

Двигатель

Научно-технический журнал № 4-5 (106-107 + 244) 2016

Модель торнадо... на входе в двигатель

стр. 2

Пределы регулирования воздухозаборников

стр. 8

Методология теоретической теплофизики

стр. 12

Натурфилософия ударных волн

стр. 27

Феноменология новых знаний

стр. 28

Навстречу 110-летию журнала "Двигатель"

стр. 36, 44, 61

История Ракетостроения в России

стр. 52

К истории дирижаблей

стр. 64

и многое, многое другое...





Редакционный совет

Агульник А.Б., д.т.н.,
декан факультета авиационных двигателей МАИ

Бабкин В.И., к.т.н.,
ген. директор ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"

Багдасарьян Н.Г., д.филос.н.,
профессор МГУ им. М.В. Ломоносова,
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Богуслаев В.А., д.т.н.,
Президент АО "МОТОР СИЧ"

Воронков Ю.С., к.т.н.,
зав. кафедрой История науки РГГУ

Григорян Г.Г., д.т.н.,
вице-президент Общества "Знание" России

Губертов А.М., д.т.н.,
зам. директора ФГУП "Исследовательский центр
им. М.В. Келдыша"

Дическул М.Д.,
зам. управляющего директора ОАО "ОДК"

Дмитриев В.Г., д.т.н.,
главный научный сотрудник ГНЦ "ЦАГИ"

Зрелов В.А., д.т.н.,
профессор кафедры конструкции и проектиро-
вания двигателей ЛА СГАУ им. С.П. Королёва

Иноземцев А.А., д.т.н.,
ген. конструктор ОАО "Авиадвигатель"

Каторгин Б.И., академик РАН

Кравченко И.Ф., д.т.н.,
ген. конструктор ГП "ИВЧЕНКО-ПРОГРЕСС"

Крымов В.В., д.т.н.

Кутенев В.Ф., д.т.н.,
зам. ген. директора ГНЦ "НАМИ" по научной
работе

Кухаренко Г.М., к.т.н.,
зав. каф. ДВС Белорусского национального ТУ

Лобач Н.И.,
ген. директор ПО "Минский моторный завод"

Ланшин А.И., д.т.н.,
научный руководитель - заместитель Генерального
директора ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"

Марчуков Е.Ю., д.т.н.,
генеральный конструктор -
директор ОКБ им. А. Люлька

Новиков А.С., д.т.н.
зам. ген. директора ГНЦ "ЦИАМ им. П.И.
Баранова"

Пустовгаров Ю.Л.,
президент Торгово-промышленной палаты
Республики Башкортостан

Рачук В.С., д.т.н.,
председатель НТС АО "НПО Энергомаш"

Ружьев В.Ю.,
первый зам. ген. директора Российского
Речного Регистра

Рыжов В.А., д.т.н.,
главный конструктор ОАО "Коломенский завод"

Ситнов А.П.,
президент, председатель совета директоров
ЗАО "Двигатели "ВК-МС"

Смирнов И.А., к.т.н.,
ген. конструктор БХМ - филиала ФГУП "ГКНПЦ
им. М.В. Хруничева"

Соколов В.П., д.т.н.,
Директор Российского учебно-научно-инновацион-
ного комплекса авиакосмической промышленности

Троицкий Н.И., к.т.н.,
доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана

Фаворский О.Н., академик РАН,
член президиума РАН

Чуйко В.М., д.т.н.,
президент Ассоциации "Союз
авиационного двигателестроения"

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор

Александр Иванович Бажанов
член-корреспондент Российской и
Международной инженерных академий

Заместитель главного редактора

Дмитрий Александрович Боев

Ответственный секретарь

Александр Николаевич Медведь, к.т.н.

Финансовый директор

Юлия Валерьевна Дамбис

Редакторы:

Александр Аркадьевич Гомберг,
Ирина Михайловна Иванова,
Андрей Иванович Касьян, к.т.н.
Юрий Романович Сергей, к.т.н.

Литературный редактор

Эрнст Галсанович Намсараев

Художественные редакторы:

Александр Николаевич Медведь
Владимир Николаевич Романов

Техническая поддержка

Ольга Владимировна Лысенкова, к.пед.н.

В номере использованы фотографии, эскизы и рисунки:

А.И. Бажанова, Д.А. Боева, Т. Астахова,
А.В. Ефимова, А.Н. Медведя, В.Н. Романова и др.

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111116, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2.

Тел./Факс: (495) 362-3925.

dvigatell@yandex.ru

boeff@yandex.ru

aib50@yandex.ru

www.dvigately.ru

Электронная версия журнала (2006-2016 гг.)
размещается также на сайте Научной электронной
библиотеки www.elibrary.ru и включена в индекс РИНЦ

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ООО "Редакция журнала "Двигатели"©

генеральный директор Д.А. Боев

зам. ген. директора А.И. Бажанов

Ответственность за достоверность инфор-
мации и наличие в материалах фактов, не
подлежащих разглашению в открытой печати,
лежит на авторах публикаций.
Мнение редакции не всегда
совпадает с мнением авторов.

Перепечатка опубликованных материалов без
письменного согласия редакции не допускается.
Ссылка на журнал при перепечатке обязательна.

Журнал "Двигатель", рекомендован эксперт-
ными советами ВАК по техническим наукам,
механике, машиностроению и машиноведе-
нию, энергетическому, металлургическому,
транспортному, химическому, транспортно-
му, горному и строительному машинострое-
нию, авиационной и ракетно-космической
технике в числе журналов, в которых должны
быть опубликованы основные научные ре-
зультаты диссертации на соискание ученой
степени доктора и кандидата наук. Индекс
1630 в общероссийском Перечне 2015 г.

Научно-технический журнал "Двигатель"©

зарегистрирован в ГК РФ по печати.

Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.

18-й (110-й) год издания.

Отпечатано

ЗАО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.

Тираж 5 000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная.



К 110-ЛЕТИЮ ЖУРНАЛА "ДВИГАТЕЛЬ"



Научно-техническое издание по освещению
проблем в промышленности



Памятная медаль
к 100-летию
Г.М. Бериева

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

Медаль АМКЭС
"Преодоление"

-



ВИХРЕВОЕ ТЕЧЕНИЕ ОТ АЭРОДРОМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ВХОД В ТРД - МОДЕЛЬ ТОРНАДО И СМЕРЧА

Сергей Юрьевич Крашенинников, начальник отделения, д.т.н.

Дмитрий Евгеньевич Пудовиков заместитель начальника отделения, к.ф.-м. н.
ФГУП "ГНЦ ЦИАМ им. П.И. Баранова"

Анализируется вихревое течение, возникающее при работе воздушно - реактивного двигателя вблизи аэродромной поверхности, сопровождающееся забрасыванием на вход в двигатель крупных частиц. Проведено вычислительное моделирование рассматриваемого газодинамического процесса на основе численных расчётов течения и траекторий частиц. Определены основные свойства рассматриваемого явления. На основании полученных данных предлагаются уточняющие пояснения для природных явлений типа торнадо и смерчей. Vortical flow field initiated by turbo jet operated close by the aerodrome (take of road) surface and accompanied by throwing and capturing of large particles. Numerical study of considered gas dynamic process was conducted basing on calculations of flow field and particle trajectories. Main features of these phenomena are analyzed. More precise explanation of nature phenomenon such as tornadoes waterspouts is suggested basing on these numerical data.

