

# ДЕТОНАЦИОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ПРОГРЕССА

На протяжении десятилетий ученые исследуют проблему создания двигателя, в котором использовалась бы энергия взрыва. Разработка безопасной модели этого «двигателя XXI века» и освоение его промышленного производства могут иметь революционные последствия для авиакосмической и транспортной отраслей, развития военно-промышленного комплекса. Но прежде, чем детонационный двигатель станет такой же обыденной реальностью, как мобильная связь или Интернет, необходимо провести обширный комплекс фундаментальных и прикладных научных исследований. Немногие знают, что белорусские ученые, наряду со своими коллегами из США, Германии и Франции, являются ведущими в мире специалистами в области изучения детонационных волн. Какой вклад вносит Беларусь в разработку детонационного двигателя? С этим вопросом мы обратились к заведующему лабораторией физико-химической гидродинамики Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова Национальной академии наук доктору физико-математических наук Олегу ПЕНЯЗЬКОВУ. Однако только научной и технологической проблематикой беседа не ограничилась. Олег Пенязьков принадлежит к так называемому «поколению сорокалетних» – тех ученых, становление которых произошло еще на закате Советского Союза, которые находятся сейчас в расцвете творческих сил и, по сути, определяют научное лицо современной Беларуси. Поэтому в свете прошедшего в ноябре 2007 года Первого съезда ученых страны было интересно услышать мнение собеседника о состоянии и путях реформирования белорусской науки, интеграции отечественных ученых в международные научные проекты, о значении науки для развития общества и государства.

## ОБУЗДАННЫЙ ВЗРЫВ

— **О**лег Глебович, в чем новизна детонационного двигателя по сравнению с традиционными?

— Если взглянуть на шкалу скоростей распространения пламени, то на ней обозначены два крайних вида горения – медленное и детонационное. Медленное горение, имеющее скорость от 0,2 до 3 метров в секунду, нам хорошо знакомо – именно оно используется в настоящее время в большинстве энергетических устройств, например в газовых плитах, двигателях внутреннего сгорания, реактивных двигателях, в установках для производства электроэнергии.

**Олег ПЕНЯЗЬКОВ,**  
заведующий лабораторией  
физико-химической гидродинамики  
Института тепло- и массообмена  
имени А.В. Лыкова НАН Беларуси

Скорость детонации почти в тысячу раз больше и составляет, как правило, от 1,5 тыс. до 3 тыс. метров в секунду. Поскольку это горение распространяется намного быстрее, чем скорость звука, перед фронтом пламени всегда возникает сильная ударная волна, в которой исходная горючая смесь сжимается до давлений в десятки атмосфер и температур более 1000 градусов. В этих условиях в веществе становится возможным протекание очень быстрых цепных химических реакций, приводящих к почти мгновенному освобождению энергии, иными словами, к взрыву.

Вот уже более полувека ученые и инженеры пытаются создавать устройства, в которых рационально использовалась бы эта колоссальная энергия взрыва. Дело в том, что термический коэффициент полезного действия (КПД) традиционных систем, использующих медленное горение, не очень высок и составляет примерно 20–25%.



Если мы научимся применять детонацию или сходные с ней процессы в качестве рабочих внутри какого-либо энергетического устройства, то теоретически это сразу повлечет за собой увеличение КПД на 10–15%, а значит, и эффективности использования энергии, запасенной в рабочем веществе, в топливе. Это очень большой показатель. Ведь эффективность большинства энергетических устройств уже достигла предела. Например, улучшение КПД автомобильных и авиационных двигателей на десятки доли процента уже считается успехом.

– **В обычных автомобилях можно будет использовать такой двигатель?**

– Нет, пока речь об автомобилях не идет. Сложность в том, что детонация – процесс очень быстрый и осуществить его в нормальных условиях, стационарно, чтобы он существовал в течение длительного времени и производил работу, достаточно тяжело. Ведь для того, чтобы в газе либо другом веществе непрерывно распространялась детонационная волна, необходимо успевать подавать свежую топливно-воздушную смесь. При этом скорость ее подачи должна быть сравнима со скоростью процесса. Если учесть экстремально высокую скорость взрывного горения, то очевидно, что установка детонационного двигателя на автомобиль будет весьма энергозатратной. Масса и сложность топливной аппаратуры сведет на нет преимущества в коэффициенте полезного действия процесса.

