

Пentakварк – новое открытие
в физике частиц

Алгоритм внедрения научных идей

Ускорительный комплекс ИФВЭ
для ядерной медицины

ПРАКТИЧЕСКИЙ РЕСУРС ГОРОДА НАУКИ

Отраслевой инжиниринговый центр
как источник инноваций

Невербальный код наукограда



Дорогие друзья!

Как всегда, предваряя ваше знакомство с очередным выпуском журнала, коснусь главных его тем. Несмотря на обычные для летнего периода отпуска, затишья в жизни научных и деловых кругов не наблюдалось. Более того, наметились новые пути их сближения. Мы даем краткую сводку информации о совещании, в ходе которого областными властями был предложен алгоритм взаимодействия науки и бизнеса в наукоградах Подмоскovie с целью материализации научных идей и разработок. Развивают эту тему публикации, доказывающие наличие научно-практического ресурса для успешной реализации стратегии развития Протвино как наукограда. Ее главными направлениями определены фундаментальная

физическая наука, ядерная медицина и промышленный инжиниринг.

Резонансным событием в мировой фундаментальной науке, к которому имеют прямое отношение наши физики, стало обнаружение в июле нынешнего года новой частицы – пентакварка – на Большом адронном коллайдере. Своим мнением по поводу этого открытия делятся ученые Института физики высоких энергий А. К. Лиходеев и В. А. Петров в статье, подготовленной специально для журнала.

В Протвино активно развиваются чрезвычайно актуальные для всей страны проекты, связанные с расширением возможностей ядерной медицины. Ежегодно онкологические заболевания диагностируются почти у полумиллиона россиян, и многие из них обречены на гибель. Между тем в России наука и медицина способны обеспечить высочайший уровень излечения таких больных. Особенно эффективным во всем мире признан метод лучевой терапии, и наши ученые создают наиболее совершенные инструменты для борьбы с самыми сложными формами злокачественных опухолей. Над этой проблематикой в тесном сотрудничестве с обнинским Медицинским радиологическим научным центром им. А. Ф. Цыба работают две организации наукограда Протвино: ФТЦ ФИАН (ЗАО «ПРОТОМ»), где создана установка для терапии пучками протонов, о чем уже рассказывалось в журнале, и ФГБУ «ГНЦ ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт», специалистами которого разрабатывается технология лучевой терапии пучками ионов углерода. Большой и сложной работе, выполняемой на ускорительном комплексе ИФВЭ для применения его возможностей в медицинской практике, посвящена статья руководителей проекта А. П. Солдатова и Ю. М. Антипова.

Еще один проект, важный в масштабах не только одного наукограда, но и России, – отраслевой инжиниринговый центр компонентов и систем двигателей. О результатах, достигнутых в его формировании и деятельности, а также о новых технологиях и тенденциях развития отечественного двигателестроения рассказывается в публикациях этого выпуска.

Надеюсь, будут интересны материалы постоянных авторов журнала о недавних событиях в научной жизни Протвино и Пушчино, об особенностях социокультурной среды наукоградов и об актуальных для нашей страны проблемах экономики и образования России, которые самым непосредственным образом касаются каждого из нас.

Желаю всем удачи и новых достижений, о которых непременно расскажет наш журнал!

Валерий Каминский,
главный редактор



Научноград

Научно-публицистический журнал Южного Подмоскья
Выходит 4 раза в год

№ 3 СЕНТЯБРЬ 2015 г.



Журнал зарегистрирован в Министерстве связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-57982 от 28.04.2014

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)

Учредители: Городской научно-технический совет наукограда Протвино, АО «НПО «Турботехника», Издательский дом «Научная библиотека»

Соучредитель: Серпуховская торгово-промышленная палата

Издатель: ООО Издательский дом «Научная библиотека»

Издательская группа / редколлегия:

Главный редактор – В. Н. Каминский

Редактор Е. Е. Просина

Художник В. Н. Михненко; дизайнер М. С. Кузьменко

Компьютерная верстка О. Г. Свиридова; корректор Н. А. Гежа

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Балакин В. Е., генеральный директор ЗАО «ПРОТОМ» – Физико-технического центра, филиала Физического института имени П. Н. Лебедева ФИАН – ФТЦ ФИАН, член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук

Блинов А. О. – академик РАН, доктор экономических наук, профессор; Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

Воробьев А. П., начальник лаборатории ФГБУ «ГНЦ «ИФВЭ» НИЦ «Курчатовский институт», доктор физико-математических наук

Гришин М. П., начальник отдела информационных технологий ОАО «Протвинский опытный завод «Прогресс»

Гуржиев С. Н., исполнительный директор ЗАО «Рентгенпром», кандидат физико-математических наук

Евсиков А. А., директор Филиала «Протвино» ГБОУ ВПО Московской области «Международный университет природы, общества и человека «Дубна», кандидат технических наук

Каминский В. Н., генеральный директор АО «НПО «Турботехника», доктор технических наук, профессор МГМУ МАМИ, председатель ГНТС г. Протвино

Кириченко Г. П., генеральный директор ООО «КПП Атомприбор»

Мартынов В. И., эксперт сектора по развитию города как наукограда Администрации г. Протвино

Науменко Т. В. – доктор философских наук, профессор; Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

Романенко Ю. А., заместитель Главы администрации г. Протвино – начальник управления образования и науки, доктор технических наук, профессор

Серга Е. В., заместитель директора по науке ООО «Новые технологии», кандидат физико-математических наук

Токарев С. К., директор НП «Технопарк Протвино»

Трофимов Ю. Д., директор по разработке и производству приборов ООО «НПО «ДНК-Технология»

Школяренко В. В., директор ПФ ФГУП «НИИ НПО «Луч», кандидат технических наук

Штефанов Ю. П., генеральный директор ООО «Ньюфрост», кандидат технических наук

Якушев А. В., президент Серпуховской торгово-промышленной палаты

Подписано в печать 20.09.2015. Формат 60х90 1/8.

Цена договорная. Объем 10,25 п.л. Тираж 2000 экз.

Отпечатано в типографии ООО «Канцлер», г. Ярославль,

ул. Полушкина Роща, 16, ст. 66а. E-mail: kancler2007@yandex.ru

Точка зрения авторов статей может не совпадать с мнением редакции. Статьи рецензируются.

Перепечатка материалов, опубликованных в журнале «Наукоград наука производство общество», допускается только с письменного разрешения редакции.

События

Будущее наукоградов Подмоскья 2

Классическая и квантовая мозаика в Протвино – Д. Б. Просин 4

В науку кувыркком – А. К. Квиткина 13

Фундаментальная наука

Ох, уж эти кварки..., или Долгожданный сюрприз в мире физики элементарных частиц – А. К. Лиходед, В. А. Петров 17

Наука и медицина

Центр ионной лучевой терапии ИФВЭ-МРНЦ. Развитие, состояние дел и перспективы реализации проекта – Ю. М. Антипов, А. П. Солдатов 20

Формат развития

Инжиниринговый центр компонентов и систем двигателей – В. Н. Каминский 29

Двигатели мира и России: сверим векторы технического прогресса. Перспективы и проблемы – Ю. Г. Грудский 36

Научные исследования и технологии

Изменение эффективности роторного теплообменника по режимам работы газотурбинного двигателя – А. В. Костюков, Л. А. Косач 45

Результаты исследования тормозных показателей автомобильного двигателя – Т. М. Натриашвили 49

Метод улучшения экологических показателей работы вихрекамерного дизеля впрыском воды во впускной трубопровод – В. Н. Никишин, В. Б. Хлюпин 53

Численное моделирование горения метана – А. Г. Валеев, А. С. Горновский 56

Экономика

О четырежды измененном федеральном бюджете на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов – Л. И. Пронина 63

Образование

Новые парадигмы в системе образования – А. О. Блинов, О. С. Рудакова 69

Социокультурная среда

Невербальный код наукограда – Д. Б. Просин 74

Адрес редакции: 142281, Московская область, г. Протвино, Заводской пр-д, 4. E-mail: turbo@kamturbo.ru

Тел.: +7 (4967) 31-06-79, 31-09-11; факс: +7 (4967) 31-09-76

Юридический адрес журнала: 127566, г. Москва, Алтуфьевское шоссе, д. 48, корп. 2. Телефоны: +7 (495) 592-2998, +7 (915) 087-7376

E-mail: info@sciencelib.ru, idnb11@yandex.ru.

Internet: http://www.sciencelib.ru

Ответственность за достоверность рекламных объявлений несут рекламодатели.

БУДУЩЕЕ НАУКОГРАДОВ ПОДМОСКОВЬЯ

Представители муниципальных образований Московской области, обладающих статусом наукограда, были приглашены на совещание, которое 4 сентября в г. Черноголовке проводилось по инициативе и при участии губернатора региона А. Ю. Воробьева.

Обозначив целью совещания «обсуждение перспектив развития наукоградов, определение имеющихся проблем и поиск путей их решения», губернатор отметил, что «проблемы эти по большей части известны: дефицит земельных участков и ресурсов для развития в наукоградах инновационной инфраструктуры». Справедливость этой оценки подтвердили данные, приведенные в сообщениях, с которыми выступили руководители администраций подмосковных наукоградов.

Андрей Воробьев заявил, что подмосковные власти должны найти способы развития наукоградов. Он подчеркнул, что Московская область, на территории которой сосредоточено 8 из 13 наукоградов Российской Федерации, представляет собой центральную площадку городов, имеющих этот статус. Результаты их научной деятельности, нашедшие практическое применение, вносят значительный вклад в развитие экономики всей России. «В подмосковных наукоградах находятся предприятия, где производится стратегически важная продукция для нашей страны. На них работают и мо-

лодые, и опытные специалисты. И нам нужен план, который позволит наукоградам расцвести», – сказал губернатор, особо отметив, что «нужно сделать труд людей науки максимально комфортным». Одним из наиболее возможных вариантов развития наукоградов он считает создание на их территориях технико-внедренческих зон, что обеспечит увеличение числа рабочих мест и объема налогооблагаемой базы этих муниципальных образований. Предполагается, что таким образом удастся справиться и с проблемой трудоустройства в наукоградах Подмосковья, где занята лишь треть работоспособного населения. На совещании были приведены данные трудовой миграции в наукоградах: Дубна – 12,8%; Жуковский – 21%; Королев – 26%; Протвино и Реутов – 19%; Пущино – 20%; Фрязино – 22% от общего числа жителей.

Реальным воплощением программы развития технико-внедренческих зон на 2015–2020 годы должны стать технопарки, бизнес-инкубаторы, индустриальные площадки, центры молодежного инновационного творчества, деятельность которых позволит освоить практическое применение научных разработок, осуществляемых в наукоградах, с последующим внедрением в промышленное производство.

Андрей Воробьев заверил, что на инфраструктурное оснащение этих территорий – газ, электричество, дороги – власти региона готовы предоставить средства. «Нам нужна территория, где предприниматели, понимающие толк в науке, могут реализовать свои бизнес-проекты, – пояснил губернатор, – это обеспечит производство уникальных продуктов. Для этого в каждом наукограде мы должны выделять средства, чтобы их обустроить – сделать все, что позволит инвестору снизить свои затраты».



А. Ю. Воробьев в Институте проблем химической физики РАН

Программа развития наукоградов, расположенных на территории Московской области, формируется с учетом изменений, внесенных в этом году в российское законодательство о статусе наукограда Российской Федерации. Так, одно из новых положений закона требует наличия стратегии развития территорий, желающих подтвердить право на этот статус или претендующих на его получение. Всем наукоградам предстоит детально сформулировать положения стратегии, которая отражала бы основные направления их развития на основе того, что уже осуществляется, а также собственный ресурсный потенциал городов и аспекты использования средств, поступающих в их бюджеты в соответствии с Законом о статусе наукограда Российской Федерации. Эта большая и ответственная работа потребует концентрации значительных усилий со стороны руководства местных администраций, представителей научных, научно-производственных и общественных организаций. В число наукоградов, приступивших к этой работе, входит Протвино, где определены три основных направления стратегии развития. Два из них – фундаментальная физическая наука и развиваемая на ее основе область ядерной медицины – протонная и ионная лучевая терапия онкологических заболеваний. Третье направление – промышленный инжиниринг, развитие которого осуществляется также на основе достижений науки.

На совещании говорилось, что необходимо позаботиться о тех, кто будет претворять намечаемые планы в жизнь – ученых и специалистов, сделать так, чтобы молодые кадры не покидали наукоградов. «Для того чтобы их удержать, нужны дополнительные преференции, в частности – обеспечение ученых жильем. Каждая программа развития наукограда должна это учитывать», – отметил зампред областного правительства Денис Буцаев. Он сообщил, что в Правительстве Московской области завершается предварительная работа над программой социальной ипотеки для работников научно-технической сферы, которая в ближайшее время будет представлена губернатору.

По словам Дениса Буцаева, достигнуты определенные успехи и в решении проблемы дефицита территорий для развития инновационной инфраструктуры наукоградов, которая обсуждалась на недавней встрече губернатора Московской области А. Ю. Воробьева с президентом России В. В. Путиным, который поддержал инициативу о передаче

муниципалитетам подмосковных наукоградов части территорий, находящихся в федеральной собственности.

В ходе поездки в Черноголовку А. Ю. Воробьев в сопровождении президента Российской академии наук В. Е. Фортова посетил Институт проблем химической физики РАН.

Владимир Фортов принял участие в совещании, и по его завершении прокомментировал журналистам обсуждавшиеся темы: «Цель совещания, которое проводил в научном центре РАН в Черноголовке губернатор Подмосковья Андрей Воробьев, оценить, как работают наукограды, какие у них проблемы, чтобы максимально реализовать их потенциал. Конечно, прежде всего, руководители наукоградов делились с главой региона своими проблемами. И хотя у каждого своя специфика, но есть некоторые общие для всех вопросы. Один из главных связан с землей, где расположены институты. Дело в том, что, как правило, она является федеральной собственностью, поэтому нередко возникают различные бюрократические рогадки, которые не позволяют Московской области эффективно использовать землю для научных исследований и коммерциализации их результатов. В итоге складывается парадоксальная ситуация, когда вопрос о выделении нескольких гектар под высокотехнологичное производство, не решается годами.

...Долгое время наукограды жили на «голодном» пайке, катастрофически не хватало денег. Но сейчас ситуация в корне изменилась, от оборонки пошли заказы, однако мы не можем их переварить. Нам мешает несовершенство законодательства, в том числе и по земле. Надеюсь, что губернатор региона, который, как говорится, в теме, поможет нашей науке реализовать свой потенциал», – резюмировал ученый.



Совещание проходило в Инновационном центре РАН, г. Черноголовка

КЛАССИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ МОЗАИКА В ПРОТВИНО

CLASSIC AND QUANTUM MOSAIC IN PROTVINO

Д. Б. Просин

Статья посвящена IX международной конференции по классическим и квантовым интегрируемым системам, проходившей в городе Протвино с 6 по 10 июля 2015 г. Рассматриваются особенности проведения конференции во взаимосвязи с предыдущими мероприятиями данного цикла, аспекты истории конференции, состояние фундаментальной науки на примере математической физики в настоящее время, перспективы сохранения и развития фундаментальной науки и образования в России и за рубежом.

Ключевые слова: конференция, классические и квантовые интегрируемые системы, математическая физика, теоретическая физика, фундаментальная наука, образование, ИФВЭ, Протвино

D. B. Prosin

The article is dedicated to the IX International Conference on Classic and Quantum Integrable Systems, which took place in Protvino from 6 to 10 July 2015. Among the main topics of the article are features of holding the conference in comparison with the previous events of this cycle, aspects of the history of the conference, condition of fundamental science on an example of mathematical physics at the present time, prospects of maintaining and developing fundamental science and education in Russia and worldwide.

Keywords: conference, classical and quantum integrable systems, mathematical physics, theoretical physics, fundamental science, education, IHEP, Protvino

В Протвино с 6 по 10 июля 2015 г. в отделе теоретической физики Института физики высоких энергий проходила очередная конференция «Классические и квантовые интегрируемые системы», посвящённая ряду фундаментальных проблем теоретической и математической физики. Мероприятие по-настоящему международного уровня собрало ведущих специалистов данного научного направления из России и зарубежных стран, а также студентов из российских и украинских вузов, изучающих предмет теоретической физики.

История конференции ведёт своё начало с конца 1980-х гг. Идея приглашать специалистов в области математической физики на зимние встречи в период школьных каникул принадлежала известному протвинскому учёному Михаилу Владимировичу Савельеву. Гости приезжали в Протвино с детьми, катались на лыжах и в неформальной обстановке делились новыми научными идеями и результатами исследований.

Первая встреча состоялась в 1987 г. и вскоре переросла в хорошую традицию. Собрания были при-

остановлены в середине 1990-х гг. по причине всем известных перемен в стране, затронувших, конечно же, и область науки. А в 1998 г. не стало М. В. Савельева. В память о нём учёные решили вновь организовать конференцию, и она была проведена в Германии, в Бонне, по предложению немецких коллег. С тех пор конференции по классическим и квантовым интегрируемым системам снова стали доброй традицией, и проводятся с 2000 г. в Протвино, Дубне и Черногловке.

На недавней конференции оргкомитет был представлен специалистами в области математической физики из ИФВЭ (Протвино), ОИЯИ (Дубна) и ИТФ им. Л. Д. Ландау (Черногловка).

Постоянные участники оргкомитета из ИФВЭ (Протвино), откуда и пошла традиция семинаров – Александр Витальевич Разумов, Георгий Павлович Пронько и Павел Алексеевич Сапонов. Возглавил оргкомитет нынешней конференции Игорь Моисеевич Кричевер, профессор Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (Москва) и Колумбийского университета (Нью-Йорк).



Савельев Михаил Владимирович – основатель конференции по классическим и квантовым интегрируемым системам. 1997 г.

Наряду с иностранными гостями на конференции присутствовало много наших соотечественников, ныне работающих в зарубежных университетах.

Об истоках научной дисциплины

Теория интегрируемых систем имеет большую историю, точнее – предысторию. Среди учёных, чьи работы стали своеобразным предисловием к этой интересной и элитарной дисциплине, были такие крупные фигуры мировой математики, как Иоганн Кеплер (1571–1630), сформулировавший задачу, которая получила его имя и была решена только в XVIII в. Задача Кеплера явилась первым примером интегрируемой системы. Дальнейшее развитие интегрируемых систем связано с именами немецкого математика Карла Вейерштрасса (1815–1897) и французского математика Анри Пуанкаре (1854–1912). Крупным открытием в данной области в XIX в. стал так называемый случай интегрируемого волчка, прежде неизвестный, найденный русским математиком Софьей Ковалевской (1850–1891). Тем не менее, как было обнаружено А. Пуанкаре, все случаи точно решаемых систем являются единичными, притом что в подавляющем большинстве эти системы являются

хаотическими, невозможными для анализа и решения. Поэтому изначально предполагалось развивать методы приближённого анализа, что, однако, представлялось неудовлетворительным. Но во второй



Разумов Александр Витальевич – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела теоретической физики ФГБУ «ГНЦ ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт», организатор конференции. Протвино, 2015 г.



Пронько Георгий Павлович – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела теоретической физики ФГБУ «ГНЦ ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт», организатор конференции. Протвино, 2015 г.

половине XX в. было установлено существование систем с неограниченным числом степеней свободы: эти системы являются интегрируемыми и дают возможность решения. В науке XX в. это был один из огромных прорывов.

Поэтому в своём современном виде теория интегрируемых систем возникла относительно недавно – около 30 лет назад. Из области, которой занимался небольшой круг учёных, она выросла в одно из фундаментальных научных направлений, причём не только математики и физики: методы этой теории оказались применимы в самых разных сферах, даже в архитектуре. Среди основателей теории – Людвиг Дмитриевич Фаддеев, академик РАН, профессор, доктор физико-математических наук. Учёные Владимир Евгеньевич Захаров, академик РАН, доктор физико-математических наук, и Сергей Петрович Новиков, академик РАН, доктор физико-математических наук, создали пионерские работы в области классической теории интегрируемых систем.

Интересы многих великих математиков прошлого и нынешнего веков так или иначе связаны с теорией интегрируемых систем. Например, И. М. Гельфанд (1913–2009) посвятил данной научной теме несколько работ. Из современных ведущих математиков можно упомянуть Андрея Юрьевича

Окунькова, лауреата Филдсовской премии: в исследованиях, проводимых учёным, существенную роль играют идеи, проистекающие из теории интегрируемых систем, в т.ч. теория димеров.

С самого зарождения этой области знаний московская и Санкт-Петербургская школы занимали лидирующие позиции. В настоящее время значительная часть этих школ находится во Франции, Англии и Америке – благодаря специалистам из России, сотрудничающим с зарубежными университетами. Однако и те, кто уехал за границу, поддерживают связи с учёными, работающими в России, а российские специалисты обмениваются опытом с иностранными коллегами.

Фундаментальная наука, ИФВЭ и Вышка

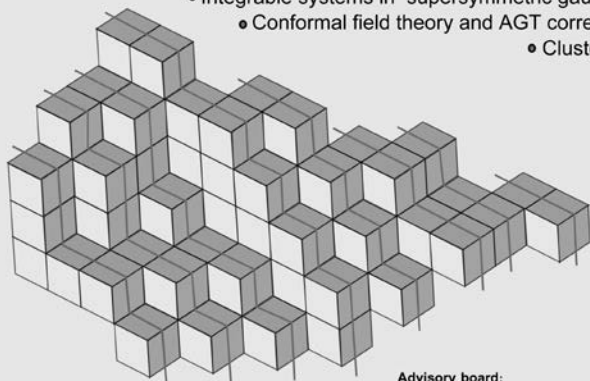
В конференции 2015 г. участвовал большой круг студентов, преимущественно из НИУ «Высшая школа экономики» и Киевского национального университета им. Т. Г. Шевченко. Поэтому и часть представленных на встрече лекций имела не только научную, но и образовательную направленность. Присутствие широкой студенческой аудитории объясняется тем, что в этом году впервые спонсором конференции стала Высшая школа экономики. Соединение интересов экономического вуза и фундаментальной науки выглядит на первый взгляд несколько необычным. О подробностях такого сотрудничества рассказал один из организаторов конференции, Павел Сапонов: *«В настоящее время ВШЭ является национальным исследовательским университетом, что отражено и в названии учебного заведения, и наряду с экономическим факультетом, в Вышке действуют факультеты филологии, истории, математики и другие. Математический факультет относительно молод – он был основан в 2008 году. Несмотря на скромные масштабы и камерную программу, у факультета высокий рейтинг, и по уровню подготовки студентов он успешно конкурирует с аналогичным факультетом МГУ им. М. В. Ломоносова, и даже превосходит его по числу победителей международных олимпиад. На математическом факультете ВШЭ работают сотрудники целого ряда ведущих физических центров: МИРАН (Математический институт им. В. А. Стеклова РАН), ИТЭФ (Институт теоретической и экспериментальной физики РАН), ФИАН (Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН), ИППИ (Институт проблем передачи информации РАН). Выдающиеся учёные приглашены для работы с молодёжью. Преподаватели вовлекают студентов с первых курсов в настоящую научную работу, выявляют наиболее увлечённых и сильных в науке – такие студенты и были приглашены на семинар в Протвино».*

IX International Workshop Classical and Quantum Integrable Systems

July 6-10, 2015, Protvino, Russia

Topics include:

- Integrable probability and asymptotic representation theory
 - Integrable models, Bethe ansatz and quantum groups
- Integrable systems in supersymmetric gauge theories
 - Conformal field theory and AGT correspondence
 - Cluster algebras



Advisory board:

A. Belavin, ITP Chernogolovka, IITP Moscow, MIPT Dolgoprudny
 E. Corrigan, The University of York York
 B. Feigin, HSE Moscow, ITP Chernogolovka
 A. Isaev, JINR Dubna
 S. Khoroshkin, ITEP & HSE Moscow
 P. Kulish, PDMI RAS St Petersburg
 A. Marshakov LPI RAS, ITEP & HSE Moscow
 A. Okounkov, Columbia University New York, IITP & HSE Moscow
 G. Olshanski, IITP & HSE Moscow
 A. Pogrebkov, MI RAS & HSE Moscow
 G. Pronko, IHEP Protvino
 V. Spiridonov, JINR Dubna

Organizing committee:

I. Krichever, Columbia University New York, IITP & HSE Moscow (Chair)
 M. Bershtein, ITP Chernogolovka, HSE Moscow
 S. Pakuliak, JINR Dubna
 A. Povolotsky, JINR Dubna, HSE Moscow
 P. Pyatov, HSE Moscow, JINR Dubna
 A. Razumov, IHEP Protvino
 P. Saponov, HSE Moscow, IHEP Protvino
 E. Zhingel, HSE Moscow (secretary)

Sponsored by:



International Laboratory
of Representation Theory
and Mathematical Physics



Site: <https://sites.google.com/site/cqis2015/home>

Contacts: cqis.ihep@gmail.com

Программа IX международной конференции по классическим и квантовым интегрируемым системам, 6–10 июля 2015 г.

По словам П. А. Сапонова, факультет заинтересован в развитии математического и физического направлений. Имеются средства, которые руководство НИУ «ВШЭ» направляет на науку. Частично эти деньги поступили на конференцию в качестве спонсорской поддержки, в том числе они пошли на оплату проживания в гостинице. Поэтому на программе конференции стоит логотип ВШЭ наряду с эмблемой РФФИ – еще одного партнера мероприятия.

В настоящее время факультет математики ВШЭ собрал

сотрудников ряда ведущих физических институтов. Павел Алексеевич также сотрудничает с математическим факультетом ВШЭ, читает лекции и проводит семинары, одновременно ведет научную работу в ИФВЭ. В подобном режиме работает подавляющее большинство представителей теоретического отдела протвинского института.

Руководство ВШЭ внимательно следит за научной компонентой работы любого факультета, в том числе и математического. Осуществляется поддержка научной деятельности: если факультет успешен в научном смысле (а это, прежде всего, публикации в рецензируемых журналах), то факультет может претендовать на некоторые средства. ВШЭ располагает специальным научным фондом: его средства предназначены именно для научных, а не для образовательных, программ. Грант выделяется на определённый срок, например, на год. Использование гранта определяется непосредственно специалистами факультета.

Средства могут идти и на семинары, подобные нынешнему, на приглашение специалистов из-за рубежа для чтения лекций и тому подобное. В данном случае поддержка конференции со стороны ВШЭ определяется и тем, что значительная часть организаторов представляет математический факультет Вышки, и в проведении научного мероприятия вполне обоснованно они видят



Студенты – участники конференции. Протвино, 2015 г.



Сапонов Павел Алексеевич – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник отдела теоретической физики ФГБУ «ГНЦ ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт», научный сотрудник Международной лаборатории теории представлений и теоретической физики НИУ «ВШЭ», доцент факультета математики НИУ «ВШЭ», организатор конференции. Протвино, 2015 г.

большие научные и образовательные перспективы. И действительно, конференция уже имеет доброе имя и хорошую научную репутацию в российских и международных научных кругах.

В деятельности самой ВШЭ наметился конструктивный переход от чисто экономической ориентации на развитие фундаментальных научных и образовательных программ: ведь именно фундаментальный научный потенциал определяет уровень развития страны, обуславливает перспективы её дальнейшего становления на годы и десятилетия вперёд. И тот фундаментальный курс науки и образования, с которого, как можно было подумать, страна свернула в девяностые годы, снова начинает осознаться как важный и необходимый для России.

Наука – не повод для молчания

В связи с вышесказанным довольно обескураживающей и даже обидной выглядела информаци-

онная тишина вокруг конференции. Словно кроме самих специалистов, увлечённых проблемами классических и квантовых интегрируемых систем, мероприятие вряд ли будет кому-нибудь интересным. Между тем для наукограда Протвино подобные семинары очень важны, поскольку служат наглядным примером того, что научная жизнь в городе не просто продолжается, а уверенно поддерживается на высоком уровне, хоть и не в тех масштабах, как прежде. Но нет никаких оснований говорить о стагнации и кризисе научной жизни. Безусловно, эти сведения следует донести до общества, чтобы переломить сложившееся равнодушно-скептическое отношение к науке.

Справедливости ради, конечно, стоит заметить, что у конференции есть сайт с подробной информацией о событии. К сожалению, этот адрес – <https://sites.google.com/site/cqis2015/> присутствовал либо на программе конференции, размещённой только в зданиях ИФВЭ, либо был направлен непосредственно приглашаемым участникам встречи по давно налаженным каналам, но отсутствовал в ши-

Помимо информирования общества о событиях научной жизни, интереснейшим опытом, который можно позаимствовать у стран Европы и Америки, являются публичные лекции по научной тематике. Например, в Германии в 2008 г. был проведён «год математики»: он сопровождал как научные конференции, так и циклы просветительских лекций. Подобный замысел стал интересной попыткой объяснить, что далеко не все занятия «чистых математиков» – исключительно экзотика. Интересный пример подала Норвегия – в 2002 г. проводился Абелевский конгресс, предшествовавший учреждению премии Абеля (аналога Нобелевской премии). Работе конгресса сопутствовала подробная информационная поддержка: Норвегия искала свои скрепы и находила их в интеллекте своих лучших представителей. Весьма любопытный опыт имеется в Канаде: институт «Периметр» ежемесячно собирает на публичных лекциях 600–700 слушателей. Эти и многие другие программы пока осуществляются преимущественно в зарубежных странах и почти не проводятся в России.

роком информационном поле. Средства массовой информации, которые представлены в Протвино несколькими газетами и телекомпанией, не дали даже кратких анонсов и репортажей о семинаре.

Безусловно, вопросы фундаментальной науки далеко не всегда могут вызвать популярный интерес в широких кругах, ибо для большинства обывателей являются собою нечто вроде фонетики китайского языка, с обилием труднопонимаемых слов и обозначений. Но здесь важно не столько привлечение дополнительных специалистов – их и без того на конференции было много, сколько информирование жителей города о том, что институт – это не засекреченный объект и не «чёрный ящик», что там ведутся плодотворные исследования и обсуждения их результатов. И что ученые ИФВЭ ассоциированы с мировой наукой, а вовсе не замкнуты в изолированную группу.

Всё сказанное относится, безусловно, не только к данной конференции, а ко всем подобным мероприятиям и событиям в научной жизни наукограда Протвино, информирование о которых обязательно должно быть более широким и более системным, и это, несомненно, задача городских СМИ. Желательно, чтобы и организаторы семинаров не стеснялись рассказывать о своих планах более открыто и широко. Отрадно заметить, что подобные соображения встретили понимание со стороны организаторов встречи.

Как изменился формат мероприятия

Со времён своего основания конференция перешла из уютного, почти семейного, специфически протвинского мероприятия на более широкий, международный уровень. Тем не менее, её протвинская специфика и корни сохраняются и обуславливают весь дух и стиль научных встреч.

Конечно, появилось и много новых особенностей. В годы основания сама тема классических и квантовых интегрируемых систем была молода, и все специалисты, занимавшиеся ею, были осведомлены обо всех её аспектах, как говорят они сами: «Все знали всё». По мере расширения круга участников (сейчас конференция собирает до 100 человек) расширился и круг предлагаемых для обсуждения тем, да и сама дисциплина неуклонно развивалась, охватывая новые области и стороны исследований. Некоторые доклады оказываются довольно далёкими от изначально заявленной темы, хотя и они тоже относятся к большой сфере классических и квантовых интегрируемых систем. Дисциплина столь сильно расширилась, что даже специалисты порою обнаруживают в докладах своих коллег новые стороны предмета, и, таким образом, расширяют свой профессиональный кругозор, как бы становясь друг для друга студентами. Несомненно, такая возможность узнать из первых уст о новейших достижениях, поделиться своими открытиями является огромной ценностью для учёных. Сейчас практически все участники семинара – ведущие специалисты в своей области, что определяет высокий научный уровень докладов и самого мероприятия.

«Об этой конференции знают иностранцы, охотно читают её материалы, приезжают сюда, – рассказывает Павел Сапонов. – Те, кто побывал здесь хотя бы раз, потом бывают регулярно, оценив атмосферу и то, насколько у нас все просто и насколько велика возможность пообщаться с интересными людьми».

Престижная публикация докладов

Как и любое научное мероприятие, конференция по интегрируемым системам предусматривает

IX международная конференция по классическим и квантовым интегрируемым системам. Протвино, 2015 г.



публикацию научных трудов ее участников. В отличие от классического выпуска трудов конференции в отдельных сборниках, печать докладов и сообщений осуществляется в журнале «Теоретическая и математическая физика» (далее ТМФ – прим. авт.). Специфика современного научного мира заключается в том, что публиковаться в журнале может быть выгоднее, чем в трудах конференции, – ведь для научного сотрудника важен статус публикации. «В том случае, когда материал опубликован в известном рецензируемом журнале с хорошими статистическими показателями, он играет положительную роль для научной карьеры автора, – поясняет П. А. Сапонов. – А в «трудах конференции» прекрасные вещи могут соседствовать с откровенным мусором. Конечно, настоящий учёный отличит достойную работу от ерунды. Но люди, которые выписывают зарплату, к сожалению, не вникают в эти тонкости. Им важна формальная сторона дела. Допустим, имеется какой-то сборник: а где у него импакт-фактор? Цитируется ли он в базах данных?



Кричевер Игорь Моисеевич – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института теоретической физики имени Л. Д. Ландау РАН, профессор факультета математики НИУ «ВШЭ», академический руководитель образовательной программы «Математика и математическая физика» НИУ «ВШЭ»; профессор Колумбийского университета, США, Нью-Йорк, председатель оргкомитета конференции. Протвино, 2015 г.

Кто там ревьюер (рецензент)? Подобные вопросы начинаются сразу. А если автор публикует работы в ТМФ, то это никаких вопросов не вызывает, потому что журнал – в первой четверти ведущих изданий своего направления. Поэтому и мы решили публиковаться в ТМФ, чтобы все наши докладчики могли получить публикацию хорошего уровня».

Главные темы конференции 2015 года

Интегрируемые системы
в суперсимметричных калибровочных теориях

Интегрируемые статистические модели,
анзац Бете и квантовые группы

Интегрируемая вероятность
и асимптотическая теория представлений

Конформная теория поля и АГТ
соответствие

Кластерные алгебры

Одна из форм научной жизни

В наше время довольно распространёнными стали разговоры о кризисе науки, о проблеме сохранения её ценностей на фоне всеобщего стремления к легко достижимым и прикладным результатам в любой деятельности. Тем не менее, конференция, проходившая в Протвино 6–10 июля, позволила увидеть, что и в нынешнюю эпоху говорить об упадке науки преждевременно. Сам по себе протвинский семинар, как и другие подобные встречи, является формой научной жизни, он свидетельствует о том, что наука жива и продолжает развиваться. По словам председателя оргкомитета Игоря Моисеевича Кричевера, в этом году определённые отличия имеют стиль и направленность конференции. Если прежние мероприятия носили в основном исключительно научный характер, то нынешнее также было ориентировано на студентов, магистрантов и начинающих аспирантов, потому что утренние сессии имели преимущественно образовательный характер. На лекциях студентам помогали понять место дисциплины, которой они занимаются, в широкой картине научной жизни. Соответственно, само наличие молодёжи и её стремления к обучению является залогом того, что наука сохраняется.

«Жалобы на то, что наука не занимает подобного ей престижного положения, которое она занимала в прежние годы, можно услышать далеко не только в России. Среди причин здесь можно назвать и недостатки общества, которому иногда

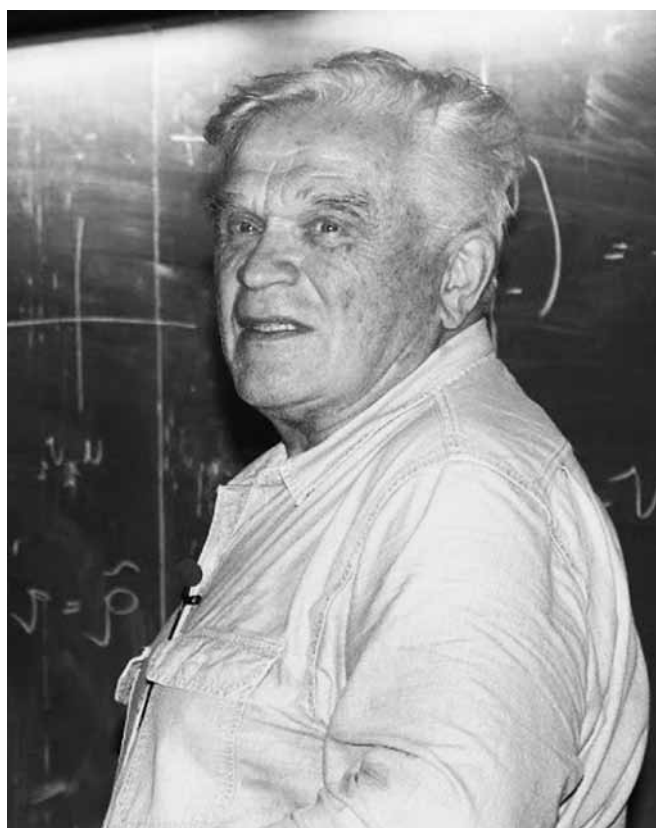
кажется, что на тех «глупостях», которыми занимаются математики, можно сэкономить. Поэтому если в других странах науке и уделяется большее внимание, чем в нашей стране, то всё равно его не много, к сожалению, а, быть может, и к счастью. Всегда среди молодежи есть пытливые ребята, которых можно и не кормить, а им всё равно будет интересно. Это залог того, что наука будет продолжаться», – говорит И. М. Кричевер.

В общероссийском и международном масштабе

Конференция дала возможность всем участникам общаться в открытом формате, а точнее – без формата, напрямую обсуждая все вопросы: учёным – с коллегами, студентам – со старшими товарищами, опытными учёными и специалистами. Сам стиль семинаров предполагает активный дискуссионный элемент, возможны горячие обсуждения и даже споры, но ведутся они всегда с большим тактом и уважением к партнёру. Известные учёные и специалисты, среди которых, например, был один из отцов-основателей квантового направления в интегрируемых системах академик из Санкт-Петербурга Людвиг Дмитриевич Фаддеев, всё время были открыты для общения и охотно делились своим опытом с коллегами и студентами, были готовы обсуждать любые темы.

На семинаре присутствовали ученики Фаддеева, многие из которых также стали крупными специалистами в науке. По словам Людвиг Дмитриевича, наличие большого количества молодых людей на мероприятии очень обнадеживает, потому что почти два десятка лет был период провисания науки, утраты юным поколением интереса к науке. Сейчас этот интерес в студенческой среде возрождается. *«Несмотря на возможные заявления некоторых циников о желании выучившихся молодых специалистов уехать за границу, есть наглядные свидетельства, что уезжают далеко не все, и есть те, кому интересно развивать отечественную науку, продолжать заложенные ранее традиции»*, – уверен Людвиг Дмитриевич.

Иностранный состав гостей конференции был представлен как зарубежными гостями, так и русскими учёными, работающими в иностранных университетах. Среди иностранных учёных, занимающихся вопросами интегрируемых систем, конференция пользуется широкой известностью, многие знают о ней уже давно, и даже если не посещают каждую встречу, то встречаются с участниками и организаторами на других семинарах в России и за границей. Например, профессор Ян де Гир из Мельбурнского университета узнал о мероприятии от организаторов, с некоторыми из них он был дав-



Фаддеев Людвиг Дмитриевич – академик РАН, профессор, доктор физико-математических наук, специалист в области математической физики, основатель квантового направления теории интегрируемых систем. Протвино, 2015 г.



Ян де Гир – профессор Мельбурнского университета (Австралия). Протвино, 2015 г.

