода с акцентом на развитие цифровых компетенции учащихся. В качестве объекта исследования были выбраны образовательные программы и среднесрочные планы старших классов по предметам информатика (как специфический предмет) и математика (как общеобразовательный предмет), реализующиеся в школах Республики Казахстан в 2020-2021 учебном году. Результаты анализа показывают необходимость разработки рамки цифровых компетенции учащихся старших классов, которая могла бы конкретизировать виды и компоненты цифровой компетенции и стать ориентиром при плановых пересмотрах содержания образовательных программ в школе.

**Key words:** competence-based approach, curricula, digital competencies, digital competencies framework.

**Ключевые слова:** компетентностный подход, учебные программы, цифровые компетенции, рамка цифровых компетенции.

### Introduction

The secondary education system of the Republic of Kazakhstan has been undergoing a large-scale

restructuring since 2016 to systematically update educational training programs based on the experience of Nazarbayev Intellectual Schools. Updating the