Ключевые слова: вихревое течение, математическое моделирование, попадание посторонних предметов, транспортирование частиц и предметов, торнадо.

Keywords: vortex flow, mathematical modeling, entry of foreign objects, particle and objects transport, tornado.

В связи с большой актуальностью проблемы попадания на вход в двигатель посторонних предметов, большое количество исследований посвящено анализу и изучению вихревого течения, возникающего при работе воздушно - реактивного двигателя (ВРД) вблизи поверхности. Однако ограниченность возможностей математического моделирования и трудности проведения измерений при проведении экспериментов [1-3], с описанием отдельных особенностей вихревого течения и подъёма крупных частиц, требуют дополнительных объяснений наблюдаемых эффектов. К ним относятся:

1. Как возникает восходящий вихревой поток, какова и как может быть определена интенсивность вихревого движения (закрутки в восходящем потоке).

2. Почему закрутка восходящего потока способствует вовлечению в него крупных, тяжелых частиц, которые просто не могли бы быть подняты восходящим потоком.

Здесь проявляется полная аналогия процесса попадания частиц с аэродромной поверхности на вход в двигатель и природных явлений типа торнадо и смерчей, для которых эти же вопросы остаются открытыми.

Совокупность данных исследований на основе вычислительного моделирования, полученных в работах [4,5,6], позволяет в определённой мере ответить на эти вопросы.

Вихревое течение в индуцированном восходящем потоке

Исходя из аналогии с работой двигателя вблизи аэродромной поверхности, в работах [4-6] рассмотрено течение, возникающее при засасывании воздуха через цилиндрическую трубу, располо-

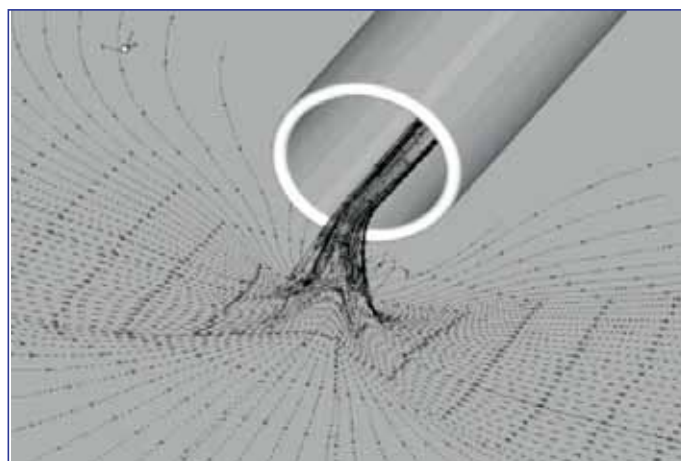


Рис. 1 Линии тока в приповерхностном слое и в отсасываемом потоке

женную на некотором удалении от плоской поверхности, как показано на схеме рис 1.

Метод расчёта основан на интегрировании уравнений Рейнольдса, замкнутых моделью турбулентности, аналогичный использованному в работе [7]. Он позволяет рассчитывать пространственное турбулентное течение вязкого газа в процессе установления по времени.

При расчётах варьировались расположение трубы относительно плоскости - высота и угол наклона; а также расход засасываемого воздуха. Это позволило получить обобщенные данные о характеристиках восходящего потока. На рис. 2 показана схема, использованная при расчётах параметров течения на различных

Дмитрий Евгеньевич Пудовиков 1969 - 09.09.2016 г.

Кандидат физ - мат наук. Работал в ЦИАМ с 1992 года. С 2003 года - заместитель начальника отделения газовой динамики и теплофизики. Его знали, как руководителя и организатора работ, совместных с ОКБ и другими организациями, творческого и вдумчивого исследователя в области прикладной газовой динамики. Публикуемая статья является примером его творческого вклада в исследовательскую работу отделения ЦИАМ, в котором он работал.



Рис. 2 Схема течения, использованная при расчетах

расстояниях от поверхности.

Основной характеристикой течения является интенсивность вращательного движения.

$$\Gamma = \frac{\oint (u dy + v dx)}{u_0 R_0} = \frac{\omega}{u_0 R_0}$$

Здесь u - продольная скорость, v - поперечная, x - продольная координата, y - поперечная, u_0 и R_0 скорость на входе и радиус входа отсасывающей трубы.

Интеграл берётся в плоскости, параллельной поверхности, по окружности с центром вблизи центра вихря при фиксированном значении вертикальной координаты z .

Размер окружности выбирается из условия сходимости интеграла к конечному значению.

Сопоставление данных для различных исходных положений трубы отсоса показывает, что основными параметрами, влияющим на интенсивность вихря являются расход на входе в отсасывающую трубу и высота расположения центра сечения входа над поверхностью H . По результатам анализа структуры течения, полученных при расчетах,

$$\Gamma = \frac{0.4}{h}, h = \frac{H}{R_0} \quad (1)$$

и соответственно интенсивность вращательного движения

$$\omega = \Gamma \cdot u_0 R_0 \approx \frac{0.4 \cdot u_0 R_0^2}{H} \quad (2)$$

Закономерность (1) выполняется более точно с увеличением h . Отклонения от этой зависимости при изменении угла наклона отсасывающей трубы также уменьшаются с ростом h . Это свидетельствует о том, что момент вращения вихря создается в вязком течении вблизи поверхности.

Важным результатом вычислительного моделирования является наблюдение возникновения вихревого течения.

В соответствии с полученными данными, характеристики течения в вихре (если он возник) являются приблизительно универсальными и соответствуют соотношениям (1 - 2).

По результатам расчётов были определены структуры течения при различных стадиях образования вихря. В физическом времени образование вихря происходит практически мгновенно. Но по результатам расчетов можно проследить последовательность и условия его образования.

Вихрь возникает, если в исходной геометрии течения нет симметрии. Например, если отсасывающая труба расположена вертикально, при расчёте получается симметричное вертикальное течение. Если трубу наклонить (в этом случае есть плоскость симметрии) вихрь также не наблюдается.

Решение задачи демонстрирует появление вихря, если при любом наклонном положении трубы имитируется боковой ветер. В этом случае при различной интенсивности бокового движения появляется восходящий вихрь, интенсивность которого с достаточной точностью соответствует соотношениям (1 - 2). В [4] так описывается динамика процесса.

Исходное течение без вихря имеет место при отсутствии бокового ветра (рис. 3а). Затем, при "включении" бокового ветра, внеш-

нее течение начинает обтекать восходящий поток с образованием двух вихрей противоположного вращения (рис. 3б). Из-за несимметрии этого обтекания вихри оказываются не равноправными, и постепенно один из вихрей, в данном случае, внешний по отношению к входному устройству, подавляет другой, и устанавливается течение с восходящим закрученным потоком (рис. 3в).