но уже лично знаком, а произошло это знакомство в Германии через общего сотрудника. Впоследствии де Гир приезжал в Дубну, а его российские коллеги посещали Австралию. По словам профессора де Гира, на конференции немного иные акценты при рассмотрении заявленных научных тем, нежели в институте, где он работает, что, конечно же, представляет большой интерес. Оказалось, что в числе участников протвинской встречи было много коллег де Гира, которых он прежде знал по публикациям, но не встречался лично – здесь появилась прекрасная возможность пообщаться с ними вживую, обсудить интересующие вопросы и научные труды. *«Из того, что было представлено в докладах, – говорит Ян де Гир, – я бы отметил сообщения по кластерной алгебре – довольно-таки новой области знаний. То, что я услышал, было интересно и с научной, и с образовательной точки зрения».*

Что касается молодых участников конференции, впервые окунувшихся в атмосферу настоящей науки, то для них, несомненно, полезно общение с учеными, которые не замыкаются в своих научных интересах, обладают безграничной широтой взглядов и огромным научным кругозором. Они готовы к открытому общению, к передаче своего ценнейшего опыта всем, кому интересна эта сложная, но столь увлекательная область науки, какой и являются классические и квантовые интегрируемые системы.

Принимая во внимание рассматриваемые аспекты научных проблем, уровень интересов и компе-

тенции участников семинара, есть все основания говорить об уникальности мероприятия в мировой теоретической и математической физике.

Просветительский, доступный и открытый формат конференции, основанной в прошлом веке (даже тысячелетии) показывает, что она уверенно вписалась и в новую эпоху, наполняясь свежими силами. Вопреки множеству изменений, произошедших в стране, конференция сохраняет и приумножает все замыслы, заложенные ее основателем и вдохновителем М. В. Савельевым, а также его коллегами, которые и сейчас продолжают осуществлять столь интересную форму научной жизни, сохраняя и развивая одну из наиболее элитарных фундаментальных дисциплин мировой науки.

Фото автора и Н. Шарыкиной

Литература

1. Официальный сайт мероприятия – <https://sites.google.com/site/cqis2015/>
2. Анонс конференции на сайте Mathnet – http://www.mathnet.ru/php/conference.phtml?confid=690&option_lang=rus
3. <https://picasaweb.google.com/112429418701228025026/CQIS201502?feat=embedwebsite>

Фото М. В. Савельева – из архива семьи Савельевых.

Автор благодарит С. А. Савельева за предоставленные материалы об основателе конференции М. В. Савельеве.



В НАУКУ КУВЫРКОМ

JUMP INTO THE SCIENCE

А. К. Квиткина,

сотрудник ФГБУН «Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН» Пушкинского научного центра РАН

Как отвлечь детей от компьютера? Как вывести ребенка из социальных сетей на улицу к реальным людям, природе и каким полезным делом заняться во дворе? Где подружить детей из одного дома и какое отношение всё это имеет к науке? Такие вопросы поставили молодые ученые наукограда Пушкино и как истинные исследователи подошли к их решению обстоятельно.

Ключевые слова: дети, Пушкино, природа, игра, наука, научные опыты, наукоград, ученые, Пушкинский научный центр

A. K. Kvitkina,

Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science of the Russian Academy of Sciences of Pushchino Scientific Center of RAS

Drawing children's attention away from computer; leading them out from social networks outdoors, to the real people and nature, search for efficient ways of spending time in courtyard; ways of making friends between the people from the same apartment house; and the relation of all above-mentioned points to science. These are the questions posed by the young scientists of Pushchino science city, who, like proper researchers, demonstrated a thorough approach to their solution.

Keywords: children, Pushchino, nature, game, science, scientific experiments, science city, scientists, Pushchino Scientific Center

Навстречу детям

Сотрудники и аспиранты институтов Пушкинского научного центра РАН занимаются организацией детского досуга. Всё началось с идеи научного праздника для детей и родителей – с увлекательными опытами, играми, детскими пес-

нями. А в результате привело к созданию научно-познавательной летней школы для детей.

«Мы увлекаем детей наукой, используя активные прогулки на природу: походы в лес, на реку, водопад. Дети проводят эксперименты, познают микромир с помощью микроскопа, для них открыты

Научный сотрудник Института биохимии и физиологии микроорганизмов РАН Наталья Дещеревская помогает детям рассмотреть руки под ультрафиолетовым светом



двери научных лабораторий» – рассказывает Ольга Горбачева, сотрудник Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН, аспирант Пущинского естественнонаучного института.

Что такое «День двора»? Значит, рада детвора!

Молодые ученые, студенты, магистранты и аспиранты проводили разовые научные мероприятия для детей: праздники, экскурсии, экологические игры. Детский праздник «День двора», который был проведен на территории, прилежащей к Дому аспиранта и стажера, привлек из разных районов Пущино 200 детей и 30 родителей. Во дворе разместились научная лаборатория с опытами, фабрика мыльных пузырей, станция развлечений, экологическая викторина. Опыты с жидким азотом, которые проводил магистрант ПущГЕНИ Рамиль Аллаяр, стали гвоздем программы. Дети с восторгом следили за каждым движением молодого ученого, а родители снимали эксперименты на видео.

Молодые ученые – прекрасные спортсмены. Клуб алтимат-фрисби «Биозон» помог новичкам освоить летающую тарелку. Увлекательные эксперименты – первый шаг в мир науки – органично сочетались с детскими играми.

Биологические недели

Следующим шагом стали «Биологические недели» – короткие летние школы. Каждая длится неделю и включает научные экскурсии в институты и познава-



День двора. Дети пытаются потрогать испарения жидкого азота



День двора. Молодой ученый Рамиль Аллаяр замораживает розу в жидком азоте

тельные прогулки на природу для детей. Цель школы: образование, общение и объединение детей 4–6 и 7–10 лет. «Во время двухчасовых прогулок на природу дети вместе ставят палатку, собирают травы и ягоды, слушают интересные рассказы о природе, беседуют с преподавателем, проводят пикники, по возвращении обсуждают итоги каждого дня за чаем, рисуют и раскрашивают растения, а по окончании курса создают фотоальбом», – рассказывает Анна Знобищева, сотрудник Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН.

Дети развитые, интересные, могут рассказать о том, как гуляли по улочкам Венеции или о фонтанах Петергофа. При этом мало что знают о заповедных местах родного Пущино – ни разу не бы-



Экскурсию на пушкинский водопад проводит научный сотрудник Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН Анна Знобищева

вали на водопаде, у купели или в старинной усадьбе. А ведь вокруг Пушкино расположено 7 природоохранных территорий, объединенных экотропой. Организаторы школы стараются восполнить этот пробел.

Малыши учатся дружить и помогать друг другу, обсуждают ядра клеток лука, которые только что увидели в микроскоп, или клешни рака, отловленного под камнем в реке Оке. Школьники постарше изучают и обсуждают свойства флавоноидов, определяют виды растений. Но все они радуются, когда удастся побывать в микробиологическом боксе, сделать посев бактерий с «чистых рук», зажечь и выключить горелку – а ведь ранний интерес к простым, казалось бы, процедурам – это хорошая база для развития научного любопытства и преодоления боязни «работать руками» в лаборатории.

Прогулки по окским просторам

Для биологических занятий была разработана программа в форме прогулок, раскрывающая природные особенности Пушкино – экологической жемчужины Подмосковья. Состоялись занятия со школьниками по нескольким направлениям: «Краеведение» – прогулки по экологическим тропинкам, исследование правого берега реки Оки, изучение растительного мира уникального остепненного склона реки, осмотр геологических памятников природы (вид на реку Оку, водопад в урочище Колодня, карстовые обнажения),

знакомство с выходами на поверхность юрских глин, осмотр дворянской усадьбы XVIII в. и прогулка по приусадебному парку купца-чаеоторговца Перлова, экскурсия на смотровую площадку реки Оки и на пушкинское городище I–VIII вв. нашей эры.

«Научные знания – детям» – проведение экспериментов и опытов: экстракция пигментов из трав, овощей и плодов, получение натуральных красителей и рисование, проведение качественных реакций на крахмал, опыты по созданию неньютоновской жидкости, экскурсия в лабораторию роста клеток и тканей Института теоретической и экспериментальной биофизики, освоение светового



В микробиологическом боксе



Дети нашли в лесу ручеек, из которого можно пить воду

микроскопа, рассматривание культур животных клеток, изучение планарий, экскурсия в Институт биохимии и физиологии микроорганизмов РАН, работа в микробиологическом боксе, эксперимент с бактериологическим посевом с чистых и грязных рук, гербарная работа (определение растений, сбор и высушивание растений, создание индивидуального гербарного альбома, сушка цветов в соли), изучение водных растений и поймы реки, плодов и семян, изучение видов деревьев в уникальном парке Зеленая зона наукограда.

Развитие проекта

Итогом работы стало создание регулярной летней школы для детей «Биологические недели», привлечение к проекту более 20 молодых ученых, около 240 детей и 30 родителей. Но для дальнейшего продолжения начинанию требуется поддержка. Проект молодых ученых участвует в открытом конкурсе на соискание премии Губернатора Московской области «Наше Подмосковье» под названием «В науку кувырком: научно-познавательная среда для детей наукограда Пушкино». В планах молодых ученых – организация масштабного научного праздника и объединение молодых учёных для проведения детских образовательных проектов.

Цель проекта: создание доступной социально адаптированной научно-познавательной среды для детей дошкольного и школьного возраста с целью развития, приобщения к науке с детства, формирования пытливо-

сти ума и научного критического подхода к получаемой информации с возможностью свободного общения, совместной деятельности, взаимообучения детей разного возраста.

Задачи проекта:

- Развитие любознательности, критического подхода и исследовательских способностей. Проведение опытов и экспериментов под руководством молодых ученых.

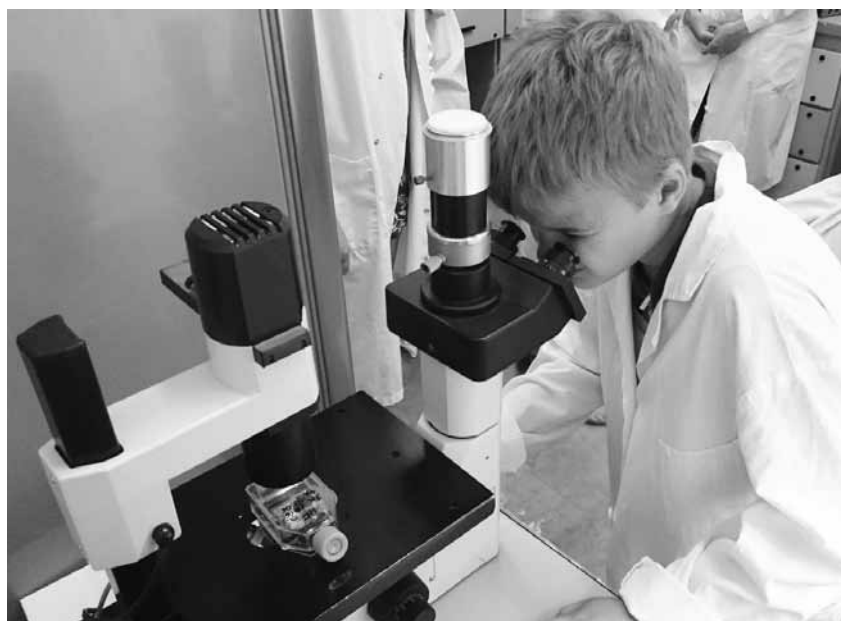
- Общение с целью объединения. Знакомство детей разных дворов, создание дружеской атмосферы для общения.

- Краеведение. Проведение двухчасовых прогулок по экологической тропе и окрестностям города с рассказом об исторических и уникальных природных достопримечательностях.

- Образование. Изучение флоры и фауны родного края, проведение экологических викторин, сбор и оформление гербария, работа с биноклем, микроскопом, квесты, мини-лекции.

- Создание яркого и привлекательного образа молодого ученого. Подбор преподавателей из молодежной среды, занимающихся передовыми исследованиями фундаментальной и прикладной науки.

- Популяризация науки. Показать, что наука – это весело и красиво. Преподнести научные знания в доступной для детей форме в виде экскурсий в лаборатории институтов.



Занятия в лаборатории роста клеток и тканей
Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН
Пушкинского научного центра РАН

ОХ, УЖ ЭТИ КВАРКИ.., ИЛИ ДОЛГОЖДАННЫЙ СЮРПРИЗ В МИРЕ ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

OH, THESE QUARKS.., OR A WELCOME SURPRISE IN THE WORLD OF ELEMENTARY PARTICLES

А. К. Лиходед,

доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела теоретической физики ФГБУ «ГНЦ ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт», г. Протвино

В. А. Петров,

доктор физико-математических наук, профессор, начальник отдела теоретической физики ФГБУ «ГНЦ ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт», г. Протвино

В июле 2015 года весь мир облетело сообщение об открытии пентакварка в ЦЕРН (Швейцария) на Большом адронном коллайдере (ЛHC). Эта научная сенсация – результат совместных исследований более чем 200 участников эксперимента LHCb из разных стран, включая представителей нескольких российских научных центров, в числе которых и ученые из Института физики высоких энергий. В статье рассказывается о том, как был обнаружен пентакварк, о нюансах научного поиска, событиях, предшествовавших этому открытию, и его научной ценности.

Ключевые слова: пентакварк, кварки, кварковая модель, LHCb, эксперимент, исследования, материя, открытие, атом, частицы

A. K. Likhoded,

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, chief researcher at the Department of Theoretical Physics FGBI «IHEP Research Center «Kurchatov Institute», Protvino

V. A. Petrov,

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Department of Theoretical Physics FGBI «IHEP Research Center «Kurchatov Institute», Protvino

In July 2015, a message traveled around the world about the discovery of pentaquark at CERN (Switzerland), at the Large Hadron Collider (LHC). This scientific sensation is the result of joint research by more than 200 participants of the LHCb experiment from different countries, including representatives of several Russian scientific centers, including scientists from the Institute of High Energy Physics. The article describes how pentaquark was discovered, tells about the nuances of scientific research, the events that have led to this discovery and its scientific value.

Keywords: pentaquark, quarks, quark model, LHCb, experiment, research, matter, discovery, atom, particles

Среди многочисленных открытий, сделанных в XX веке, одним, быть может, даже и самым интересным и имеющим фундаментальный характер, стало открытие составного характера окружающей нас материи. Первоначально это было потрясающее открытие Э. Резерфорда, показавшее, что «неделимые» атомы не есть нечто простейшее, но сами состоят из электронов и ядер. Далее последовало понимание, что многообразие атомных ядер является следствием того, что и они не являются последним шагом в дроблении материи, но состоят из

тесно связанных нуклонов – протонов и нейтронов. И это также был ещё не предел: как обнаружилось позднее, нуклоны тоже являются сложными объектами, составленными из субъядерных частиц, названных с лёгкой руки М. Гелл-Манна «кварками», отличие которых в том, что их электрические заряды 1- и 2-кратны одной трети заряда электрона. Идея кварков возникла при анализе большого количества данных по спектру частиц, рождаемых в ускорительных экспериментах при высокой энергии. В настоящее время число этих элементарных «кирпичиков»

материи насчитывает три «легких» и три «тяжелых», сильно различающихся по массе.

Первые три обычно именуются как u -, d - и s -кварки. Последний кварк тяжелее своих коллег, а странность его связана с некоторым сохраняющимся свойством в сильных взаимодействиях, обнаружив которое, физики не знали, с чем это странное явление связано, да так и окрестили его: «странность». Стабильный протон содержит комбинацию из трех кварков (uud), а нестабильный нейтрон есть состояние (udd). Замена одного из кварков на «странный» s -кварк порождает семейство «странных барионов». Странный кварк – не чемпион по весу в мире кварков. В 70–90-х гг. XX в. обнаружилось, что никак не обойтись без «очарованного» или c -, «прелестного», или b -, и «истинного» или t -кварков. Последний чаще называют «топ-кварк», и он действительно выше всех по весу, почти равному весу ядра атома золота.

Замена в нуклоне легкого кварка на c - или b -кварки порождает семейство «очарованных» и «прелестных» барионов. В кварковой модели возможны связанные состояния кварка – q и антикварка – $\bar{q}$. Это уже так называемые мезоны. Прямым следствием составной структуры, так же как и в атомной физике, является наличие целого спектра квантовых энергетических уровней состояний (qqq) и ($\bar{q}q$). Изучению этих спектров, их значений и времени жизни, так как большинство из них нестабильны, посвящен раздел физики, именуемый адронной спектроскопией.

При всей внешней простоте гипотезы кварков, высказанной М. Гелл-Манном и Д. Цвейгом в 1964 г., а, как выяснилось недавно, сформулированной независимо еще и А. Петерманном [1, 2], в ней имеется целый ряд труднообъяснимых свойств. Главное из них то, что далеко не все из мыслимого многообразия комбинаций кварков и антикварков реализуются в природе. Или чуть скромнее – далеко не все такие комбинации были наблюдаемы в экспериментах. Более того, их намного меньше, чем предсказывалось теорией. Не входя в детали, отметим, что до сих пор наблюдались только состояния (qqq) и ($\bar{q}q$), число которых, впрочем, доходит до нескольких сотен. Существование таких объектов связывается со специфическими свойствами сильного взаимодействия, удерживающими кварки в связанном состоянии. При этом частицы с одинаковыми квантовыми числами собираются в группы из 1-й, 8-й и 10-й частиц. Это те состояния, которые можно сделать из 3-х кварков либо из кварка и антикварка.

Почему не наблюдаются состояния типа (qqq , $q\bar{q}$) и ($q\bar{q}$, $\bar{q}q$) и более сложные? Эти состояния, которые логично назвать «пентакварк» в первом случае и «тетракварк» [3, 4] во втором, могут иметь те же квантовые числа, что барион и мезон и, стало быть, вполне могли бы наблюдаться на эксперименте.

Однако за все 50 лет, прошедших после формулировки кварковой модели, никто их не обнаружил. Лишь в последнее время в экспериментах, изучающих рождение и распады частиц, содержащих тяжелые b - и c -кварки, появились указания на их существование.

Итак, с самого начала формулировки кварковой модели ученые столкнулись с непонятным явлением – отсутствием многокварковых состояний. Некоторый свет на эту проблему могут пролить исследования сил, связывающих кварки. Компьютерное моделирование, позволяющее работать в условиях сильной связи (в мезоне сила между $\bar{q}$ и q порядка 10 тонн), указывает на специфическую топологию кварковых состояний, напоминающих струны, на концах которых прикреплены кварк и антикварк. На первый взгляд в такой схеме трудно представить тетра- или пентакварк.

Тем не менее, теоретически абсолютного запрета на существование многокварковых систем в настоящее время нет. Напротив, в экспериментах, изучающих свойства частиц, содержащих тяжелые кварки, наблюдались состояния, выглядящие как прямое указание на тетракварк. Не перечисляя все эти состояния, упомянем наиболее яркое, наблюдаемое в эксперименте Belle (e^+e^- -аннигиляция в частицы, содержащие b -кварки) «тетракварк» $Z(4430)$. Рождающийся в результате аннигиляции электрона и позитрона B -мезон ($\bar{B}q$) распадается на $Z(4430)$ и K -мезон. $Z(4430)$, в свою очередь распадается на ψ' -частицу, состоящую из $\bar{c}$ s -кварков и π^+ -мезона. Такую частицу невозможно построить только из одной пары $\bar{q}q$ и необходимо как минимум две пары ($\bar{c}s\bar{q}q$). Позже, в другом эксперименте на Большом адронном коллайдере (LHC), специализирующемся на изучении частиц с b -кварком (LHCb), это открытие было подтверждено.

Что же касается многокварковой системы в барионном секторе, то здесь все обстояло несколько хуже. Единственное состояние «пентакварка», существование которого предсказывалось в системе ($uudd\bar{s}$), – это состояние θ^+ с массой порядка 1530 мегаэлектрон-вольт ($M\bar{e}B$); оно наблюдалось в 2003–2004 гг. более чем в 10 экспериментах, вернее сказать, «имелись указания» на его существование. Имеется в виду узкий пик в распределениях по массе систем K^0p и K^+p (квантовые числа этих частиц невозможно получить в распадах обычных трехкварковых барионов). Масса его оказалась равной 1555 $M\bar{e}B$. Однако при дальнейшем исследовании с повышенной статистической точностью его существование не подтвердилось. Предыдущие измерения оказались на уровне случайных выбросов – флуктуаций. Повторим, что ожидаемый сигнал от таких состояний должен выглядеть как пик в спектре масс продуктов распада этих частиц.

И вот совсем недавно в эксперименте LHCb – одном из 4-х главных экспериментов на Большом

адронном коллайдере, специализирующемся на поиске и изучении частиц, содержащих b -кварки – при исследовании распада бариона, содержащего тяжелый b -кварк (Λ_b -гиперон), в спектре масс продуктов распада $\Lambda_b \rightarrow J/\psi K p$ (в J/ψ – частицу, K -мезон и протон (рис. 1), а именно в спектре масс $J/\psi p$, наблюдался пик в районе масс – 4,5 ГэВ (рис. 2). При детальном рассмотрении стало ясно, что там присутствуют два пика $P_c(4380)^+$ и $P_c(4450)^+$. Анализ данных позволил установить, что угловой момент J и четность P первого $3/2$, а у второго – $5/2^+$. Другие варианты описания менее предпочтительны по статистической значимости.

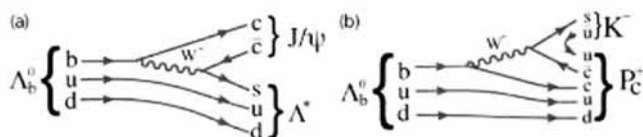


Рис. 1. Иллюстрации распадов Λ_b -бариона. Справа – возможный механизм рождения пентакварка P_c^+

Из этих двух резонансных состояний, просматриваемых в виде пика в спектре масс $J/\psi p$, первый – достаточно широкий с шириной $\Gamma \sim 205$ МэВ, тогда как второй, более достоверный, имеет гораздо меньшую ширину – $\Gamma \sim 39$ МэВ и более всего подходит на роль пентакварка [5].

Почему, если это «пентакварк», его наблюдают в столь экзотических условиях: рождение Λ_b – бариона и его последующий распад? Дело в том, что технически Λ_b благодаря достаточно большому времени распада успевает улететь от точки взаимодействия, где рождается до 1000 частиц. Пентакварк, живи Λ_b – барион поменьше, просто «утонул» бы в паразитном фоне от этих частиц.

В настоящее время – при всём радостном возбуждении в стане физиков – всё ещё мучают проклятые вопросы, порождающие порой сомнения в том, действительно ли наблюдаемые события можно интерпретировать единственным образом как проявление пентакварка? Вот слышится каверзный вопрос: «Не есть ли, мол, наблюдаемый пик лишь отражение пика в другом наборе частиц распада в Kp -системе, где известно большое количество обычных барионных резонансов?» Нет, тщательный анализ дан-

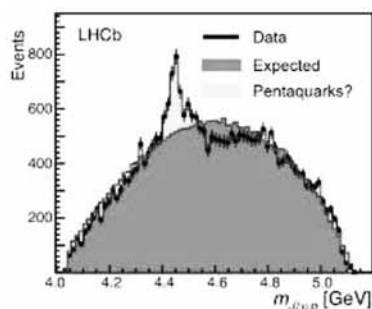


Рис. 2. Пики в распределении по массам

ных показывает, что вкладом этих резонансных состояний наблюдаемый пик объяснить не удастся. Адвокат дьявола не унимается: «Ведь хорошо известно, что при так называемом «перерасеянии» продуктов рас-

пада в конечном состоянии возникают особенности, имитирующие обычное резонансное поведение. Что, если и здесь мы имеем дело с такой ситуацией?»

К счастью, такая скучная интерпретация отменяется тем, что в конечном состоянии видны два пика. А это трудно объяснить в картине «перерасеяния» без неестественных натяжек.

«Ах, так? Так вот вам: если оба состояния, наблюдаемые в эксперименте LHCb – пентакварки, то почему же их ширины (обратные времена жизни) – 205 МэВ и 39 МэВ – так сильно отличаются друг от друга?» Здесь самокритичные физики находятся в состоянии серьёзных раздумий, «сто раз отмерь...» А мы с вами, дорогие читатели, будем энтузиастами и поверим в светлое будущее с многоцветием невиданной кварковой экзотики, путь в которое, возможно, открывает наш герой, изображённый ниже (рис. 3).

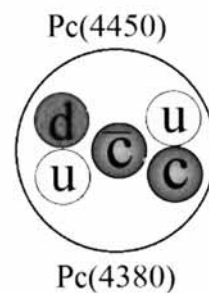


Рис. 3. Пентакварки: двойной портрет в ожидании

Иногда можно услышать, что с Большим адронным коллайдером мы-де стоим на пороге «новой физики», поиски которой, мол, и есть главная задача современности. Отметим, что когда при запуске БАК обнаружилось, что никаких следов ни суперструн, ни суперсимметрии, ни другой экзотики не было обнаружено, то ходившие до этого гоголем в ожидании подтверждения «теории всего» некоторые теоретики пришли в состояние полной депрессии. БАК же выполнил свою главную задачу – увенчал грандиозное здание современной теории частиц бозоном Хиггса. Сама же эта теория, носящая обманчиво скромное название «Стандартная модель», и круг явлений, связанных с ней, поистине неисчерпаемы и обещают ещё много новых открытий и сюрпризов. Открытие пентакварков было бы одним из первых шагов в дальнейшем исследовании и освоении прекрасных ландшафтов.

Литература

1. Petrov V. A. Half a Century With Quarks (a Superficial Review) // 30th International Workshop on High Energy Physics: Particle and Astroparticle Physics, Gravitation and Cosmology: Predictions, Observations and New Projects. (IHEP 2014). 23–27 Jun 2014. Protvino. Russia. P. 172–180.
2. Петров В. А. Кто и как открыл кварки // Научград Наука Производство Общество. 2015. № 1(3). С. 6–10.
3. Gershtein S. S., Likhoded A. K., Pronko G. P. Possible nature of Z^+ . arXiv:0709.2058v1 [hep-ph] 13 Sep 2007.
4. Choi S. K. et al. Belle Collaboration. Observation of a resonance-like structure in the π^+ - ψ -prime mass distribution in exclusive $B \rightarrow K \pi^+ - \psi$ -prime decays // Phys. Rev. Lett. 2008. 100.142001.
5. Aaij R. et al. LHCb Collaboration. Observation of $J/\psi p$ resonances consistent with pentaquark states in $\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi K^- p$ decays // Phys. Rev. Lett. 2015. 115.072001.

ЦЕНТР ИОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ИФВЭ-МРНЦ. РАЗВИТИЕ, СОСТОЯНИЕ ДЕЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА

IHEP-MRRC CENTER FOR ION-BEAM THERAPY.
DEVELOPMENT, CURRENT STATUS,
AND PROSPECTS OF PROJECT IMPLEMENTATION

Ю. М. Антипов,

кандидат физико-математических наук, начальник лаборатории ионно-лучевого комплекса (ЛИЛК) ФГБУ «ГНЦ ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт»

А. П. Солдатов,

заместитель директора ФГБУ «ГНЦ ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт» по общим вопросам и инновационной деятельности

В статье рассказывается о научных разработках, направленных на создание пучков ионов углерода для применения их в практике лечения онкологических заболеваний, и работах над созданием Центра ионной лучевой терапии (ЦИЛТ), проводимых ФГБУ ГНЦ ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт», г. Протвино (далее – ГНЦ ИФВЭ) совместно с Медицинским радиологическим центром им. А.Ф. Цыба – филиалом ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский радиологический центр», г. Обнинск (далее – МРНЦ им. А.Ф. Цыба).

Ключевые слова: ядерная медицина, центр ионной лучевой терапии, ГНЦ ИФВЭ, МРНЦ, онкологические заболевания, радиологические исследования, ускорительный комплекс, исследования, лечение, пик Брэгга

Yu. M. Antipov,

Candidate in Physical and Mathematical Sciences, Head of Laboratory of Ion-Beam Complex (LIBC), Institute for High Energy Physics (IHEP), National Research Centre Kurchatov Institute

A. P. Soldatov,

Deputy Director of General Affairs and Innovative Programs, Institute for High Energy Physics (IHEP), National Research Centre Kurchatov Institute

The article tells about scientific project aimed to produce carbon ions beams and for their application in the field of cancer treatment; about the works for creation of Center for Ion-Beam Therapy (CIBT) performed by the Institute for High Energy Physics of National Research Centre Kurchatov Institute (Protvino), jointly with the A. Tsyb Medical Radiological Research Centre, a branch of the National Medical Research Radiological Centre (Obninsk)

Keywords: nuclear medicine, centre for ion-beam therapy, IHEP, MRRC, cancer diseases, radiological research, accelerator complex, research, treatment, Bragg peak

Введение

Проект первого в России экспериментально-клинического центра ионной лучевой терапии (ЦИЛТ), создаваемого на основе применения пучка ионов углерода для лечения онкологических заболеваний, – результат работы, которая проводится ГНЦ ИФВЭ с конца 1990-х гг. Соз-

дание ЦИЛТ – практический шаг в освоении новой технологии отечественной ядерной медицины.

Логика развития в ГНЦ ИФВЭ программы, ориентированной на создание ЦИЛТ, определена наличием в этом физическом центре крупнейшего в России ускорительного комплекса и необходимых элементов инфраструктуры для организации

лечебного процесса. Существенное значение имеет близость к Протвино (50 км) Медицинского радиологического научного центра – МРНЦ¹ (г. Обнинск), совместно с которым ГНЦ ИФВЭ в 1998–2000 гг. был разработан проект ЦИЛТ на базе действующего ускорительного комплекса У-70 (рис. 1).



Рис. 1. Ускорительный комплекс ИФВЭ. Вид сверху

МРНЦ – единственный в России медицинский центр, обладающий практическим опытом протонной и нейтронной терапии, что позволяет ему в полном объеме оценивать проблемы, связанные с внедрением ионной лучевой терапии. Под руководством специалистов МРНЦ были проведены радиобиологические исследования и выработка методик лечения первых пациентов на действующих сегодня протонных лучевых установках. МРНЦ имеет развитую исследовательскую и лечебную радиологическую базу, ведет лечение пациентов лучевыми (гамма, электроны, нейтроны, фармпрепараты), химиотерапевтическими и хирургическими методами (рис. 2).



Рис. 2. Лечебный корпус МРНЦ (г. Обнинск)

Таким образом, достигается сочетание необходимых составляющих: действующий радиологический госпиталь с возможностями диагностирования, необходимые площади для амбулаторного и стационарно-

го отделений, квалифицированный персонал ИФВЭ и МРНЦ. Все это обеспечивает не только высокий уровень научных исследований и лечения, но и существенную экономию средств – стоимость проекта составляет ~50% от объема затрат, требуемых на создание с нуля специализированной установки для тех же целей. Основные капиталовложения потребуются на реализацию медицинской части проекта.

Несмотря на отсутствие финансирования проекта ЦИЛТ извне, в ГНЦ ИФВЭ за счет собственных ресурсов, фактически в инициативном порядке, осуществлена модернизация имевшихся, а также сооружение и оснащение новых элементов ускорительного комплекса.

С участием ГНЦ ИФВЭ в программе совместной деятельности организаций, включенных в пилотный проект НИЦ «Курчатовский институт» на 2010–2012 гг., возникла возможность финансовой поддержки проекта, что позволило приобрести необходимые материалы и оборудование для создания канала вывода ядер углерода из ускорителя У-70 в экспериментальный зал 1БВ на временный радиобиологический стенд.

В результате усилиями ускорительщиков, физиков, пучкистов, электронщиков, конструкторов, монтажников и рабочих была создана головная часть канала № 25, предназначенного для транспортировки ионов углерода в зону радиобиологических и медико-клинических исследований (рис. 3).

Большая и сложная работа по реализации проекта ЦИЛТ выполнена исключительно благодаря профессионализму и энтузиазму сотрудников ГНЦ ИФВЭ, верящих в успех своего дела. Таким образом, на практике была доказана высокая степень готовности проекта.

Возможность создания пучков с параметрами, необходимыми для лучевой терапии на действующем ускорительном комплексе ГНЦ ИФВЭ

Ускорительный комплекс ГНЦ ИФВЭ включает: протонный линейный ускоритель «Урал-30» на энергию 30 МэВ; протонный линейный ускоритель И-100 на энергию 100 МэВ; быстроциклирующий протонный синхротрон-бустер У-1,5; протонный синхротрон У-70 на энергию 70 ГэВ. Все эти компоненты способны обеспечить технические потребности медицины в расширении возможностей лучевой терапии.

Энергии, интенсивности и способы вывода пучков протонов и ионов углерода для этих целей определяются медицинскими параметрами, которые, в свою очередь, диктуют необходимые технические требования к ускорительному комплексу (табл. 1).

¹ МРНЦ в 2014 г. присвоено имя многие годы возглавлявшего его академика РАМН Анатолия Федоровича Цыба, при активном участии которого началось сотрудничество с ГНЦ ИФВЭ (прим. авт.).

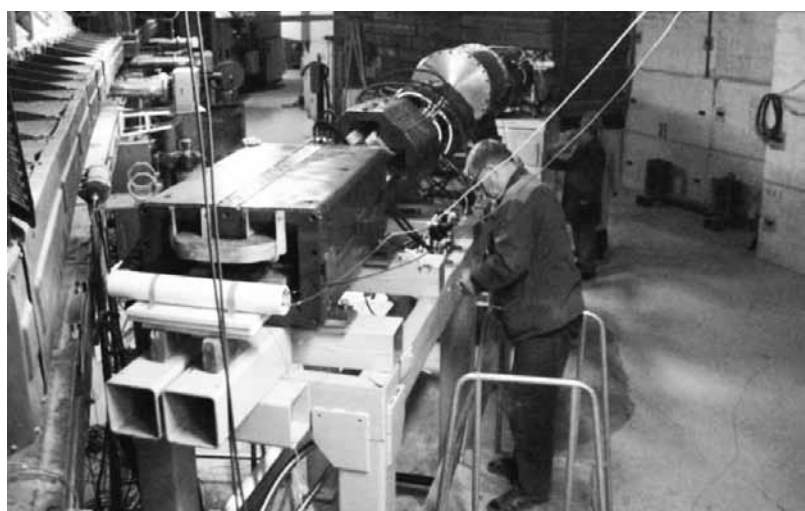
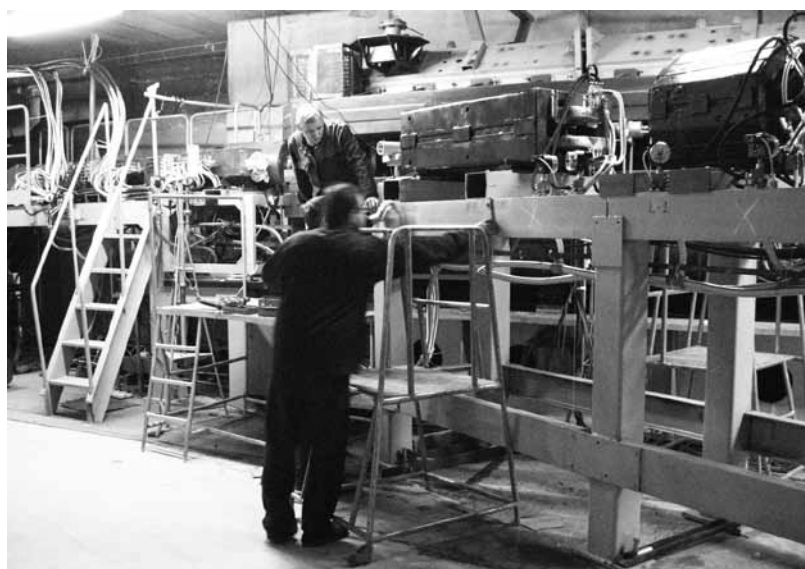


Рис. 3. Наладка оборудования канала № 25 перед проводкой пучка ионов углерода

Таблица 1

Основные технические требования к центру протон-ионной лучевой терапии

Требования	Протоны	Ионы углерода C^{+6}
Максимальная кинетическая энергия	220 МэВ	5400 МэВ
Максимальная магнитная жесткость [BR]	2,26 Т·м	6,53 Т·м
Вывод пучка из ускорителя	Медленный вывод	
Интенсивность пучка на мишени	$5 \times 10^9 \text{ сек}^{-1}$	$2 \times 10^8 \text{ сек}^{-1}$

Система инжекции протонов в протонный синхротрон У-70 включает протонный линейный ускоритель «Урал-30» и быстроциклирующий протонный синхротрон – бустер (рис. 4). Основные параметры бустера приведены в табл. 2.

Минимальная энергия протонов, ускоряемых в бустере, в настоящее время – 200 МэВ, что хорошо

Таблица 2

Основные параметры бустера У-1,5

Периметр орбиты	99,16 м
Магнитная жесткость	0,80-6,85 Т·м
Диапазон энергии ускоренных протонов	200-1320 МэВ
Максимальная частота работы	16,6 Гц
Интенсивность протонов в импульсе	$2-9 \cdot 10^{11}$

согласуется с требованиями протонной лучевой терапии. Достигнутые в настоящее время интенсивности протонного пучка в бустере заметно превышают те, что необходимы для протонной лучевой терапии.

Как видно из табл. 2, в конце цикла ускорения магнитная система бустера удерживает протоны, магнитная жесткость которых практически совпадает с требуемой для ускорения ионов углерода C^{+6} до энергии 5400 МэВ. Таким образом, магнитная система существующего в ИФВЭ ускорителя-бустера как нельзя лучше соответствует требуемой для ионной C^{+6} терапии. Но бустер выдает пучок в виде коротких импульсов, а для современной лучевой терапии требуется постепенный (медленный) вывод пучка. Именно для этого и нужен большой ускоритель У-70, который должен сработать в этом варианте уже не как ускоритель, а как большой экономичный накопитель. Выведенные из бустера пучки протонов или ионов углерода должны быть накоплены в кольцевом ускорителе У-70, а затем медленно выведены в экспериментальный зал 1БВ, в котором планируется создание двух экспериментальных зон: для радиобиологических исследований и медицин-



Рис. 4. Быстроциклирующий протонный синхротрон – бустер У-1,5

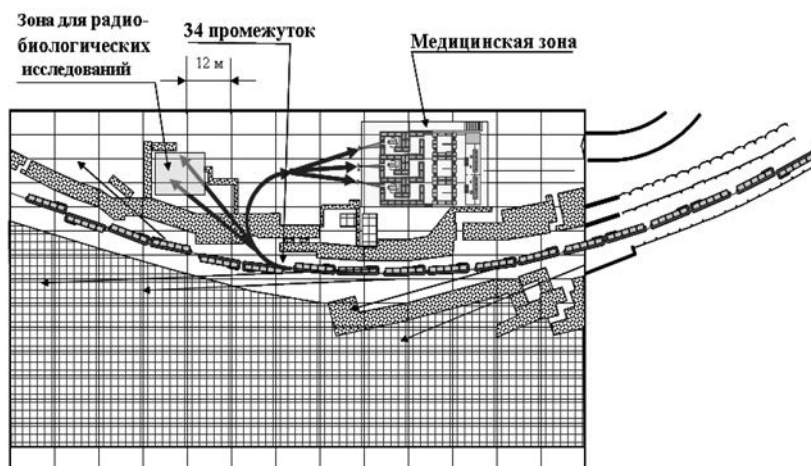


Рис. 5. Схема размещения радиобиологического и медицинского оборудования на пучках ионов углерода в экспериментальном зале 1БВ

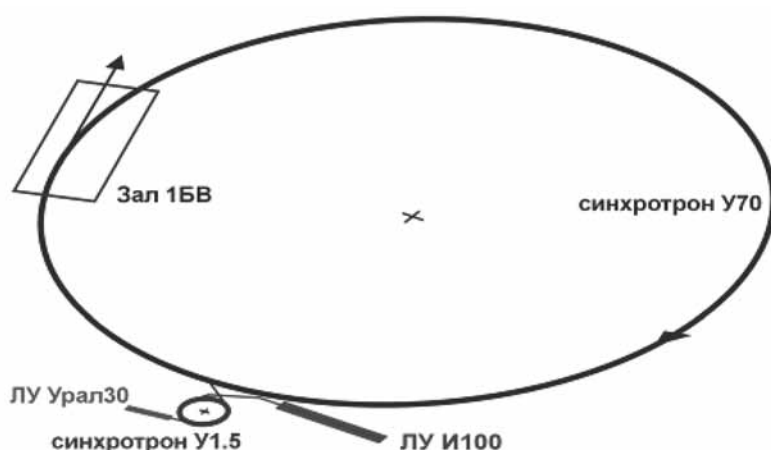


Рис. 6. Схема взаимного расположения ускорителей ИФВЭ и планируемых установок для лучевой терапии

ской зоны с тремя медицинскими помещениями для облучения пациентов (рис. 5).