Детонационный двигатель имеет большие перспективы применения в сверхзвуковой авиации, ракетных системах различного назначения, в летательных аппаратах для многократного вывода на околоземную орбиту. Гиперзвуковые гражданские самолеты будущего, в которых будет использована энергия детонации или сверхзвукового горения, смогут преодолевать расстояние от Беларуси до США за 2–3 часа. При полете такого гиперзвукового аппарата в верхних слоях атмосферы скорость воздушного потока, входящего в воздухозаборники самолета, будет сравнима со скоростью детонации, и внутри его двигателя можно будет обеспечивать процесс устойчивого детонационного горения.

В случае если невозможно обеспечить скорость полета, равную скорости детонации, могут применяться смешанные системы – пульсирующие детонационные двигатели. Первый прототип таких конструкций был создан еще во времена Второй мировой войны. На пульсирующем принципе работали немецкие ракеты ФАУ, с помощью которых нацисты бомбили Лондон.

## БЕЛОРУССКИЙ ВКЛАД

– **Расскажите, пожалуйста, как идет создание детонационных двигателей в мире и когда начались подобные исследования в Беларуси.**

– Практические модели двигателей существуют уже много лет. Начиная с 1950-х годов в разных странах, в том числе в Советском Союзе, создавались модели пульсирующих детонационных камер сгорания. В последние десятилетия исследования активизировались в крупных западных компаниях, таких как General Electric, Pratt-Whitney, Lockheed Martin, которые производят двигатели для летательных аппаратов различного назначения. Там существуют собственные исследовательские долгосрочные программы в этой области. Они хорошо финансируются. По данным трехлетней давности, скажем, долгосрочный бюджет исследований в области пульсирующей детонации в каждой из этих компаний составлял примерно от 5 млрд. до 6 млрд. долларов.

Уже созданы прототипы детонационных двигателей, которые могут размещаться на самолетах различного назначения. Года три назад первые гиперзвуковые аппараты были запущены в Австралии и в США. Это были краткие полетные испытания в течение 10–20 минут в беспилотном режиме.

Пульсирующие детонационные камеры нового поколения разрабатываются и в России – в Новосибирском институте гидродинамики Российской академии наук.

В Беларуси же областью физики, связанной со взрывами газов, начали заниматься, пожалуй, только после распада СССР. Бывший директор Института тепло- и массообмена Рем Иванович Солоухин был в свое время одним из основателей физики газовой детонации

## ПЕНЯЗЬКОВ

**Олег Глебович.**

Родился в 1961 году. Окончил БГУ. С 2001 года возглавляет лабораторию физико-химической гидродинамики Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси. Доктор физико-математических наук (2004 год). Автор более 140 научных работ. Член Международного института горения, Международного института ударных волн, Итальянского физического общества.



в Советском Союзе, разработчиком первой ударной трубы. Он и создал новое научное направление для нашей республики – физику ударных волн, физику горения и взрыва. В начале 1990-х годов бюджетное финансирование белорусской и российской науки значительно сократилось. Однако в это время в Российской Федерации был образован ряд новых коммерческих структур, которые решили разрабатывать двигатели нового поколения. И для этого им надо было проводить работы в области физики детонации, чем и занялась наша лаборатория в Минске.

Сегодня наряду с Калифорнийским технологическим институтом, Стэнфордским университетом (США), Институтом ударных волн в Аахене (Германия), рядом университетских центров Франции, Японии лаборатория физико-химической гидродинамики нашего института является одной из ведущих в мире в области экспериментальных исследований физики детонации. Лаборатория оснащена значительным количеством устройств, в которых можно обеспечивать устойчивое распространение детонационных волн. Есть ударные и детонационные трубы различного диаметра, в которых мы изучаем взрывные явления в газах, газо-капельных и газо-пылевых системах. Как известно,

взрыв – это очень быстрый процесс, и для того, чтобы заниматься его исследованием, необходима специальная техника, позволяющая фиксировать информацию с очень высоким временным разрешением. Еще с советских времен у нас имеется несколько высокоскоростных камер для съемки процессов со скоростью до 5 млн. кадров в секунду. Недавно обзавелись рядом специальных камер, которые позволяют фотографировать объекты с очень слабой светимостью и высоким временным разрешением.