На рис. 3 представлены линии тока в различные моменты времени при возникновении вихря (само физическое время, которое как уже упоминалось чрезвычайно мало, при расчётах соответствовало долям секунды).

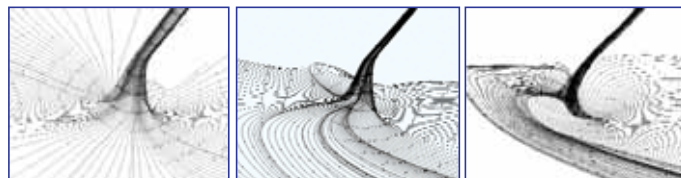


Рис. 3 Последовательность изменения положения линий тока при возникновении вертикального вихревого течения

Результаты вычислительного моделирования вихревого течения и его возникновения можно использовать для анализа этого явления как применительно к проблеме попадания для авиадвигателя, так и условий возникновения торнадо и смерчей.

Полученные результаты показывают, что строго симметричный вертикальный поток, поднимающийся от горизонтальной поверхности не устойчив. Потеря устойчивости сопровождается образованием вихря.

Вихрь формируется в приземном слое, т. е. в области, где существуют силы вязкости. Расчёты показали, что интенсивность вихревого движения оказывается пропорциональной кинетической энергии потока на входе в отсасывающее устройство.

При этом коэффициент пропорциональности (соотношения 1 - 2) слабо зависит от исходного нарушения симметрии течения.

В исследованиях природных торнадо и смерчей [8] также поднимается вопрос о природе энергетической составляющей процесса и возникновения момента вращения.

В работах [8 и др.] выдвигается гипотеза о воздействии кориолисовой силы на формировании течения. Этот вопрос обсуждался на семинаре академика Г.Г. Чёрного в институте механики МГУ ориентировочно в 2009 году с докладом автора работ (С.П.Баутина). Прозвучали ряд пояснений и замечаний: "По природе кориолисова сила обладает такими же свойствами, как сила тяготения, т. е. не может совершать работы. Но её наличие может сказываться на условиях нарушения симметрии, которое определяет направления закрутки в восходящем вихре. Т. е. возможно, что в торнадо и смерчах в разных полушариях земли будут наблюдаться различные преимущественные направления вращения."

Возможность реализации таких явлений как смерчи и торнадо, с точки зрения их энергетики, по мнению специалистов по атмосферным явлениям, не вызывает сомнений. В частности, при конденсации влаги в определенных слоях атмосферы возникают очень большие области пониженного давления, которые работают как мощный отсос".

Согласно данным [4-6], можно предположить, что формирование момента вращения в приземном слое происходит в сходящемся несимметричном вязком течении (см. рис. 3). Если возникающие сходящиеся течения имеют близкую конфигурацию, то, в соответствии с представленными результатами, энергия вращательного движения (или поток момента вращения) пропорциональна энергии вертикального потока, как это следует из соотношений (1 - 2).

Такое представление о свойствах вертикального вихревого движения соответствует предположению о том, что для рассматриваемого вертикального потока существует два режима течения: осесимметричный - неустойчивый и, практически универсальный, устойчивый вихревой режим.

Представленный анализ относится к "чистому" воздушному потоку без частиц. Приведенные визуализации показывают линии то-

ка восходящего потока воздуха, когда в потоке нет посторонних частиц, т.е. когда он не может быть видимым.

Наблюдатель может видеть только движение частиц определенного размера, которые "визуализируют" течение, а точнее его части, заполненные частицами. Наблюдение за ними может приводить к неточным представлениям о рассматриваемом явлении.

На рис.4 приведены фотографии "вихрей" на входе в двигатели и при наблюдении торнадо. Можно видеть их определенные различия. Для объяснения эффектов, связанных с наблюдением частиц, в работах [4-6] проведен соответствующий анализ.



Рис. 4 Фотографии вихревых восходящих потоков на входе в двигатели самолетов ИЛ-86 и американского транспортного - а и б, и торнадо в Америке [9]

Подъем частиц в восходящем вихревом потоке

Один из основных вопросов, которыми задаются исследователи, это: как возникает столь значительная подъемная сила в рассматриваемом вертикальном потоке? Имеющиеся очень скудные данные измерений [2,3] показывают, что в приповерхностной области уровень скоростей очень низок и совершенно не достаточен для наблюдаемого увлечения частиц.

Согласно данным расчетов [4-6], находящийся в пространстве сток, аналогичный представленному на рис. 1, индуцирует на расстоянии H скорость U , значение которой не велико и определяется соотношением

$$U = (0.5 + 0.25)u_0 \left(\frac{R_0}{H} \right)^2$$

Это значение скорости удобно использовать для анализа течения вблизи поверхности, удаленной от стока на расстояние H .

Численные расчеты течения показывают, что в задаче подъема частиц с поверхности зависимость вертикальной компоненты скорости от высоты можно описать соотношением

$$V_z = 0.2U \cdot z / R_0 \quad (3)$$

Т.е. вертикальная компонента скорости увеличивается с высотой, её предельное значение равно u_0 .

Скоростной напор потока среды в вертикальном направлении, достаточный для преодоления силы тяжести, действующей на частицу, определяется размером частицы. Для сферической частицы диаметром d , плотностью ρ его величина, при стоковом режиме обтекания определяется соотношением

$$d = \frac{3 \rho_s V_z^2}{4 \rho_p g} \quad (4)$$

где ρ_s - плотность среды, g - ускорение свободного падения.

Анализ экспериментов [1-3] с частицами небольшого размера показал, что в воздухозаборное устройство засасываются частицы по крайней мере в 3 - 4 раза более крупные, чем по соотношению (4), если принимать, что плотность среды равна плотности воздуха.

Опыт эксплуатации авиационных двигателей и наблюдения за природными явлениями показывают, что подниматься могут и значительно более крупные частицы.

Соотношение (3) показывает, что из-за увеличения вертикальной компоненты скорости с высотой, крупные частицы могут подниматься потоком, если первоначально они были подняты на некоторую высоту. Но для первоначального подъема необходимо удовлетворение соотношению (4) или другому аналогичному соотношению для крупных частиц.

Ответ на этот вопрос дан в работах [4-6]. Он исходит из того, что вблизи поверхности возникает среда, наполненная мелкими частицами с высокой концентрацией. При этом возникает среда, в которой взаимодействие потока с крупными частицами происходит при повышенном значении "суммарной" плотности среды ρ_s (средней в некотором объеме), которая может превышать плотность воз-

духа в десятки и сотни раз.

Прежде всего, мелкие частицы собираются течением с поверхности к основанию восходящего потока. Это обусловлено силой трения, возникающей вблизи поверхности из-за градиента скорости в ламинарном подслое.

Наблюдается процесс концентрации мелких частиц в области подъема вихревого потока от поверхности.

Наиболее мелкие частицы следуют за потоком в приземном слое и собираются в основании вихря.