Последовательно все элементы модифицированного ускорительного комплекса ИФВЭ включают: лазерный источник ионов углерода; линейный ускоритель И-100, канал перевода пучка ионов из И-100 в синхротрон У-1,5 и далее в синхротрон У-70, работающий в режиме экономичного накопителя; систему вывода пучка из У-70 в три процедурные кабины, расположенные на свободных площадях в экспериментальном зале 1БВ. На рисунке 6 показана схема взаимного расположения ускорителей ИФВЭ и планируемых установок для лучевой терапии.

Основные этапы работ по созданию ЦИЛТ

В работах по модернизации ускорительного комплекса ГНЦ ИФВЭ для создания Центра ионной лучевой терапии ИФВЭ-МРНЦ можно выделить основные этапы:

- 2000–2001 гг. – создание лазерного источника ионов углерода и получение ускоренных в ли-

нейном ускорителе И-100 пучков легких ионов;

- 2001–2005 гг. – проектирование и создание оборудования для канала перевода пучка из И-100 в бустер;
- 2006–2010 гг. – монтаж канала перевода пучка из ускорителя И-100 в ускоритель У-1,5, ускорение пучков дейтронов и ионов углерода в бустере; проведение на ускоренном в И-100 пучке ионов физико-технических и радиобиологических исследований;
- 2011 г. – устойчивая циркуляция пучка ионов углерода в У-70, вывод пучка из У-70, визуальное наблюдение «пики Брэгга»;
- 2011–2013 гг. – изготовление, монтаж и испытания элементов вывода, формирование и контроль вывода пучка в зону для радиобиологических исследований.

В конце 2011 г. пучок ионов углерода С+5 был ускорен в И-100 и «обогран» на выходе до С+6. Далее пучок переведен по каналу из И-100 в Бустер, ускорен в Бустере, переведен в У-70. Полученная интенсивность углеродного пучка $3,5 \cdot 10^9$ ядер в цикл превысила проектную величину. Выведенный из ускорителя У-70 пучок ионов углерода был визуально зафиксирован в блоке сцинтиллятора (рис. 7).

В апреле 2013 г. после проведения крупномасштабных работ по созданию системы транспортировки ионов углерода (головная часть) в зону для радиобиологических и медико-клинических исследований (канал № 25) был осуществлен



Рис. 7. Пучок ионов углерода, выведенный из У-70, останавливается в блоке сцинтиллятора. Полная толщина сцинтиллятора – 400 мм

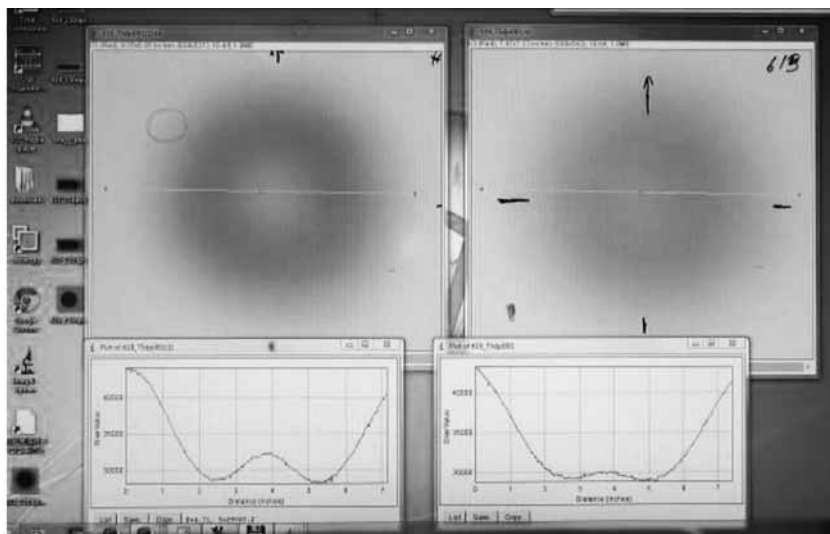


Рис. 8. Настройка воблер-магнита. Радиационно-чувствительные плёнки фиксируют дозное распределение в районе биообъектов

медленный вывод пучка ионов углерода с энергией 450 МэВ/нуклон.

В декабре 2013 г. и в марте-апреле 2014 г. были проведены работы по наладке систем вывода пучка углерода из ускорителя У-70, оптимизации режимов нового канала № 25 и формированию необходимых дозных распределений в зоне временного радиобиологического стенда.

Ионизационные камеры, кремниевые детекторы, сцинтилляционные экраны с ТВ-мониторами, водяной фантом, радиочувствительная пленка позволили в сеансах 2013 г. определить характеристики выведенного углеродного пучка, фоновые условия и доказать, что созданный радиобиологический стенд на канале № 25 пригоден для радиобиологических исследований.

Большие усилия потребовались для формирования необходимого дозного распределения, пригодного для радиобиологических исследований. Для этого перед радиобиологическим стендом был поставлен разработанный и изготовленный в ГНЦ

ИФВЭ воблер-магнит (от английского слова wobbler – колебаться, вихлять), создающий быстровращающееся магнитное поле.

Ось пучка ядер углерода, проходя через этот магнит, начинала конусообразно вращаться. Изменяя параметры пучка и силу воблер-магнита, можно сформировать на радиобиологическом объекте необходимое дозное распределение, имеющее требуемую пространственную однородность в центре (рис. 8).

На пленке слева видно, что сила воблера велика, и поэтому в центре дозного распределения виден заметный провал. На плёнке справа видно, что, уменьшив силу воблер-магнита, можно сформировать приемлемое для радиобиологических измерений дозное распределение.

В зоне радиобиологического стенда с использованием широкого набора детекторов и фиксирующих параметры пучка экранов были проведены дозимет-

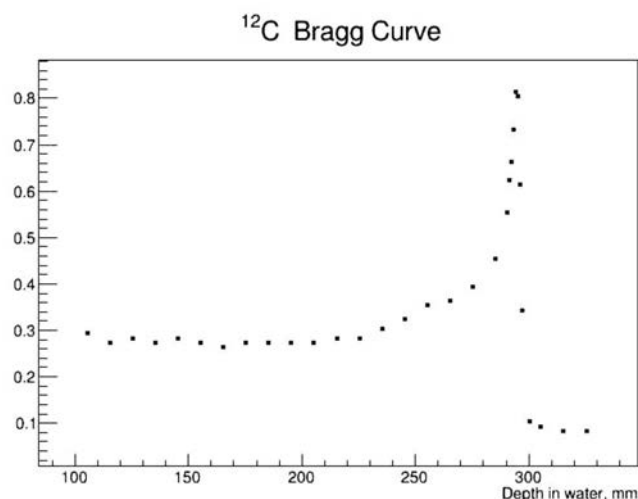
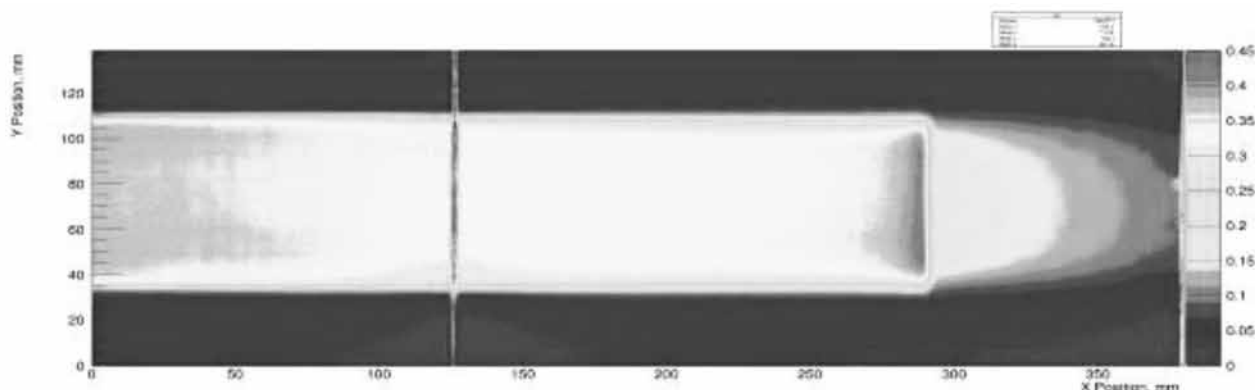


Рис. 9. Пик Брэгга, измеренный ионизационной камерой в водном фантоме



Локализация основной дозовой нагрузки в пике Брэгга

Рис. 10. Регистрация пика Брэгга для пучка ионов углерода в водном фантоме с использованием радиочувствительной пленки. Перед водным фантомом в данном случае смонтирован коллиматор, ограничивающий размер пучка

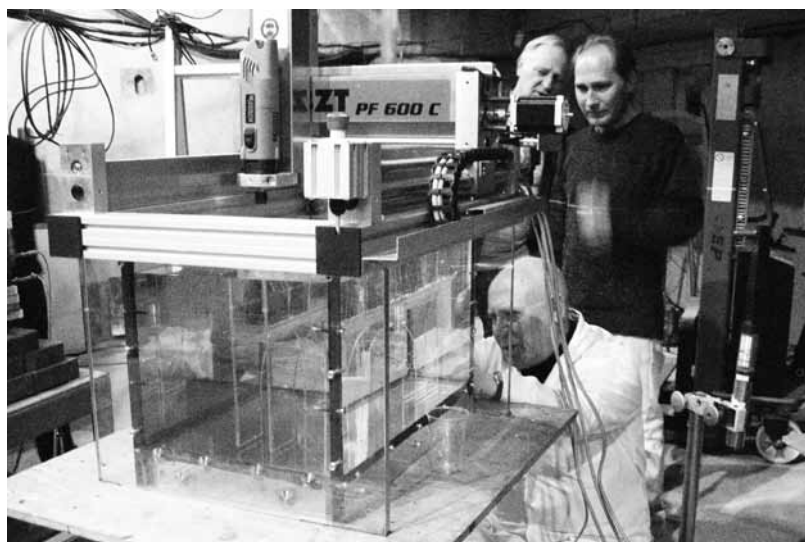


Рис. 11. Сотрудники МРНЦ и ГНЦ ИФВЭ на радиобиологическом стенде устанавливают биологические образцы в водном фантоме

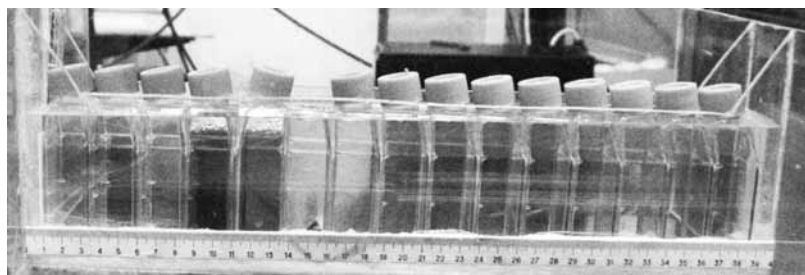


Рис. 12. Биологические образцы на радиобиологическом стенде облучаются пучком ядер углерода

трические измерения параметров пучка и положения пика Брэгга. На рисунках представлены результаты измерений: рис. 9 – результат измерения пика Брэгга в водном фантоме с использованием ионизационной камеры, рис. 10 – регистрация пика Брэгга для пучка ионов углерода в водном фантоме с использованием радиочувствительной пленки.

В итоге успех был достигнут, и в весеннем (март-апрель) сеансе 2014 г. в ГНЦ ИФВЭ произошло важное событие – пучок ионов углерода должной энергии был выведен в экспериментальную зону, предназначенную для проведения радиобиологических исследований.

Полученные параметры углеродного пучка близки к требованиям специалистов из Медицинского радиологического научного центра (МРНЦ, Обнинск). Радиобиологи МРНЦ начали первые радиобиологические исследования на этом пучке.

Радиобиологические исследования на канале № 25

Радиобиологические исследования на созданном радиобиологическом стенде проводились двумя группами радиобиологов – из Обнинска и из Пущина. Рабочий момент установки радиобиологических об-

разцов сотрудниками ГНЦ ИФВЭ и МРНЦ показан на рисунке 11.

В первых опытах использовались как клеточные структуры, так и лабораторные животные (мыши и крысы). На рисунке 12 показан эксперимент по облучению культуры клеток мышинной меланомы В-16.

На рисунке 13 показаны кривые выживаемости клеток мышинной меланомы В-16, полученные после облучения гамма-излучением (4) и пучком ионов C^{12} (1, 2, 3), отчетливо видны известные преимущества облучения ионами углерода (пониженная выживаемость мышинной меланомы В-16 в пике Брэгга).

Перспективы ЦИЛТ ИФВЭ-МРНЦ

Выполненные к настоящему времени работы показали, что даже при имеющемся в настоящее время минимальном наборе оборудования уже возможно проведение систематических радиобиологических исследований.

Очевидно, что радиобиологические исследования не являются конечной целью, но они обеспечивают возможность решения главной, жизненно важной задачи – полноценного ввода в действие Центра ионной лучевой терапии.

Мы надеемся, что федеральные власти поддержат наш проект и в результате нам удастся создать Центр ионной лучевой терапии, где будет начато массовое лечение онкологических больных.

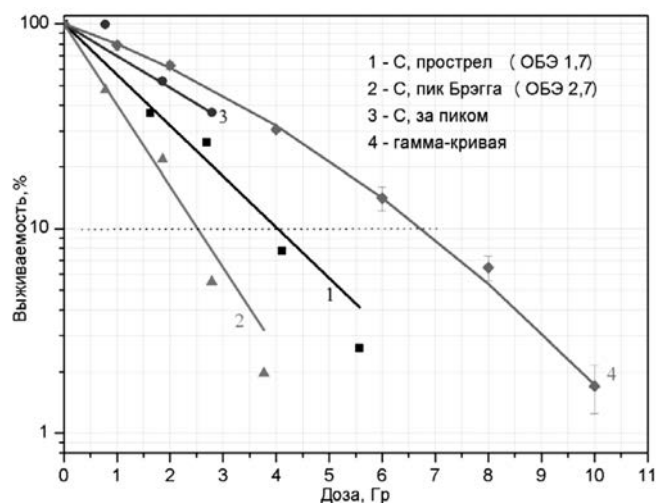


Рис. 13. Кривые выживаемости клеток мышинной меланомы В-16, полученные после облучения гамма-излучением (4) и пучком ионов C^{12} (1, 2, 3)

Проект ЦИЛТ предлагается реализовать в 2 этапа.

На первом этапе (2014–2016 гг.) предполагается создание полномасштабного канала ионов углерода, радиобиологического стенда и одного клинического медицинского каньона. Завершением первого этапа является первый пациент, прошедший курс лечения на пучке углерода в ИФВЭ.

На втором этапе (2017–2019 гг.) предполагается создание экспериментально-клинического центра ионной лучевой терапии с пропускной способностью 300–700 пациентов в год.

Создание ЦИЛТ в г. Протвино на базе действующего ускорительного комплекса ГНЦ ИФВЭ позволит в содружестве медиков и физиков отработать и внедрить в России перспективную методику лечения онкологических заболеваний с оптимальными медико-физическими и стоимостными параметрами для последующего тиражирования.

Центр ионной лучевой терапии ИФВЭ-МРНЦ с пучками ионов углерода будет пилотным проектом, позволяющим в ближайшее время освоить в России современные эффективные методики лечения онкологических заболеваний.

ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ ОТ НАЧАЛА ДО НАШИХ ДНЕЙ

Онкологические заболевания – серьезнейшая проблема настоящего времени. Ежегодно в России рак диагностируется более чем у 500 тысяч человек. В прошлом веке была проделана громадная работа по отработке методов лечения этого смертоносного заболевания. Если в начале XX в. средняя излечиваемость онкологических больных не достигала и 5%, то в 2000 г. в развитых странах она составила уже 60%, а в России, к сожалению, всего лишь 40%.

Существует три основных способа борьбы со злокачественными опухолями: хирургия, химиотерапия и лучевая терапия.

Путь развития и новые методы лучевой терапии

Лучевой терапии уже более 100 лет, это – один из важнейших методов лечения рака. В ноябре 1895 г. Вильгельм Конрад Рентген, экспериментируя с первым простейшим ускорителем электронов, открыл X-лучи, названные впоследствии его именем. Уже через несколько месяцев стало очевидным, что это фундаментальное физическое открытие можно использовать для диагностики и лечения больных. Так началась эра применения ускорителей и достижений физики в медицине.

За столетие была проделана громадная работа по совершенствованию методики лучевой терапии. Вместо рентгеновских трубок, которые поначалу

были основным инструментом лучевой терапии, после появления ядерных реакторов и искусственных радиоактивных изотопов стали применяться радиоактивный изотоп ^{60}Co (кобальтовые пушки), а затем и линейные ускорители электронов с энергией электронного пучка в несколько миллионов электрон-вольт (МэВ).

Такой линейный ускоритель электронов представляет собой компактную конструкцию (длиной около 2 метров), которая может располагаться в небольшом процедурном помещении. Стоимость медицинского комплекса с электронным ускорителем \$2–3 млн. В настоящее время в мире таких специализированных электронных ускорителей уже более 8000, половина из которых работает в США.

Ввиду большого рассеяния электронов в веществе чаще во врачебной практике используются не сами электроны, а гамма-излучение, возникающее при торможении электронного пучка на мишени. Энергетическое распределение потерь гамма-излучения в веществе близко к экспоненциальному, уменьшающемуся с глубиной.

Это приводит к нежелательному переоблучению поверхностных тканей, что можно частично скомпенсировать при использовании нескольких направлений облучения.

Впервые предложение по использованию пучков ускоренных протонов или других более тяжелых ядер для лучевой терапии было сделано в 1946 г. известным американским ученым Робертом Вильсоном.

Р. Вильсон отметил, что ускоренные протоны и ядра имеют значительные преимущества в сравнении с гамма-излучением. Эти заряженные ускоренные частицы слабо рассеиваются в веществе, их можно остановить на должной глубине, а в конце пробега они выделяют значительную долю энергии (так называемый пик Брэгга). Все эти преимущества позволяют значительно лучше осуществлять облучение глубоко расположенных опухолей.

Исследования в области лучевой терапии с пучками протонов, а затем и более тяжелых ядер начались в 1952 г. (США, Беркли). Позднее работы по протонной терапии были продолжены в Швеции и СССР.

Для облучения глубоко расположенных опухолей требуемая энергия протонов составляет ≈ 200 МэВ, а ионов углерода ≈ 5000 МэВ. Это означает, что в среднем ион углерода ионизирует вещество в 25 раз сильнее, чем протон. Ускоренные пучки протонов с такими энергиями обычно получают в синхротронах с диаметром около 8 метров, для ускорения ядер углерода требуются синхротроны с диаметром более 20 метров.

До 1992 г. работа по протонной и ионной лучевой терапии осуществлялась преимущественно в физических центрах, предназначенных для фундаментальных исследований. Первый специализированный медицинский центр с протонным ускорителем был создан в 1992 г. в США. В настоящее время в мире существует около 40 таких центров. Сегодня протонной терапией занимаются в центрах, расположенных в странах Западной Европы, Южной Африки, России, США, Канаде, Японии, Китае, а лечению методами протонной терапии подверглось более 100 тыс. пациентов. Стоимость зарубежного центра протонной лучевой терапии $\approx$ \$30 млн.

Таким образом, в мире уже хорошо отработана методика лучевой терапии с гамма-излучением. В последние годы освоена еще более совершенная методика с пучками ускоренных протонов.

Стоит ли заниматься еще более сложными и более дорогостоящими методами такого типа, как ионная лучевая терапия? Не пора ли остановиться? Нет, не пора! Несмотря на очевидные успехи современных методов лучевой терапии, в которых используются гамма-излучение и протонные пучки, не во всех случаях удастся победить болезнь. Обширный клинический опыт показывает, что существуют весьма распространенные типы опухолей, плохо поддающихся лечению этими пучками. Такие опухоли называются **резистентными**.

В чем же причина **резистентности**? Дело в том, что при облучении электронными, протонными и гамма-пучками срабатывает только один химический механизм воздействия излучения на живую ткань. В результате ионизации вещества образуются химически активные фрагменты – свободные радикалы, которые в нескольких местах повреждают генетический механизм клетки, молекулу ДНК. Химический механизм успешно срабатывает в том случае, когда клетка содержит должное количество кислорода. Если его недостаточно, химический механизм воздействия излучения на живое вещество становится неэффективным. **Немногочисленные повреждения ДНК, нанесенные свободными радикалами в разных местах, залечиваются, эффективность радиотерапевтического лечения заметно падает.** В таких случаях (их 20%) опухоль считается резистентной. Для успешной борьбы с ней требуется облучение более сильно ионизирующими частицами, типа ионов углерода. Химический механизм воздействия для них тоже работает, но самой главной замечательной особенностью такого облучения является то, что на последних 3–4 см пробега, в Брэгговском пике, такие частицы повреждают молекулу ДНК новым способом. Плотность ионизации становится столь высокой, что молекула ДНК бук-

вально перерезается на несколько частей, теряя жизнеспособность (рис. 14). Для такого вида лучевого воздействия уже не имеет значения резистентна ли опухоль, или нет.

Мировая практика применения ионной лучевой терапии

С начала 1950-х гг. велась исследовательская работа, связанная с поиском «идеального» иона, который, эффективно поражая раковую опухоль в конце пробега, обеспечивал бы минимальное воздействие на здоровые ткани в начале пробега. Были экспериментально опробованы ионы гелия, углерода, неона, кремния, аргона. В итоге было доказано, что «идеальным» является ион углерода.

Однако число медицинских центров, использующих ионную лучевую терапию, до настоящего времени было заметно меньше, чем протонных. Это было связано в основном с высокой стоимостью создания должных ионных пучков.

Наиболее интенсивные практические работы по применению ионной лучевой терапии ведутся с начала 1990-х гг. в Японии и Германии. С 1994 г. в японском Национальном радиологическом институте (NIRS, Чита, вблизи Токио) начал работу первый в мире центр-госпиталь, специализирующийся на радиационной ионной терапии.

К настоящему моменту в мире работают 8 центров ионной лучевой терапии с пучками ионов углерода (Япония – 4; КНР – 2; Германия – 1; Италия – 1).

В этих центрах на пучках ионов углерода к настоящему времени уже завершено успешное лечение более чем $\approx$ 16 000 пациентов, имеющих злокачественные опухоли, большинство из которых плохо поддаются другим существующим методикам лечения.

Большой интерес к углеродной лучевой терапии в Японии, Китае и Европе связан с подтвержденными практикой высокими показателями эффективности и пропускной способности медицинских центров с пучками ионов углерода.

Число процедур (фракций) в углеродном пучке уже удалось довести до $\approx$ 10, вместо $\approx$ 30 в протонном варианте. Последние данные показывают получение фантастических результатов, в частности, лечение рака легких и печени осуществляется за один день (1÷2 фракции облучения). Такой темп позволяет резко увеличить пропускную способность центров с пучками ионов углерода и, соответственно, заметно понизить стоимость лечения.

Ожидаемая стоимость лечения на пучках углерода может оказаться сравнимой с протонным вариантом и даже ниже при большей эффективности лечения.

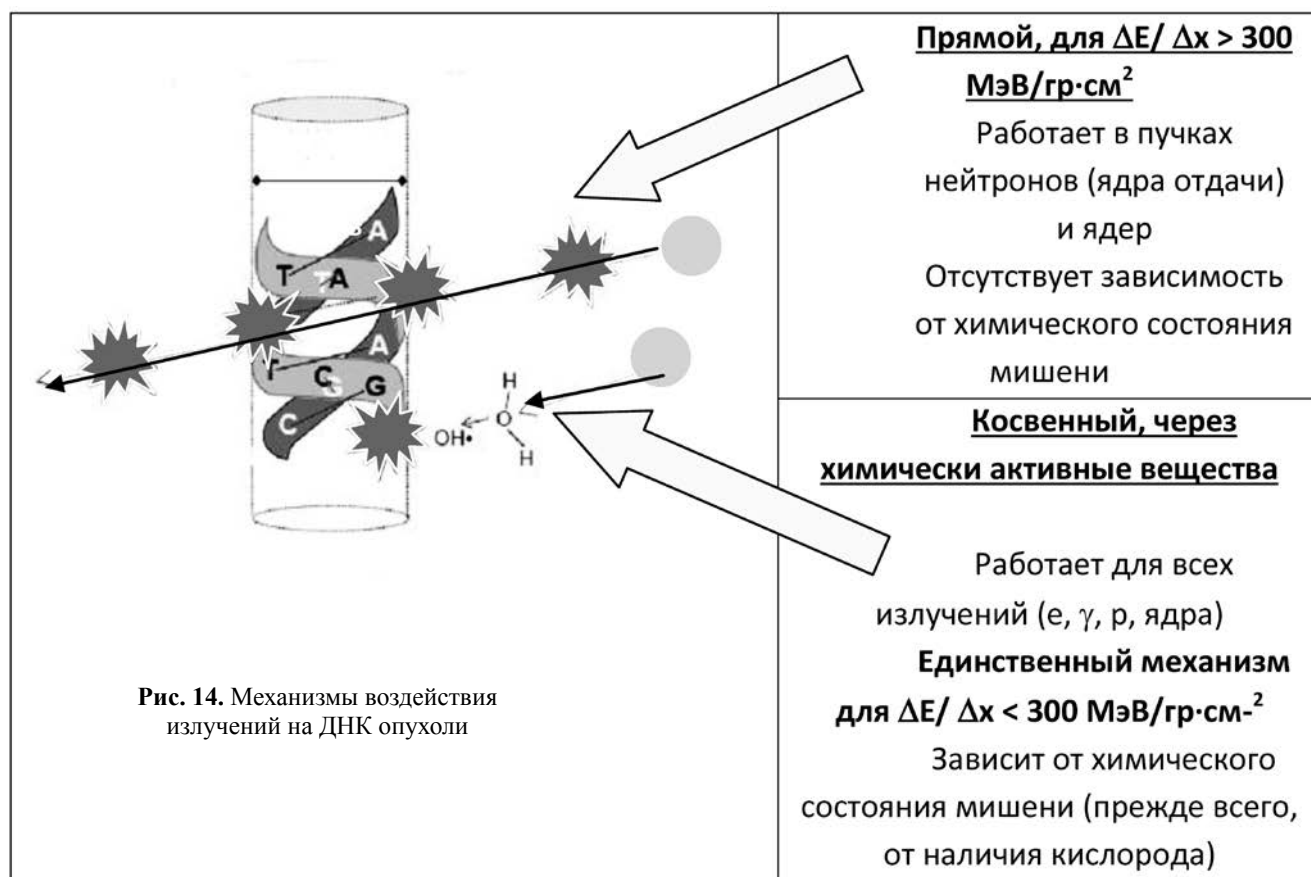


Рис. 14. Механизмы воздействия излучений на ДНК опухоли

Методы лучевой терапии и пропорции их применения

Существует три основных вида лучевой терапии:

- гамма-терапия, использующая электронные ускорители с энергией ~20 МэВ;
- протонная лучевая терапия с энергией протонов ~200 МэВ;
- ионная лучевая терапия с энергией ионов углерода ~5000 МэВ.

В какой же пропорции надо использовать различные методы лучевой терапии? Ответ, очевидно, зависит от экономических и технических возможностей государства. Российские специалисты пришли к выводу, что в ближайшем будущем нашей стране требуется применение всех существующих видов лучевой терапии в следующих пропорциях:

- гамма-терапия – 700 установок (в наличии 140);
- протонная терапия – 150 установок (в наличии 2);
- ионная лучевая терапия с пучком ионов С – 20 установок (в наличии 0).

Как следует из приведенных данных, реальные возможности российской медицины ограничены, и это при огромном научном и техническом потенциале России.

Литература

1. Антипов Ю. М. Крупнейший в России синхротрон будет служить медицине // National Export Today. 2006. № 3(12). С. 2–9.
2. Протвинский ускоритель должен служить людям круглый год // Инновации Южного Подмосковья. 2006. № 1(3). С. 8–13.
3. Антипов Ю. М., Иванов С. В. Ускорение ионов в ускорителях ГНЦ ИФВЭ: состояние дел и перспективы // Новости и проблемы фундаментальной физики. 2008. № 3(3). С. 1–11.
4. Солдатов А. П. Создание Центра ионной лучевой терапии ИФВЭ-МНПЦ // Медицинские целевые проекты. 2012. № 12.
5. Солдатов А. П. Состояние работ по созданию радиобиологического канала № 25 // Ускоритель. 2014. № 7(427). С. 1, 3.

ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР КОМПОНЕНТОВ И СИСТЕМ ДВИГАТЕЛЕЙ

ENGINEERING CENTER FOR COMPONENTS AND ENGINE SYSTEMS

В. Н. Каминский,

доктор технических наук, профессор, генеральный директор НПО «Турботехника»

В статье дается краткий анализ условий, обеспечивающих успешное функционирование и развитие Инжинирингового центра компонентов и систем двигателей в Научно-производственном объединении «Турботехника». Приводятся этапы его формирования, достигнутые результаты и перспективы.

Ключевые слова: инжиниринговый центр, инжиниринговые компетенции, компоненты и системы двигателей, турбокомпрессор, турбонаддув, конструкторская деятельность

V. N. Kaminsky,

Doctor of Technical Sciences, professor, CEO of Scientific Production Association Turbotekhnika

The article contains concise analysis of the conditions providing successful functioning and development of Engineering Center for Components and Engine Systems in Scientific Production Association Turbotekhnika, describes the stages of its forming, achieved results and perspectives.

Keywords: engineering center, engineering competences, engine components and systems, centrifugal compressor, turbo-supercharger, designer activity

Введение

В настоящее время в России большое внимание, в том числе на правительственном уровне, уделяется теме, связанной с созданием системы центров инжинирингового обеспечения и сопровождения всех отраслей реального сектора экономики, что, как предполагается, должно обогатить их новыми технологиями и успешно решить задачу импортозамещения. В СМИ можно увидеть публикации с жизнеутверждающими заголовками такого рода: «Инжиниринговые центры – фундамент возрождения промышленности», в которых рассказывается о том, что наконец-то найден новый способ решения многих проблем, мешавших нашей промышленности жить и приведших ее к гибели, иначе зачем бы говорить о возрождении?

Между тем идея создания инжиниринговых центров как очагов инноваций вовсе не нова. В советское время их функции выполняли отраслевые НИИ, специалисты которых обладали высокими научными и инженерными компетенциями, позволявшими успешно вырабатывать новые оригинальные конструкторские и технологические решения и внедрять их на предприятиях всей страны. Напри-

мер, двигателестроительная отрасль располагала целой сетью таких организаций, большинство из которых было буквально истреблено в период перемен, произошедших в нашей стране.

Однако здесь речь пойдет не о том, чего уже нет, а о том, что удалось уберечь и что не только вписывается в контекст нынешних событий, но отчасти опередило их – об инжиниринговом центре компонентов и систем двигателей (ИЦ КСД), к формированию которого в Научно-производственном объединении «Турботехника» приступили задолго до начала нынешнего движения в сторону создания «очагов инноваций». По сути, предприятие и было организовано 25 лет назад в целях сохранения инжиниринговых компетенций в области разработки и внедрения систем турбонаддува двигателей отечественных моторостроительных заводов. Таким путем удалось фактически спасти от уничтожения целый ряд конструкторских и технологических разработок, выполненных лучшими специалистами нашей двигателестроительной отрасли.

С опорой на обширные связи со многими (практически всеми) двигателестроительными предприятиями страны была организована работа Турботехни-

ки как самостоятельной структуры, в равной степени дистанцированной от заводов-гигантов, способной обеспечивать потребности всех предприятий отрасли.

НПО «Турботехника» в своей стратегии изначально было ориентировано на развитие двух направлений деятельности – науки и производства, что нашло отражение и в его названии, а также на сохранение и развитие кадрового потенциала. Коллектив предприятия с самого начала формировался из высококлассных конструкторов, технологов, инженеров и рабочих, имевших опыт работы на таких автогигантах, как КамАЗ и КамТЗ, а также в конструкторских бюро других заводов и отраслевых НИИ страны. Попутно на протяжении многих лет развивается программа подготовки и привлечения на предприятие молодых специалистов. Этому способствует тесное взаимодействие с ведущими московскими вузами, такими как МГТУ им. Н. Э. Баумана, МАМИ (Университет машиностроения), МАДИ и другими. Центр молодежного инновационного творчества, входящий в структуру ИЦ КСД, нацелен на стимулирование интереса подрастающего поколения к научно-технической сфере.

Основополагающий принцип деятельности ИЦ КСД: «от идеи к запуску в производство». Поэтапное осуществление всех процессов этой цепочки обеспечивают подразделения, включенные в состав центра и выполняющие концептуальное проектирование; разработку конструкции и процессов; виртуальное тестирование (математическое моделирование и доводка);

изготовление, испытание и сертификацию прототипов; разработку технологии производства; подготовку документации и ее передачу в производство.

НПО «Турботехника» – одно из шести наукоемких предприятий, определяющих статус наукограда Протвино [1]. Объединением осуществляются работы по государственным контрактам, инновационным проектам, разработкам новых систем наддува и других агрегатов двигателей по договорам о создании испытательных стендов с ведущими моторными заводами России и стран СНГ. Объем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в деятельности компании возрастает год от года. Путем успешного участия в тендерах на НИОКР получено и выполнено три государственных контракта. В 2011 году «Турботехника» с проектом создания системы энергосберегающих ресурсов стала резидентом Инновационного фонда «Сколково» [2].

Цели, задачи и направления деятельности ИЦ КСД

Возможности отраслевого инжинирингового центра компонентов и систем двигателей НПО «Турботехника» соответствуют потребностям отечественного двигателестроения в обеспечении инновационными разработками, его деятельность способствует выполнению программ импортозамещения [3]. Компетенции компании, владеющей надежной структурой внешней кооперации с налаженными связями с отечественными производителями и иностранными поставщиками, позволяют развивать ИЦ КСД [4]. Разработана проектная документация строительства нового корпуса ИЦ КСД (рис. 1), в ближайшее время вводится в эксплуатацию моторный бокс мощностью 660 кВт, начато строительство еще двух моторных боксов, для Центра молодежного инновационного творчества (ЦМИТ) оборудуются учебные классы, лаборатория прототипирования и учебно-производственные мастерские.

Основная цель деятельности ИЦ КСД – обеспечение отечественных двигателей высокоэффективными и конку-



Рис. 1. Проект здания Инжинирингового центра компонентов и систем двигателей НПО «Турботехника»

рентоспособными компонентами. Задачи центра включают: осуществление полного цикла работ по созданию конструкторской и технологической документации для производства компонентов (агрегатов и систем) двигателей автотракторного, железнодорожного, водного, воздушного транспорта и для техники специального назначения. В настоящее время деятельность ИЦ КСД включает следующие направления:

- Разработка, изготовление и испытание опытных образцов агрегатов наддува.
- Разработка, изготовление и испытание жидкостно-масляных теплообменников систем выхлопа и нейтрализации отработавших газов и других систем и агрегатов двигателей.
- Проектирование, производство и внедрение контрольно-исследовательских безмоторных испытательных стендов.
- Работа по государственным контрактам и инновационным проектам.
- Инжиниринг автомобильных и тракторных двигателей, систем и агрегатов.
- Проектирование, производство и внедрение моторных испытательных стендов.
- Обучение и подготовка специалистов из числа студентов ведущих вузов.

- Участие в отечественных и международных выставках и конференциях.

Структура центра включает ряд подразделений, выполняющих собственные задачи в тесном взаимодействии друг с другом. Основопологающая роль в ИЦ КСД принадлежит конструкторским службам, деятельность которых строится по принципу разграничения функций, что позволяет специалистам каждой группы всецело сосредоточиться на решении конкретных задач и достичь максимального эффекта (рис. 2).

Согласованность действий соблюдается путем непрерывного обмена информацией в рамках единой информационной сети предприятия.

При разработке всех агрегатов и систем проводятся газодинамические, прочностные расчеты, определяющие геометрические параметры и учитывающие условия эксплуатации, а также согласование работы проектируемых агрегатов с конкретным двигателем[6].

Каждый разрабатываемый элемент проходит стадию прототипирования на основе аддитивных [7] и других новейших технологий. Так, колесо компрессора воссоздается в 5D-обрабатывающем центре; колесо турбины в виде полимерной модели вырабатывается на 3D-принтере, затем изготавливается

Рис. 2. Конструкторский отдел Главного конструктора по агрегатам



силиконовая форма, с помощью которой создается модель из воска, далее следует литье в вакуумной печи в оболочковую форму. Модели корпусных деталей из алюминия также выращиваются на 3D-принтере, затем изготавливаются их гипсовые

формы и осуществляется литье под низким давлением. Аналогичным образом создаются модели корпусных деталей из специальных сталей и чугуна, но отливаются в вакуумной печи в керамической оболочковой форме (рис. 3).



Рис. 3. 3D модели корпусов компрессора и турбины и отливки корпуса турбины

Специалисты отдела двигателей и компонентов осуществляют компоновку агрегатов на двигателях, включая водяные и масляные насосы, компрессоры пневмосистемы, трубопроводы различных систем, электроприводы агрегатов, разрабатывают охладители наддувочного воздуха; жидкостно-масляные теплообменники; системы рециркуляции отработавших газов (EGR); системы нейтрализации отработавших газов (SCR); сажевые фильтры; глушители,

искрогасители и моторные тормоза; воздушные и масляные фильтры [8].

Особая роль принадлежит службе главного конструктора по испытаниям. В НПО «Турботехника» создан испытательный центр¹, располагающий уникальным комплексом из пяти специализированных испытательных стендов для систем турбонаддува от ТКР-50 до ТКР-240, три из которых разработаны и изготовлены в рамках госзаказа (рис. 4). [9].

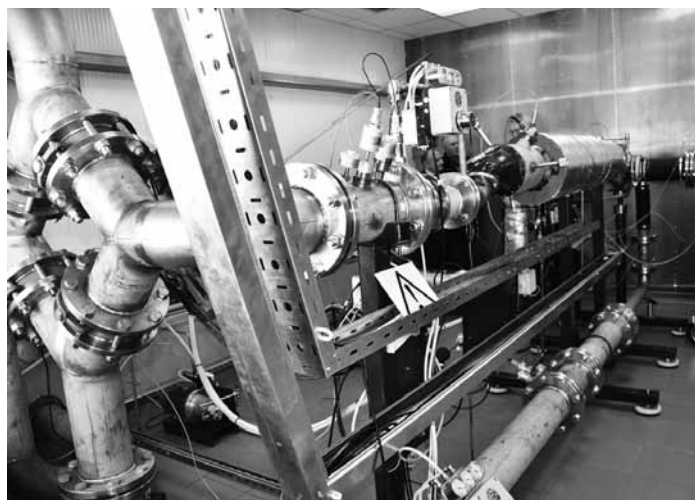


Рис. 4. Стенды для испытаний агрегатов наддува

Уникальность комплекса состоит в том, что он позволяет проводить исследовательские, контрольные и доводочные испытания агрегатов наддува дизельных двигателей различных размерностей и назначений. Применяются самые современные средства управления, контроля, диагностики и визуализации процессов испытаний. Задача решается

с помощью системного подхода к выбору средств автоматизации, способов и законов регулирования исполнительных устройств и средств измерения [8].