**– Создание в обозримом будущем белорусского детонационного двигателя – это реальность или все же утопия?**

– В нашей лаборатории существует своя концепция такого двигателя, которая несколько отличается от зарубежных. Действует ряд модельных установок, позволяющих исследовать процессы детонации. Что же касается промышленного производства детонационных двигателей в Беларуси, к такой возможности надо подходить трезво. Сейчас у нас для этого не хватает ни человеческого, ни экономического потенциала. С точки зрения необходимой научной и промышленной инфраструктуры эта задача может оказаться сложнее, чем даже создание национального спутника. Ведь мало научиться управлять де-

тонационным горением – нужно разработать новые материалы и конструкции, которые обеспечивали бы устойчивую работу двигателя при значительных механических и динамических нагрузках. Необходимы высококвалифицированные инженерные и рабочие кадры, новый уровень развития точной механики и машиностроения. Должна функционировать система полигонов и стендов для ресурсных испытаний. И самое главное – такую продукцию должен кто-то покупать. Пока в условиях Беларуси это неосуществимо.

Тем не менее существует международное разделение труда, в том числе в наукоемких, высокотехнологичных отраслях. Мы пытаемся там найти свою нишу и сохранять позиции в ней. Наша лаборатория сотрудничает со многими заинтересованными организациями в России и на Западе. Среди них – Центральный аэрогидродинамический институт, ряд новосибирских и московских институтов РАН, организации, специализирующиеся в области ракетных и авиационных технологий. Мы проводим исследования по заказам западных компаний. Хорошие контакты налажены с Японским аэрокосмическим агентством. Имеется ряд предложений о сотрудничестве в области физики детонации от стран Ближнего Востока, которые сейчас активно пытаются развивать высокие технологии, включая аэрокосмические. Можно сказать, что мы продаем не технологии или готовую продукцию, а эксклюзивные научные исследования, помогающие создавать и совершенствовать аэрокосмические и ракетные технологии. О признании нашей научной школы говорит хотя бы тот факт, что следующий, XXII Международный colloquium по динамике взрывов и реагирующим системам – главное научное мероприятие в области физики горения и взрыва – пройдет именно в Минске, в июле 2009 года. В нем примут участие 400 ведущих специалистов из многих стран мира. Организация и проведение этих своеобразных «Олимпийских игр» по физике горения и взрыва очень престижное дело, что, несомненно, поможет нам в дальнейшем привлекать средства и возможности различных финансовых институтов, организаций, частных компаний для проведения исследовательских работ.

## ПРОБЛЕМЫ И ДИЛЕММЫ

**– Помимо того что вы руководите лабораторией, вы также являетесь заместителем директора института по научной работе. Интересно узнать ваше мнение по таким проблемам, как подготовка научных кадров и соотношение фундаментальных и прикладных исследований в работе ученых.**

– Фундаментальной наукой в Беларуси занимается не так много исследователей. Среди тех, кто говорит, что занимается фундаментальной наукой, многие на самом деле не имеют к этому никакого отношения. Да и наша лаборатория скорее проводит углубленные исследования по ряду технически важных направлений в области газовой динамики, физики горения и химической физики. Это что-то среднее между прикладной и фундаментальной наукой, с моей точки зрения. Слова «инновации», «технологии» сейчас в большой моде. Но надо четко сознавать: когда ты начинаешь заниматься созданием и внедрением технологий, ты перестаешь заниматься углубленной научной деятельностью. Создание и внедрение технологий – это дело конструкторов и инженеров, которых у нас зачастую отождествляют с учеными. Когда от научных коллективов из 3–5 человек требуют, чтобы они были передовыми в научном плане, одновременно создавали и внедряли новые технологии и при этом еще занимались воспроизводством кадров высшей квалификации, это, мягко говоря, практически невозможно.