На рис. 5 приведены результаты численных расчетов траекторий частиц в вихре для частиц различных размеров. Принималось, что частицы сферические, их плотность соответствовала плотности песка. Вихревой поток принимался таким, как было получено выше, при анализе течения на входе в двигатель.

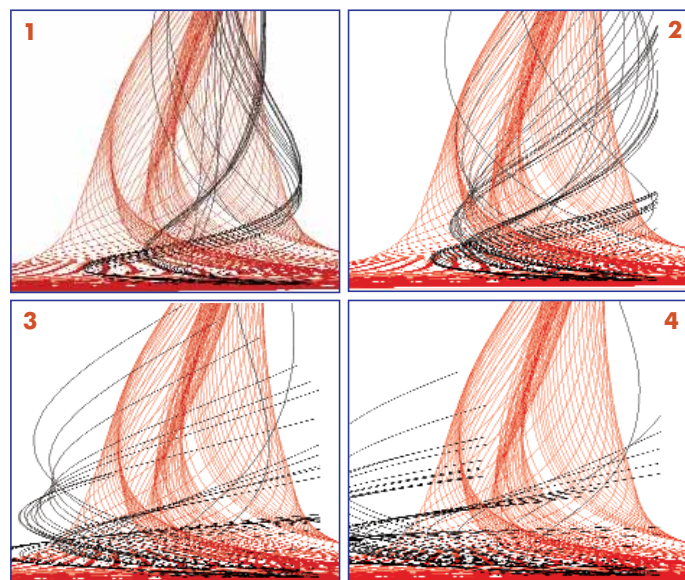


Рис. 5 Вихревое течение на при работе ТРД вблизи поверхности, численный расчет. Красные линии- линии тока, черные -траектории частиц: 1- 10мкм, 2- 25 мкм, 3- 50 мкм, 4- 75 мкм.

Оказывается, что в вихревом течении поток захватывает и поднимает только достаточно мелкие частицы 10...20 мкм, частицы более крупных размеров частично выбрасываются потоком, а при размере более 70...80 мкм выбрасываются почти полностью. Т.е. никакого вовлечения частиц в вихрь не происходит, градиенты давления в воздушном вихре недостаточны для "засасывания" частиц.

Представленные на рис. 4 фотографии вихря на входе в авиационный двигатель иллюстрирует описанный эффект при наличии влаги.

Но именно эффект разбрасывания частиц обуславливает возможность подъема крупных частиц на вход в двигатель и явлений типа торнадо и смерча.

На рис. 6 приведена схема движения частиц в вихре и его окрестности при установлении течения в потоке частиц. В начале, в тонком приземном слое, высоту которого обозначим как ξ , к основанию вихря подтягивается поток частиц G_{p0} .

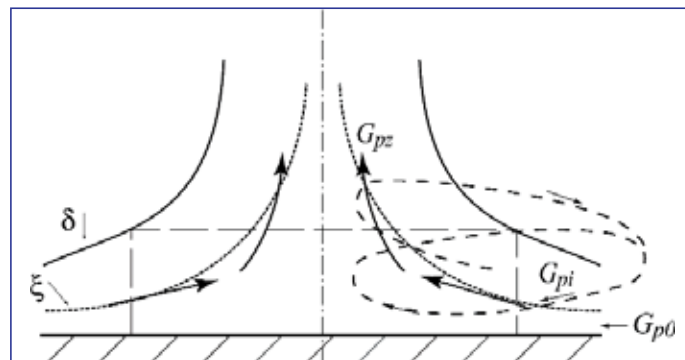


Рис. 6 Схема течения и движения частиц в приземном слое в основании вихря.

Частично они вовлекаются в восходящее течение, частично выбрасываются и попадают в поток, движущийся к вихрю. В результате к потоку G_{p0} добавляется поток выброшенных частиц G_{pi} , т. е. в вихрь втекает поток частиц $G_{pe} = G_{p0} + G_{pi}$.

Первоначально восходящий поток частиц меньше, чем G_{pi} , поскольку не все частицы могут быть подняты потоком. Поэтому в вихре происходит накопление частиц до тех пор, пока средняя плотность среды в области движения частиц не примет значение ρ_s , которое обеспечивает в соответствии с соотношением (4) подъем всех частиц, которые оказываются в основании вихря, т. е.

$$G_{pz} = G_{pe} = G_{p0} + G_{pi}$$

При этом плотность среды в восходящем потоке увеличивается от значения ρ_0 до значения ρ_s .

В работах [4-6] проведен анализ этого процесса, который рассматривается по аналогии с процессом в центробежном сепараторе.

Стационарный процесс соответствует условию равновесия

$$G_{pz} = G_{p0} = G_{pe} - K_g$$

где K_g коэффициент выброса (сепарации) частиц в вихревом потоке. (В центробежных сепараторах при скорости движения воздуха 5 - 7 м/с, для частиц размером 0.1 мм значение $K_g \approx 0.95$ [10]).

Можно показать, что при этом создается среда со средней плотностью

$$\rho_s = \rho_0 \left(1 + \frac{G_{pe}}{G_{p0}}\right)$$

где ρ_0 плотность среды с частицами в приземном слое ξ .

Из этого соотношения следует, что плотность среды при достижении равновесия

$$\rho_s = \rho_0 \left(1 + \frac{1}{1 - K_g}\right) \quad (5)$$

Т.е. в зависимости от значений ρ_0 и K_g , плотность среды, образующейся в вихре, может достигать значительных величин. Следует отметить, что процесс сепарации частиц происходит не только в приповерхностной области, но и на всем протяжении восходящего течения - частицы продолжают разбрасываться из-за закрутки потока. Это отчетливо видно на рис.4б, где визуализируется вихрь при наличии влаги - видна конусообразная область, занятая частицами. Этот же эффект имеет место в случае торнадо (рис.4в).

Для случая попадания на вход ТРД в условиях ровной сухой аэродромной поверхности, согласно данным [6], величина ρ_0 может превышать плотность воздуха только на 10...15 %. Т.е. значение плотности в потоке частиц, создающее подъемную силу, связано с процессом сепарации частиц (5). В [4-6] показано, что при прочих равных условиях интенсивность сепарации частиц пропорциональна интенсивности вихревого движения и выполняется соотношение:

$$\frac{1}{1 - K_g} \sim \Gamma$$

т.е., согласно (5), чем больше значение, тем более вероятен подъем крупных частиц и предметов.

Ранее, при анализе попадания в двигатель, было показано, что величина Γ , характеризующая интенсивность вихря, растёт с уменьшением h (2). Т.е. с уменьшением высоты расположения двигателя повышается вероятность засасывания частиц.

Однако следует отметить, что для авиационного двигателя, работающего вблизи аэродромной поверхности, соотношение (2) может не выполняться. Это происходит из-за эжектирующего воздействия реактивной струи, которое тем сильнее, чем меньше h .

Согласно данным [6], в случае ТРДД с общим выхлопом, некоторый минимум величины наблюдается при

$$h \approx 2$$

т.е. при удалении нижней кромки входа на расстояние равное радиусу воздухозаборника.

В этом случае значение получится таким же, как для $h \approx 3.5$ при отсутствии влияния реактивной струи.