¹ Испытательный центр НПО «Турботехника» аттестован в Росстандарте. Контрольно-исследовательские стенды аттестованы и сертифицированы. (Прим. авт.)



Рис. 5. Производственный цех

Все, что связано с созданием испытательных стендов – от концепции разработок до комплектации и алгоритма пуско-наладочных работ – ноу-хау специалистов НПО «Турботехника». По функциональности и возможностям фундаментальных исследований эти стенды не уступают зарубежным аналогам [10].

В состав ИЦ КСД входит опытное (экспериментальное) производство (рис 5). Его задача заключается в обеспечении условий изготовления опытных образцов продукции и доводке их до уровня готовности к запуску в серийное производство. В этом году экспериментальное производство оснащено 5-координатным станком фирмы DMG-Mori Seiki, что позволит оперативно изготавливать новые детали и оснастку.

Образовательная программа ИЦ КСД

Подготовка специалистов осуществляется в рамках Центра молодежного инновационного творчества (ЦМИТ) по профилю инжинирингового центра на всех уровнях, начиная с привлечения школь-

ников. Будущие работники среднего звена проходят обучение в колледже. Бакалавры, магистры, а также аспиранты и докторанты из числа сотрудников Турботехники и других предприятий занимаются на базовых кафедрах профильных университетов, филиалы которых, как уже отмечалось, созданы в ИЦ КСД. В настоящее время действуют филиал кафедры Московского государственного университета машиностроения (МГТУ МАМИ/Университет машиностроения) и научно-производственный центр кафедры двигателей МАДИ, на которых студенты проходят обучение по направлению «Агрегаты и системы комбинированных двигателей» (рис. 6).

Кадровая политика

Главенствующий принцип кадровой политики НПО «Турботехника» – формирование стабильно работающего сплоченного коллектива профессионалов. Это достигается благодаря тому, что сотрудникам обеспечиваются конкурентная, стабильно выплачиваемая заработная плата; премиальное поощрение инициативы; благоприятные условия труда – современное оборудование, удобные рабочие



Рис. 6. Учебная аудитория

места, оснащенные на высоком уровне эргономичности; оказание безвозмездной материальной помощи и поддержка в трудных жизненных ситуациях. Имеются возможности карьерного роста путем обучения в компании на курсах повышения квалификации, а также созданы условия для получения дополнительного образования.

Программа поддержки здоровья

В НПО «Турботехника» действует лечебно-оздоровительный центр с тренажерным залом, где проводятся занятия по системе С. М. Бубновского, и собственный здравпункт.



Рис. 7. Занятия в тренажерном зале лечебно-оздоровительного центра НПО «Турботехника»

Заключение

В завершение подчеркнем, что успешное продолжение деятельности Инжинирингового центра компонентов и систем двигателей НПО «Турботехника» гарантируют такие составляющие, как двадцатипятилетний опыт разработки и производства двигателей, их агрегатов и систем; потенциальный рынок; опробованное на примерах агрегатов наддува «маркетинговое преимущество»; высококвалифицированные специалисты; система подготовки кадров по специальным программам; возможность получения финансовых средств; связи с глобальными структурами инжиниринговых работ; партнеры, обеспечивающие ускоренное и экономичное изготовление образцов; надежные связи для кооперационной поставки деталей и узлов; статус участника проекта «Сколково»; сертификация продукции на ГОСТ Р и ЕС; лицензия на осуществление разработки, производства, испытания и ремонта авиационной техники; сертификация на соответствие требованиям ГОСТ РВ, ISO 9001–2008 и ISO/TS 16949:2002.

К уже достигнутым результатам деятельности ИЦ КСД НПО «Турботехника» можно отнести целый ряд разработанных специалистами компании и внедренных на предприятиях страны высокоэффективных, конкурентоспособных агрегатов наддува, систем рециркуляции отработавших газов, жидкостно-масляных теплообменников и других компонентов двигателей. В перспективе программа деятельности инжинирингового центра предусматривает дальнейшее развитие и широкое применение прикладной науки для обеспечения условий технологического обновления двигателестроительной отрасли России, что позволит ей занять достойное место в мировой экономике.

Литература

1. Каминский В. Н. НПО «Турботехника». 25 лет в двигателестроении // Научград Наука Производство Общество. 2014. № 1. С. 48–57.
2. Каминский В. Н., Каминский Р. В., Лазарев А. В., Сибиряков С. В. Турбоэлектрокомпрессор: возможности, конструкция и перспективы // Известия МГТУ «МАМИ». 2012. № 2 (14). С. 149–153.
3. Каминский В. Н. Инжиниринговые центры как необходимое условие локализации автомобильного производства в России // Ведомости II международного форума по развитию автомобилестроения и производства автокомпонентов в России «АвтоЭволюция 2011». Калуга, 7–8 декабря 2011. С. 21.
4. Каминский В. Н. Стратегии производителей автокомпонентов в современной экономической ситуации. Материалы конференции международного форума по развитию автомобилестроения и производства автокомпонентов в России «АвтоЭволюция-2014». Калуга, 24–25 октября 2014. С. 17. <http://www.vedomosti.ru/events/1761>
5. Каминский Р. В. Методика разработки типоразмерного ряда турбокомпрессоров для ДВС различного назначения // Сборник трудов VIII международной научно-практической конференции «Информационные и коммуникационные технологии в образовании, науке и производстве». Протвино, 2014. С. 882–887.
6. Каминский В. Н. R&D как важнейший инструмент решения задач отечественных производителей автокомпонентов // Материалы I-го международного форума «Коммерческий транспорт и спецтехника в России и СНГ». М., 27–28 ноября 2013. С. 17. http://www.adamsmithconferences.com/appdata/presentations/commercial-vehicles-russia/1/1_Kaminsky.pdf
7. Казимирчук К., Довбыш В. Аддитивные технологии в российской промышленности. АФ-технологии – эффективное звено современного производства // Конструктор машиностроитель. Май, 2012.
8. Титченко А. Ю. Разработка автономных систем снижения выбросов с отработавшими газами дизелей // Сборник трудов V международной научно-практической конференции «Информационные и коммуникационные технологии в образовании, науке и производстве». Протвино, 2011. С. 330–332.
9. Корнеев С. А., Каминский Р. В., Лазарев А. В., Григорьев И. Н., Костюков А. В. Создание стендов для контрольно-исследовательских испытаний турбокомпрессоров // Известия МГТУ «МАМИ». М., 2012. № 2 (14). С. 143–149.
10. Корнеев С. А., Сибиряков С. В., Каминский Р. В. Информационно-измерительный комплекс средств исследования турбокомпрессоров // Сборник трудов V международной научно-практической конференции «Информационные и коммуникационные технологии в образовании, науке и производстве». Протвино, 2011. С. 316–318.

ДВИГАТЕЛИ МИРА И РОССИИ: СВЕРИМ ВЕКТОРЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА. ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ

ENGINES IN THE WORLD AND RUSSIA: MATCHING THE TECHNICAL PROGRESS VECTORS. PROSPECTS AND PROBLEMS

Ю. Г. Грудский,

кандидат технических наук, советник генерального директора НПО «Турботехника»

В обзоре представлены основные мировые тенденции и тренды ближайших 10–15 лет в качественном изменении параметров транспорта, силовых агрегатов, двигателей и их компонентов с целью учета этих данных при рассмотрении возможностей и путей развития транспортного машиностроения в России.

Ключевые слова: транспорт, двигатели, мировые тенденции и перспективы, материалы, конструкция, технологии, параметры, турбонаддув, российская специфика

Yu. G. Grudskiy,

Candidate of Technical Sciences, Assistant of SEO Turbotekhnika

In this review we collected all main world trends of the nearest future (10–15 years) in qualitative changes of parameters of transport, power plants, engines, and their components, with the aim to account all this data in studying the opportunities and ways of development of transport mechanical engineering in Russia.

Keywords: transport, engines, world trends and perspectives, materials, construction, technology, options, turbo-supercharging, peculiarities of engine industry in Russia

Какие бы политические и/или экономические интересы в нашем стремительно сужающемся мире все сильнее ни разрывали человечество на большие и маленькие образования, всех объединяет одно – развитие цивилизации с экспоненциально растущей скоростью. Примеров тому великое множество, и, хотя масштаб статьи не позволяет с их помощью пространно аргументировать нижеприводимые субъективные соображения, они по возможности приводятся. Эти материалы – результат расчетов, длительных наблюдений, авторского и литературного анализа параметров производимых и поставляемых в конечные изделия двигателей и их компонентов. Заострить на этом внимание важно именно сейчас, поскольку временное запаздывание (как говорят специалисты по процессам – «период задержки воспламенения») в России составляет, к сожалению, не менее нескольких лет. Это ярко подтверждает разница в актуальных для ЕС и России нормах Евро. Известно, что у нас долго запрыгают...

Итак, попытаемся осветить вопрос климата и направлений, которые характерны для нынешних экономических условий.

Некоторые общие факты

По мнению одного из крупных аналитиков, вообще в мире объем знаний, приобретенных в течение последних трех лет, соизмерим с теми, что были получены за все предыдущие годы. Мир меняется в темпе, ускоряющемся в геометрической прогрессии. В новациях, характерных для экономик мира, в качественном отношении Запад все еще превалирует над Востоком, где главные локомотивы – Индия и Китай – опережают других пока только количественно. Например, в КНР за последние два года произведено цемента больше, чем США за весь XX век. (4,9 гигатонн), ежегодно строится 100 аэропортов, стремительно сооружается и множество других объектов. И автопроизводителям необходимо этому темпу соответствовать.

При этом инновации – основной вектор, обеспечивающий спрос на все товары и услуги. В КНР производство автомобилей за половину 2015 г. составило более 12,5 млн единиц, в 2014 г. китайский автопарк увеличился на 20 млн автомобилей, а в Пекин вообще можно въехать с актуальной на данный день последней цифрой номерного знака. Появились в Китае и первые автомобили с динамичными турбомоторами объемом 1,4 л и выше.

Анализ на тему: «Где же главные векторы и как на них сосредоточиться?» – важная составляющая разумных действий в перспективе. Первичным материалом для приводимого здесь анализа стали техни-

ческие данные двигателей грузовых и легковых автомобилей, в последние годы наиболее продаваемых на европейском рынке (по сравнительной оценке ведущих специалистов мира, экспертов и авторитетных журналистов отраслевых изданий). Например, в 2015 г. ранжировка предпочтений (1–3 места) по грузовым автомобилям (и, естественно, их силовым агрегатам) определялась количеством голосов, отданных жюри по результатам тест-драйва (600 км) в сложных горных условиях Италии (группа ITOY). В таблице 1 в качестве примера приведена ранжировка названных лучшими двигателями грузовых автомобилей с 2012 по 2015 гг.

Таблица 1

**Грузовые автомобили, признанные лучшими в последние годы
(в скобках – количество баллов, полученных от жюри)**

Год \ Место	1	2	3
2012	M-BenzActros (161)	TatraPhoenix (67)	Scania Евро 6 (50)
2013	IvecoStralis (138)	MercedesBenzAntos (107)	Ford Otosan Cargo, двиг.Duratorq (87)
2014	Volvo FH16 (116)	DAF XF (105)	Mercedes-BenzArocs (105)
2015	RenaultTrucksDTI 13 440 / 480 / 520 л.с. (129)	CF*от DAF, двиг. PaccarMX-11 (81)	MercedesAtego 1222 L EEV BlueTecHybrid, двиг. OM 924 LA** (64)

* – с прогнозированием условий работы на выбранном предстоящем интервале пути и рекомендациями водителю по загрузке двигателя;

** – с гибридной силовой установкой.

На ежегодной Штутгартской всемирной выставке двигателестроения одним из важных мероприятий служит конкурс наиболее достойных моделей двигателей мира. Независимое жюри (в этом году оно состояло из 65 автомобильных журналистов, представлявших 31 страну) выбирает по балльной системе из 50–80 представленных в 12 категориях двигателей самые лучшие модели года.

В 2015 г. абсолютным победителем в номинации «Международный двигатель года» стал двигатель BMW i8 с системой гибридного привода. Успешность этого номинанта основывалась на удачном сочетании в приводе 1,5-литрового трехцилиндрового бензинового двигателя с технологией наддува TwinPowerTurbo BMW и электродвигателей. В дополнение к общей победе BMW выиграл еще в трех «весовых» категориях–номинациях: от 1,4 до 1,8 л, от 2,5 до 3,0 л (3,0-литровый рядный шестицилиндровый двигатель твин-турбо для BMW M3 и M4) и «Лучший новый двигатель». Система гибридного привода была удостоена особой оценки. Приз за «Зеленый двигатель года» получил электропривод TeslaModel S.

Отметим, что удачный 1,0-литровый трехцилиндровый двигатель Ford с турбонаддувом (далее – TH) Eco-Boost не только ранее трижды (в 2012–2014 гг.) выигрывал в своем классе, но и стал в 2012 г. лидером

АЛГОРИТМ ЕВРОПЕЙСКОЙ ОЦЕНКИ ЛУЧШИХ ДВИГАТЕЛЕЙ ГОДА

Модели, представленные фирмами, распределяются на 8 классов по диапазону Vh, дм³:

1 ≤ 1; 2–1,0÷1,4; 3–1,4÷1,8; 4–1,8÷2,0; 5–2,0÷2,5; 6–2,5÷3,0; 7–3,0÷4,0; 8–≥4,0.

В каждом классе фирмами выставляются по 6–8 двигателей для последующей оценки.

В соответствии с разработанной методикой 65 экспертов оценивают по балльной системе представленные модели.

Путем суммирования баллов от всех экспертов определяется оценка каждого двигателя.

В каждом классе по сумме баллов определяется победитель года.

Из числа победителей года по классам выбираются двигатели-лауреаты:

- 9 – «Самый мощный»;
- 10 – «Самый экологичный» – «Зеленый»;
- 11 – «Самый конструктивно оригинальный»;
- 12 – «Абсолютный победитель».

В общей сложности – 12 лауреатов.

в номинации «Новый двигатель», а в 2014 г. – абсолютным чемпионом. Запущенный в 2009 г. в производство, он уже тиражирован более чем в 5 млн экземпляров, продолжает совершенствоваться, расширяя линейку мощностей и завоевывая новые модели автомобилей, вытесняя оттуда 4- и 5-цилиндровые.

В категории от 1,0 до 1,4 л выиграл 1,2-литровый трехцилиндровый двигатель Pure tech концерна PSA (Peugeot-Citroen). В номинации от 1,8 до 2,0 л одержал победу 2.0-литровый четырехцилиндровый двигатель AMG с ТН от Mercedes-Benz, построенный на основе модульной концепции создаваемого фирмой семейства двигателей Blue DIRECT.

В классе 2.0–2.5 л на пьедестале победителей прочно обосновался 2,5-литровый пятицилиндровый двигатель от Audi с ТН. Побеждая в конкурсе «Международный двигатель года» одиннадцать раз, Audi был первым – сначала пять раз подряд в 2005–2009 гг. с 2.0 TFSI в категории от 1,8 до 2,0 л, а в последующие годы с 2,5-литровым TFSI – шесть раз подряд. Такого эффекта фирма не добилась бы, если бы непрерывно не обновляла модель.

В категории от 3,0 до 4,0 л победу третий год подряд одержал 3,8-литровый двигатель V8 Biturbo от McLaren, разработанный совместно с фирмой Ricardo.

Для больших двигателей ($\geq 4,0$ л) и в категории «Performance Engine» первым стал 4,5-литровый двигатель V8 Ferrari 458 Speciale (как и в 2011, 2012, 2014 гг.).

Этот перечень лидеров приводится не случайно. Безусловно, в зависимости от поставленных задач специалисты сами могут поинтересоваться особенностями указанных двигателей, которые заставили обратить на себя внимание вездливой жюри и определили выбор потребителей. Все это было бы невозможно сосредоточить в рамках одного сообщения, поэтому здесь в меру возможностей приведен анализ параметров, конструктивных и технологических особенностей двигателей, занявших первые 10 мест. При подготовке материала также использовались данные профильных СМИ.

В жестком ритме перемен, или Техника на грани возможностей

Известно, что лучшая техника всегда выпускается на уровне существующих возможностей, ограничиваемых степенью незнания способов преодоления некоторых границ. Для двигателей – это, как правило, уровень температур: цикла, перемычек между впускным/выпускным клапанами/гнездом форсунки, кромки камеры сгорания; уровень напряжений в верхней части блока, порог резкого увеличения трения при $C_p \geq 10$ –12 м/сек. Однако успехи, достигнутые в расчетах, моделировании, в способности

организовать желаемый закон впрыска в цилиндр, сегодня позволяют оптимизировать тепловыделение в цилиндре и дают возможность минимизировать эти тепловые и механические нагрузки. Опубликованы данные о значительных успехах в использовании алфин- и других процессов в паре «цилиндр–поршень», усилении верхней, силовой части алюминиевых блоков путем их армирования карбоновыми нитями с оптимально ориентированными углеродными нанотрубками, а также другими способами упрочнения: переход к охлаждаемым и гибридным коллекторам, к практическому использованию стали для поршней. Все ближе наука подходит к техническому применению полимер-металлических (сталь, титан, алюминий, медь) композитов. Использование волоконно-армированных композитов с керамической матрицей, обеспечивающих хорошие механические свойства при температурах свыше 1000°C, позволит решить ряд проблемных задач. Уровень максимальных давлений впрыска уже сейчас достигает до 2700 бар (OM 471), и ожидается дальнейшее его повышение. Внедрение электроприводов клапанов, многоступенчатого (часто гибридного) наддува и многопараметрового регулирования систем (в частности, разделения систем охлаждения с разными уровнями температур) сильно сокращает ряд проблем. Так, для совершенствования рабочего процесса весьма перспективен подбор оптимальных фаз газораспределения в сочетании с уровнем наддува для формирования рациональных параметров цикла. К примеру, в новых двигателях Audi с механизмом газораспределения типа Valvelift System (AVS) путем уменьшения фазы впуска на малых и расширения ее на больших нагрузках, в сочетании с использованием регулируемого наддува, рабочий цикл оптимизируется и (в том числе за счет этого) достигается сокращение расхода топлива до 5 л/100 км (рис. 1).

Резко меняется стратегия работы вспомогательных агрегатов двигателя. Их регулирование становится все более многопараметровым, а приводы, в том числе и для этого, – электрифицируются. Разрабатываются смазочные материалы на основе жидких кристаллов с эффектом практически т.н. «гладкого» скольжения; схемы с «интеллектуальным» изменением в нужную сторону «здесь и сейчас» свойств рабочего тела – смазки или охлаждения при реальной эксплуатации агрегата [1]. Подытоживая вышеизложенное, можно сказать, что в настоящее время есть повод к подготовке очередного рывка в повышении эффективности силового агрегата. А это потребует следующего витка в повышении уровня наддува. К этому нужно быть готовыми не только информационно, но и иметь четкое представление о целесообразных мерах для достойного ответа на предстоящие вызовы.

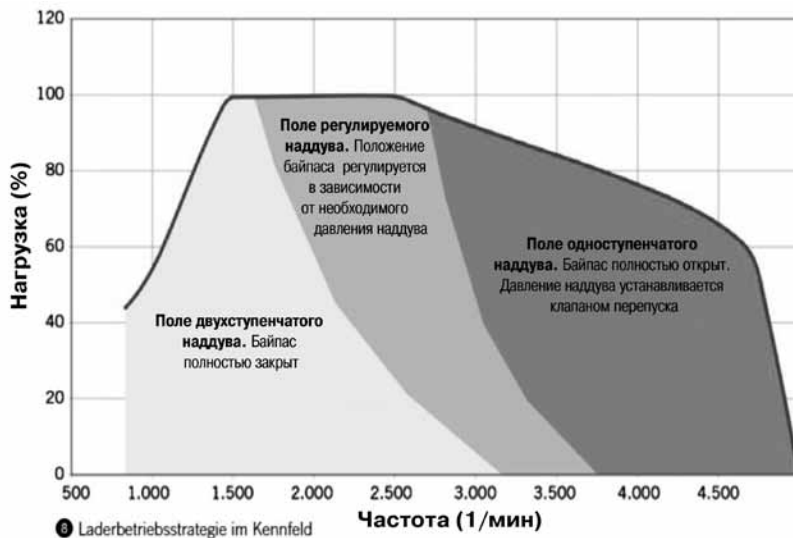


Рис. 1. Пример стратегии VW по турбонаддуву, реализуемой с 2014 г. в новом семействе дизелей на моделях легковых и развозных автомобилей

Гибридность, интеллектуализация технологий и другие ориентиры

Исходя из мировых тенденций и трендов к стремительной смене моделей, можно предположить, что конструкции производимых ныне двигателей практически исчерпали ресурсы модернизации, и их рамки тесны для серьезных инноваций. В связи с этим российским производителям необходимо принять во внимание сложившуюся ситуацию и сделать ряд выводов, чтобы наметить ключевые направления деятельности на долгосрочную перспективу.

Применительно к двигателестроению успехи в физико-химических и технических науках, материаловедении, информационных технологиях, включающих 3D-моделирование и другие новшества в конструировании, привели к возможности двух-, трехкратного повышения среднего съема мощности с единицы объема цилиндров без увеличения тепловой напряженности, несмотря на постоянное ужесточение экологических законодательных ограничений. Многие общепризнанные ранее запреты (например, по видам и сочетанию материалов, схемам, числу цилиндров и пр.) пали.

Инновации – основной вектор, обеспечивающий спрос. Все большую многогранность приобретает термин «гибридность». В нашем случае это понятие вошло в терминологию использования материалов, конструкций и технологий, к примеру:

- при местных упрочнениях металлов углеволокнистыми элементами с использованием нанотрубок, клеев для прочного создания единого соединения в парах «пластик–металл»;

- термо- и аэродинамически оправданное объединение коллекторов впуска/выпуска с другими важными элементами (корпус компрессора/турбины), часто –

с охлаждением (рис. 2). Новое поколение тяжелых дизельных двигателей OM 471 Mercedes-Benz реализует новые идеи для улучшения качества рециркуляции;

Даже эти примеры позволяют понять необходимость «интеллектуализации» технологии, например, при литье алюминиевых блоков цилиндров с карбоновым усилением верхней его части, особенно – в зоне силовых шпилек. Специалисты Ford после получения задания за неделю напечатали на одном из многих имеющихся 3D-принтеров впускной коллектор с компонентами из углеволокна на гоночный 3,5-литровый двигатель по т.н. технологии EcoBoost (рис. 3). Такая печать уже сейчас может создавать целые структуры деталей, составляющих ощутимую часть компонентов ин-

новационного автомобиля, а в будущем – построить весь автомобиль.

Реанимированная фирмой MANHE идея миниатюризации двигателей успешно развивается в мире и органично требует ТН. Автопроизводители в линейке многоцилиндровых двигателей резко усилили тенденцию на уменьшение числа цилиндров с использованием EcoBoost (ранее в НАМИ это направление с учетом неизмеримо меньших возможностей развивали в Лаборатории малоразмерных дизелей). Так, MAN широко использует для дальних большегрузных перевозок и для тягачей новый двигатель V6D38 с $V_h=15,2$ л, $n_e=520, 560$ и 640 л.с.

Этот высокоинновационный двигатель (Евро 6) на 160 кг легче своего предшественника V8 D28. Ford и PSA, Renault и другие фирмы последовательно внедряют на своих новых моделях бензиновые R3 с ТН вместо больших двигателей. Ford при этом уменьшает на 1 ступень требования к V_h :



Рис. 2. Совместно отлитые охлаждаемые коллектор впуска/выпуска с корпусом компрессора/турбины соответственно



Рис. 3. Впускной коллектор с компонентами из углеволокна на 3,5-литровый двигатель для гоночного автомобиля Ford, напечатанный на 3D-принтере

планируется заменить V8 на V6; V6 – на P4, и даже предлагается в «форде-фокусе» вместо R4 – R3 с $V_h = 1$ л.с. непосредственным впрыском бензина и $N_e = 99 - 118$ л.с. А на базе трехцилиндрового двигателя Ford сделал как бы «удвоенную» его V-образную версию 2.7 л EcoBoost. Этот V6 двигатель с интересными и технологически новыми решениями, по оценке американских водителей, обеспечивает впечатляющие экономику и динамику коммерческих автомобилей. Успех фирмы подкреплён новациями: в частности, создание сложной «гибридной» отливки с использованием углеродных волокон в верхней части алюминиевого блока и алюминиевых головок с интегрированными выпускными коллекторами, оригинальным масляным насосом двухпараметрового регулирования, прожигаемыми лазером отверстиями в распылителях форсунок, способных давать четырехфазный впрыск. Все это позволило беспрецедентно опередить конкурентов.

Volvo планирует постепенно вводить в свою гамму машин вместо P5, P6 и V8 только R4, хотя 8 лет назад он готовил V8 в модель XC90 CUV.

GM продает в Европе половину своих двигателей с ТН и, по меньшей мере, в течение следующих пяти лет их доля будет расти. Даже Lexus теперь в роскошном внедорожнике предлагает 2-литровый

бензиновый двигатель с ТН, подкупая лучшими в этом случае расходом топлива и динамикой.

Немецких производителей престижнейших авто можно считать самыми смелыми в принятии технологии наддува. Пресс-секретарь BMW ожидает закрытия с помощью ТН всей линейки двигателей в ближайшие годы.

Mercedes-Benz, оснатив ТН с 2012 г. 23 из своих 53 моделей, увеличивает их число. Отставшие в этом на старте японские и корейские фирмы наверстывают упущенное время.

Концерн BMW/PSA при одной базовой конструкции 1,6-литрового искрового двигателя с ТН ставит его модификации на 25 моделей легковых автомобилей Германии, Великобритании и Франции с вариацией характеристик по протеканию (10 возможностей) и номиналу – 9 возможностей (218–211–200–184–163–156 – 125 л.с.) (табл. 2).

1,6-литровый турбодвигатель Ford удовлетворяет потребностям Ford, Volvo, Mazda для 14 моделей их машин с мощностями 182–165–175–160–150–120 л.с.

Двухлитровый четырехцилиндровый турбодизель Audi – на 23 модели свои (и ФВ), Škoda, SEAT с мощностями от 180 до 300 л.с. (180–256–231–300–170–280–265–200–220–211=10 ступеней). Такого же объема дизель BMW с двухступенчатым наддувом ставится более чем на 30 моделей автомобилей с 11 вариантами форсировки в диапазоне 110÷184 л.с. 1.4÷2,0 л – это наиболее «плодовитый» на модификации диапазон рабочих объемов. Значительную роль в этом играют вариации ТН за счет целого набора имеющихся и разрабатываемых средств. Сюда относятся различие схем ТН, характеристик регуляторов и клапанов перепуска, ограничения и изменения потоков воздуха и отработавшие газы (далее – ОГ), их взаимодействия. Основные способы (1÷n) измене-

Таблица 2

Примеры модификаций двигателей, реализуемых в основном за счет вариаций турбонадува

№ п/п	Двигатель	Модификации по мощности, л.с.	Используется на моделях автомобилей	
			название	кол-во
1	Ford 1.0л EcoBoost	100–125	Ford Fiesta, B-Max, Focus, C-Max, Grand C-Max, EcoSport, Tourneo Connect	7
2	Volkswagen 1,4 л TSI Twincharger	140–150–160–170–180–185–192	Vw Polo, Beetle, Eos, Jetta, Passat, CC, Tiguan, Touran/Cross Touran, Audi A1, Seat Ibiza, Alhambra, Ibiza Cupra, Skoda Fabia	14
3	BMW/PSA 1.6 л turbopetrol	125–156–163–184–200–208–211–218–270	MiniClubmanCooperS, CountrymanCooperS, Coupe/RoadsterCooperS, PacemanCooperS, ClubmanCooperWorks, Coupe/RoadsterCooperWorks, CountrymanCooperWorks, PacemanCooperWorks, Peugeot 208, 3008, 508, 308, 5008, GTI, RCZ, RCZR, CitroenDS3, DS3 Racing, C4, DS4 Racing, C4 Picasso / GrandPicasso, C5, DS5	25

ния технико-экономических показателей двигателя путем создания модификаций силового агрегата на основе современных средств и методов форсирования номинала представлены на рисунке 4.

Кроме того, игрой регулировочных параметров можно добиться практически любого разумно заявленного протекания Мкр. Подобное отношение к силовому агрегату позволяет повысить продажи и снять множество проблем в производстве, и в эксплуатации, быстрее окупить вложения для нового витка модернизации, значительно удешевить весь его полный жизненный цикл (далее – ПЖЦ). Так, Renault планирует выпустить на рынок в 2015 г. хетчбек ХВА с трехцилиндровым 0,8-литровым бензиновым турбодвигателем ценой порядка €5–5,5 тыс.

«Гибридные» силовые агрегаты в классах автобусов, легковых, коммерческих и даже в спортивных и гоночных автомобилях выставляются практически всеми уважаемыми концернами. Их нынешние продажи на рынке США оцениваются сейчас в $3,5 \div 4,5\%$.

Престижной становится реклама авто с расходом топлива по городскому циклу в $3,2 \div 3,6$ л, т.е. надежно $\leq 4,0$ л/100 км.

Успехи в регулировании впрыска топлива в цилиндр, стремление все больше использовать внутреннее смесеобразование при циклах Otto, Diesel и их модификациях все больше сближает двигатели различных типов.

Поскольку параметры двигателей пропорциональны $\dot{q}_{\text{мех}} = f(p_i - p_{\text{мех}})$, западные фирмы начали стратегию EcoBoost нового витка с резкого поднятия p_i . Реализация таких показателей невозможна

без использования средств повышения плотности воздушного заряда или успехов в изысканиях по экономически целесообразному повышению теплотворности топлив и/или уменьшении потребностей в кислороде.

Единственным эффективным средством формирования требуемой характеристики Мкр при консолидации казалось бы противоречивых, но постоянно ужесточающихся требований к создаваемым двигателям (по массе/габаритам ↔ ресурсу ↔ экономике ↔ экологии ↔ улучшению на 30–40% динамики) в настоящее время является гамма широко развитых средств наддува.

Развитие ТН наземных средств за столетие напоминает ветвь параболы: сначала много разговоров о принципиальных преимуществах без надлежащих возможностей, затем робкие попытки применения на фоне роста теоретических и конструктивно-технологических возможностей. Но только с приходом цифровых технологий – с одной стороны, и дальнейшим ужесточением требований к силовым агрегатам (массогабаритным, экономическим и экологическим параметрам) возникла безальтернативная необходимость на новом уровне тотального внедрения ТН на силовые агрегаты выпускаемых автомобилей. Сначала так стали решаться проблемы повышения мощности дизелей. Теперь ТН используют достаточно широко и в бензиновых двигателях. Аналитики Ford еще в ноябре 2011 г. предполагали, что в 2016 г. 95% продаваемых североамериканских автомобилей будут иметь варианты с ТН. Представители Honeywell – ведущего поставщика ТКР в автомобильную промышленность – согласны с этими тенденциями, хотя продавцы легковых автомобилей

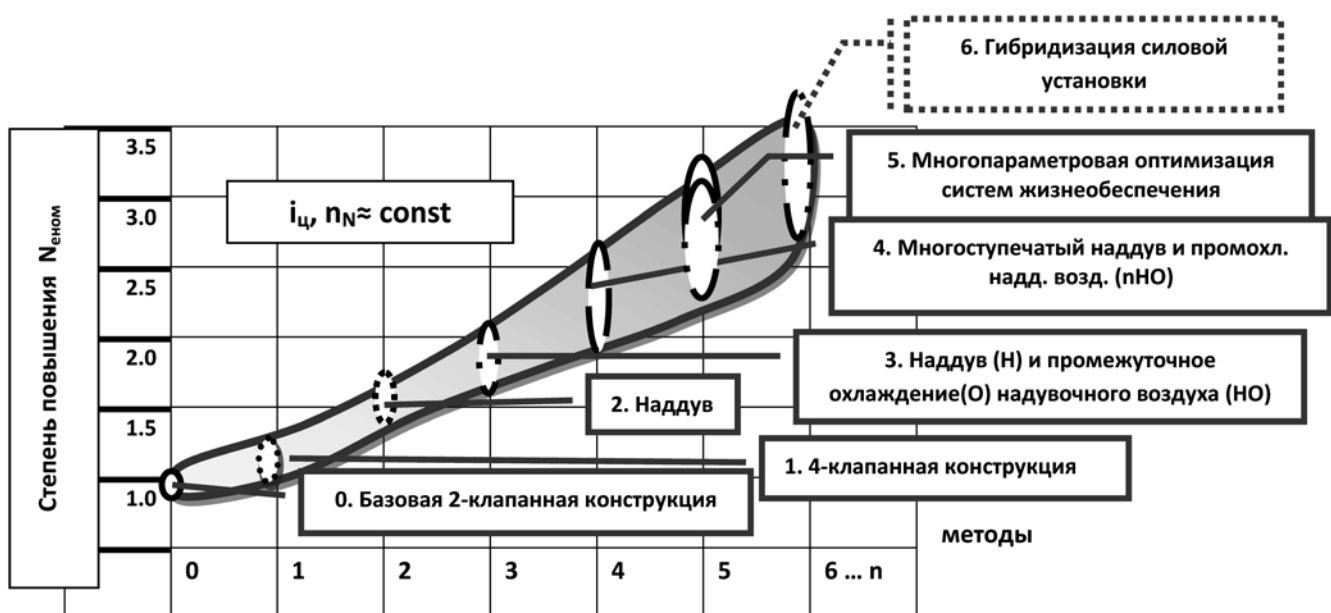


Рис. 4. Условная схема современных методов форсирования двигателей и формирования модификаций силового агрегата

в 2012 г. предлагали ТН только порядка 10% машин, продававшихся в США. Главный конкурент Honeywell – BorgWarner – более оптимистичен, считая, что к 2017 г. доля ДВС с ТН возрастет до 60% (с 25 млн единиц в 2012 г. до 36 млн – в 2017 г.), а к 2020 г. приблизится к 80%.

Производство легковых автомобилей с ТН является в США одним из наиболее быстрорастущих рынков. Предполагается, что при этом малоразмерные бензиновые ДВС P2, P3 и P4 с наддувом составят почти 98% от общего прироста двигателей за период 2011–2016 гг. В течение 2011 г. Honeywell за счет нового турбобизнеса получила порядка \$3 млрд. При этом большая часть – за счет Европы. Концерн предполагает, что, хотя открыт уже 12-й европейский завод в Словакии, за счет более существенного роста ТН в США и Азии сегодняшняя 50%-ная доля его продаж в Европе будет уменьшаться.

По оценкам Honeywell, реально уже более чем 50 млн транспортных средств с бензиновыми, дизельными и газовыми двигателями в диапазоне рабочих объемов 0,6–100 л (для карьерных самосвалов) на дорогах мира сейчас оснащены ТН.

Инструментарий включает одно-, трехступенчатые схемы ТН со всевозможными системами регулирования, с приводом колеса компрессора от турбины, механически (с попытками установки сцепления) или электрически.

Конкуренты не ждут. Так, BorgWarner выпустил на заводе в Нинбо (Китай) свой пятимиллионный ТКР с ресурсом в 1 млн моточасов и наращивает их производство. К доминировавшим в мире Honeywell и BorgWarner добавляются новые конкуренты (например, Bosch–Mahle и Continental и др.) со своим «почерком».

По умеренным прогнозам аналитиков, в США предполагается динамика роста продаж двигателей с ТН от 10% в 2011 г. до 40% в 2016 г. и до 80% – в 2020 г. Ford даже считает, что в 2016 г. будет до 95% новых ДВС с ТН. Он уже сейчас более 40% автомобилей предлагает в виде турбодвигателей EcoBoost с непосредственным впрыском, в 2016 г. предположительно (в США) – 95%, а в глобальном масштабе – 83%.

В Европе сейчас больше 50% продаваемых легковых автомобилей имеют ТН с динамикой роста от 21% в 2009 г. до 50% в 2011 и до 67% – в 2020 г.

Единственно реальным способом повышения плотности заряда сейчас является наддув. Перспективно дополнительным аргументом может стать «игра» наддува с переменными фазами газораспределения. Двигателестроение перешло грань развития, когда ДВС с ТН являлись модификациями безнаддувных. Наддув становится тривиально

необходимым свойством обычных ДВС, как в свое время сложный карбюратор, а потом впрыск в трубу и теперь – в цилиндр, стали обыденными принадлежностями бензиновых двигателей. ТН позволяет создавать модификации ДВС, удовлетворяющие самым взыскательным требованиям по ходовым и динамическим характеристикам.

При создании новых и модернизации существующих ДВС требования к ним от турбинистов должны встать в ряд наиважнейших, поскольку идеология, дизайн и требования к другим системам двигателя, как и параметры ТН, которые могут реализовываться при конкретном раскладе возможностей, являются во многом определяющими. Этот факт следует учитывать в алгоритме (методологии) создания ДВС, а в стране должен появиться ответственный Центр российских компетенций в области газообмена.

Повышение эффективности ТН связано с более бережным отношением к аэродинамичности газовых и воздушных трактов, регулированию и оптимизации проточных частей.

Использование энергии ОГ в бензиновых двигателях с $\text{tor} \leq 1100^\circ\text{C}$ путем прямого переноса на них ТКР для дизельных двигателей невозможен. Здесь необходимо применять меры, препятствующие превышению термических нагрузок на турбину.

Хотя уже сейчас используется от одной до трех ступеней наддува воздушного заряда, арсенал средств ТН предстоит расширить, в частности, в использовании электрических средств привода компрессора и/или съема мощности с турбины. К тому же параболически увеличиваются потребности конечных изделий – помимо механической – в электрической мощности.

Сегодняшние прорывы в повышении термостойкости поршней (покрытия, сталь) и других деталей позволяют надеяться на увеличение в ближайшее время ре на 15–25% и – особенно – на резкое увеличение экономичности во всем поле режимов.

Следует ожидать прорыва и приложить усилия в расширении нынешних границ Сп, что вновь приведет к пересмотру технической политики фирм. Вообще над ДВС издеваются, как хотят. Престижным становится реклама авто с расходом топлива по городскому циклу $\leq 4,0$ л/100 км.

Все труднее охранять ноу-хау – секреты считаются современными средствами с товаров. Раздвоилась патентная политика – так, Ford недавно рассекретил большой пакет патентов в целях стимулирования конкурентности; Tesla открыла свои патенты свободному доступу. Напротив, Toyota в этом году взяла тысячи патентов на водородные топливные элементы.

НЕКОТОРЫЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО АВТОКОМПОНЕНТАМ:

- Утонышение стенок в охладителях нового поколения позволяет снизить массу до 20%, а большее расстояние между вентилятором и радиатором – поднять эффективность.
- Использование новых материалов прокладок, в частности гибридной стали-эластомера, техники многослойной стали (MLS), жидких эластомерных уплотнений изделий из жаропрочных сплавов, высокотемпературных покрытий позволяет облегчить и упрочить конструкции с пиковыми давлениями в цилиндрах до 250 бар. Они более эффективны для герметичности при $t \leq 10000\text{C}^\circ$, чем используемые в настоящее время стальные прокладки, и, следовательно, применимы для ТКР, выпускных коллекторов или EGR систем.
- Итальянская фирма SaleriSpA – производя с 1942 г. компоненты для мотоциклов, сейчас – на автоматизированном заводе со строгим контролем качества выпускает (к вопросу о рентабельности) – более 1000 (!) моделей водяных насосов для европейского и азиатского автомобильных рынков. Около 50% ежедневного производства (12000 насосов) предназначено для таких производителей, как BMW, Ford, Ferrari, Maserati, DetroitDiesel, Fiat, Lancia, AlfaRomeo, Mitsubishi и Lombardini. Остальные 50% – поставки на вторичный рынок дистрибьюторов. Ожидается спрос на их новый электроводяной насос, испытанный в экстремальных погодных и вибрационных условиях. При этом ожидается снижение расхода топлива и выбросов, меньший шум.
- AQUET Technology Group AG – один из ведущих поставщиков датчиков частоты ротора ТКР, APOLLO. Софт обеспечивает диагностику, динамику, ограничение частоты, реакцию на тормозной режим двигателя, синхронизацию конфигурации при ТКР Bi-Turbo, оптимизацию точек перехода в системах регулирования с несколькими ТКР.

Россия в мировом двигателестроении: еще не поздно устремиться вперед...

Прогресс в автостроении, подчиняясь общим закономерностям, в будущее 10-летие затмит достижения 30 предыдущих лет. Через новые технологии вождения и логистики мир последовательно решит по ПЖЦ проблемы автоматизации транспорта. Автономные транспортные средства со специфическими требованиями к силовым агрегатам в следующие

15–25 лет постепенно заменят традиционные. Полученное в результате анализа имеющейся информации понимание предполагаемых основных тенденций в развитии транспорта – вообще и технических параметров силовых агрегатов – в частности заключается в следующем:

В ОБОЗРИМЫЙ ПЕРИОД ($\approx$ до 2030 г.) ВЕРОЯТНЫ:

- Значительная глобализация производства транспортных средств с минимизацией видов базовых узлов и, несмотря на это, удовлетворение растущего разнообразия желаний потребителя благодаря широким спектру и гибкости настроек систем и механизмов.
- Роботизация до 50–70% подвижных средств, максимальное понижение центра тяжести машин.
- Преобладание модульного принципа микро- и макростроения и функционирования узлов и механизмов.
- Значительное сокращение временного цикла по обновлению транспортных средств.
- Обыденными для массовых автомобилей станут расходы топлива 2–4 л/100 км пути по городскому циклу.
- Дальнейшая миниатюризация и интеллектуализация изделий, агрегатов и систем по ПЖЦ, использование новых материалов, особенно – полимеров, включая углепластики и керамику, введение бионических принципов и даже – структур, замена механических связей в изделиях электрическими и бесконтактными.
- Интеграция подсистемы менеджмента силовой установки в общую систему управления транспортным средством в глобальной информационной системе дорожной сети.
- Использование комбинированных дизель-электрических силовых установок с рациональными способами создания, аккумуляции, передачи и использования энергии.
- Гибридизация материалов, конструкций, технологий, транспортных средств.
- Снижение трения за счет новых принципов и материалов в подшипниках и в смазках.
- Широкое применение высокоточных технологических процессов с уменьшением числа переделов.
- Прорыв в способах обработки ОГ и использования низкотемпературного тепла.
- Полный переход двигателей на внутреннее смесяобразование.
- Увеличение удельной мощности в 1,5–2 раза. Значительная миниатюризация силового агрегата.
- Значительная электризация основных узлов транспортного средства и бесконтактная под-

- питка электромобилей, значительное внедрение крупных машин с топливными элементами.
- Реализация более эффективных средств обеспечения пуска и динамичного выхода на рабочие режимы, увеличения времени действия без дозаправки.

- Создание новых выделенных транспортных сетей, внедрение и использование автономных транспортных средств, значительное повышение рациональности при выборе средств, режимов и путей решения транспортных задач.

ОЦЕНКА ПРОГРЕССА В ТРАНСПОРТНОЙ СФЕРЕ НА ОБОЗРИМЫЙ ПЕРИОД

№ п/п	Параметр	Есть	Будет
1	Рост эффективного КПД за счет параметров цикла и уменьшения доли трения	до 0,55	до 0,6
2	Среднее эффективное давление, бар, макс. сейчас/в перспективе	20–25	25–35
3	Максимальное давление сгорания, бар, сейчас/в перспективе	200	300
4	Максимальное давление впрыска, тыс. бар, сейчас/в перспективе	2,6	3,5
5	Количество фаз управляемого впрыска топлива	до 6	до 10
6	Максимальные значения средних скоростей поршня	11,0	14,0
7	Долговечность при этом двигателя, тыс. м/час	20–30	20–30
8	Выполнение экологических предписаний	E4–E5	E6→к zero
9	Системы наддува, количество ступеней	1–3	1–4 ст.
10	Максимальный уровень наддува, бар	2,5–3,5	4,5–5
11	КПД турбины/ компрессора/ТКР в целом	0,8/0,82/0,66	0,83/0,86/0,72
12	Максимальное напряжение элементов бортовой системы, В	до 48	до 100

Выводы

Проецирование на российскую реальность обозначенных выше основных направлений прогресса было бы неподъемно, да и неправильным для данного сообщения.

Твердо ясно только одно, что резервы по модернизации большинства выпускаемых конструкций российских двигателей и предприятий-производителей асимптотически подходят к пределу возможностей, не позволяющему полностью ответить на вызовы времени по конкурентоспособности.

В условиях крайней ограниченности ресурсов (вероятно, не менее 2–3 лет) было бы целесообразно нести точечные малобюджетные затраты на четкое понимание задач, выработку грамотных вариантов стратегии и проработку качественных бизнес-планов по ее реализации.

Можно также полагать, что объективные трудности с введением инноваций зарыты в масштабах и репутации российского производства, часто недостаточных для их рентабельности. Только экономическая политика, направленная на повышение внутреннего и внешнего спроса (включая – за технологическую дисциплину), способна стимулировать серьезные и рентабельные технологические изменения. Правда, мудрая русская пословица: «Гром не грянет, мужик не перекрестится», как и во многих других случаях, остается, к сожалению, ключевой при прогнозах ситуации в российском двигателестроении.

При подготовке соглашений о лицензировании производства и локализации целесообразно оценивать возможности рынка на несколько ходов вперед,

а не бросаться на кажущиеся быстрыми и дешевыми решения. Конечно, при российской производительности (уважаемый г-н Рогозин привел пример наиболее важной и ухоженной космической отрасли: в 13(!) раз $\leq$ американской) никакие серьезные ноу-хау не будут окупаемы. Не просты также проблемы технологического и кадрового разрыва. Эти обстоятельства должны учитываться, прежде всего, в планах развития производства автокомпонентов, представляемых директором департамента транспортного и специального машиностроения Минпромторга России А. Н. Морозовым [3]. Но, как говорят: «уже поздно возвращаться назад, чтобы все правильно начать, хотя еще не поздно устремиться вперед, чтобы все правильно закончить». И тогда «Viam supervadet vadens!», или «Дорогу осилит идущий!»

Литература

- <http://www.lukoil-masla.ru>
- <http://www.springerprofessional.de/engine-of-the-year-awards-2015/5794390.html>
- http://prom.tularegion.ru/netcat_files/13166/15986/h_1a30c808b042a2f14eb62a92e1de8a4d
- Техническая литература и информация российских и зарубежных СМИ, в частности:
- <http://viewer.zmags.com/publication/64c75262#/64c75262/1;>
- http://www.google.de/imgres?imgurl=http://wardsauto.com/site-files/wardsauto.com/files/imagecache/large_img/uploads/2013/12/2014-10be-ford-fieta.jpg&imgrefurl=http://wardauto.com/ward039s-10-best-engines/2014-winner-ford-10l-ecoboost-dohc-di-i-3&h=335&w=595&tbnid=9CT90nmB_lkNTNM:&zoom=1&tbnh=90&tbnw=160&usq=__X3mfp5xU2_g48VIZCfh4B7cdhEA=&docid=prhc2x4D8-0WjM

ИЗМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РОТОРНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА ПО РЕЖИМАМ РАБОТЫ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

CHANGES OF A HEAT EXCHANGER'S EFFICIENCY CAUSED BY CHANGING THE GAS-TURBINE ENGINE LOAD

А. В. Костюков,

кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Транспортные газотурбинные двигатели» Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ–Университет машиностроения)

Л. А. Косач,

ассистент, аспирант кафедры «Транспортные газотурбинные двигатели» Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ–Университет машиностроения)

Приведены результаты расчетного исследования теплогидравлических характеристик роторного теплообменника с сеточной и ленточно-щелевой матрицами на различных режимах работы малоразмерного газотурбинного двигателя.

Ключевые слова: роторный теплообменный аппарат, поле температур, эффективность теплообменного аппарата, теплопередача

A. V. Kostyukov,

Candidate of Technical Sciences, Head of the Transport Gas Turbine Engines Department, Moscow State University of Mechanical Engineering (MAMI–University of Mechanical Engineering)

L. A. Kosach,

Assistant, graduate student of the Transport Gas Turbine Department of Moscow State University of Mechanical Engineering (MAMI–University of Mechanical Engineering)

The article presents the results of computational research of thermal and hydraulic properties of a rotary heat exchanger of a small-size gas-turbine engine working in different modes.

Keywords: rotary heat-exchanger, temperature field, heat-exchanger's efficiency, heat transfer

Перечень обозначений:

Re – число Рейнольдса;

St – число Стантона;

Pr – число Прандтля;

p – пористость матрицы;

k – компактность матрицы, $\text{м}^2/\text{м}^3$;

$T_{\text{возд_вх}}$ – температура входящего воздуха, К;

$T_{\text{матр}}$ – текущая температура обчитываемого объема пористого тела, К;

ρ – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;

W – скорость потока $\text{м}/\text{сек}$;

T_i – температура теплоносителя на выходе из теплообменника на i -й итерации, К;

P_i – потери давления на i -й итерации, Па;

t – расчетный шаг по времени, сек.

Одним из путей повышения эффективности, применяемых в настоящее время в распределенной энергетике микротурбин, является установка в них теплообменников со сверхвысокой степенью регенерации (95–97%). В этом направлении действует американская компания Wilson, разрабатывающая микротурбину мощностью 300 кВт с электрическим КПД 50% [1]. Получение степени

регенерации на уровне 95–97% при приемлемых габаритах возможно только в сверхкомпактных роторных теплообменниках. В таких теплообменниках, как правило, используется пористая теплопередающая матрица. В частности в роторном теплообменнике отечественной микротурбины мощностью 270 кВт применяется пористая матрица, образованная намоткой металлических сеток [2].

Влияние эффективности теплообменника на КПД малоразмерного ГТД весьма высоко. В частности теплообменник со степенью регенерации

95% обеспечивает микротурбине конкуренцию по эффективности с лучшими поршневыми ДВС (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние эффективности теплообменника на КПД микротурбин.
Сравнение с газопоршневыми двигателями**

Параметр	Jenbacher (Австрия)	Cummins Inc. (США)	МАМИ–Университет машиностроения (Россия)	
	газопоршневой двигатель JMS208 GS	газопоршневой двигатель 315GFBA	микротурбина МАМИ	
Мощность электрическая, кВт	330 кВт	315 кВт	300	300
КПД электрический, %	38,7%	34,2%	36	42
Степень регенерации теплообменника, %	–	–	85	95

Весьма важным также является то, что в отличие от эффективности других элементов ГТД степень регенерации теплообменника на частичных режимах растет в силу снижения расходов проходящих через теплообменник теплоносителей. Этот рост обеспечивает меньшее падение КПД газотурбинного двигателя на частичных режимах.

В работах [2, 3] в качестве теплопередающей матрицы роторных теплообменников малоразмерных газотурбинных двигателей рассмотрены смотанные в конический и цилиндрический рулоны металлические сетка и лента соответственно. В результате выполненного расчетного анализа получено, что при одинаковых общих размерах теплообменники с такими матрицами имеют близкие теплогидравлические характеристики на расчетном режиме (номинальный режим работы ГТД) [4]. Однако, как было сказано выше, немаловажными являются показатели теплообменника на частичных режимах.

Для исследования этого вопроса было проведено математическое моделирование теплогидравлических процессов роторного теплообменника с ленточно-щелевой и сетчатой матрицами на различных режимах работы газотурбинного двигателя мощностью 270 кВт.

Математическое моделирование базировалось на решении системы уравнений, включающей уравнения Навье–Стокса, энергии, неразрывности и состояния.

Конические теплопередающие элементы теплообменников, выполненные намоткой металлической сетки, математически описывались как пористые тела. Теплогидравлические процессы при протекании через них газа/воздуха описывались полученными выше зависимостями для фактора Кол-

борна, а также зависимостями линейного и квадратичного коэффициентов сопротивления:

$$J_k^{\text{нагр}} = (0,036Te_{\text{нагр}} + 0,074) \cdot Re_X^{0,00631Te_{\text{нагр}} - 0,514} \quad (1)$$

$$J_k^{\text{охл}} = (0,027Te_{\text{охл}} + 0,091) \cdot Re_X^{-(0,143Te_{\text{охл}} + 0,32)} \quad (2)$$

$$\alpha = \zeta \cdot \frac{p^3 \cdot \mu \cdot Re_X}{0,075d_{\text{гид}}^2 \cdot (1 + p \cdot Re_X)} \quad (3)$$

$$\beta = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot Re_X}{d_{\text{гид}} \cdot (1 + p \cdot Re_X)} \quad (4)$$

где $\zeta = 0,5k \cdot d_{\text{гид}} \left(\frac{1}{Re_X} + 1 \right)$ – фактор трения; $d_{\text{гид}} = 4p/k$ – гидравлический диаметр каналов матрицы теплообменника.

Для течения в щелевой ленточной матрице принималась ламинарная модель течения.

В качестве расчетных моделей теплообменника с сетчатой матрицей использовался сектор ячейки теплообменника с коническим сетчатым элементом (рис. 1), а теплообменника с щелевой ленточной матрицей – сектор ленточной матрицы (рис. 2).

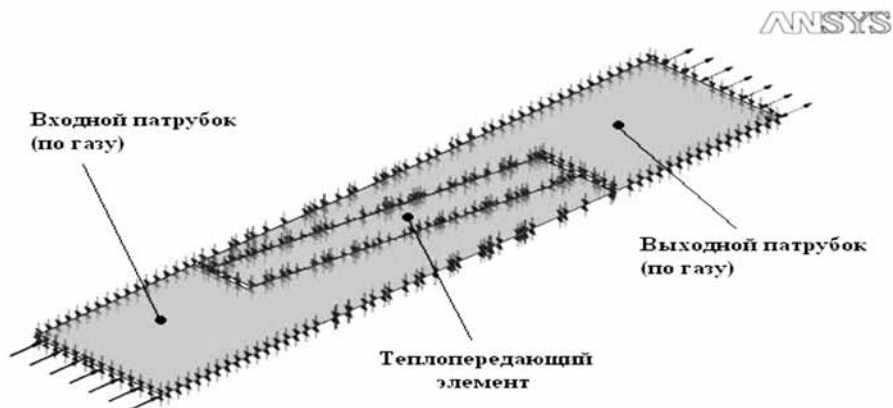


Рис. 1. Расчетная модель теплообменника с сетчатой матрицей

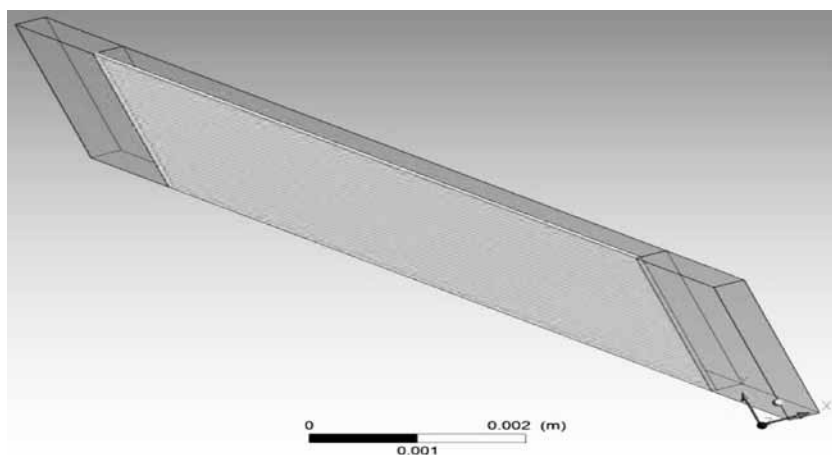


Рис. 2. Расчетная модель теплообменника с ленточно-щелевой матрицей

На входной и выходной гранях расчетных моделей задавались расход, температура и статическое давление, температура соответственно.

Теплофизические свойства воздуха и материала матрицы (легированная сталь) задавались в зависимости от температуры.

Для имитации условий, в которых работает пакет вращающегося теплообменника, расчётная модель продувалась попеременно газом и воздухом, направления течений которых, в соответствии с работой теплообменника, брались противоположные. Поочередная продувка газом и воздухом ячейки теплообменника проводилась до выхода на установившийся режим. Такому режиму соответствовало отличие не более чем на 1% количества переданного от газа к воздуху тепла за два смежных оборота.

При выполнении теплогидравлических расчетов теплообменников с сетчатой и ленточно-щелевой матрицами брались следующие значения используемых в расчетах величин:

Для теплообменника с сетчатой матрицей:

- компактность сетки матрицы: $k = 9508 \text{ м}^{-1}$;
- пористость сетки матрицы: $p = 0,69$;
- площадь входа в ячейку теплообменника: $F_1 = 2,79 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$;
- площадь входа в расчетную модель: $F_2 = 1,49 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$.

Для теплообменника с ленточно-щелевой матрицей:

- толщина ленты: 0,1 мм;
- ширина щели: 0,5 мм.

Для номинального режима:

- расход газа (воздуха) через теплообменник: $G_{\Sigma} = 2 \text{ кг/с}$;
- температура газа: $T = 965 \text{ К}$;

- температура воздуха: $T = 470 \text{ К}$;
- давление газа: $P = 101\,325 \text{ Па}$;
- давление воздуха: $P = 395\,167 \text{ Па}$.

Для частичного режима:

- расход газа (воздуха) через теплообменник: $G_{\Sigma} = 1,1 \text{ кг/с}$;
- температура газа: 1060 К ;
- температура воздуха: 377 К ;
- давление газа: $P = 101\,325 \text{ Па}$;
- давление воздуха: $P = 218\,456 \text{ Па}$.

В результате проведенного математического моделирования были получены значения температур выходящих из теплопередающей матрицы теплоносителей (газа и воздуха) с ленточно-щелевой и сеточной матрицей на номинальном и частичном режимах.

По полученным значениям температур теплоносителей определялась степень регенерации теплообменника:

$$\sigma = \frac{\Delta T - T_{\text{air}}}{T_{\text{gas}} - T_{\text{air}}}, \quad (5)$$

где: σ – степень регенерации теплообменника;

$\Delta T = \frac{\sum_i T_i \cdot dt}{t}$ – средняя интегральная температура выходящего из теплообменника воздуха теплоносителя за половину оборота теплообменника;

T_i – температура теплоносителя на выходе из теплообменника на i -м шаге по времени (меняется от нуля до половины времени одного оборота теплообменника);

$T_{\text{air}}, T_{\text{gas}}$ – температуры воздуха и газа на входе в теплообменник;

t – время одного полуоборота теплообменника.

Результаты расчета степени регенерации теплообменника сведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения степени регенерации теплообменника с сетчатой и ленточно-щелевой матрицами

Параметр	Теплообменник с сетчатыми теплопередающими элементами	Теплообменник с ленточно-щелевыми теплопередающими элементами
Степень регенерации (номинальный режим)	83,5	86
Степень регенерации (частичный режим)	84,8	91

Как видно из таблицы, ленточно-щелевая матрица обеспечивает существенно большее повышение степени регенерации на частичных режи-

мах работы двигателя (на 5%), чем сеточная (на 1,3%). Применяемые в настоящее время малоразмерные газотурбинные двигатели на транспорте с гибридными силовыми установками и в составе энергетических установок в распределенной энергетике работают в широком диапазоне изменения нагрузок (от 0 до 100%). Следствием этого является необходимость в их высокой экономичности как на номинальном, так и на частичных режимах работы. Поэтому применение ленточно-щелевой матрицы, приводящее к значительному росту степени регенерации теплообменника и, как следствие КПД газотурбинного двигателя на частичных режимах его работы, представляется весьма перспективным.

Литература

1. *Gordon D. Wilson*. Turbo Power, Inc. The high efficiency of our multistage ceramic-bladed turbine design can produce an attractive economic return even in the absence of CHP. Wilson Solar power Corporation. 2010.
2. *Алексеев Р. А., Костюков А. В.* Повышение эффективности роторного теплообменника малоразмерного газотурбинного двигателя // Известия МГТУ «МАМИ», 2012. № 1 (13).
3. *Костюков А. В., Дементьев А. А.* Высокотемпературный роторный теплообменник для газотурбинных и героторных двигателей // Известия МГТУ «МАМИ», 2011. № 2 (12).
4. *Кустарёв Ю. С., Елисеев С. Ю., Костюков А. В., Плыкин М. Е.* Исследование роторного теплообменника малоразмерного регенеративного газотурбинного двигателя // Полёт. 2005. № 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОРМОЗНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

RESULTS OF INVESTIGATION OF THE AUTOMOBILE ENGINE BRAKING INDICES

Т. М. Натриашвили,

доктор технических наук, профессор, директор Института механики машин им. Рафаэля Двали, Грузия, г. Тбилиси

Рассмотрена работа автомобильного двигателя на режиме принудительного холостого хода и перекрытия выпускного коллектора. Установлено, что ограничивающим фактором повышения тормозной мощности двигателя является самооткрывание выпускного клапана на такте всасывания. Приведена схема разработанной конструкции, которая предотвращает это явление. Показана при этом возможность резкого повышения мощности торможения двигателя.

Ключевые слова: автомобиль, дизель, тормоз, выхлопной тормоз, регулирование

T. M. Natriashvili,

Doctor of Technical Sciences, Director of the R. Dvali Institute of Machine Mechanics, Georgia, Tbilisi

The article deals with performance of an automobile engine at the mode of forced idling conditions and the overlap of the exhaust collector. It is established that the limiting factor of the increase of engine braking power is self-opening of the discharging valve on the stroke of suction. The scheme of the designed construction that averts this phenomenon is given there. It is shown the possibility of sharp increase of the engine braking power.

Keywords: automobile, diesel, brake, exhaust brake, regulation

Введение

Одной из важных задач совершенствования тормозных систем грузовых автомобилей и автобусов является повышение их энергоемкости, т.е. способности поглощать и быстро рассеивать определенное количество тепла, не допуская при этом снижения эффективности действия тормозной системы, что часто происходит в условиях горных дорог и интенсивного городского движения. Первое характеризуется длительными, а второе – частыми торможениями [1, 2, 3].

В связи с высокими требованиями к эффективности торможения автомобиля необходимо повысить энергоемкость тормозных механизмов, что может быть достигнуто с помощью вспомогательной тормозной системы, т.е. тормоза-замедлителя, который особенно необходим для автобусов и грузовых автомобилей, имеющих большую массу и значительную скорость движения.

Введение в конструкцию автомобиля наряду с основными тормозами дополнительного тормоза обеспечивает сохранение достаточной эффектив-

ности тормозов в условиях высокой энергонагруженности при эксплуатации автомобиля в горных местностях – по дорогам с крутыми поворотами и продолжительными спусками.

Повышение тормозной мощности N_T двигателя в последнее время приобрело особую актуальность в связи с уменьшением относительной тормозной мощности N_T/N_e при форсировке эффективной мощности N_e двигателя турбонаддувом. У двигателей с турбонаддувом и промежуточным охладителем, по сравнению с дизелями без наддува отношение, N_T/N_e существенно уменьшается.

В настоящее время на автомобилях получили распространение электродинамические, гидравлические и моторные тормоза-замедлители [2,4,5].

Моторные тормоза-замедлители являются более простыми и поэтому наиболее распространенными. Тормозящее действие основано либо на создании противодействия в выпускном коллекторе двигателя на такте «выпуск» (выпускные замедлители), либо переводом двигателя на режим компрессора путем изменения фаз газораспределения.

Метод решения задачи

При перекрытии выпускного коллектора давление воздуха в выпускном трубопроводе повышается до тех пор, пока оно не преодолеет усилие предварительной затяжки пружины выпускного клапана цилиндра, в котором происходит такт всасывания. Выпускной клапан в таком случае приоткрывается, и часть сжатого воздуха перетекает из выпускного коллектора в другой цилиндр. Таким образом, наибольшая величина сжатия воздуха в выпускной трубе, а значит, и противодействие в цилиндре ограничивается жесткостью пружин выпускных клапанов двигателя, что вызывает резкое понижение тормозной мощности двигателя [3, 6, 7].

При этом в некоторых случаях повышение тормозного эффекта двигателя при его работе в качестве выпускного тормоза достигалось путем увеличения усилия предварительной затяжки пружин выпускных клапанов. Следует отметить, что увеличение предварительной затяжки пропорционально увеличивает износ деталей газораспределительного механизма [8, 9].

На основе экспериментальных и теоретических исследований была разработана схема устройства для повышения эффективности выпускного тормоза. На рисунке 1 изображена конструктивная схема устройства для исключения самооткрывания выпускных клапанов.

На головке блока 1 на каждом цилиндре установлены втулки 2 с поршнями 3, образующими камеры 4 с переменным объемом вокруг стержней 5

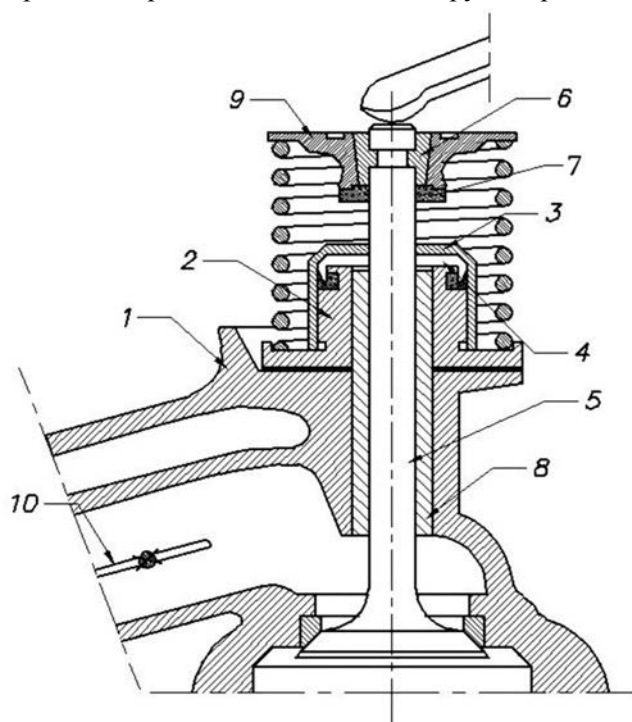


Рис. 1. Конструктивная схема устройства для повышения эффективности выпускного тормоза

выпускных клапанов. Перед зазорами в сухариках 6 установлены кольца 7 из эластичного материала. В выпускном трубопроводе установлен перекрывающий орган 10. При нормальной работе двигателя выпускной трубопровод открыт, и отработавшие газы свободно вытекают через выпускные органы двигателя в атмосферу. При этом поршни 3 находятся в крайне нижнем положении на втулке 2. При перекрывании выпускного трубопровода двигатель переводится на тормозной режим работы. При этом постоянно засасываемый из атмосферы воздух нагнетается поршнями двигателя в выпускной ресивер (т.е. перекрытый выпускной трубопровод). По мере повышения давления в выпускном ресивере воздух через зазоры между стержнями 5 и направляющими втулками 8 перетекает в камеру 4, отводя поршни 3 в крайне верхнее положение, ограничиваемое тарелками 9. Прокладки 7 предотвращают утечку воздуха через зазоры между стержнями 5 и поршнями 3 в местах из сочленения, обеспечивая полную герметичность камер 4. Таким образом, поршни 3 вместе с тарелками 9 совершают возвратно-поступательное движение лишь на тормозном режиме работы двигателя, передавая выпускным клапанам компенсирующее усилие от давления воздуха в камерах 4, благодаря чему прекращается неуправляемое движение и связанные с ним потери воздуха из выпускного ресивера. В нетормозных рабочих режимах двигателя устройство отключается автоматически до следующего тормозного режима (поршень находится стабильно в нижнем положении).

Результаты исследования

Теоретическими исследованиями установлено и экспериментальными испытаниями доказано, что тормозная мощность дизеля, оснащенного таким устройством, резко возрастает. Его высокоэффективное действие основано на повышении давления воздуха в цилиндрах двигателя и в выпускном коллекторе.

Для иллюстрации этого процесса на рисунке 2 представлена сравнительная диаграмма давления воздуха в цилиндрах двигателя при тактах расширения и выпуска для новых и стандартных двигательных тормозов. При этом 0^I – точка открытия выпускного клапана к концу расширения, когда из выпускного трубопровода воздух входит в цилиндр, во время которого в выпускном трубопроводе давление падает по линии $0^{II} - 1$, а в цилиндре давление повышается по линии $0^I - 1$.

С целью проверки экспериментальным путем эффективности разработанной нами системы торможения двигателем (в лабораторных условиях) дизель предназначенный для легковых автомобилей и микроавтобусов, был оснащен новым механиз-

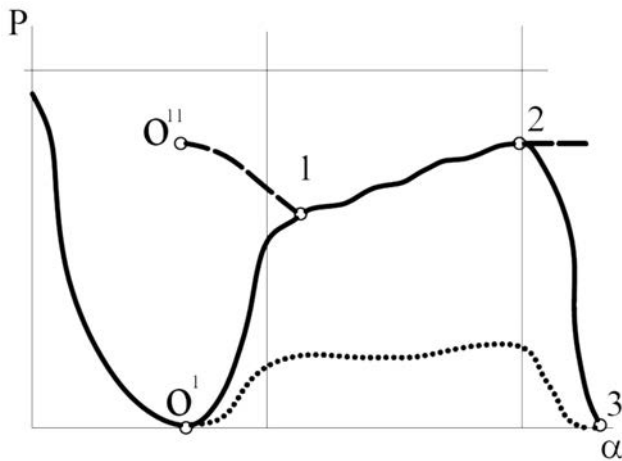


Рис. 2. Диаграмма изменения давления:

- в цилиндре двигателя с новой системой выпускного торможения;
- - - в выпускном коллекторе с новой системой выпускного торможения;
- в выпускном коллекторе со стандартной системой выпускного торможения



Рис. 3. Дизель с модернизированной системой газораспределения на испытательном стенде

мом газораспределения (рис. 3). При этом двигатель с модернизированным механизмом газораспределения почти не отличается от серийного исполнения как внешне, так и качеством работы.

Результаты стендовых испытаний дизеля с новым и со стандартным тормозным устройством показаны на рисунке 4.

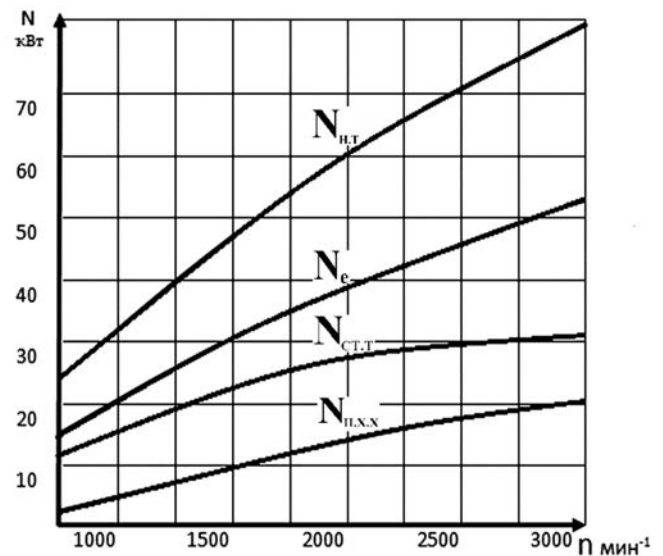


Рис. 4. Кривые изменения: $N_{ст.т.}$ – тормозная мощность двигателя при использовании стандартной системы перекрытия выпускного коллектора; $N_{н.т.}$ – тормозная мощность двигателя при использовании нового устройства; N_e – эффективная мощность двигателя; $N_{п.х.х.}$ – мощность механических потерь на режиме принудительного холостого хода

Преодоление мощности механических потерь на режиме принудительного холостого хода при нормальной работе двигателя происходит с помощью индикаторной мощности. При вождении автотранспортного средства эта сила всегда используется в пользу, но эффект ее применения для уменьшения энергонапряженности основных тормозов, как уже отмечалось выше, недостаточный. Применение метода перекрытия выпускного коллектора (стандартный тормоз-замедлитель) значительно увеличивает тормозную мощность и его величина $N_{ст.т.}$ превышает $N_{п.х.х.}$ на 50% при $n = 3000$ об/мин.

Экспериментами также установлено, что тормозная мощность дизельного двигателя, оснащенного новым двигательным тормозом, значительно возрастает и на 54,5% превосходит его эффективную мощность.

Тормозная мощность $N_{н.т.}$, развиваемая двигателем с новой установкой, на 255% больше по сравнению с $N_{ст.т.}$. Такое повышение эффективности существующего двигательного тормоза значительно повысит энергоемкость основных тормозов автомобиля, исключает перегревание и, как следствие, уменьшение их эффективности. Как видно из представленных материалов, тормозная мощность дизеля, оснащенного новым устройством, значительно превосходит эффективной мощности, развиваемой им, и можно поставить вопрос регулировки. Регулировку тормозной мощности можно осуществить путем изменения выходного сечения перекрывающего устройства выпускного коллектора. Желаемую

мощность на тормозных режимах можем получить частичным открытием перекрывающего устройства и выпуском сжатого воздуха из коллектора в атмосферу. При этом давление в коллекторе и мощность двигателя уменьшается (рис. 5).

Разработанная система обуславливает увеличение давления сжатия до максимального в цилиндре при выпускном такте, что вызывает значительное увеличение тормозной мощности дизеля.

Литература

1. Генбом Б. В. и др. Режим работы, энергонагруженность и долговечность тормозов автобусов при эксплуатации в горных условиях // Автомобильная промышленность. 1968. № 2.
2. Гапоян Д. Т. Моторные тормоза-замедлители автотранспортных средств. М.: Минавтопром, 1979.
3. Джебашвили И. Я., Кордзадзе Б. И. Современные моторные тормоза автомобилей. Тбилиси: Мецниереба, 1991. С. 141.
4. Auxiliary Braking Systems // Automobile Engineer. 1957. N 7.
5. Maxydyne «Diesel Equipment Superint». 1970. N 11. P. 27–30.
6. Кордзадзе Б. И. Выпускной тормоз-замедлитель высокой эффективности // Двигателестроение. Л.: 1992. № 7. С. 55–57.
7. Кордзадзе Б. И. О проблеме форсировки мощности автомобильных ДВС на тормозных режимах движения автомобиля // Труды международной научно-технической конференции. Тбилиси, 2001. № 1. С. 180–189.
8. Кордзадзе Б. И., Натриашвили Т. М., Джебашвили И., Нанетваридзе З. Тормозное устройство. № 1809132. (СССР).
9. Natriashvili T., Kordzadze B., Demetrashvili R. Results of the theoretical and experimental research into the brake power forcing process of the automobile internal combustion engine. Proceedings of X International Conference on the Improvement of the Quality, Reliability and Long Usage of Technical Systems and Technological Processes. Israel. Eilat. 2012, pp. 23–26.

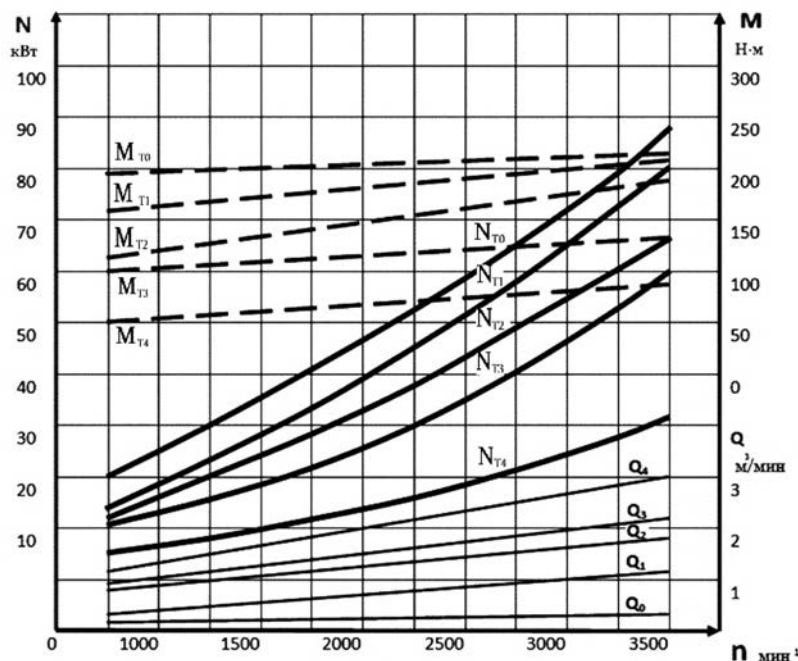


Рис. 5. Изменение тормозной мощности N_T и крутящего момента M_T дизеля и расхода сжатого воздуха Q в зависимости от частоты вращения коленчатого вала при разных средних противодавлениях P выпускного коллектора: кривые с индексом 0 – $P = 0.8$ Мра, кривые с индексом 1 – $P = 0.6$ Мра, кривые с индексом 2 – $P = 0.4$ Мра, кривые с индексом 3 – $P = 0.2$ Мра, кривые с индексом 4 – $P = 0$ Мра

Основные выводы

Разработана новая высокоэффективная система двигательного тормоза, принцип работы которой состоит в полной реализации возможности двигателя для получения высокого давления в выпускном ресивере.

МЕТОД УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ВИХРЕКАМЕРНОГО ДИЗЕЛЯ ВПРЫСКОМ ВОДЫ ВО ВПУСКНОЙ ТРУБОПРОВОД

METHOD OF IMPROVING THE ENVIRONMENTAL INDICATORS OF DIESEL ENGINE WITH SWIRL CHAMBER BY WATER INJECTION INTO THE INTAKE PIPELINE

В. Н. Никишин,

доктор технических наук, профессор кафедры автомобилей, автомобильных двигателей и дизайна Набережночелнинского института (филиала) Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Набережные Челны

В. Б. Хлюпин,

старший преподаватель кафедры автомобилей, автомобильных двигателей и дизайна Набережночелнинского института (филиала) Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Набережные Челны

Рассмотрен метод улучшения экологических показателей вихрекамерного дизеля впрыском воды во впускной трубопровод. Предложена константа равновесия химической реакции окисления оксида углерода при пониженных температурах рабочего цикла дизеля.

Ключевые слова: токсичность, вихрекамерный дизель, вода, впрыск, впускной трубопровод

V. N. Nikishin,

*Doctor of Technical Sciences, Professor of automobile, automotive engines and design faculty, Kazan Federal University Naberezhnye Chelny Institute
nikishin@mail.ru*

V. B. Khlyupin,

Senior lecturer, Automobile, automotive engines and design faculty, Kazan Federal University Naberezhnye Chelny Institute

The article presents a method for improving environmental indices of diesel engine with swirl chamber by water injection into the intake pipeline. Proposed an equilibrium constant of a chemical reaction of carbon monoxide oxidation at low temperatures of working cycle of diesel engine.