Беларусь выбрала для себя приоритеты научно-технического развития. Для их поддержки необходимо создать систему национальных лабораторий либо базовых институтов, которые занимались бы углубленными научными исследованиями, обеспечивали необходимое воспроизводство кадров, создавая таким образом должный уровень интеллектуального превосходства или достаточности в выбранных направлениях развития. Уровень оплаты труда сотрудников в этих организациях и их техническая оснащенность должны быть очень высокими. Тогда туда выстроится очередь из желающих работать и отпадет надобность гоняться за талантливой молодежью. Эти национальные лаборатории

**Основные результаты научной деятельности лаборатории физико-химической гидродинамики Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси за последние годы:**

- Получены первые данные о кинетике и режимах горения смесей пропана, этилена, метана, авиационного керосина и дизельного топлива с воздухом в диапазоне температур 1000–2000 К и давлениях 5–25 атм.

- Определены механизмы воспламенения и макроскопические режимы горения газов в однородных и неоднородных условиях в широком диапазоне теплофизических параметров среды.

- Созданы новые методы диагностики процессов нестационарного энерговыделения в неоднородных реагирующих течениях за ударными и детонационными волнами.

- Изучена эволюция структуры газовой детонации в трубах, обнаружены и описаны «модовые» режимы распространения детонации, обладающие устойчивостью и симметрией ячеистой структуры. Проведен анализ режимов, характеризующихся неустойчивостью течения.

- Установлены количественные критерии для определения пределов устойчивой и неустойчивой детонации и сверхзвуковой дефлаграции в трубах.

должны являться некими узлами, «точками роста», которые позволяли бы Беларуси позиционировать себя в этом сложном, быстро меняющемся мире. Ведь не секрет, что каждые 10–15 лет возникают технологические прорывы в некоторых областях, и нам необходима жесткая система координат для того, чтобы ориентироваться в лучших достижениях мировой науки и техники. Если она отсутствует и нет достаточного количества подготовленных специалистов, то мы постепенно превратимся, извините, просто в «папуасов», которые, конечно же, имеют право на жизнь, но не способны даже оценить, какие технологии и оборудование надо импортировать, а от чего следует отказываться как от устаревшего.

С кадрами у нас в институте ситуация довольно характерная. Из более чем пятисот действующих сотрудников всего 29 человек в возрасте от 40 до 50 лет – самом плодотворном. С уходом «старой гвардии» в пучину погрузится гигантское количество знаний, профессионального мастерства, понимания физики и жизни, которое было наработано еще в советские годы. И это уже, к сожалению, невосполнимо – гибель Атлантиды. Ждать большого притока молодежи в институт в ближайшие годы не приходится, поскольку с 2008 года в университеты начнет поступать поколение, родившееся в начале 1990-х, а тогда в Беларуси был демографический спад. И все же, надеюсь, мы сумеем создать некий критический запас специалистов. Не исключено, что этому будет способ-

ствовать интеграция института в крупные международные научные проекты.

Во всяком случае мы не сидим сложа руки и сами стараемся заботиться о подготовке научных кадров – с дальним прицелом. В этом году мы выделили помещение в институте, где будут заниматься школьники. Некоторые наши сотрудники уже много лет работают с учащимися, которые участвуют в международных олимпиадах по физике и математике. Мы ищем способных ребят в ведущих школах физико-математического направления Минска и хотим, чтобы наш институт стал для них домом.

Суть даже не в том, чтобы убедить ребят прийти после учебы в вузе работать именно в наш институт. Главное, чтобы они прониклись духом научного поиска, научились искать и мыслить. Я думаю, в обществе как в детонационной волне существуют цепные реакции знаний. Если в академии наук возникнет или уже существует направление, где группа ученых реализует свое умение на высшем мировом уровне, то люди, которые там работают, даже если перестанут заниматься физикой, все равно затем успешно реализуют себя в других сферах деятельности, быть может, даже не связанных с наукой. Их знания, опыт, интеллект будут и дальше приносить пользу стране. И когда таких людей будет достаточно, Беларусь как будто с помощью двигателя (сразу напрашивается такая аналогия) поднимется на новый виток развития.

**Беседовал Олег ЛИЦКЕВИЧ ■**