Другим сильно влияющим параметром является параметр K_g , коэффициент выброса частиц из вихря. Этот коэффициент можно использовать для оценки сепарации полидисперсной среды. Одна-

ко в случае анализа попадания в авиационный двигатель с аэродромной поверхности, может оказаться, что состав частиц на аэродромной поверхности не позволяет, чтобы в восходящем вихре плотность была достаточно высокой. Это будет иметь место, если на поверхности аэдродрома имеются только очень мелкие частицы, которые почти полностью увлекаются потоком, и он не может поднять отдельные крупные частицы.

В связи с этим оказывается целесообразным рассмотреть процесс увеличения плотности среды для различных конечных значений ρ_s , т.е. рассмотреть ход процесса образования высокоплотной среды при различных степенях увеличения первоначальной плотности, например, от двух до сорока.

Этот анализ проведен в работах [4, 6].

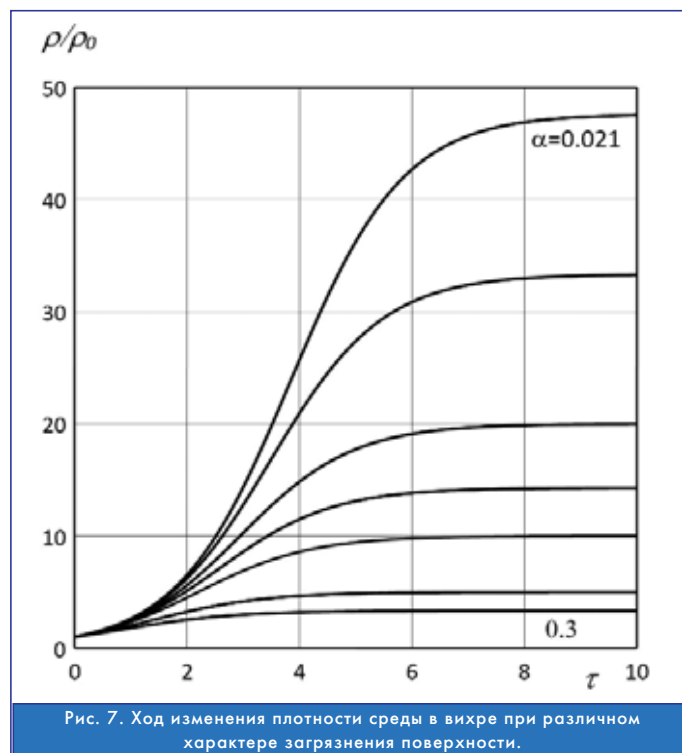
Поскольку дисперсный состав частиц, вовлекаемых с поверхности в основание вихря не определен, конечное значение плотности среды в основании вихря, которое обеспечивает подъем крупных частиц, так же не определено. В этом случае можно рассмотреть различные степени увеличения плотности среды в основании вихря, исходя из картины течения, представленной на рис.6.

В соответствии с анализом [4, 6] плотность среды быстро выходит на значение, близкое к постоянному, соответствующему значению ρ_s . Согласно [4-6] изменение по времени плотности в вихревом потоке описывается соотношением

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{1}{\exp(-\tau)(1-\alpha) + \alpha}, \text{ здесь } \alpha = \rho_0/\rho_s, \tau = t/U/l \quad (7)$$

где t - физическое время, l - характерный размер вихря, U - характерное значение индуцированной скорости вблизи поверхности.

На рис. 7 представлены результаты расчёта по (7) изменения плотности среды в вихре по времени для различных соотношений между исходным и конечным содержанием частиц в подтекающем к вихрю потоке ρ_0 и в среде, создающей подъемную силу ρ_s .



При изменении этого соотношения в 30 раз время выхода на стационарный режим изменяется не значительно. Характерное время накопления частиц в вихре

$$\tau_s \approx (5+10)\tau_s, \tau_s = l/U$$

где τ_s - время определяемое размером вихря l и характерной скоростью U движения среды в основании вихря.

При размерах порядка метров и скорости порядка нескольких метров в секунду, стационарный вихревой режим и плотность сре-

ды, создающей подъемную силу, устанавливается в течение нескольких секунд. Это приводит к обманчивому впечатлению, что при движении летательного аппарата, даже сравнительно медленном, вихрь исчезает.

Как было уже указано в предыдущем разделе, образующийся восходящий поток с вихрем мало чувствителен к внешнему потоку при умеренной скорости последнего. При движении летательного аппарата вихрь продолжает существовать, но при движении воздухозаборного устройства со скоростью $u > U$, что соответствует $\tau < \tau_c$, вихрь не будет виден со стороны, из-за того, что визуализирующие его частицы не успевают накапливаться.

Заключение

Результаты представленного анализа согласуются с результатами исследований засасывания частиц в воздухозаборник из приповерхностного слоя аэродромной поверхности.

Анализ опирается на два главных эффекта: разбрасывание частиц вращающимся потоком и их повторное возвращение в область, где формируется восходящий поток. При этом, несмотря на невысокий уровень скоростей, в этом потоке происходит подъем достаточно крупных частиц. Всё это находится в соответствии с данными [1-3]. Например, полученные соотношения хорошо согласуются с данными экспериментов ЦАГИ [1], если принять, что в этих экспериментах коэффициент выброса частиц $K_g \approx 0,97$. В этом случае плотность среды в приповерхностной части вихря превосходит плотность воздуха приблизительно в 30 раз.

Результаты проведенного анализа объясняют эффекты, связанные с такими явлениями, как торнадо и смерчи. В этих случаях уровень скорости движения среды вблизи земли также невелик (возможно около 5-10 м/сек). Но из-за высокой плотности среды скоростной напор сильно возрастает.

Существенным элементом в формировании условий для транспортирования вихрем крупных частиц является дисперсный состав частиц, принимающих участие в процессе, так как от него зависит коэффициент выброса частиц, значение которого радикально влияет на плотность поднимающегося потока (5).

Параметр K_g может изменяться в процессе накопления частиц. Первоначально, когда в процессе участвуют только мелкие частицы, значение K_g составляет 0.7...0.8, что соответствует увеличению плотности среды в несколько раз. После этого в процессе начинают участвовать более крупные частицы, для которых коэффициент K_g ближе к единице, и плотность среды продолжает возрастать.

Такая эволюция связана со значительным увеличением времени установления процесса τ_c , но она способствует при наличии, например, песчаной почвы насыщению потока значительным количеством песка, с увеличением эффективной плотности на 2 - 3 порядка.

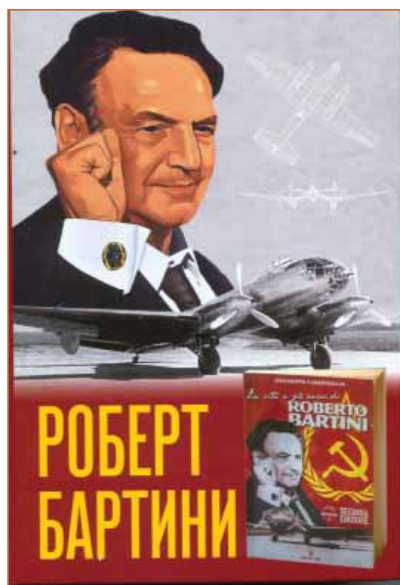
Если рассматривать образование вихря при наличии влаги, то процессу увеличения плотности среды будут сопутствовать влага и эрозия почвы, которые приведут к образованию восходящего грязевого потока.