Keywords: toxicity, diesel engine with swirl chamber, water, injection, intake pipeline

Современные дизели с непосредственным впрыском топлива являются, как правило, весьма проблемными с экологической точки зрения. Для выполнения экологических стандартов они оснащаются дорогостоящими аккумуляторными системами топливопитания с непосредственным впрыском топлива, системами рециркуляции отработавших газов (ОГ) и впрыска раствора мочевины, каталитическими нейтрализаторами ОГ, противо-

сажеем фильтром. В результате усложняется конструкция дизелей, что приводит к повышению их себестоимости, стоимости обслуживания и ремонта. Поэтому необходимы работы, направленные на более углубленное изучение рабочих процессов, которые могли бы без существенного удорожания дизеля удовлетворять экологическим стандартам. Одним из таких методов является впрыск воды во впускной трубопровод.

Содержание оксидов азота в ОГ дизелей

Применение вышеназванных систем на дизелях с непосредственным впрыском топлива позволило снизить содержание оксидов азота с 8,0 г/(кВт·ч) – уровень Евро-1 и до 3,5 г/(кВт·ч) – уровень Евро-4. Оксиды азота NO_x считаются наиболее токсичными среди нормируемых веществ. При этом многочисленные исследования по впрыску воды, проведенные на таких дизелях, показали как минимум двукратное снижение оксидов азота в ОГ [1].

На дизелях с разделенными камерами сгорания по содержанию NO_x ситуация гораздо лучше. Так, без впрыска воды оценочное содержание оксидов азота в вихрекамерном дизеле составляет 5,0 г/(кВт·ч). Организация рабочего процесса в вихрекамерном дизеле с точки зрения выброса вредных веществ предпочтительнее, чем в дизеле с неразделенной камерой сгорания. Однако исследования влияния впрыска воды во впускной трубопровод вихрекамерного дизеля на его показатели проведены недостаточно глубоко. В связи с этим представляет одновременный интерес возможный уровень снижения NO_x и изменение концентрации других вредных веществ в исследуемом дизеле без внедрения дорогостоящих систем.

Впрыск воды в дизель

При впрыске воды в дизель наибольшее практическое применение нашли подача водотопливной эмульсии (ВТЭ) с помощью стандартной топливной аппаратуры, впрыск воды непосредственно в цилиндр дизеля с помощью дополнительной форсунки и подача воды во впускной трубопровод. Проблема ВТЭ заключается в создании и поддержании однородной смеси топлива и воды. Из-за разной плотности эти вещества расслаиваются, поэтому приходится либо их постоянно перемешивать, либо использовать диспергирующие присадки. Проблема впрыска воды непосредственно в цилиндр заключается в необходимости предусмотреть место для установки дополнительной форсунки в камеру сгорания. В современных головках дизелей такого места почти нет.

Поэтому наиболее доступным и эффективным оказывается впрыск воды во впускной трубопровод. При этом теоретическая проработка методики исследования токсичности рабочего цикла вихрекамерного дизеля с данным впрыскиванием воды недостаточно глубока.

Сравнение расчетных и экспериментальных исследований

Проведены расчетные и экспериментальные исследования на номинальном режиме при частоте вращения коленчатого вала $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ и частичном режиме $n = 900 \text{ мин}^{-1}$ [2, 3, 4]. Нагрузка в обоих

режимах частичная, из-за чего температуры в цикле пониженные. Выбраны режимы с частичной нагрузкой, поскольку на них приходится 29,2% относительного времени работы и 40% относительного количества выбросов ОГ в городском цикле. Во время разгона выброс относительного количества ОГ больше – 45%, но относительное время работы меньше – 18,5%. Температура и давление при расчете процесса сгорания определялись с шагом в 2° угла поворота коленчатого вала ($^\circ \text{ у.п.к.в.}$), подача воды оценивалась показателем – $w = G_{\text{вод}}/G_T$ – отношение массы воды к массе топлива, используемой в расчете.

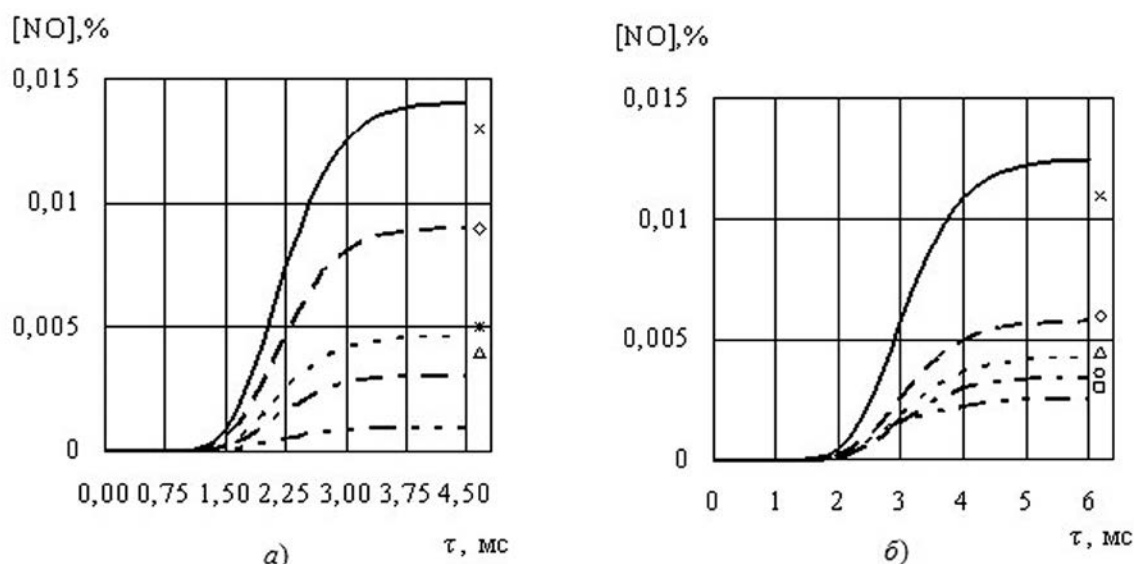
Анализ зависимостей эффективных показателей дизеля с впрыском воды во впускной трубопровод выявил на режиме $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ снижение крутящего момента и мощности на 5% по сравнению с дизелем без впрыска воды. Удельный эффективный расход топлива g_e при подачах воды в диапазоне $0,5 < w \leq 1$ увеличивается на 2%, а в диапазоне $1 < w \leq 2$ на – 15,6%. Это подтверждает теоретические выводы о том, что вода увеличивает теплоемкость рабочего тела и приводит к ухудшению мощностных и экономических показателей. На режиме $n = 900 \text{ мин}^{-1}$ в диапазоне $0,5 < w < 1,3$ крутящий момент и мощность снижаются на 5%. Удельный эффективный расход топлива с ростом значений подач воды от $w = 0,5$ до $w < 1$ увеличивается на 6%.

Анализ зависимостей содержания оксида азота в ОГ показал, что с увеличением впрыска воды происходит трех-четырёхкратное снижение концентрации NO в зависимости от режима (см. рис.). Время реакции образования оксида азота τ обычно не превышает 8...10 мс, после чего количество NO фиксируется на достигнутом в ходе реакции уровне и дальше уже не изменяется. Сравнительный анализ расчетных и опытных данных выявил, что длительность реакции на режиме $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ составляет 4,5 мс, на режиме $n = 900 \text{ мин}^{-1}$ – 6 мс.

Анализ расчетных зависимостей содержания оксида и диоксида углерода в ОГ выявил неадекватность рассмотренной математической модели по CO и CO_2 с опытными данными. Теоретические исследования показывают, что основное влияние на содержание CO и CO_2 в ОГ дизеля оказывает химическая реакция $2\text{CO} + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{CO}_2$ и ее константа равновесия $k_1 + \frac{29791}{T} + 0,000169 \cdot T - \frac{32400}{T^2} - 9,495$. Расчет с использованием этой константы приводит к завышенным значениям по выбросу CO и заниженным значениям по выбросу CO_2 в сравнении с экспериментальными данными. Расчеты, проведенные по другой константе:

$$k_{1p} = \frac{p_{\text{CO}_2}^2}{p_{\text{CO}}^2 \cdot p_{\text{O}_2}} = 9,45 \cdot 10^{-10} \cdot e^{\frac{68067}{T}},$$

найденной из уравнения энергии Гиббса, также не



Расчетные и опытные зависимости содержания оксида азота в ОГ при впрыске воды

а) при $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$; б) при $n = 900 \text{ мин}^{-1}$;
 Расчет: — — $w = 0$; — — — $w = 0,5$; — — — — $w = 1$; — — — — — $w = 1,5$; — — — — — — $w = 2$;
 Опыт: × — $w = 0$; ◊ — $w = 0,5$; Δ — $w = 1$; Ж — $w = 1,25$; ○ — $w = 1,5$; □ — $w = 2$

приводят к сходимости результатов. Известно, что справочные данные по константам равновесия химических реакций получены в условиях, мало связанных с условиями горения в ДВС, и не всегда подходят для таких расчетов.

В результате экспериментальные данные принимались за истинные и, с учетом погрешностей измерений, выполнялась доработка математической модели. В математической модели исследована и предложена уточненная константа равновесия $k_{\text{лут}}$ вместо константы k_1 , что раньше не учитывалось при расчетах вихрекамерных дизелей с впрыском воды во впускной трубопровод. Значение константы $k_{\text{лут}}$ было найдено с учетом логарифмических функций констант k_1 и $k_{\text{лр}}$. На основании полученных экспериментальных данных по выбросу CO, CO₂ и проведенных теоретических исследований следует вывод, что зависимость функции $\ln k_{\text{лут}}$ должна находиться выше зависимости функции $\ln k_1$ и ниже зависимости $\ln k_{\text{л2}}$. Методом наименьших квадратов была получена аппроксимационная зависимость $\ln k_{\text{лут}} = 6,07 + \frac{1536}{T}$, откуда $k_{\text{лут}} = 432,7 \cdot e^{\frac{1536}{T}}$. В результате расчеты, проведенные с использованием этой константы, повысили сходимость теоретических и экспериментальных данных по выбросу CO для обоих режимов, по выбросу CO₂ для режима $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$.

Основные выводы

1. Предложена математическая модель расчета рабочего цикла и выброса вредных веществ с ОГ, учитывающая уточненную константу равновесия, которая позволяет повысить сходимость расчетных

и опытных данных на 80% по выбросам CO и на 38% по выбросам CO₂.

2. Расчетом показано, что впрыскивание воды приводит к уменьшению выбросов оксидов азота в 3–4 раза, оксида углерода – до 12%.

3. Эффективность впрыска воды на экологические и топливно-экономические показатели дизеля зависит от относительной массы подаваемой воды w .

4. При применении впрыска воды целесообразно лишь небольшое количество впрыскиваемой воды, обеспечивающее диапазон $0,5 < w \leq 1$, при котором эффективно снижается содержание NO_x и CO в ОГ.

Литература

1. Жегалин О. И., Сайкин А. М., Френкель А. И. Снижение токсичности отработавших газов тракторных дизелей методами воздействия на рабочий процесс // Снижение токсичности отработавших газов двигателей внутреннего сгорания: Сборник. Депонированная рукопись. М., 1983. С. 212–220.
2. Никишин В. Н., Хлюпин В. Б. Теоретические исследования дизеля с впрыском воды в воздухозаборный трубопровод // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы: Сборник докладов III всероссийской научно-технической конференции. Рубцовск, 2013. С. 42–45.
3. Никишин В. Н., Хлюпин В. Б. Анализ экологических показателей дизеля с впрыском воды во впускной трубопровод // Актуальные вопросы развития науки: Сборник докладов международной конференции. Уфа, 2014. С. 193–196.
4. Никишин В. Н., Хлюпин В. Б. Перспективы применения вихрекамерных дизелей // Актуальные научные достижения–2014: сборник докладов X международной научно-практической конференции. Прага, 2014. С. 41–45.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРЕНИЯ МЕТАНА

COMPUTATIONAL ANALYSIS OF METHANE'S BURNING

А. Г. Валеев,

инженер, аспирант кафедры «Транспортные газотурбинные двигатели» Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ–Университет машиностроения)

А. С. Горновский,

ассистент, аспирант кафедры «Транспортные газотурбинные двигатели» Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ–Университет машиностроения)

В работе приводятся результаты расчётного моделирования горения метана в программе ANSYS CFX, сравнение полученных результатов с результатами эксперимента, проводившееся по измерениям в осевом и 5 радиальных сечениях основных параметров пламени (T , CH_4 , CO_2 , H_2O , NO_x). Также анализировалось влияние качества расчётной сетки на результаты расчёта.

Ключевые слова: горение метана, метановая горелка, поле температур, выбросы вредных веществ

A. G. Valeev,

Engineer, graduate student of the Transport Gas Turbine Department of Moscow State University of Mechanical Engineering (MAMI–University of Mechanical Engineering)

A. S. Gornovsky,

Assistant, graduate student of the Transport Gas Turbine Department of Moscow State University of Mechanical Engineering (MAMI–University of Mechanical Engineering)

The article presents the results of computational modeling of methane burning made via ANSYS CFX program; comparison of the results with those obtained from the experiment, measured on the dimensions in axial, and 5 radial sections of main flame parameters (T , CH_4 , CO_2 , H_2O , NO_x). The influence of the quality of computational grid on the calculation results was analyzed.

Keywords: combustion of methane, methane burner, temperature field, harmful emissions

Введение

Процесс горения метана представляет большой интерес при исследовании физических процессов в камере сгорания (КС) газотурбинной установки (ГТУ). При проектировании и доработке КС широко применяется численное моделирование процессов горения и тепломассообмена (CFD). Поэтому вопрос точности CFD расчетов весьма актуален. Для их проведения используется программный комплекс ANSYS CFX. Целью данной работы является верификация наиболее широко применяемых в инженерной практике моделей горения и турбулентности в CFX.

Исходные данные

Описание эксперимента

В качестве объекта исследования был взят эксперимент лаборатории SANDIA на метановой горелке (Sandia Burner Flame D).

Геометрия состоит из основной горелки диаметром 7.2 мм, в которой горит смесь 25% метана и 75% сухого воздуха, и направляющего входа диаметром 18.2 мм, сжигающего смесь пилот-газа. Состав пилот-газа: 73,2% азота, 5,1% кислорода, 14,6% углекислого газа и 7,1% паров воды. Пилот-газ может быть описан эквивалентной смесью метана и воздуха с одинаковой энтальпией для данного коэффициента избытка воздуха. Общий вид горелки приведен на рисунке 1.

Основные размеры горелки в соответствии со схемой (рис. 2) представлены ниже:

- внутренний диаметр основной струи, $d = 7,2$ мм;
- внутренний диаметр пилотной струи = $7,7$ мм (толщина стенки = $0,25$ мм);
- внешний диаметр пилотной струи, $d_p = 18,2$ мм;
- диаметр внешней стенки = $18,9$ мм (толщина стенки = $0,35$ мм);
- размеры камеры = 30 см на 30 см.

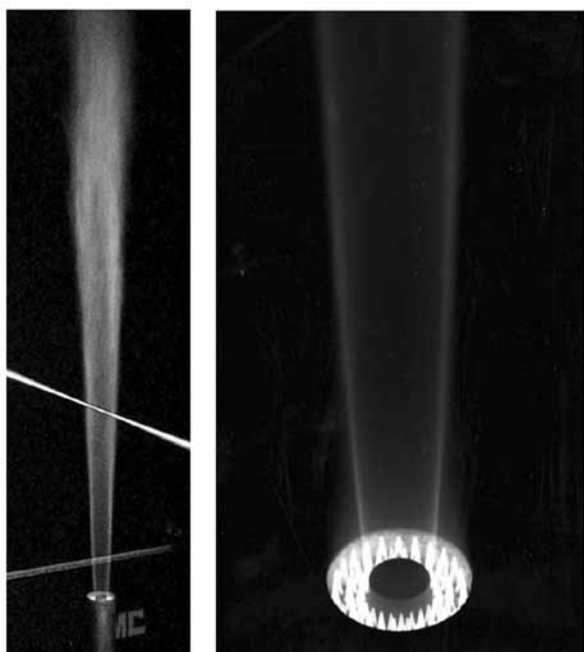


Рис. 1. Общий вид горелки

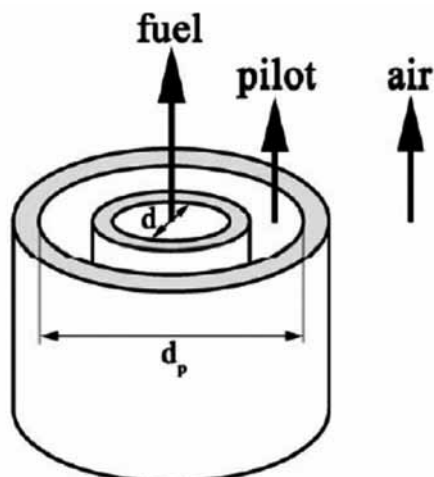


Рис. 2. Схема горелки

Экспериментальные данные представляют измерения осреднённых по времени параметров реагирующего потока по осевому и радиальным направлениям в нескольких сечениях. Исследуется установившееся течение реагирующего потока.

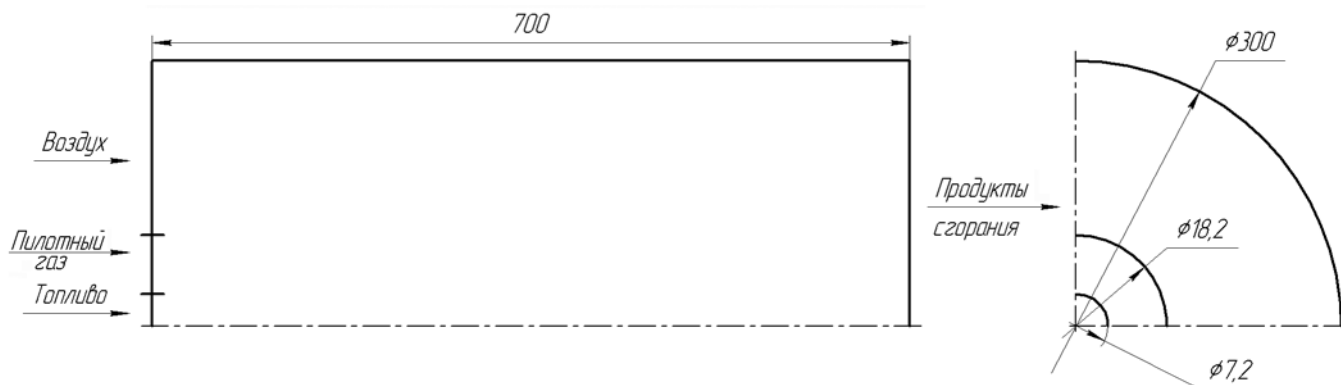


Рис. 3. Расчётная модель

Описание численной модели

Расчётная модель (рис. 3) представляет собой $\frac{1}{4}$ часть области горения с условиями циклической симметрии, так как исследуемый факел обладает геометрической и физической симметрией в силу стационарности процесса.

Геометрическая область расчетной модели ограничена размерами 700 мм – в осевом и 300 мм – в радиальном направлениях, что позволяет исключить влияние граничных условий стенок на факел и покрыть весь диапазон измеренных параметров в осевом и радиальном направлениях.

В качестве граничных условий использовался профиль скорости на входе в горелку, полученный в эксперименте и показанный на рисунке 4, массовый состав топлива.

Описание моделей турбулентности и горения

Расчёты проводились на двух моделях турбулентности: $k-\epsilon$ и SST и двух моделях горения: EDM и Flamelet.

В модель турбулентности $k-\epsilon$ уравнение движения преобразуется к виду, в котором добавлено влияние флуктуации средней скорости (в виде турбулентной кинетической энергии) и процесса уменьшения этой флуктуации за счёт вязкости (диссипации). В данной модели дополнительно решаются уравнения кинетической энергии турбулентности (k) и скорости ее диссипации (ϵ).

Модель турбулентности SST (Shear Stress Transport) – одна из разновидностей модели турбулентности $k-\omega$. Модель турбулентности SST – это модель переноса касательных напряжений – применяется, когда требуется хорошее решение в пристеночном слое. Она комбинирует преимущества моделей $k-\omega$ и $k-\epsilon$, но, так же как и модель $k-\omega$, предъявляет высокие требования к разрешению сетки вблизи стенок.

Модель распада вихрей (Eddy Dissipation Model, EDM) предназначена для описания турбулентных пламен предварительно перемешанных смесей и диффузионных пламен. Она основана на предпо-

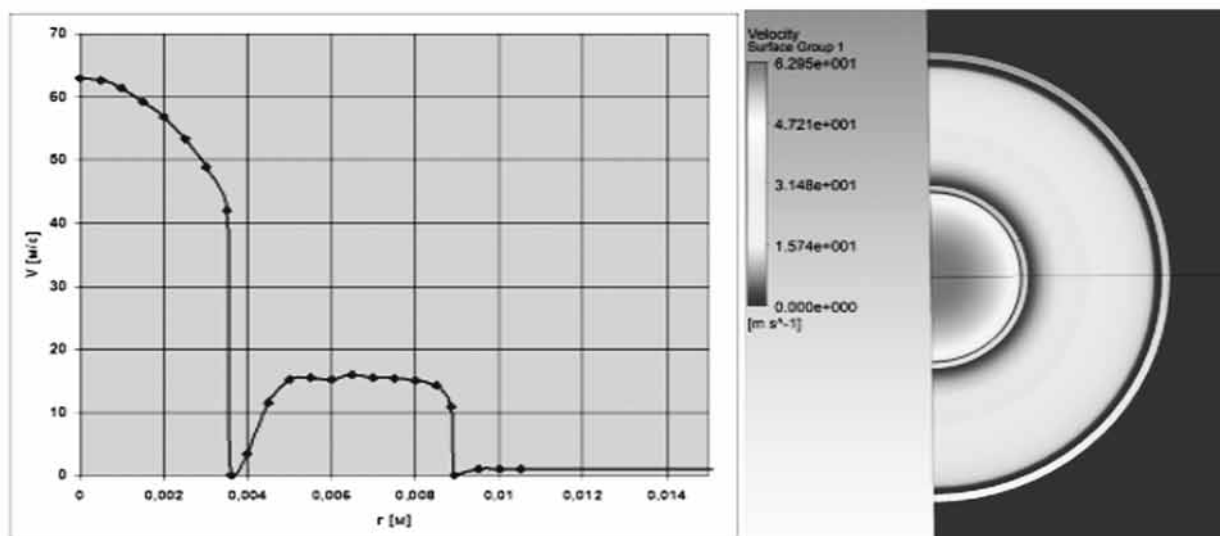


Рис. 4. Профиль скорости на входе в горелку

ложении, что химические реакции очень быстро приводят реагирующую смесь к равновесному состоянию, другими словами: скорость химической реакции намного выше, чем скорость смешения горючего и окислителя.

Согласно этой модели для инициации процесса горения достаточно, чтобы горючее и окислитель (обычно воздух) находились в одном контрольном объеме. Рассматриваемая ситуация является одной из тех, когда возможно существование стабильного пламени.

Flamelet (FLM) – модель тонкого фронта пламени для диффузионного горения. Flamelet-BVM (FLM-BVM) модифицированная flamelet-модель с дополни-

тельным уравнением для учета расположения фронта пламени при гомогенном режиме горения.

Результаты расчетов

Влияние сеточной чувствительности на расчет. Для расчета использовалась структурированная гексаэдрическая сетка 3-х степеней разрешения в зоне наибольших градиентов в объеме (рис. 5).

Результаты анализа сеточной чувствительности показаны на рисунке 6 и представляют собой сравнение осевых эпюр основных параметров пламени (T , CH_4 , CO_2 , H_2O , NO_x).

Грубая (Coarse) сетка завышает значения NO_x по модели EDM. Разница между средней (Mid)

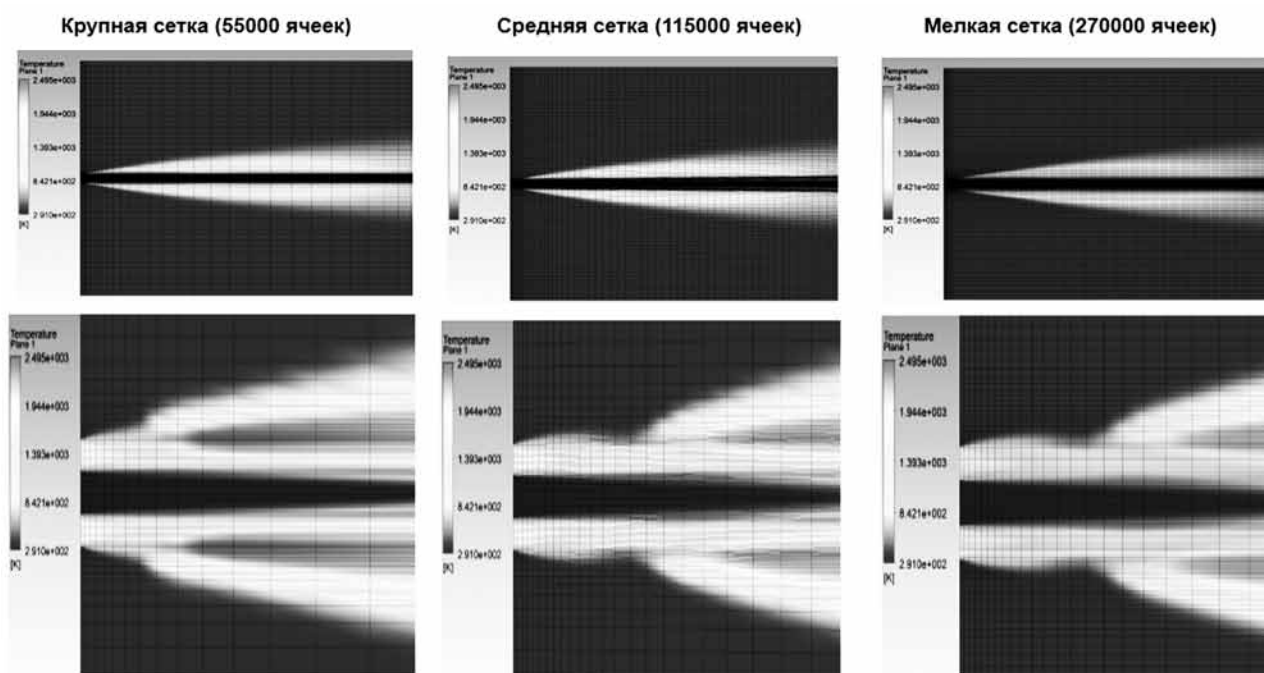


Рис. 5. Структурированная гексаэдрическая сетка 3-х степеней разрешения

и мелкой (Fine) сеткой пренебрежимо мала. Для моделей Flamelet разница менее существенна, чем для EDM. Дальнейшие расчёты проводились на средней сетке.

Сравнение k - ϵ и SST моделей турбулентности. Результаты анализа моделей турбулентности k - ϵ и SST показаны на рисунке 7 и представляют собой сравнение осевых эпюр основных параметров пламени (T , CH_4 , CO_2 , H_2O , NO_x). Результаты распределения массовой фракции углекислого газа CO_2 представлены на рисунке 11.

Обе модели дают качественно одинаковые результаты. Максимум температуры пламени по модели k - ϵ ближе к эксперименту – меньшее смещение по оси. Распределение NO по k - ϵ модели далеко от эксперимента, повторяет и близко к нему только качественно, в отличие от SST, которая даёт более правдоподобную картину NO . Дальнейшие расчёты выполнены на SST.

Сравнение результатов расчета с экспериментальными данными. Сравнение результатов расчета моделей горения EDM и BVM (Flamelet) с экс-

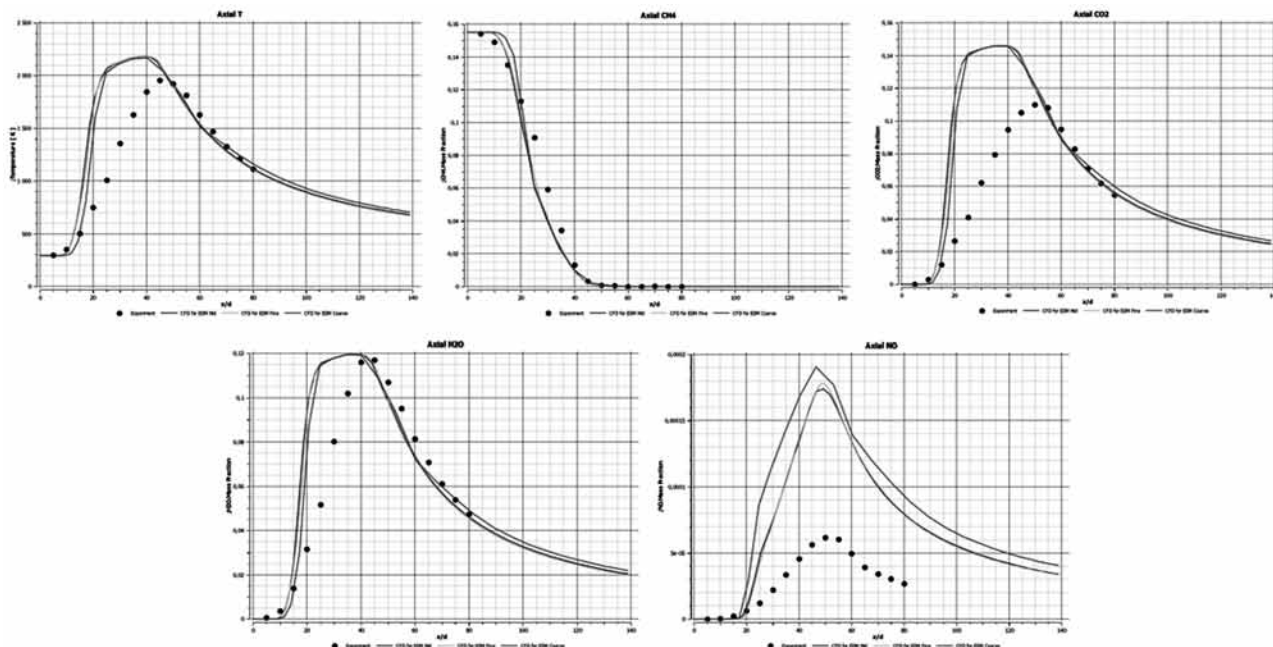


Рис. 6. Результаты анализа сеточной чувствительности

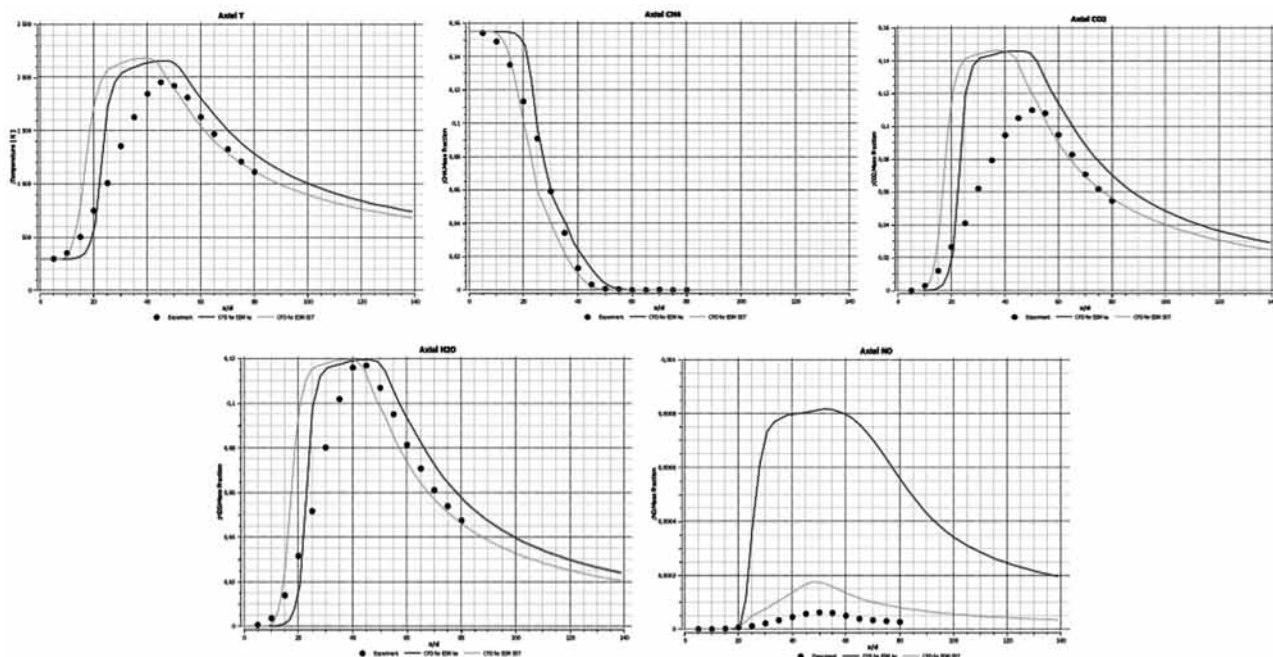


Рис. 7. Сравнение k - ϵ и SST моделей турбулентности

периментальными данными проводилось по измерениям в осевом и 5 радиальных сечениях. Схема сечений для обработки данных показана на рисунке 8. Данные представлены в зависимости от нормированных на диаметр размеров (x/d и r/d). Результаты распределения температур, распределения массовой фракции метана CH_4 , распределения массовой фракции углекислого газа CO_2 , распределения массовой фракции водяного пара H_2O , распределения массовой фракции оксидов азота NO_x представлены на рисунках 9, 10, 11, 12 и 13.