В этом случае, при достаточном времени существования вихря, плотность среды в вихре может достигать чрезвычайно больших значений и восходящий поток становится близким по своим разрушительным свойствам к селевому потоку. По-видимому, это имеет место при образовании торнадо. 

Литература

1. Хохлов А.И. Исследование засасывания посторонних предметов самолетными силовыми установками // Труды ЦАГИ. - 1977. - № 1843. - 20 с.
2. Colehour J.L., Farquhar B.W. Inlet Vortex // J. Aircraft. - 1971. - Vol. 8, № 1. - P. 39-43.
3. Motycka D.L., Walter W.A. and Muller G.L. An analytical and experimental study of inlet ground vortices // AIAA/SAE 9th Propulsion Conference. Las Vegas, Nevada. November 5-7. 1973. - 7 p.
4. Крашенинников С.Ю., Пудовиков Д.Е. Попадание в двигатель посторонних частиц // Техника воздушного флота. изд. ЦАГИ. - 2005. - Т. LXXIX, № 3-4. - С. 66-72.
5. Krashennnikov S.Yu. Pudovikov D.E. Induced flow and large particles lift at air intake operation near ground surface // 2-nd European conference for aerospace sciences (EUCASS) - 2007-6 p.
6. Крашенинников С.Ю. Пудовиков Д.Е. Индуцированное течение и подъем крупных частиц при работе воздухозаборного устройства вблизи поверхности // Известия РАН. МЖГ - 2007- №4 - 14 с.
7. Браилко И.А., Крашенинников С.Ю. Исследование аэродинамических характеристик шевронных сопел на основе численного расчета течения // Изв. РАН, МЖГ. - 2005 - № 2. - 8 с.
8. Баутин С.П. Торнадо и сила Кориолиса- Новосибирск. Наука, 2008. - 92 с.
9. Наливкин Д.В. Смерчи - М.: Наука, 1984. - 112с.
10. Гупта А., Лилли Д., Сайред Н. Закрученные потоки - М.: Мир, 1987 - 588 с.

Связь с автором: krashenin@ciam.ru



24 сентября 2016 года в рамках 11-й Международной выставки "Гидроавиасалон" в Климатическом центре ВИАМ состоялась презентация книги "Роберт Бартини". Книга организована как состоящий из двух частей труд о выдающемся советском авиаконструкторе, итальянце по происхождению, Роберте Бартини.

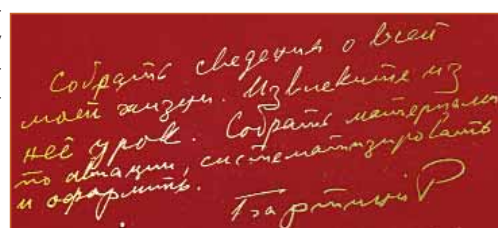
Над составлением книги работали два автора. Первая часть - перевод на русский язык книги известного в Италии историка в области авиации, профессора Джузеппе Чампалья "Жизнь и самолеты Роберта Бартини" (Giuseppe Ciampaglia "La vita e gli aerei di Roberto Bartini", seconda edizione). Впервые в русскоязычной литературе подробно освещены ранее неизвестные аспекты биографии Бартини до его эмиграции в Советский Союз в 1923 году.

Вторая часть "Роберт Бартини - авиаконструктор завтрашнего дня" подготовлена сотрудником Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов Дмитрием Лаврищевым. На основе документов архива Научно-мемориального музея профессора Н.Е. Жуковского, Российского государственного архива экономики, Российского государственного военного архива, Государственного архива Российской Федерации автор раскрывает особенности летательных аппаратов, спроектированных Робертом Бартини, предпосылки их создания и влияние данных проектов на развитие советской авиации.

В книге представлены редкие исторические фотографии, схемы и чертежи летательных аппаратов Бартини. Фактический материал первой части сборника полностью соответствует итальянскому изданию.

Авторы следовали известному тексту из "завещания Бартини" воспроизведённо-му на обложке

По сайту ВИАМ:
<http://viam.ru/books/3598>



ЮБИЛЕЙ АВИАСТРОИТЕЛЕЙ ТАГАНРОГА

На прошедшем с 22 по 25 сентября 2016 года в Геленджике Гидроавиасалоне-2016 отмечалось 100-летие со дня начала работы предприятия по выпуску гидроаэропланов в Таганроге. Собственно, сами праздничные мероприятия пройдут в Таганроге в конце октября этого года, а на салоне была развёрнута обстоятельная экспозиция, посвященная предстоящему юбилею. Ещё в 2014 году руководителями информационного отдела ТАНТК им. Бериева (они же - руководители информационной службы Гидроавиасалона) А.И. Сальниковым и А.Н. Заблотским

совместно с С.Н. Емельяновым была выпущена книга, посвященная предстоящему событию. Книга выпущена в характерной для этих талантливых авторов конкретной и подробной форме, прекрасно иллюстрирована и очень легко читается.

Предприятием был инициирован выпуск памятной медали к 110-летию Г.М. Бериева, человека с именем которого навсегда связана история таганрогского завода, который он руководил многие десятилетия.



А.Н. Заблотский
в пресс-центре Салона

Редакции журнала "Двигатель", участнику всех гидроавиасалонов в Геленджике и постоянно уделяющей самое пристальное внимание развитию отечественной гидроавиации, в торжественной обстановке были вручены оба паритета. И с благодарностью приняты нами.



А.И. Сальников и юбилейная
экспозиция ТАНТК



ВЫЕЗДНОЕ ЗАСЕДАНИЕ ПРАВЛЕНИЯ АССАД

Выездное заседание Правления АССАД, прошедшее 6 октября в подмосковных Мытищах на территории НПП "Мера", было посвящено проблеме высокоточных измерений при испытании авиационных двигателей и их элементов, прежде всего, с целью обеспечения сертификации в России и за рубежом. Сейчас уже ни для кого не секрет, что это НПП явно претендует на самые передовые места при оснащении стендовых испытаний самым совершенным оборудованием, по возможностям и производительности не уступающим наиболее передовым измерительным комплексам известных мировых производителей.

При этом "Мера" занимается и разработкой и оснащением как отдельных линий измерения в уже работающих системах, так и созданием новых комплексов и модернизацией и переоснащением уже работающих. Последних построено и модернизировано уже более тридцати. По словам руководителя предприятия, Игоря Анатольевича Потапова, НПП выпускает измерительные модули 300 различных типов. Её продукция покрывает 70% потребностей отечественного рынка измерений. При этом предприятие

обеспечивает сопоставимость и аналогичность измерений как на наземных стендах, так и на летающих лабораториях.

Выступивший на совещании научный руководитель ЦИАМ им. П.И. Баранова Александр Игоревич Ланшин подтвердил давние связи института с "Мерой" и показал возможные перспективы такого сотрудничества в дальнейшем, учитывая проводящуюся сейчас модернизацию экспериментальной базы Института в Тураево.

Участниками заседаний была одобрена деятельность НПП и поддержана направленность предприятия на придание исследованиям и двигателей, и их элементов, и агрегатов, и материалов комплексного характера на всех стадиях разработки и производства авиадвигателей, для применимости результатов в сертификационных и сдаточных испытаниях как в России, так и за рубежом. Генеральной дирекции АССАД совместно с НПП "МЕРА" поручено организовать в первом полугодии 2017 года расширенный Научно-технический совет АССАД по тематике прошедшего заседания.



ГРАНИЦЫ ОБЛАСТЕЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ СВЕРХЗВУКОВЫХ ВОЗДУХОЗАБОРНИКОВ

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики:
Павел Викторович Булат, к.э.н., к.ф.-м.н., руководитель Международной лаборатории "Механики и энергетических систем"
Николай Васильевич Продан, инженер Международной лаборатории "Механики и энергетических систем"
Владимир Владимирович Упырев, инженер Международной лаборатории "Механики и энергетических систем"

В работе рассмотрена проблема оптимального регулирования сверхзвукового воздухозаборника в широком диапазоне скоростей. Приведены сведения об оптимальных ударно-волновых структурах воздухозаборников внешнего и смешанного сжатия. Даны результаты расчетов границ областей оптимального регулирования для каждого типа воздухозаборников. Изучается перестройка ударно-волновой структуры в воздухозаборнике внешнего сжатия по мере увеличения числа Маха полета.

The paper considers the problem of optimal control of a supersonic air intake in a wide range of speeds. Optimal shock-wave structures for mixed and external compression air intake are studied. The boundaries of the regions of existence of optimal shock-wave structures studied. We study the transformation of the shock wave in the air intake structure of external compression by increasing the speed of flight.

Ключевые слова: скачок уплотнения, ударная волна, ударно-волновая структура, воздухозаборник, оптимальное регулирование воздухозаборника, оптимальная ударно-волновая структура.

Keywords: shock wave, shock wave structure, air intake, optimal regulation of air intake, optimal shock-wave structure.

Введение

Первые сверхзвуковые самолеты оснащались сверхзвуковыми воздухозаборниками (ВЗ) внешнего сжатия (рис. 1,а) в системе скачков уплотнения одного направления (догоняющих скачков - ДСУ) [1, 2]. При скорости полета до чисел Маха $M = 2$ такое решение является оптимальным, но при дальнейшем увеличении скорости поперечные габариты таких устройств значительно растут, что увеличивает массу и лобовое сопротивление самолета. Выход был найден в использовании смешанного или комбинированного сжатия, когда головной косой скачок или система скачков отражается от стенки воздухозаборника в виде косого скачка противоположного направления (рис. 1,б). Внутреннее переотражение скачков перед замыкающим прямым скачком позволяет уменьшить длину ВЗ и увеличить коэффициент восстановления полного давления. Первым серийным самолетом, на котором был установлен ВЗ смешанного сжатия, стал американский стратегический разведчик SR-71, которому до сих пор принадлежит мировой рекорд скорости полета - 3650 км/ч. Ниже рассмотрены оптимальные ударно-волновые структуры (УВС) для воздухозаборников внешнего и смешанного сжатия.



Рис. 1а Схема сжатия потока и ударно-волновой структуры в воздухозаборнике внешнего сжатия



Рис. 1б Схема сжатия потока и ударно-волновой структуры в воздухозаборнике смешанного сжатия

Оптимальная ударно-волновая структура для воздухозаборника смешанного сжатия

Простейшим вариантом для такого воздухозаборника может быть УВС, состоящая из падающего на твердую поверхность скачка, отраженного от этой поверхности скачка и замыкающего прямого скачка (рис. 1,б). Отражение скачка от стенки [3] является частным случаем интерференции встречных косых скачков [4]. Давление торможения за прямым скачком уплотнения увеличивается, если перед ним произойдет регулярное отражение скачка уплотнения от стенки (или плоскости симметрии). Существует интенсивность приходящего скачка уплотнения, при которой это увеличение будет наибольшим, соответствующая структура будет оптимальной.

Используя методику расчета полного давления за серией скачков [5], рассчитана зависимость отношения степени восстановления полного давления $s = I_{03}/I_{01}$ в оптимальной системе из трех скачков (падающего косого, отраженного и прямого) с коэффициентом восстановления I_{03} к коэффициенту восстановления в прямом скачке I_{01} . Линией "max" отмечены углы наклона скачка, соответствующие оптимальным УВС, обеспечивающим наибольший коэффициент восстановления полного давления. Заметим, что если один косой скачок перед прямым дает увеличение p_{01} , например, при $M = 3$ в 1,8 раза, то отражение от стенки косого скачка перед прямым увеличивает p_{03} в 2,25 раза. Как известно [3], отражение косого скачка от стенки может происходить не только регулярным, но и маховским образом, с образованием на стенке ножки Маха.

Путем сравнения результатов численных расчетов с экспериментом было показано, что переход от регулярного отражения к маховскому отражению и обратно, в зависимости от направления изменения M и β , происходит в условиях близких к двум критериям, сформулированным von Neumann [6]: "критерию отсоединения" (criterion detaching) и "критерию меха-

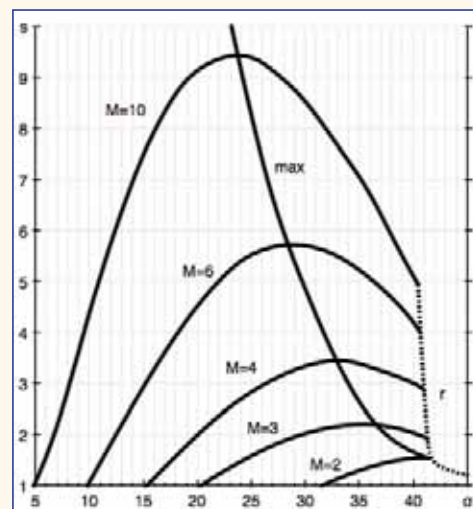


Рис. 2 Зависимость степени увеличения давления торможения s за системой из трех скачков по сравнению с давлением торможения за одним прямым скачком от угла наклона α первого скачка и числа Маха M

нического равновесия" (mechanical equilibrium), последний позднее был назван В.Н. Усковым "критерием стационарной маховской конфигурации (СМК)". Был обнаружен гистерезис при изменении числа Маха потока, а также при изменении углов клина воздухозаборника, т.е. при одних и тех же параметрах оказалось возможным существование УВС двух различных типов. Наибольший вклад в изучение этого важного для практики феномена внесли Е.И. Васильев [7], М.С. Иванов, А.Н. Кудрявцев, Д.В. Хотяновский [8, 9], а также Ben-Dor G. [10].