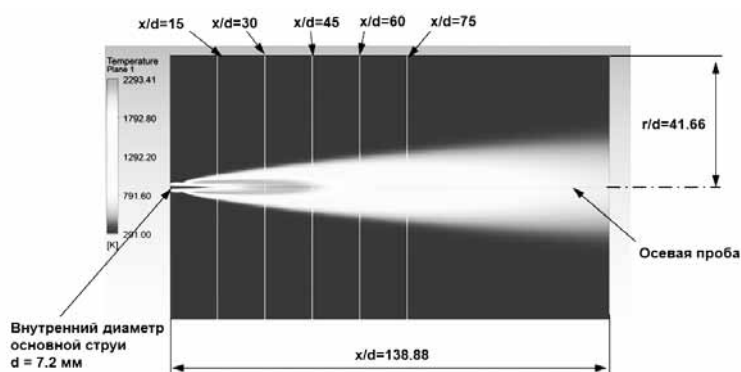


Рис. 8. Схема сечений для обработки данных

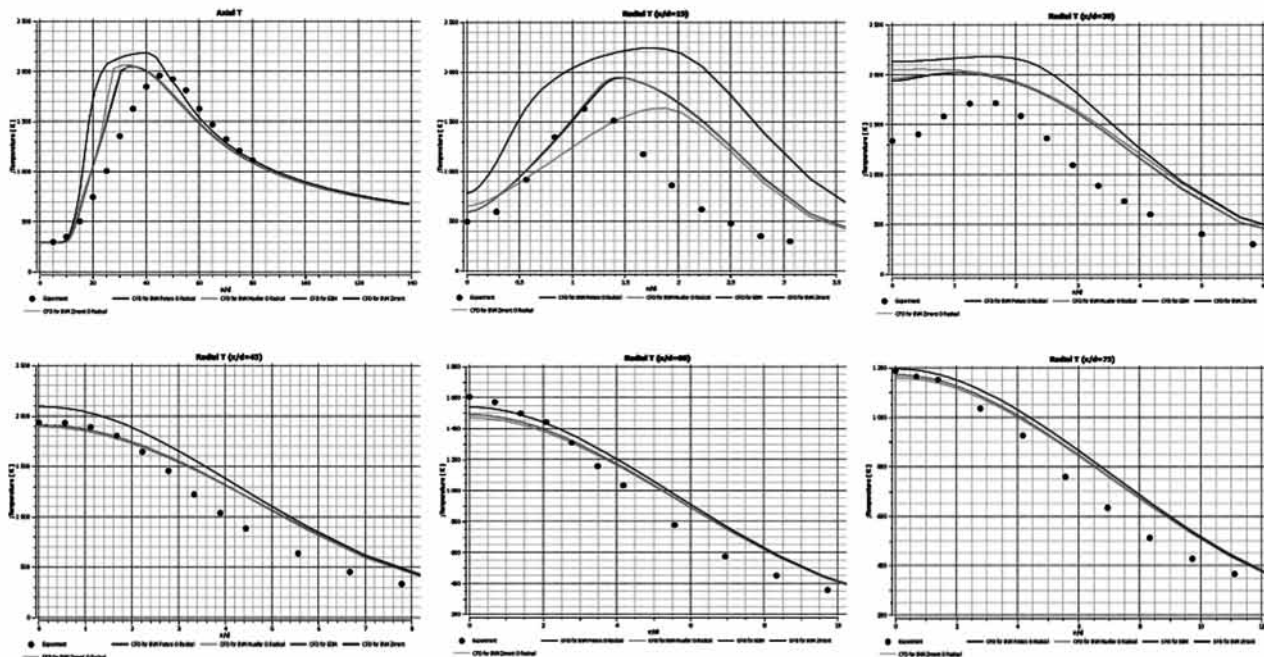


Рис. 9. Осевое и радиальное распределение температуры

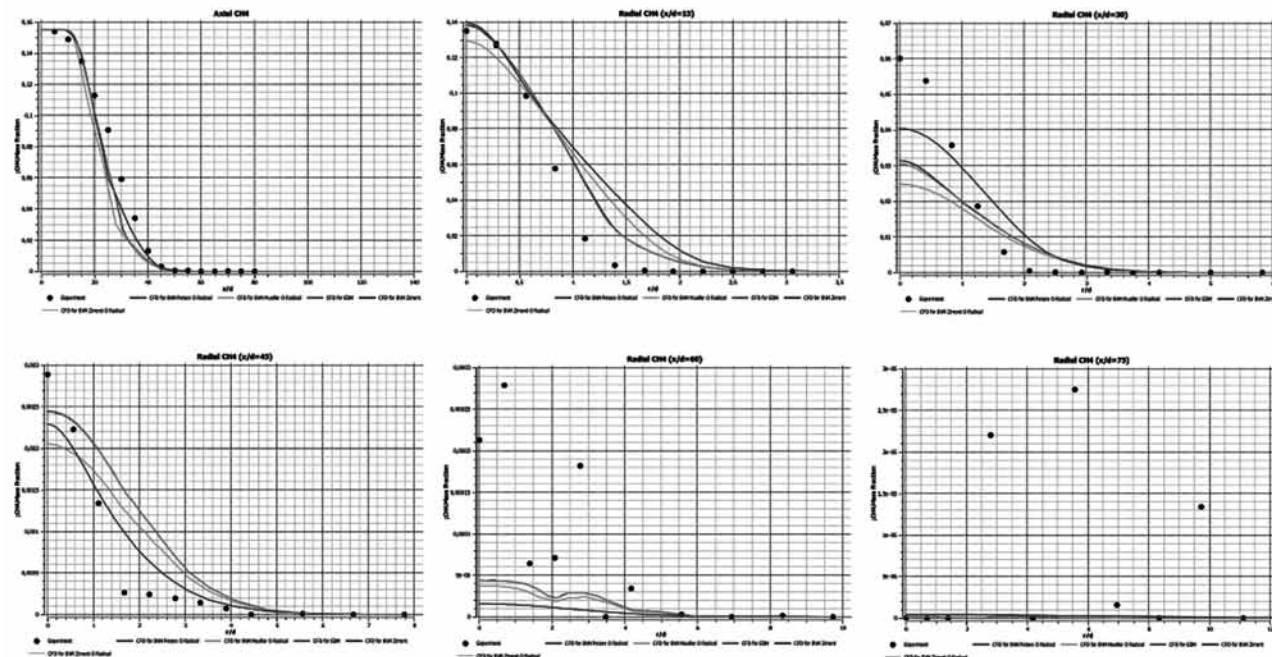


Рис. 10. Осевое и радиальное распределение массовой фракции CH_4

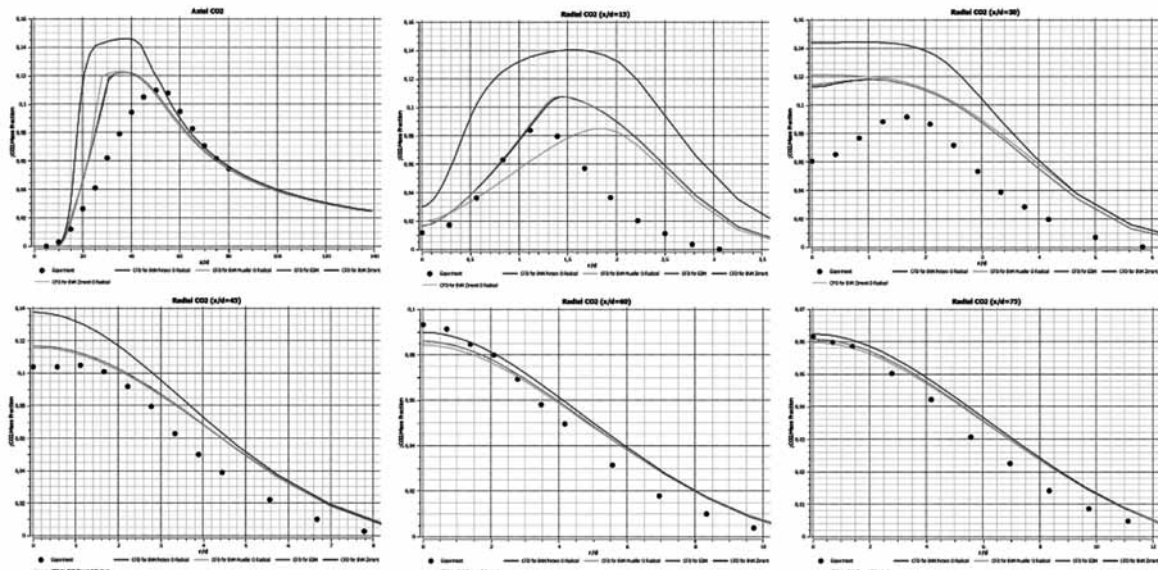


Рис. 11. Осевое и радиальное распределение массовой фракции CO_2

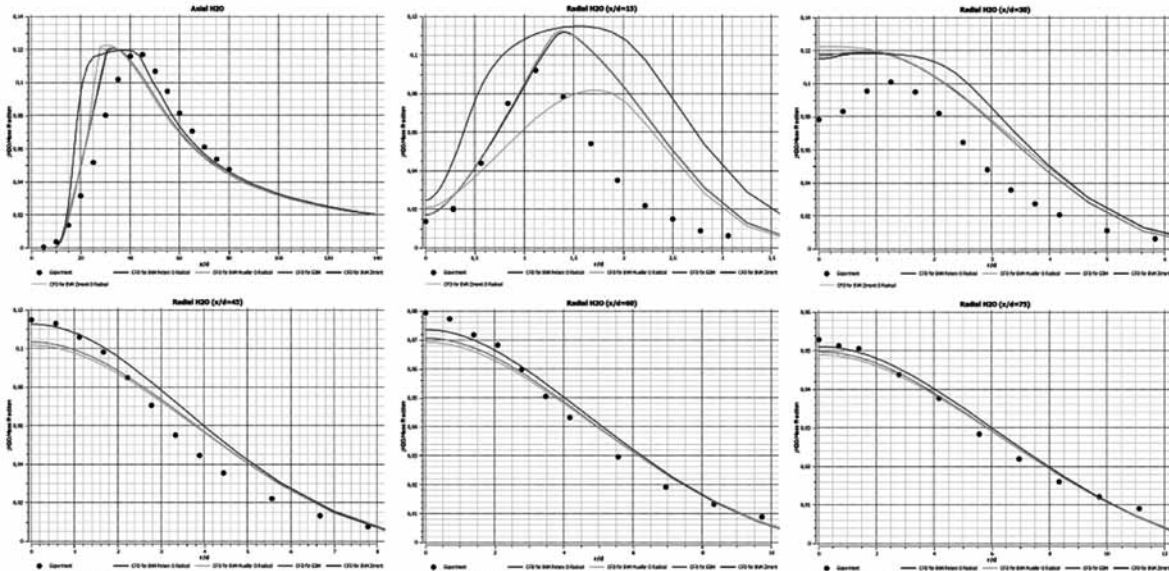


Рис. 12. Осевое и радиальное распределение массовой фракции H_2O

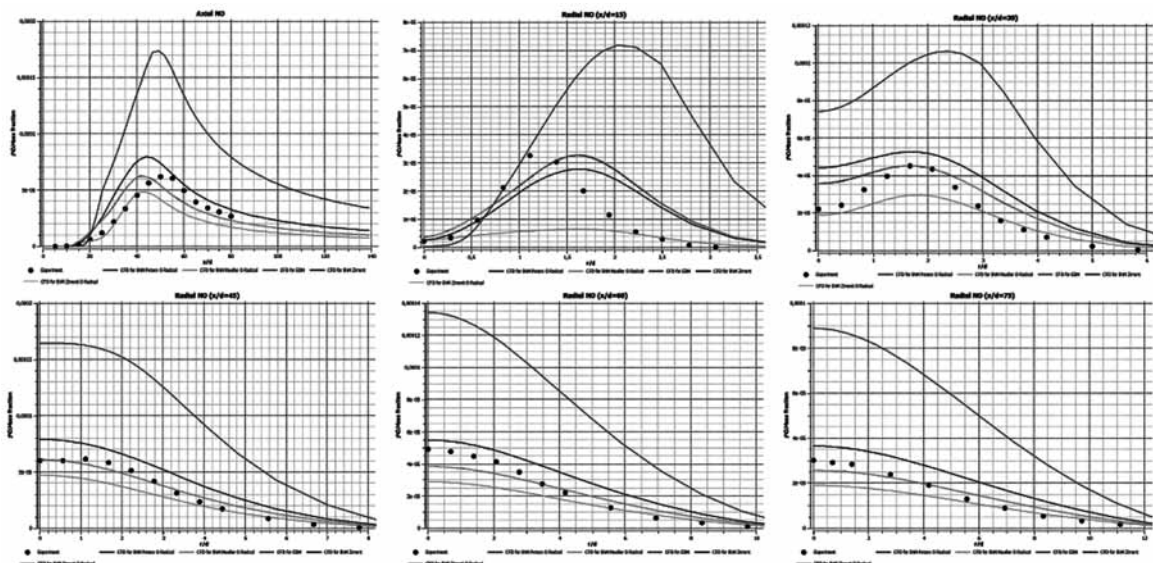


Рис. 13. Осевое и радиальное распределение массовой фракции NO_x

Заключение

Рассмотрены модели EDM и BVM (Flamelet) с различными корреляциями и константами.

Наиболее качественный результат для EDM даёт конфигурация: Coeff B = 0.5 (включён product-slimiter, в контрольных объёмах присутствуют продукты сгорания, эффект предварительного смешения), Mixing Rate Limit $\epsilon/k = 2500$ [1/s] (стандартный для метана), Chemical Time Scale = $5e-4$ [s] Mixing Time Scale (стандартный), механизм NO – Prompt NO и Thermal NO.

Наиболее качественный результат для BVM модели даёт конфигурация: Turbulent Burning Velocity – Zimont Correlation (критический градиент скорости $gcr = 10000$ [1/s] – стандартный для метана), механизм NO – Prompt NO и Thermal NO Radical (радикал O вычисляется с помощью библиотек Flamelet, а не аппроксимируется из O_2 и температуры). В целом Peters Correlation и Zimont Correlation дают идентичные результаты, Mueller Correlation менее точна. Механизм Thermal NO Radical в сочетании с более точным расчётом температуры и большим количеством продуктов реакции дают более точное

определение NO. Механизм Thermal NO Radical более точен, чем Thermal NO.

Модели Flamelet, разновидностью которых является BVM, дают более точные значения температуры и особенно NO, более стабильны и менее ресурсоёмки, чем EDM, и, как следствие, предпочтительнее. Недостаток – предварительная генерация библиотек Flamelet в CFX RIF.

Обе модели дают осевое смещение максимума температуры факела, более существенное для EDM, независимое от сетки. Вероятные причины – модели турбулентности либо необходимость анализа с более детальными механизмами реакций (FRC, Multi Step).

Литература

1. Barlow R., eds. Sandia National Laboratories. TNF Workshop, <http://www.ca.sandia.gov/TNF>
2. Barlow R., Frank J. Piloted CH₄/Air Flames C, D, E and F–Release 2.1. Sandia National Laboratories. 2007.
3. Perković L., Baburić M., Priesching P., Duić N. CFD Simulation of Methane Jet Burner. Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture. University of Zagreb. Croatia. AVL-AST. Graz, Austria.

О ЧЕТЫРЕЖДЫ ИЗМЕНЕННОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ БЮДЖЕТЕ НА 2015 ГОД И НА ПЛАНОВЫЙ ПЕРИОД 2016–2017 ГОДОВ

ABOUT THE FOUR TIMES AMENDED FEDERAL BUDGET FOR 2015
AND FOR THE PLANNING PERIOD 2016–2017

Л. И. Пронина,

государственный советник Российской Федерации 2-го класса, доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и финансов общественного сектора ИГСУ РАНХиГС при Президенте Российской Федерации

В статье рассмотрены изменения в федеральном бюджете на 2015 г. и на плановый период 2016–2017 гг. А также основные макроэкономические показатели исполнения федерального бюджета в 2015 г. по данным Росстата, Федерального казначейства и Счетной палаты Российской Федерации и параметры базового сценария экономического развития, представленного в прогнозе Минэкономразвития России.

Ключевые слова: федеральный бюджет, экономика, социально-экономическое развитие, ВВП, финансы, инфляция

L. I. Pronina,

State Councilor of the Russian Federation of the 2nd class, Doctor of Economics, Professor of Economics and Public Finance, RANEPA (Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration)

The article considers changes in the Federal budget for 2015, and for the planned period of 2016–2017 as well as the main macroeconomic indicators of the Federal budget in 2015, according to Rosstat (Russian Federation Federal State Statistics Service), the Federal Treasury and the Accounts Chamber of the Russian Federation, and the parameters of the baseline scenario of economic development, presented in the forecast of Ministry of Economic Development.

Keywords: Federal budget, economy, socio-economic development, GDP, finance, inflation

Принят и вступил в силу в июле 2015 г. Федеральный закон от 13.07.2015 № 211-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О федеральном бюджете на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов» (далее – Федеральный закон № 211-ФЗ, а также Закон).

Отметим, что основные характеристики федерального бюджета на 2015 г. устанавливались четыре раза – последовательно Федеральными законами № 216-ФЗ, № 349-ФЗ, Федеральным законом от 1 декабря 2014 г. № 384-ФЗ «О федеральном бюджете на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов» (в 2013–2014 гг.) (далее – Федеральный закон № 384-ФЗ) и Федеральным законом от 20 апреля 2015 г. № 93-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О федеральном бюджете на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов № 93-ФЗ» (в 2015 г.). При этом ВВП, нор-

мативная величина Резервного фонда, а также верхний предел государственного внешнего долга указанными федеральными законами уменьшались.

Данное обстоятельство объективно обусловлено состоянием экономики. Так, объемы выпуска продукции и оказания услуг в базовых отраслях экономики России (сельское хозяйство, промышленное производство, строительство, грузооборот, розничная и оптовая торговля) в мае 2015 г. падали рекордными за последние шесть лет темпами. Как следует из опубликованного 1 июля 2015 года доклада Росстата, в мае 2015 г. выпуск продукции и услуг по базовым видам экономической деятельности сократился в годовом исчислении на 6,8%. Так сильно индекс не падал с сентября 2009 г. – тогда он сократился сразу на 7,6%.

Планом первоочередных мероприятий по обеспечению устойчивого развития экономики и со-

циальной стабильности в 2015 г., утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 января 2015 г. № 98-р (антикризисный план – далее План), в 2015 г. планируется реализовать 60 мероприятий, направленных на обеспечение устойчивого развития экономики и социальной стабильности в период наиболее сильного влияния неблагоприятной внешнеэкономической и внешнеполитической конъюнктуры.

По оценке Счетной палаты Российской Федерации, сформированной с учетом информации, представленной Минэкономразвития России, по состоянию на 10 июня 2015 г. выполнены 25 пунктов Плана (41,7%), выполнены частично 26 пунктов Плана (43,3%), не выполнены 7 пунктов Плана (11,7%). Срок выполнения двух пунктов Плана (3,3%) до настоящего времени не наступил.

В этих условиях необходимо обеспечивать выполнение публичных нормативных обязательств, о чем неоднократно заявляли Президент Российской Федерации В. В. Путин и Председатель Правительства Российской Федерации Д. А. Медведев.

В частности, в вопросе индексации социальных выплат нужно исходить как из финансовых возможностей, так и из ожиданий людей, заявил Д. А. Медведев: «Мы, с одной стороны, должны выполнять наши социальные обязательства, а с другой стороны, избегать популистских обещаний» (цитата из сообщения ИА «Интерфакс»). Ситуация в экономике сложная, внешняя конъюнктура неблагоприятная, финансовые рынки закрыты, товарные – ограничены.

Следует иметь в виду, что Правительством Российской Федерации рассмотрен и одобрен в целом проект Федерального закона «О федеральном бюджете на 2016 год и плановый период 2017 и 2018 годы». В нем социальные вопросы решаются следующим образом. Социальный блок правительства настаивает на сохранении индексации пенсий по инфляции (на 11,9, 7,0 и 8,4% в 2016, 2017 и 2018 гг. соответственно). По оценкам Минфина России, это требует дополнительных 3,1 трлн руб. (с учетом прочих социальных выплат – 3,5 трлн руб.), из-за этого прочие расходы придется сократить на 8–20%. Но проблема еще в том, что при такой индексации доля социальных расходов вместе с расходами на оборону вырастет с 50 до 75%. По мнению Минфина России, при такой структуре бюджета придется отказываться от финансирования целых направлений. В связи с этим предложение Минфина России – индексировать пенсии и социальные выплаты на инфляцию, предусмотренную Федеральным законом от 1 декабря 2014 г. № 384-ФЗ «О федеральном бюджете на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов» на 5,5% в 2016 г., на 4,5% в 2017 г., а в 2018 г. – на

уровень целевой инфляции 4%. Это позволит обойтись сокращением прочих расходов на 2,5%. Вместе с сокращением индексации пенсий Минфин России предложил не повышать зарплаты госслужащим и военным, заморозить индексацию материнского капитала. Вторая статья экономии – 2,4 трлн руб. по госпрограммам, 10% сокращение которых Минфин России предлагает продлить еще на три года. Проект федерального бюджета на 2016–2018 гг. предусматривает оптимизацию и оборонных расходов, но «несколько меньше» чем на 10%.

Такой многоцелевой блок проблем, которые необходимо решать в период 2016–2018 гг., вызывает необходимость обеспечения «финансовых тылов» в 2015 г. и создание резервов на следующую трехлетку.

В этих целях был принят Федеральный закон № 211-ФЗ, подготовленный с учетом результатов исполнения федерального бюджета за январь–апрель 2015 г., а также на основе ожидаемых итогов социально-экономического развития Российской Федерации в 2015 г. и ожидаемого исполнения федерального бюджета в 2015 г.

Рассмотрим основные макроэкономические показатели исполнения федерального бюджета в 2015 г., используя данные Росстата, Федерального казначейства и Счетной палаты Российской Федерации.

По состоянию на 1 июня 2015 г. федеральный бюджет исполнен с дефицитом в размере 1048,2 млрд руб. (1,4 % ВВП) при годовом дефиците, утвержденном Федеральным законом № 384-ФЗ (с изменениями), в размере 2675,3 млрд руб. (3,7% ВВП).

Финансирование дефицита федерального бюджета в основном обеспечено за счет использования средств Резервного фонда в объеме 500,0 млрд руб. и средств во временном распоряжении (68,8 млрд руб.), средств бюджетных и автономных учреждений (458,0 млрд руб.), средств бюджетов государственных внебюджетных фондов Российской Федерации (442,3 млрд руб.), а также сальдо финансовых активов в федеральной собственности за счет средств федерального бюджета, размещенных на банковских депозитах (293,4 млрд руб.).

При этом совокупный объем средств Резервного фонда в рублевом эквиваленте за отчетный период уменьшился с 4945,5 млрд до 4039,3 млрд. руб. (на 906,2 млрд руб., или на 18,3%) в связи с решением о направлении средств Резервного фонда на замещение не поступающих в ходе исполнения федерального бюджета в 2015 г. доходов федерального бюджета и источников финансирования дефицита федерального бюджета, а также курсовой разницы, образовавшейся в результате переоценки средств на счетах в Банке России.

Отметим, что совокупный объем средств Фонда национального благосостояния (ФНБ) в рублевом

эквиваленте уменьшился с начала года на 369,6 млрд руб., или на 8,4% (с 4388,1 млрд до 4018,5 млрд руб.).

Эффективность финансовой системы в значительной мере зависит от состояния региональных и местных бюджетов. Наибольшее значение имеет исполнение консолидированных бюджетов субъектов Российской Федерации (с учетом местных бюджетов) по состоянию на 1 июня 2015 г. – по доходам в сумме 3848,3 млрд руб. (44,5% прогноза на 2015 год) или с увеличением к соответствующему периоду прошлого года на 10,2%. Расходы исполнены в сумме 3308,8 млрд руб. (34,4% планового показателя на 2015 г.), что на 3,7% больше соответствующего периода прошлого года. Профицит консолидированных бюджетов субъектов Российской Федерации по состоянию на 1 июня 2015 г. составил 539,5 млрд руб. (в соответствующем периоде 2014 г. – 300,8 млрд руб.).

При этом с профицитом исполнены бюджеты 49 регионов, с дефицитом – 35, у одного субъекта бюджет бездефицитный (в соответствующем периоде 2014 г. – 52, 32 и 1 соответственно). Таким образом, по сравнению с 2014 г. число регионов с профицитным бюджетом уменьшилось на 3, а с дефицитным бюджетом соответственно на 3 выросло.

Наибольший объем профицита сложился в Сахалинской области – 143,0 млрд руб. (в 2,1 раза больше соответствующего периода прошлого года), что составляет 26,5% общего объема профицита консолидированных бюджетов субъектов Российской Федерации. В Сахалинской области наблюдается наибольший процент исполнения по доходам к прогнозу на год – 131,2% (за счет поступлений налога на прибыль организаций при выполнении соглашений о разделе продукции, заключенных до вступления в силу Федерального закона «О соглашениях о разделе продукции, что связано в основном с ростом курса доллара США по отношению к рублю с 37,7 до 56,8 руб.) при низком исполнении расходов – 23,6% планового показателя на 2015 г.

Таким образом, профицит консолидированных бюджетов субъектов Российской Федерации сложился в основном под воздействием внешних факторов, а не за счет повышения эффективности бюджетных расходов.

В связи с этим при принятии Закона во втором чтении (02.07. 2015) в Постановлении Госдумы Российской Федерации «О проекте федерального закона № 812432-6 «О внесении изменений в Федеральный закон «О федеральном бюджете на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов» было рекомендовано Правительству Российской Федерации:

– в целях оперативного оказания дополнительной финансовой помощи бюджетам субъектов Российской Федерации, оказавшихся в сложной финан-

совой и экономической ситуации, в максимально короткие сроки подготовить предложения по пересмотру подходов к заключению соглашений с регионами по предоставлению бюджетных кредитов исходя из обеспечения их доступности и внести их на рассмотрение трехсторонней комиссии по вопросам межбюджетных отношений;

– в ходе исполнения федерального бюджета в 2015 г. рассмотреть вопрос о компенсации бюджетам субъектов Российской Федерации выпадающих доходов за 2014 год в связи с созданием консолидированных групп налогоплательщиков, а при подготовке проекта федерального бюджета на 2016 г. и на плановый период 2017 и 2018 гг. предусмотреть средства на компенсацию бюджетам субъектов Российской Федерации выпадающих доходов за 2015 г. в связи с созданием консолидированной группы налогоплательщиков.

На фоне вышеприведенных данных полагаем более реалистичным базовый вариант в сценарных условиях развития событий в российской экономике в 2016–2018 гг.: вариант 1 (базовый) и вариант 2 (оптимистичный).

Рассмотрим основные параметры базового сценария экономического развития, представленного в прогнозе Минэкономразвития России (см. таблицу).

Таблица

**Основные параметры базового
сценария экономического развития
Российской Федерации**

Показатели	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Цена на нефть Urals, долларов США за баррель	50	60	65	70
Темп роста ВВП, %	–2,8	2,3	2,3	2,4
Инфляция (декабрь к декабрю), %	11,6	7,0	6,3	5,1
Курс доллара, рублей за доллар США	60,0	56,8	54,5	53,2
Чистый отток капитала, млрд. долларов США	110,0	70,0	60,0	55,0
Рост инвестиций в основной капитал, %	89,4	103,1	102,3	103,2

Источник: прогноз социально-экономического развития на 2016–2018 годы.

При этом, по оценке Минэкономразвития России, восстановление экономического роста хотя и приведет к росту доходов бюджета, но не обеспечит его бездефицитность и потребует расходования значительной части Резервного фонда даже в условиях сокращения расходов федерального бюджета в реальном выражении на 5%.

Вместе с тем, по мнению Счетной палаты Российской Федерации, недостаточна надежность про-

гнозируемых значений макроэкономических показателей по базовому варианту для расчетов на перспективу в связи с постоянно меняющимися показателями прогноза, что может привести к не-однократной (в течение текущего года) корректировке основных показателей прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на 2016–2018 гг. и усложнению процесса формирования проекта федерального бюджета на 2016 год и на плановый период 2017 и 2018 гг.

При этом существуют риски более существенного снижения по сравнению с представленными в сценарных условиях темпов роста ВВП (97,2% – по варианту 1 и 97,5% – по варианту 2), что связано с прогнозируемым достаточно существенным падением инвестиционного спроса (на 10,6% – по варианту 1 и на 8,7% – по варианту 2) и потребительского спроса (на 8,2% – по варианту 1 и на 8,1% – по варианту 2) при сохранении прогнозируемой цены на нефть марки «Юралс» в 2015 году на уровне 50 долларов США за баррель.

Риски более значительного снижения динамики экономического роста в России в текущем году по сравнению с предлагаемой в сценарных условиях отражены также в прогнозах ряда международных организаций, банков, инвестиционных и исследовательских компаний, осуществляющих мониторинг и прогноз экономического развития мировой экономики и отдельных стран. Так, в соответствии с прогнозом Мирового банка, опубликованном в Докладе об экономике России № 33, апрель 2015 г., снижение реального ВВП России в 2015 г. может составить 3,8%.

Следует иметь в виду, что Закон не предусматривает изменение основных характеристик федерального бюджета на 2015 г., утвержденных Федеральным законом № 384-ФЗ, то есть показатели на плановый период 2016 и 2017 гг. не изменяются. Нормативная величина Резервного фонда, определяемая согласно статье 96 Бюджетного кодекса Российской Федерации исходя из 7% уточненного прогноза объема ВВП на 2015 г., не изменяется.

Закон предусматривает внесение изменений в Федеральный закон № 384-ФЗ в части перераспределения бюджетных ассигнований, утвержденных на 2015 г., в общей сумме 25 580,4 млн руб.

Так, Правительством Российской Федерации принято решение о направлении бюджетных ассигнований, предусмотренных на финансирование реализации первоочередных мероприятий по обеспечению устойчивого развития экономики и социальной стабильности в сумме 20 000,0 млн руб. на предоставление федеральному государственному унитарному предприятию «Главное управление

специального строительства по территории Дальневосточного федерального округа при Федеральном агентстве специального строительства» субсидии из федерального бюджета на финансовое обеспечение расходов на реализацию мероприятий, связанных с завершением в 2015 г. строительства объектов космодрома «Восточный», предназначенных для запуска космического аппарата ракетой-носителем «Союз-2». Однако, по мнению Счетной палаты Российской Федерации, направление из «антикризисного» фонда бюджетных ассигнований на реализацию мероприятий, связанных с завершением строительства космодрома «Восточный», непосредственно не связаны с антикризисными целями.

Следует отметить, что согласно положениям Федерального закона № 384-ФЗ бюджетные ассигнования «антикризисного» фонда могут быть направлены на финансовое обеспечение реализации по решениям Правительства Российской Федерации первоочередных мероприятий по обеспечению устойчивого развития экономики и социальной стабильности, а также мер по оказанию гуманитарной помощи населению иностранных государств.

В целях реализации данного решения увеличены бюджетные ассигнования, зарезервированные на сумму 20 062,6 млн руб. за счет уменьшения бюджетных ассигнований по подпрограмме «Создание обеспечивающей инфраструктуры космодрома «Восточный» федеральной целевой программы «Развитие российских космодромов на 2006–2015 годы» с учетом продления ее действия на 1 год и завершения в 2016 г. строительства объектов, финансирование которых будет сокращено в текущем году.

Далее. В целях создания территорий опережающего социально-экономического развития «Надеждинская» и «Хабаровск» бюджетные ассигнования, зарезервированные на реализацию мероприятий государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Дальнего Востока и Байкальского региона», в сумме 169,7 млн руб. направляются на взнос в уставный капитал акционерного общества «Корпорация развития Дальнего Востока» для создания объектов инфраструктуры указанных территорий, которые будут находиться в собственности данного общества.

Кроме того, в связи с увеличением объема кредитных ресурсов, привлекаемых организациями ОПК, увеличен на сумму 1000,0 млн руб. объем субсидии организациям оборонно-промышленного комплекса на возмещение части затрат на уплату по кредитам на осуществление инновационных и инвестиционных проектов по выпуску высокотехнологичной продукции за счет соответствующего уменьшения бюджетных ассигнований по закрытой части.

И наконец, в целях предупреждения банкротства в рамках подпрограммы «Ускоренное развитие оборонно-промышленного комплекса» Государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» увеличен на сумму 174,3 млн руб. объем субсидии стратегическим организациям оборонно-промышленного комплекса за счет соответствующего уменьшения бюджетных ассигнований по закрытой части.

Большое значение имеет также перераспределение бюджетных ассигнований в связи с утверждением Правительством Российской Федерации изменений в паспорта федеральных целевых программ. Закон вносит изменения, затрагивающие финансовое обеспечение реализации 6 госпрограмм, по 13 подразделам, по 8 главным распорядителям, по 4 группам видов расходов на общую сумму положительных перераспределений (открытая часть) на 25 580,5 млн руб., в том числе за счет уменьшения закрытой части расходов федерального бюджета на сумму 1174,3 млн руб.

Увеличение бюджетных ассигнований предусматривается по двум госпрограммам на сумму 3990,3 млн руб., по одной госпрограмме – уменьшение бюджетных ассигнований на сумму 20062,6 млн руб. Таким образом, общее финансовое обеспечение госпрограмм уменьшается на сумму 16072,3 млн руб., или 0,2% годовых бюджетных ассигнований. С учетом изменений бюджетные ассигнования федерального бюджета на реализацию госпрограмм составят 7400608,1 млн руб. (открытая часть).

Из 43 госпрограмм, включенных в перечень, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 ноября 2010 г. № 1950-р (с изменениями), утверждено 39. Не утверждены госпрограммы «Развитие пенсионной системы на 2017–2025 годы», «Обеспечение обороноспособности страны», «Социально-экономическое развитие Крымского федерального округа на период до 2020 года» и «Развитие оборонно-промышленного комплекса». Бюджетные ассигнования на реализацию госпрограммы «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» на 2015 год не предусмотрены.

По состоянию на 1 июня 2015 г. расходы на реализацию 22 госпрограмм исполнены ниже среднего уровня. По данным Счетной палаты Российской Федерации, на низком уровне исполнены расходы (открытая часть) по следующим госпрограммам: «Социально-экономическое развитие Калининградской области до 2020 года» – 0,4 % показателя сводной росписи с изменениями (в аналогичном периоде прошлого года исполнение составило 0,6%), «Со-

циально-экономическое развитие Дальнего Востока и Байкальского региона» – 5% (0,7%), «Развитие Северо-Кавказского федерального округа» на период до 2025 г. – 7,7% (8,3%), «Энергоэффективность и развитие энергетики» – 15,2% (36,3%), «Экономическое развитие и инновационная экономика» – 20,9% (26,1%), «Развитие авиационной промышленности на 2013–2025 годы» – 21,9% (39,2%), «Космическая деятельность России на 2013–2020 годы» – 24,1% (26,2%), «Развитие транспортной системы» – 25,1% (27,1%).

Таким образом, на низком уровне исполнены расходы в отношении более половины госпрограмм (56%), что свидетельствует о недостаточной эффективности программного метода планирования.

Положительным моментом является то, что в соответствии с Законом осуществлено некоторое увеличение расходов на социальные выплаты. Так, установлено увеличение бюджетных ассигнований в 2015 г. в сумме 2816,0 млн руб. для обеспечения осуществления полномочий Российской Федерации по предоставлению мер социальной поддержки граждан, подвергшихся воздействию радиации, в полном объеме.

В связи с этим вносятся изменения в распределение субвенций на осуществление переданных с 2015 г. Федеральным законом от 22 декабря 2014 г. № 428-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с совершенствованием разграничения полномочий в сфере социальной поддержки граждан, подвергшихся воздействию радиации» органам государственной власти субъектов Российской Федерации полномочий Российской Федерации по предоставлению отдельных мер социальной поддержки граждан, подвергшихся воздействию радиации. Финансирование выплат ежемесячного пособия по уходу за ребенком в двойном размере до достижения ребенком возраста трех лет гражданам, подвергшимся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, получавшим их по месту работы, вместо органов Федерального казначейства осуществляется с 2015 г. органами социальной защиты населения.

Невозможно недооценить значение перераспределения бюджетных ассигнований между подразделами федерального бюджета на 2015 год. Законом предусмотрены изменения бюджетных ассигнований по 13 подразделам, из которых по двум подразделам («Органы юстиции» и «Социальное обеспечение населения») бюджетные ассигнования перераспределяются между мероприятиями и не приводят к изменению общего объема расходов по подразделу.

Вместе с тем предусмотрено уменьшение бюджетных ассигнований по пяти подразделам на об-

щую сумму 21 566,7 млн руб., в том числе по подразделам: «Другие вопросы в области национальной экономики» – на 15 928,8 млн руб., или на 2,8%, «Жилищное хозяйство» – на 4308,1 млн руб., или на 8,3%, «Коммунальное хозяйство» – на 669,8 млн руб., или на 3,7%, «Другие вопросы в области образования» – на 633,9 млн руб., или на 7,5%, «Прикладные научные исследования в области охраны окружающей среды» – на 26,1 млн руб., или 4,5%.

Особенно беспокоит уменьшение объема бюджетных ассигнований по разделу «Жилищно-коммунальное хозяйство» на сумму 4977,9 млн руб. Это связано с уменьшением объемов бюджетных ассигнований по подразделам «Жилищное хозяйство» на 4308,08 млн руб. в связи с продлением ФЦП «Развитие российских космодромов на 2006–2015 годы» госпрограммы «Космическая деятельность России на 2013–2020 годы» на один год и завершением в 2016 г. строительства объектов, финансирование которых будет сокращено в текущем году, и «Коммунальное хозяйство» – на 669,78 млн руб. в связи с утверждением Правительством Российской Федерации изменений в паспорт федеральной целевой программы развития Калининградской области на период до 2020 г.

По разделу «Образование» увеличены бюджетные ассигнования по подразделам «Дошкольное образование» на 991,0 млн руб. и «Общее образование» – на 112,7 млн руб., однако уменьшены бюджетные ассигнования по подразделу «Другие вопросы в области образования» на 633,9 млн руб. Данные изменения связаны с утверждением Правительством Российской Федерации изменений в паспорт федеральной целевой программы развития Калининградской области на период до 2020 год.

Как видим, осуществлено перераспределение бюджетных ассигнований с социальных отраслей в пользу космической отрасли и программы развития Калининградской области на период до 2020 г.

Кроме того, уменьшены бюджетные ассигнования по группам видов расходов «Бюджетные инвестиции» и «Закупка товаров, работ и услуг для государственных нужд» и увеличены бюджетные ассигнования по группам видов расходов «Межбюджетные трансферты» и «Иные бюджетные ассигнования».

В условиях экономического кризиса важно использовать элементы структурной перестройки экономики, а также создавать новые механизмы повышения ее эффективности. В частности в этих целях в 2014 г. был принят Федеральный закон от 29.12.2014 № 473-ФЗ «О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации» (далее – Федеральный закон № 473-ФЗ), который вступил в силу в начале 2015 г.

Указанный Закон нацелен на осуществление взноса в уставный капитал акционерного общества «Корпорация развития Дальнего Востока» в объеме 169,7 млн руб. за счет зарезервированных в рамках госпрограммы «Социально-экономическое развитие Дальнего Востока и Байкальского региона» бюджетных ассигнований в целях создания территорий опережающего социально-экономического развития «Надеждинская» и «Хабаровск» (далее – ТОР), которые будут находиться в собственности указанного общества.

По данным Счетной палаты Российской Федерации, в действующей редакции госпрограммы создание объектов инфраструктуры ТОР не предусмотрено, показатели (индикаторы) и иные критерии, характеризующие эффективность использования средств федерального бюджета, направляемых на создание объектов инфраструктуры ТОР, отсутствуют.

При этом постановления Правительства Российской Федерации о создании в Дальневосточном федеральном округе ТОР не утверждены. Также не согласован вопрос о минимальном объеме капитальных вложений резидентов ТОР «Комсомольск», «Хабаровск» и «Надеждинский». Минэкономразвития России считает, что установление минимального объема капитальных вложений резидентов ТОР в размере 500 тыс. руб. нивелирует данный критерий, с чем согласна Счетная палата Российской Федерации.

Таковы некоторые из последних корректировок федерального бюджета на 2015 г. и на плановый период 2016 и 2017 гг. Полагаем, что они не будут последними, в частности, из-за незапланированного спада экономики, который составил, по данным Росстата, в I квартале 2015 г. 2,2%, во II квартале – 4,6% в противовес прогнозу Минэкономразвития России на 2015 г. – 2,8%.

Литература

1. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с совершенствованием разграничения полномочий в сфере социальной поддержки граждан, подвергшихся воздействию радиации: Федеральный закон от 22.12.2014 № 428-ФЗ.
2. О внесении изменений в Федеральный закон «О федеральном бюджете на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов: Федеральный закон от 13.07.2015 № 211-ФЗ.
3. О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации: Федеральный закон от 29.12.2014 № 473-ФЗ.
4. О федеральном бюджете на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов: Федеральный закон от 01.12.2014 № 384-ФЗ.
5. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 11.11.2010 № 1950-р.

НОВЫЕ ПАРАДИГМЫ В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ

NEW PARADIGMS IN EDUCATION

А. О. Блинов,

академик РАН, доктор экономических наук, профессор кафедры общего менеджмента Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Москва

О. С. Рудакова,

доктор экономических наук, профессор кафедры банков и банковского менеджмента Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Москва

В нынешней экономической ситуации образование следует рассматривать как стратегический приоритет над всеми без исключения сферами деятельности государства. Человек, обладающий разноплановыми знаниями, лучше решает сложные задачи. В статье рассмотрены аспекты системы образования, нацеленной на формирование нового поколения профессиональных кадров.

Ключевые слова: образование, государство, модель обучения, знания, интеллектуализация

A. O. Blinov,

Academician of Russian Academy of Natural Sciences (RAEN), Doctor of Economic Sciences, Professor, Department of General management, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow

O. S. Rudakova,

Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of banks and banking management, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow

In the current economic situation education should be seen as a strategic priority over all spheres of state activity. People possessing various kinds of knowledge, better solve complex tasks. The article discusses the aspects of the education system, aimed at forming a new generation of professionals..

Keywords: education, government, security, management, personnel, partnership model, knowledge, intellectualization

Развитие человеческого капитала является важным фактором построения экономики инновационного типа. Назрела необходимость в формировании нового поколения профессиональных кадров, способных обеспечить технологическое и организационное обновление экономики. В этой связи следует сделать вывод о том, что безопасность России и успех экономических преобразований будет определяться наличием качественно новой рабочей силы, а не количественными параметрами подготовки кадров. Необходимо повышение профессионального и квалификационного уровня работающих.

Стратегия интеллектуализации общественного труда в экономически развитых странах Запада возведена в ранг государственной политики и реализуется по трем направлениям:

1) творческий труд утверждается в качестве содержания деятельности работников высшего

профессионального уровня (работники профессий преимущественно творческого типа: специалисты, административно-управленческий персонал, рабочие высшей квалификации, фермеры и др. – в США, ФРГ, Великобритании составляют от 40 до 50% от общей численности занятых);

2) в профессиях, для которых в целом характерен полушаблонный тип деятельности, закрепляются элементы творчества (частично административно-вспомогательный и торговый персонал, работники сферы услуг, в индустриально развитых странах работники такого типа составляют от 25 до 35% всех занятых);

3) минимизируется неквалифицированная физически нетяжелая шаблонная работа среди рабочих средней и низкой квалификации, работников услуг аналогичного уровня (эта группа в индустриально развитых странах в настоящее время

составляет от 20 до 30% от общей численности занятых).

Сегодня уже трудно кого-либо удивить утверждением, что материальные ресурсы предприятия не имеют решающего значения, а главным преимуществом компании является способность к быстрой адаптации к требованиям рынка и продвижению новых продуктов, опережая конкурентов. Такие возможности, обеспечивающие конкурентоспособность предприятия, может дать система развития персонала. В настоящее время четко обозначился увеличивающийся разрыв между потребностями рынка и квалификацией кадров, который приводит к быстрому старению знаний.

В этих условиях обновление знаний и умений, подготовка и переподготовка становятся главными факторами повышения конкурентоспособности индивида, организации, нации. Не случайно исследователи заговорили о том, что в современном обществе на первый план выступает деление людей на образованных и необразованных. Современный уровень развития техники и технологий, в свою очередь, на первый план выдвигает требование высокой квалификации и профессионализма работников.

Важно учитывать также то, что за последние десятилетия кардинально изменилась система генерации и передачи знаний, а объем возрос многократно. Сегодня нельзя однократно, даже в течение 5 или 6 лет, подготовить человека к профессиональной деятельности на всю жизнь. Подсчитано, что ежегодно обновляется 5% теоретических и 20% профессиональных знаний.

Современный специалист должен быть готов быстро адаптироваться к новым условиям труда, осваивать новые технологии, быть готовым к непрерывному восприятию все большего объема знаний, т.е. учиться на протяжении всей жизни.

Идея «обучения в течение всей жизни» возникла на Западе еще в конце 1970-х – начале 1980-х гг. В среднем в западном обществе специалисту, длительное время находящемуся в одной профессиональной нише, приходится не реже чем раз в три года обновлять свою квалификацию. До 45% населения задействовано в различных дополнительных образовательных программах.

Единица измерения устаревания знаний специалиста, принятая в США, – период «полураспада» компетентности, т.е. снижения ее на 50% в результате появления новой информации, показывает, что по многим профессиям этот период наступает менее чем через 5 лет, т.е. применительно к нашей системе раньше окончания обучения. Решение проблемы видится в переходе на пожизненное образование, где базовое образование периодически должно допол-

няться программами дополнительного образования, а базовое организуется не как конечное, завершенное, а лишь как основа, фундамент.

Эксперты ЮНЕСКО выделяют три значимых компонента в мировых процессах изменения высшего образования:

1. В течение сорока последних лет XX столетия наблюдался рост студентов.
2. Процессы глобализации и унификация, происходящие во всех сферах, развитие средств телекоммуникаций привели к открытости и вариативности образования.
3. Существенный рост расходов государства на высшее образование в течение последних 20 лет наблюдается во всех странах мира.

Экономическое развитие требует повышения качества подготовки специалистов. А образование имеет стратегический приоритет над всеми без исключения сферами деятельности государства. Система образования в прямом смысле слова формирует личность, образ жизни, играет решающую роль в формировании нового поколения профессиональных кадров. Экономический кризис показал низкий уровень компетенции большей части персонала российских компаний. Проблемой является не дефицит неких навыков, а общая слабость интеллектуально-психологической подготовки сотрудников. Продолжительное время не приветствовалась эрудиция, предпочтение отдавалось специалистам узкого профиля, не обладающим «посторонними» знаниями, не одобрялась склонность работников к расширению кругозора. Слабость и бессистемность образования персонала привели к снижению способностей менеджмента и технических кадров к творческому мышлению. Снижение интеллектуального уровня работников чревато в новых хозяйственных условиях серьезными проблемами как для предприятий, так и для государства.

Необходимость интеллектуализации образования определяется тремя основными факторами: 1 – ролью образования в развитии российского общества; 2 – соответствием российского образования тенденциям мирового развития; 3 – новыми социальными требованиями к системе российского образования.

Первый фактор связан с необходимостью формирования нового качества экономики и общества. Интеллектуализация образования направлена на достижение соответствия образования потребностям глобальной экономики, основанной на знаниях. Человек, обладающий разноплановыми знаниями, лучше решает сложные задачи.

Второй фактор требует преодоления отставания страны от общемировых тенденций в экономиче-

ском и общественном развитии, к которым можно отнести следующие:

- возрастание значимости человеческого капитала, который составляет 70–80% национального богатства в развитых странах, что невозможно без интенсивного, опережающего развития образования, причем не только молодежи, но и взрослого населения;
- развитие экономики, рост конкуренции, сокращение сферы малоквалифицированного и неквалифицированного труда;
- постоянная потребность в повышении профессиональной квалификации и переподготовке работников, росте их профессиональной мобильности в связи с глубокими структурными изменениями в сфере занятости;
- расширение возможностей политического и социального выбора, что вызывает необходимость повышения уровня готовности граждан к такому выбору;
- увеличение масштабов межкультурного взаимодействия, переход к информационному обществу привели к тому, что особую важность приобретают толерантность и коммуникабельность;
- рост глобальных проблем, решение которых возможно только путем сотрудничества всего мирового сообщества, а это требует формирования у молодого поколения нового современного мышления.

В качестве третьего фактора выступает задача формирования образованных, нравственных, эрудированных, творческих, предприимчивых людей, способных принимать ответственные решения в ситуации выбора, прогнозируя и возможные последствия, способных к сотрудничеству, обладающих такими качествами, как мобильность, динамичность, конструктивность, развитым чувством ответственности за судьбу страны.

В соответствии с современной моделью образования каждому предоставляется возможность в любой момент обновить свои знания, повысить квалификацию или пройти переподготовку. Выпускник вуза, кроме полученных знаний по узкой профессии, должен на студенческой скамье развить свои способности к обучению на протяжении всей профессиональной жизни, развить способности коммуникации, адаптивности, навыки самосовершенствования, межличностного общения, организационной и групповой эффективности и целый ряд других качеств.

Чтобы повысить качество подготовки трудовых кадров, необходимо поднять качество базисного и дополнительного обучения. К сожалению, допол-

нительное образование, даже самое лучшее, не может заменить образовательной базы.

Современная модель предполагает формирование уже в базовом образовании востребованных на сегодня компетентностей, инновационного поведения. При этом делается акцент на массовость креативных компетентностей и на массовую готовность к переобучению. Это требует обновления содержания и технологий обучения на всех уровнях базового образования с целью создания конкурентоспособного специалиста, что предполагает реализацию гибких индивидуальных образовательных программ.

Инновационные образовательные программы должны предусматривать применение новых образовательных технологий, внедрение прогрессивных форм организации образовательного процесса, активных методов обучения.

Современный бизнес делает ставку на творческий потенциал и совершенствование кадров. Так, из опыта американских фирм следует, что каждые 35 тыс. долл., вложенные в образование, приносят прибыль в 1 млн долл.

Конечной целью использования новых технологий в учебном процессе является создание условий для становления и развития личности, обладающей необходимыми профессиональными качествами, способностью к культурной и деловой коммуникации, умеющей критически осмысливать проблемы, принимать решения из ряда альтернатив на основе творческого поиска, выработки у студентов креативного мышления. Так называемое *learning-by-doing* (кейсы, ролевые игры, проектные задания, ситуационные проблемы) позволяет студентам пройти стажировку в бизнес-среде, а сотрудникам организации – повысить квалификацию.

Под активизацией учебно-познавательной деятельности обучаемых понимается целеустремленная деятельность преподавателя, направленная на разработку и использование таких приемов, форм, содержания и средств обучения, которые повышают интерес, самостоятельность, творческую активность студента в усвоении знаний, в формировании умений, навыков их практического применения, а также в формировании способностей прогнозировать ситуацию и принимать самостоятельные решения.

Познавательный интерес является ведущим фактором активизации обучающихся. Профессиональный интерес предполагает применение методов или форм проведения занятий, имитирующих или воспроизводящих профессиональную деятельность обучаемых.

Для активного обучения характерно длительное время вовлечения обучаемых в учебный процесс, самостоятельная творческая выработка решений, по-

вышенная степень мотивации и эмоциональности; постоянное взаимодействие обучаемых и преподавателей посредством прямых и обратных связей. Особенно хотелось бы подчеркнуть, что для такого обучения характерна принудительная активизация мышления – студент должен быть активным независимо от того, желает он этого или нет.

Такой подход позволяет развивать творческие способности, помогает избежать простого принятия существующих знаний, способствует раскрытию потенциальных возможностей личности, помогает адаптироваться в постоянно меняющейся обстановке.

Исследования зарубежных ученых показывают: чтобы соответствовать постоянно меняющемуся современному миру, необходимо прийти к пониманию того, что приобретать знания есть то же самое, что и жить. Необходимо извлекать знания из всего, что делается, любой полученный опыт нужно рассматривать как опыт приобретения знаний. Обучение означает использование всех ресурсов – в учебном заведении или вне его – для личного роста и развития. Люди, берущие на себя инициативу в обучении, узнают больше и учатся лучше, чем те, которые пассивно ждут, чтобы их научили. Культура усвоения знаний замещается культурой поиска, дискуссии и обновления.

Следует отметить, что подходы к обучению, ориентированные на студента, используют способ, с помощью которого приобретаются знания, повышается эффективность обучения путем усиления мотивации, задействуются любопытство и самоинициированное исследование, активизируется творчество. При этом не так важно, в каком секторе экономики он будет работать.

Настоящее самоориентированное обучение или инновационность в обучении крайне редко применяется в российских образовательных учреждениях. Самоориентированный студент должен иметь полный контроль над процессом приобретения знаний под руководством преподавателя.

Вместе с изменением роли студента меняется и роль преподавателя – сегодня он уже не транслятор, а менеджер учебного процесса. Происходит резкое расширение его профессиональной способности выступать консультантом, направлять и оценивать самостоятельную деятельность студентов. Формируется новый образ педагога: это исследователь, воспитатель, консультант, руководитель проектов. В преподавателе начинает цениться способность содействия поиску самого студента. Те, кто будут учить, сами должны многому научиться.

В этой связи возникает необходимость разработки новой модели взаимоотношений преподава-

теля и студента – модели партнерства в овладении и использовании накопленных знаний.

Преподаватели, способные коммуницировать и мотивировать студентов к обучению с помощью новых образовательных технологий, становятся наиболее востребованными. Сейчас проблема обучения преподавателей современным методикам стоит наиболее остро. Часто это проблема психологическая. Дело в том, что профессора, доктора наук не все освоили современные технологии в отличие от молодых преподавателей. Возникает психологический барьер: «стариков» учат «молодые мальчишки».

Чтобы приучить студентов к процессу приобретения знаний в течение всей жизни (если они хотят добиться профессиональных высот), те, кто занимается подготовкой специалистов, должны задуматься о том, как сделать студентов более ответственными по отношению к собственному обучению. И при этом не нужно настаивать, чтобы студенты взяли на себя всю степень ответственности.

Выпускникам вузов необходимо давать именно те знания и навыки, на которые будет предъявлен наибольший спрос на каждом конкретном этапе экономического развития страны. Только в этом случае удастся повысить эффективность от инвестиций в образование. Содержание образования и профессиональной переподготовки должно соответствовать постоянно меняющимся требованиям рынка труда. В этом состоит стратегическая значимость сферы образования для Российского государства.

Непродуманная политика в области образования может нанести непоправимый ущерб развитию страны. Так, по мнению многих специалистов, тестовый характер ЕГЭ окончательно переориентирует систему образования с предоставления знаний и навыков самостоятельного обучения на зазубривание «правильных ответов». Внедряемое в вузах компьютерное тестирование работает на тот же результат.

Значительную часть затрат на образование в России несет государственный бюджет, за счет которого, в основном, реализуются программы подготовки специалистов в соответствии с государственными образовательными стандартами.

В пределах государственного стандарта специалисты должны располагать одинаковой суммой знаний. С одной стороны, это унифицирует подготовку специалистов и создает единое поле для конкуренции вузов. Но с другой стороны, при подготовке специалистов единые унифицированные стандарты не позволяют в полной мере учесть запросы конкретного бизнеса. Несмотря на то, что в рамках стандартов имеется региональный и вузовский компоненты, на которые отведено определенное количество часов

(около 20% времени) и которые остаются на усмотрение учебного заведения для учета потребности отраслей и регионов, этого недостаточно.

Настала необходимость в создании действенного механизма партнерства между государством, наукой и бизнесом в области образования. Новые подходы к финансированию высшего образования должны основываться на диверсификации его источников, под которой понимается процесс совместного инвестирования в образование, осуществляемого частным бизнесом и государством в соответствии с выгодами, получаемыми ими от этих вложений, а также на разработке новых инструментов финансирования, т.е. способов передачи денежных средств от инвесторов – вузам.

Инвестиции в образование не только важный способ наращивания человеческого капитала страны и улучшения перспектив экономического роста. Они имеют и собственную ценность, поскольку образование расширяет кругозор людей, обеспечивает им возможность самореализации, способствует их материальному благополучию и здоровому образу жизни. Поэтому данные о грамотности и уровне образования человека входят в число важнейших показателей качества жизни в стране. Смысл образования – это приобретение и усвоение информации, которая дает дополнительные ресурсы для повышения жизненного потенциала.

Если в России не удастся совершить образовательный рывок, возникнет опасность появления нового вида безработицы, связанного с невозможностью обеспечить работу необразованным, необученным, неквалифицированным, а значит, и не способным к творческой работе кадрам в силу того, что их вытеснят более дешевые средства автоматизации.

Непрерывное образование является одной из характеристик новой модели образования. Должна быть предусмотрена возможность обучения и пере-

обучения в течение всей жизни, возможность освоения тех образовательных модулей, которые необходимы в определенный момент профессиональной карьеры.

В постоянно изменяющихся жизненных условиях никто не может знать абсолютно все, поэтому необходимо формирование обучающегося общества, которое обеспечит существование экономики «знаний». Знание дает возможность его обладателю устроить и свою жизнь, и жизнь общества наилучшим образом, неся ответственность за каждый шаг своей деятельности. Образование в этом отношении является необходимой, сущностной характеристикой человека, поскольку необразованный человек становится попросту социально опасным. Планомерное усреднение и пренебрежение компетентностью ведет к безответственности, принятию ошибочных решений и, как следствие, угрожает безопасности государства.

Литература

1. Блинов А. О. Стратегические задачи страны и развитие высшего образования // *Alma mater «Вестник высшей школы»*. 2011. № 11. С. 6–12.
2. Блинов А. О., Благирева Е. Н., Рудакова О. С. Интерактивные методы в образовательном процессе. К 95-летию Финансового университета при Правительстве Российской Федерации. М., 2014.
3. Науменко Т. В. Деятельностный подход как объяснительный принцип // *Credo new*. 2013. № 1. С. 5.
4. Науменко Т. В. Социальная сфера и ее роль в современном обществе // *Экономика и управление: проблемы, решения*. 2011. № 1. С. 21–31.
5. Парамонова Т. Н., Блинов А. О., Шереметьева Е. Н., Погодина Г. В. Маркетинг активные методы обучения: учебное пособие. М., 2007.
6. Блинов А. О. Рудакова О. С. Инновации в образовании: концепции, проблемы, решения // *Наукоград Наука Производство Общество*. 2015. № 2(4). С. 53–57.

НЕВЕРБАЛЬНЫЙ КОД НАУКОГРАДА

NON-VERBAL CODE OF THE SCIENCE CITY

Д. Б. Просин

Статья посвящена проблемам среды города Протвино, которая органично сочетает техногенные и природные реалии, представляя собой уникальный симбиоз передового наукограда с современной застройкой и заповедных природных мест, благодаря особому пути развития города ставших неотъемлемой его частью. Рассматриваются вопросы сохранения всех классических природных и городских элементов среды Протвино в контексте перспектив развития города как наукограда.

Ключевые слова: Протвино, наукоград, городская среда, природа, культура, развитие, лес, ландшафт, традиции, воспитание, эстетика

D. B. Prosin

The article is dedicated to the topics of cultural environment of Protvino, which provides an example of a very peaceful union of technical and natural backgrounds, making an unique symbiosis of advanced city of science with modern architecture, and natural reserve, which, thanks to very special way of city development, have become an inherent part of the city environment. Among the main topics of the article are problems of maintaining and preservation of all classic natural and urban elements of Protvino environment in the context of future development of the city as a science city

Keywords: Protvino, city of science, city environment, nature, culture, development, forest, landscape, traditions, upbringing, aesthetics

Жизненно важная среда

Город Протвино представляет собой уникальный природно-урбанистический комплекс, все составные части которого обуславливают друг друга. Ни один компонент городской среды, будучи в принципе самоценным, немыслим без остальных изначально присущих городу компонентов. Уникальность пространства наукограда Протвино заключается, среди прочего, в довольно интересном сочетании. С одной стороны, существовал план, чёткий замысел, по которому возводился научный тогда ещё посёлок. С другой стороны, те природные и природно-урбанистические ландшафты, среди которых город вырос, фактически стали уже неотъемлемыми, органичными элементами городской среды. Причём это касается как непосредственно внутригородских пространств, так и тех ландшафтов, которые формально находятся за пределами жилой зоны, но без которых сам город Протвино и его полноценный облик представляются уже немыслимыми.

Имеются все основания считать город Протвино перспективным наукоградом с огромным задёлом для развития научного и кадрового потенциала, в соответствии с профилем города, определённым ещё в советское время. В то же время, чтобы развитие

было всесторонним и полноценным, важнейшей задачей представляется сохранение всего лучшего, что входит в городскую и околгородскую среду. Наилучший вариант событий включает гармоничное сочетание развития города и сохранения его заповедной составляющей.

Существуют официальные признаки города: производственные предприятия, научные центры, статистика промышленных и экономических показателей. Они-то чаще всего и выдаются за подлинную роль города в жизни общества, области и страны. Но сам контекст подобных документов служит приме-



Девятиэтажные башни на улице Московской



Просека (лощина) и высотные дома на Молодёжном проезде.
Вид в сторону улицы Ленина

ром по сути формального, искусственного подхода и не отражает важнейшего определяющего момента в образе жизни и культурно-смысловой самоидентификации того или иного города.

Другая статистика

Что же это за важнейший момент? Прежде всего, это эстетическая и культурная атмосфера города – неуловимый дух его улиц и переулков, колорит окружающих пространств. Иными словами, всё то, что и даёт городу неповторимый образ, причём куда более важный для мировосприятия его жителей и гостей, чем численные показатели статистики и скупые фактологические сведения о его практической роли.

Для всех жителей города среда обитания представляет не всегда осознаваемый, но глубоко укоренённый с детства в подсознании фон, прежде всего ассоциирующийся с образом целостности, безопасности, своего мира, уголка, родного края. Родной город – это оплот стабильности, место, куда всегда хорошо возвращаться и которое хочется всегда видеть таким, каким ты запомнил его с детства. То есть в идеале представляется, что родной край не будет ошарашивать вернувшегося после некоторого отсутствия жителя тотальной перестройкой кварталов, вырубленным знакомым с детства лесом и безликими громадами на месте милых сердцу с первых лет жизни красивых домов.

Эти моменты необходимо учитывать при разработке генеральных планов и замыслов на дальнейшее развитие города. Во внимание следует принимать важность сохранения культуры и всех ценностей, которые подразумевались при создании городского пространства.

Если даже в наши дни считается, что в данном вопросе превалирует экономическая эффективность, то есть все основания полагать подобный подход не вполне справедливым, а в ряде случаев и вовсе ложным, ибо он упускает из виду культурно-эстетический фактор, который влияет на духовное состояние нынешнего и будущих поколений. Без культуры и эстетики невозможно привить ни любовь к своей стране, ни уважение к другим странам, ни чувство

культуры. Ведь любовь к своему народу и дружеское отношение к зарубежным нациям гармонично создаётся при наличии полноценной Родины – страны, области, города, дома. Без сохранения целостности и единства исторического облика городской среды немислимо гармоничное воспитание личности и культурное развитие общества.

А теперь обратимся более конкретно к городской среде наукограда Протвино.

Больше, чем просто соседство

За прошедшие уже более полувека со времён активного строительства научных городов в СССР создан своеобразный неформальный облик городка ученых. Это небольшое городское поселение с современной застройкой, со зданиями в стиле послевоенного советского модерна и, нередко,



Улица Дружбы



Линии электропередачи в восточной части города, известные как «высоковольтка» — одно из любимых мест прогулок протвинцев. Слева — тот самый «протвинский лес», идущий к аэродрому «Дракино»

обычные названия, но для нас они наполнены особым смыслом. Скажем, известная *просека* или *лощина* между Молодёжным проездом и школой № 3, ставшая ещё одной улицей города, а с недавних пор и местом проведения международных музыкальных фестивалей «Джазворот». Или «Пушка», официально именуемая «Рубеж обороны» — мемориал героям Великой Отечественной войны, что находится за прекрасным лесом, простирающимся за автостанцией.

Ну а выражение «*пойти в лес*» чаще всего означает про-

с концептуальными декорациями на их стенах. В научном городке природа и урбанистика чаще всего соседствуют на равных основаниях — деревья и даже островки леса сохраняются прямо во дворах, ветви сосен и берёз заглядывают в окна, а сами города стоят в окружении лесных массивов, красивых опушек, живописных берегов и излучин рек. Новейшие достижения современной технической и научной мысли сочетаются с нетронутой, девственной, архаичной и сказочной природой, на фоне которой так легко воспринимаются народные сказки и песни и в тишине которой так легко познавать все культурные и научные достижения мира.

Именно наукограды стали колыбелью для формирования особой, интеллигентной, интеллектуальной и культурной среды, которая так хорошо знакома большинству жителей Протвино. Потому что всё сказанное выше напрямую относится и к нашему городу.

Народная карта наукограда Протвино, или Без чего нас невозможно представить

Для жителей любого города, помимо официальных карт, существует куда более важная народная карта — *карта личного восприятия городской среды*, характерные местные названия окрестностей и достопримечательностей, заветные уголки, куда ты любишь ходить на прогулку, привычные с детства очертания построек, гряды лесных крон и широкие просторы полей.

В городе Протвино таких мест великое множество и многие из них имеют, вроде бы,

гулку не просто в какой-нибудь лес, а именно **в лес, что расположен между высоковольткой и аэродромом Дракино**. Заветный, любимый не одним поколением протвинцев с детства лес в восточной части Протвино уже стал полноценным кварталом города, и его живые тропинки и нетронутые цивилизацией уголки — истинный дар первозданной природы. Кстати, там всегда много ягод, хотя и посетителей у леса тоже много — но природа хранит себя и остаётся удивительно щедрой.

Собственно, и территория, где проходят линии электропередачи, также давно стала полноценной частью Протвино. Вдоль высоковольтки, между красивыми и высокими мачтами приятно гулять, ощущая себя на грани миров — между городским шумом и тишиной леса. Этот уникальный опыт восприятия знаком каждому протвинцу, и хотя не все это осознают, но подобные места — великий



Окрестности городского озера Карьер

дар для жителей города. Такие территории следует сохранять и беречь, понимая их пусть незапланированную, но ставшую актуальной и насущной ценностью для городской среды Протвино и для полноценного облика города.

Живописнейшие леса примыкают к озеру Карьер – любимому месту отдыха и купания протвинцев. Сам Карьер очень красив, как и его окрестности. Он появился тоже незапланированно, на месте настоящего карьера, в котловане которого природные источники со временем образовали озеро. Сейчас без этого озера немыслимы окрестности Протвино.

Улицы Протвино также представляют собой полноценный музей и живую среду советской концептуальной архитектуры 60–70-х гг.

Типовое, на первый взгляд, здание Дома культуры «Протон» оформлено выразительными абстрактными мозаиками. Авторы панно – Элеонора Жарёнова и Владимир Васильцов, народные художники России, авторы множества монументальных работ в различных городах страны, в том числе в Москве, странах СНГ и за рубежом. Работы Э. Жарёновой хранятся в крупнейших музеях нашей страны, в том числе в Третьяковской галерее и Русском музее.

Панно ДК «Протон» выполнено в технике римской мозаики, известной со времён античности. Обе композиции – «От простого к сложному» (левое крыло) и «Энергия и космос» (правое крыло) – поражают глубиной концептуального замыс-

ла, объёмностью и внутренней многозначностью образов. Эти полотна, преобразившие и сделавшие неповторимым типовое для советского времени здание ДК, стали органичной частью протвинской визуальной среды.

Школы. История с лицеем

Здания протвинских школ с самого начала также оформлялись в художественном, говоря современном языком, креативном духе. Так, здание нынешнего Лицея № 1 (в прошлом средняя школа № 1) с самого начала, в середине 1960-х гг., было украшено живописнейшими, волнующими композициями в технике сграффито. Сюжеты панно были посвящены образам творческой и учащейся молодёжи СССР, устремлению вперёд и ввысь, к свету знаний, к радости созидания, наполнены духом юности, музыки и весны. Автор композиции – выдающаяся советская художница Клавдия Александровна Тугевова (1917–1980), заслуженный художник РСФСР.

Стыдно признать, что по странному недосмотру, по чьему-то недоумию, эти прекрасные картины в 2014–2015 гг. были варварски исковерканы и закрыты типовыми блоками сайдинга под предлогом «утепления» здания. Интересно, что за почти полувековую историю лицея никаких сведений об излишне низкой температуре в его помещениях не было. Кроме того, крайне сомнительной вы-

ДК «Протон» (год создания 1967). Панно «От простого к сложному» выполнено в технике «римская мозаика». Авторы – Элеонора Жарёнова и Владимир Васильцов





Фрагмент композиции в технике сграффито на северном торце спортивного зала Лицея № 1. Автор – К. А. Тугево́ль (1917–1980).
В настоящее время панно варварски заделано сайдингом

глядит технология утепления путём упрощённого одевания в сайдинг внешних стен. Современные технологии позволяют осуществлять подобный ремонт более тонко, изнутри. Кроме того, всегда есть возможность, убрав панно, расширить стены с помощью традиционных, «живых» материалов, а не сайдинга, и поверх нового слоя разместить точную копию первоначального сграффито. Безусловно, такие меры дороже стоят и требуют привлечения художников и специалистов-реставраторов. Но, во-первых, в Протвино проживает более 30 художников, из которых многие – художники-монументалисты, и реставрация панно вроде лицейского – как раз их направление. А во-вторых, есть вещи, экономия на которых приведёт к ещё большим потерям – не денежным, а духовным и культурным, которые всегда намного более болезненны, а главное – невозвратны. К тому же, скорее всего, на призыв сохранить панно наверняка бы откликнулись местные монументалисты и сделали бы эту работу, не стремясь сорвать куш. Но никто не известил общественность о намерении организаторов ремонта пожертвовать этим уникальным арт-объектом. Видимо, они не считали его ценностью.

Поэтому становится актуальными вопрос о выражении активной общественной позиции по поводу столь неудачного ремонта здания и призыв к полноценному восстановлению оригинального исторического облика протвинского Лицея № 1. **Не менее актуальным представляется осуществление общественного мониторинга градостроительной и муниципальной политики с целью сохранения других архитектурных памятников**

и ценностей городской среды, предотвращения их разрушения или повреждения.

Другие школы, строившиеся в Протвино в советские времена, также имеют очень красивое декоративное оформление. На торцах корпусов школы № 2 находятся барельефы, связанные с темой творчества, учения и спорта.

Аналогичного типа лепные барельефы украшают торцы школы № 3. Фасад примыкающей к ней музыкальной школы украшен металлической композицией с фигурами трёх трубачей, созданной выдающимся художником Николаем Станиславским (1940–2013), заслуженным работником культуры г. Протвино. Работы этого же автора украшают фасад

пристройки к ДК «Протон» и площадь перед спорткомплексом «Старт» – высокая стела с флюгером и кораблём, полная романтического и возвышенного мироощущения, соединяющая волны безбрежной стихии и ясную, чёткую вертикаль и вышину.

Весьма интересно архитектурное решение здания школы № 4 с внутренним двориком, по своему стилю и месту расположения вызывающее ассоциации со школами и колледжами Западной Европы.

Международный характер города

Что касается ассоциаций с зарубежными странами, то Протвино имеет вполне практический опыт продуктивной межкультурной коммуникации – с первых дней работы ИФВЭ и запуска ускорителя началось многолетнее международное сотрудничество учёных. Иностранцы специалисты прибыли в Протвино со своими семьями. Поэтому не один десяток детей из Франции, Англии, Швейцарии и Италии провели часть своего детства в нашем городе, а дома на Московской улице, построенные изначально для размещения западноевропейских коллег, так и называются до сих пор «французскими». Такое же название имеют и гаражи, что находятся между улицей Дружбы и второй проходной ИФВЭ. Примерно до середины 2006 г. на въезде в гаражи был виден интересный архитектурный объект – остеклённое здание автозаправки с надписями на русском, английском и французском: «Не курить», «No smoking», «Défense de fumer», оформленное именно в конце шестидесятых годов с учетом присутствия иностранных автомобилистов. Многие из них приехали тогда в Протвино на своих авто-

мобилиях – вольво, ситроенах, рено и других, редких в те времена для СССР моделей. Можно было бы сберечь и восстановить этот прекрасный объект, сохранив стилистику тогдашнего времени – направление «ретро» в наши годы обретает новую жизнь. Но здание вместе со всей площадкой автозаправки предпочли обнести забором, за которым постройка продолжает приходить в упадок. Словно и не было ничего. А оно – было!

Равно как был в Протвино прекрасный Дом учёных – впрочем, это здание стоит и теперь: оригинальная постройка в стиле советского концептуализма конца 1960-х – начала 1970-х гг. В своё время Дом учёных жил насыщенной культурной жизнью – там проводились концерты выдающихся деятелей искусства СССР, приезжали именитые режиссёры, музыканты и актёры, устраивались творческие вечера. В настоящее время это некогда притягательное во всех отношениях место в основном пустует и лишь изредка используется для проведения особо важных для ИФВЭ мероприятий.

Дом учёных стоит в центре города, напоминая о его культурной, научной и духовной направленности, и молчаливо, но на редкость внятно свидетельствуя об иных временах и стремлениях, без которых, кстати, и наша эпоха будет неполноценной. Между тем он представляет собой полноценную площадку для развития множества культурных проектов. Впрочем, стоит признать, что сохранение самого здания и внутренней части Дома учёных в хорошем состоянии уже заслуживает благодарности. Быть может, когда-нибудь удастся вернуть его к активной жизни, но делать это необходимо непременно с сохранени-

ем внешнего облика и продолжением тех традиций, которые развивались в нём с года основания. А то нередко «реконструкция» старых зданий в наши дни оборачивается их переориентацией на досужие развлечения масс, и от былых заведений культуры остаётся одно название.

Цвета «французских» башен и «пентагон» в стиле средневекового замка

В Протвино любое строение, вроде бы и привычное для жителей, на самом деле представляет собой уникальный объект или серию объектов. Даже «хрущёвки» в Протвино разные – на улице Мира они четырёхэтажные с двускатными крышами, на Школьной и Московской – четырёхэтажные, но с плоскими крышами. На улице Гагарина и Сосновом проезде они наиболее традиционные – пятиэтажные, с плоскими крышами. На улице Победы – такие же, но без балконов. И у каждого района свой микрообраз, свой почерк, своё маленькое, но характерное отличие.

Многоэтажные дома тоже отличаются своим образом. Например, «французские» башни имеют разные цвета балконных стен: зелёные и красные (бордовые). Девятиэтажные дома этого типа стоят в нескольких районах города, чередуя цвета и определяя стиль всей местности, доминируя в ней.

Всем протвинцам, конечно, хорошо известны дома, получившие название «пила» – многоэтажные жилые здания, частично с двухэтажными квартирами, с секциями, которые стоят уступами, словно зубья пилы, если посмотреть сверху. Таких домов в Протвино два – по обе стороны улицы Ленина.



Здание Дома учёных начала 70-х гг. смотрится удивительно современным, а его расположение в лесистом центре города и удобные интерьеры настраивают на размеренное, увлекательное творческое общение

В конце 1980-х гг. на Центральном проезде возникли многоэтажные двухсекционные оранжевые дома с круглыми балконами по болгарскому проекту – их называют «ласточкины гнёзда».

Чуть позже появился любопытнейший «Пентагон» на Ленина, 24 – три дома, каждый из которых составляет как бы треть окружности, стоят подобно колодцу или замку. В самом оформлении домов присутствуют элементы замковой архитектуры: нерегулярность балконов и окон, башенные выступы угловых частей, что навеивает ассоциации со средневековой и барочной архитектурой. Внутри двора находится прекрасный остров леса, где дышится так, словно ты находишься и впрямь в лесу, а не в городе. Впрочем, именно так и дышится во всех почти дворах Протвино: везде островки лесов и перелески, везде человек находится одновременно и в городе, и на природе.

Юбилейный, Русь, Орбита...

А какие в Протвино были магазины и кафе! У многих имелся, во-первых, свой архитектурный дизайн, а во-вторых, уникальное имя! Например, магазин «Юбилейный» на улице Ленина. Или магазин «Русь» на Лесном бульваре. Причём «Русь» была даже и оформлена соответственным образом – деревянное крыльцо, форма крыши на здании, внутренние элементы отделки интерьера... Название и воплощение подчёркивали и продолжали друг друга. На улице Школьной было два магазина

«Ока» – «старая Ока» и «Новая Ока». Был магазин «Молоко» с кафетерием в торцевой части здания Дома учёных. Среди кафе одним из самых оригинальных был «Русский чай» с резными стульями в древнерусском стиле и живописными панно, изображавшими сказочных героев и волшебных птиц. У другого известного кафе было научно-космическое название «Орбита».

В настоящее время, примерно с середины «нулевых» все эти магазины были приобретены широко известными торговыми сетями, превратившись в розничные аутлеты, лишённые оригинальности и буквально перестроенные с применением пластиково-металлических типовых конструкций. «Русский чай» и «Орбита» также утратили многое из первоначального оформления, уступив более простым и оптимальным решениям. Что же ушло с исчезновением (надеюсь, временным) оригинальных по стилю и дизайну магазинов и кафе?

Прежде всего, утратилось ощущение разнообразия, вариативности, изначально свойственной архитектуре наукограда. Подобная вариативность крайне важна для создания творческой атмосферы города, она даёт наглядный пример того, что мир неодинаков, что ему присущи различные образы и формы выражения. Даже оформление магазина даёт это понять на невербальном уровне, и выходя на улицу, все, в том числе и дети, с первых лет ощущают понимание различия, многоцветия мира, при сохранении единства стиля и облика города.

Лесной бульвар. Вид в сторону магазина «Русь» и улицы Ленина





Огромный, эстетически безупречный и технически насыщенный экспериментальный зал ИФВЭ словно врос в эти холмы, пустив разветвлённые корни научных помещений, коридоров и галерей

Такое многоцветие учит нестандартному подходу к жизни, позволяет видеть многообразие бытия, различие форм и стилей. Ведь любовь к искусству, культуре и эстетический вкус прививаются, в том числе, и на примере таких «бытовых» строений, как магазин или кафе. И в этом смысле в городской среде нет лишних или не важных элементов. Даже оформление урн или внешний вид общественных туалетов (которых, увы, в Протвино не было и нет) должны соответствовать общему архитектурному стилю города. Иначе происходит распад целостного образа, он становится фрагментарным, а на смену заклочённой в этом образе мультивариативности приходит неразборчивая пестрота в стиле «кто во что горазд». Но это – хаос, а не разнообразие.

Благодаря чему наукоград появился

Совершенно уникальным местом в Протвино, безусловно, может считаться его главное предприятие – Институт физики высоких энергий. Каждый, кто впервые бывает на его территории, с давних пор именуемой техплощадкой, поражается масштабу этого объекта, разветвлённости его систем, продуманности и оснащённости научных зданий и комплексов. Особенно впечатляют экспериментальный зал и галерея кольцевого ускорителя ИФВЭ, где расположено обилие сложнейших устройств, каким-то

непостижимым образом управляемых. Истинный шедевр научной и инженерной эстетики и особой технической красоты.

В истории науки и архитектуры послевоенного СССР этот институт занимает важнейшее место, являясь до сих пор, несмотря на все перемены, объектом федерального значения, концентрирующим богатейший научный, инфраструктурный и кадровый капитал. Созданию этого научного центра город Протвино обязан своим появлением, весь интеллектуальный и духовный дух города определяется его научной спецификой, концентрацией умов и талантов. Несмотря на все перемены 1990-х гг. и события последующих полутора десятилетий, не всегда лояльных к науке и вообще к фундаментальным ценностям, институт в Протвино всё время продолжал работу прежде всего благодаря энтузиазму уникальных специалистов, настоящих фанатов своего дела, не оставивших любимое занятие и своё предприятие даже в наиболее финансово трудные и нестабильные времена. Протвино и ИФВЭ стали, таким образом, аккумуляторами интеллектуальных сил, людей с чувством высокой ответственности, высочайшей квалификацией и верностью выбранному делу. Подобные вещи и являются по-настоящему ценными, гораздо более важными, нежели ценность денежных средств. Финансы всегда останут-

ся в значении именно «средства», но превращение их в цель пагубно сказывается на том деле, с помощью которого их жадно пытаются обрести.

Фундаментальные ценности науки и культурная основа страны формируются на долгосрочных замыслах, многократно превышающих суетливые попытки в кратчайшие сроки «продать товар» и «получить прибыль». Ученые во всех странах не самые богатые люди. Для тех, кто посвящает себя науке, богатство не в деньгах. Им достаточно быть обеспеченными настолько, чтобы можно было спокойно заниматься наукой, не думая о хлебе насущном.

Развиваясь – сохранять

Говоря о перспективах развития Протвино как наукограда, следует иметь в виду два существенных аспекта. Первое – научный потенциал города необходимо поддерживать и развивать, возвращая престиж образования, фундаментальной науки и культуры, создавая в городе открытую и дружелюбную атмосферу для благополучного формирования личности. Второе – для успешного достижения всех вышеупомянутых ценностей город Протвино должен сохраняться в своём историческом облике. Это касается как особенностей архитектуры зданий, так и всех приведённых ранее «природных улиц» города: лесов на востоке и юго-западе города, высоковольтки и внутригородских лесных районов. Вопросы расширения Протвино должны решаться с огромной аккуратностью и осторожностью. Эти шаги следует осуществлять лишь в случае действительной, а не вымышленной, необходимости и только после создания продуманных, архитектурно и стилистически адекватных проектов. А отнюдь не посредством беспорядочного массового строительства «доступного жилья», которое оказывается не всегда доступным и вообще может заселяться не учёными и другими жителями города, а иногородними, рассматривающими наукоград как спальный район. Очевидно, что подлинное назначение города науки – совсем иное, а интересы его жителей, в том числе культурные и эстетические, и должны решаться в первую очередь.

Заключение

Город Протвино – уникальный природно-архитектурный комплекс, своеобразный заповедник советской культуры наукоградов с действующим научным центром и широкими перспективами научного, образовательного и культурного развития. В усовершенствовании городской среды важнейшую роль играет сохранение и развитие культуры, творчества, интереса к науке и к истории родной местности. В структуре и визуальном облике города Протвино наблюдается взаимопроникновение природных и урбанистических реалий.

У города большой задел для развития научно-го профиля. Развивая город как наукоград, следует помнить о важности сохранения его исторически сложившегося облика, вида его улиц, зданий и природных комплексов (лесов), окружающих городское поселение, которые также стали своего рода природными улицами города. Успешное будущее города, в котором интересно и удобно жить, зависит от того, насколько бережно сохраняется его сущность.

Фото автора

Литература

1. Некрасова Н. М. Ревитализация городской среды – вопрос культурных ценностей // Наукоград Наука Производство Общество. 2015. № 2 (4). С. 72–76.
2. Институт физики высоких энергий / Под ред. Л. М. Афоной. Протвино. 1988.
3. Город на Протве / Под ред. Н. В. Поправко. Калуга: Золотая аллея. 2010.
4. Просина Е. Е. Город науки Протвино: вынужденный дауншифтинг или тайм-аут? // Наукоград Наука Производство Общество. 2014. № 2 (2). С. 20–24.
5. Тарасевич В. С., Голованов Я. К. Мы – физики. М.: Планета. 1976.
6. История города Протвино. Сайт Централизованной библиотечной системы (ЦБС) г. Протвино. <http://protvinolib.ru/kraevedenie/istoriya-g.protvino.html>
7. Жарёнова Э. А. Стенопись: альбом. М., 2015.
8. Лаврентьев А. Л. Достопримечательности города Протвино и его окрестностей (дополненное издание). Серпухов, 2015.



НАПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЯ:

- «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ»
- «ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА» (ПРОФИЛЬ «ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ»)
- «ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА» (ДОГОВОРНАЯ ФОРМА)
- «ЭКОНОМИКА» (ДОГОВОРНАЯ ФОРМА)
- «ФИЗИКА» – ПРОФИЛЬ «МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА» (С 2016 ГОДА)

ОБУЧЕНИЕ В УНИВЕРСИТЕТЕ – БЕСПЛАТНОЕ

Стипендия с надбавками за научную и общественную деятельность – до 10000 руб. в месяц.

Студентам из малообеспеченных семей дополнительно выплачивается социальная стипендия 3930 руб. в месяц.

Среди студентов филиала – стипендиаты Президента РФ и Правительства РФ.

*Иногородним студентам с 2016 года
предоставляется общежитие*



142281, Московская обл.,
г. Протвино, Северный пр., 9
Тел.: 8(4967) 31-01-91, 31-01-93
<http://www.uni-protvino.ru>

ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР КОМПОНЕНТОВ И СИСТЕМ ДВИГАТЕЛЕЙ

СТРАТЕГИЯ
РАЗВИТИЯ
НАУКОГРАДА

ВОПЛОЩЕНИЕ
КОНСТРУКТОРСКИХ
ИДЕЙ

ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ
РОССИИ

ИЦ КСД

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБНОВЛЕНИЕ

ТУРБОТЕХНИКА
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
Россия, 142281, Московская обл., г. Протвино, Заводской проезд, 4.
Тел.: +7 (4967) 31-06-79, 74-49-03, turbo@kamturbo.ru, www.kamturbo.ru

Россия, 142281, Московская обл., г. Протвино, Заводской проезд, 4.
Тел.: +7 (4967) 31-06-79, 74-49-03