Маховское отражение является нежелательным и, часто, аварийным для ВЗ. Пунктирной линией Γ на рис. 2 отмечены углы наклона первого скачка, при которых происходит переход от регулярного к маховскому отражению скачка от стенки. Видно, что при $M < 2$ оптимальная УВС лежит довольно близко к области маховского отражения косого скачка от стенки. Это говорит о том, что применять воздухозаборники смешанного сжатия на таких скоростях нерационально. Яркое выраженный максимум имеет место, начиная с $M = 3,5$.

Оптимальная область регулирования воздухозаборника внешнего сжатия

Воздухозаборник внешнего сжатия сжимает газ в серии косых скачков одного направления и замыкающем прямом скачке (рис. 1, а). Из точки пересечения ДСУ исходит тангенциальный разрыв, основной исходящий разрыв, который всегда является скачком уплотнения, а также отраженный разрыв, который может быть скачком уплотнения, слабым разрывом и волной разрежения. Волна разрежения является нежелательной, т.к. её наличие приводит к снижению степени сжатия в ВЗ и возможности появления неустойчивых режимов работы.

Большой вклад в развитие теории догоняющих скачков уплотнения, в выявление областей существования различных ударно-волновых структур с их участием внесли В.Н. Усков [5] и А.Л. Старых [2]. А.В. Омелченко и В.Н. Усковым было исследовано на экстремум поведение газодинамических переменных за УВС с косыми догоняющими скачками уплотнения [11].

Первым задачу построения оптимальной системы скачков одного направления решил К. Осватич [12]. Система с максимальным значением коэффициента сохранения полного давления обладает тем свойством, что нормальная составляющая числа Маха перед всеми скачками одинакова. Следовательно, отношения полных давлений, а также статических давлений, плотностей и температур во всех косых скачках уплотнения также одинаковы. Замыкающий прямой скачок оптимальной системы при $1,5 < M < 5$ немного слабее косых скачков, поэтому с небольшой долей погрешности можно считать, что все скачки оптимальной УВС в данном случае должны иметь равную интенсивность. Коэффициент восстановления полного давления растет по мере увеличе-

ния количества скачков в УВС (рис. 3). В пределе, когда система, состоящая из серии косых скачков одного направления и замыкающего прямого скачка, заменяется изоэнтропической волной сжатия, прямой скачок вырождается в разрывную характеристику с $J = 1$ и тогда $I = 1$. Сравнивая кривую 3 воздухозаборника с тремя клиньями сжатия с кривой 2 двухскачкового воздухозаборника, нетрудно заметить, что до $M = 2,5$ их характеристики близки и усложнение конструкции себя не оправдывает. Именно поэтому, на большинстве современных сверхзвуковых самолетов используется более простой двухскачковый воздухозаборник.

Для ВЗ внешнего сжатия также, как и для ВЗ смешанного сжатия, возможен нештатный режим работы в условиях маховской интерференции догоняющих скачков (рис. 4).



Рис. 4 Маховская интерференция догоняющих скачков [13]

В процессе изменения скорости полета УВС в ВЗ трансформируется и перестраивается. Рассмотрим, для примера, типичный сверхзвуковой пассажирский самолет, рассчитанный на крейсерскую скорость полета $M = 2,2...2,5$. Будем считать, что он оснащен двухскачковым воздухозаборником. Выберем угол первого клина $\beta_1 = 20^\circ$, угол второго клина $\beta_2 = 10^\circ$, которые обеспечивают структуру скачков, близкую к оптимальной в диапазоне чисел Маха $M = 2,4...2,5$. Рассмотрим, как трансформируется УВС при изменении числа Маха от $M = 2,3$ до $M = 2,45$ (рис. 5). На рис. 5 для каждого числа Маха слева показан результат численного расчета по схеме идеального газа, а справа - решение на плоскости ударных полях - кривых, связывающих логарифм интенсивности скачка уплотнения $\Lambda = \ln J$ и угол разворота потока на этом скачке β .

Черная поляра соответствует числу Маха невозмущенного потока, красная - числу Маха за первым скачком, синяя - за вторым скачком. При регулярной интерференции ДСУ пересекаются левая

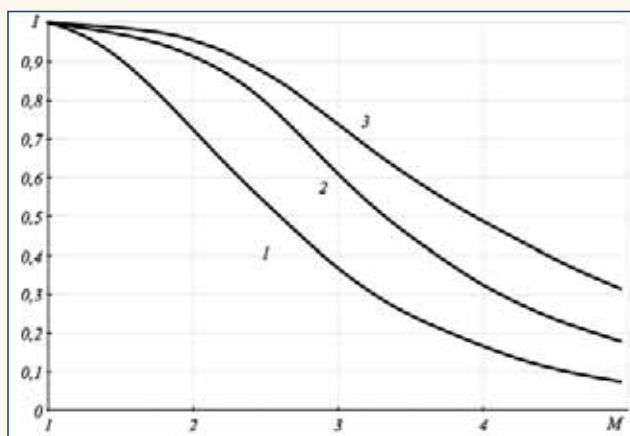


Рис. 3 Коэффициент восстановления полного давления за системой скачков: 1 - прямой скачок, 2 - один косой и один прямой скачок, 3 - два косых и один прямой скачок

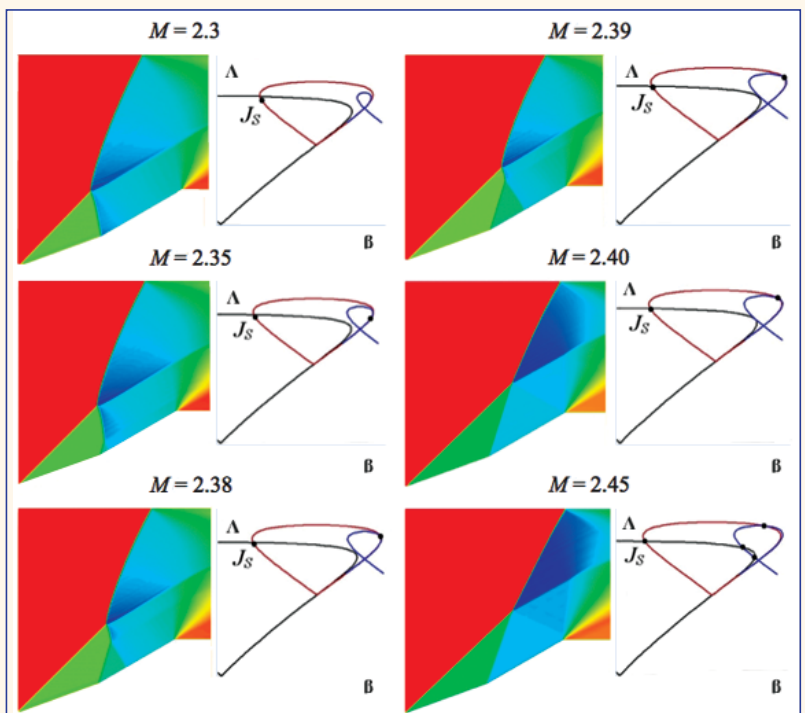


Рис. 5 Трансформация УВС в двухскачковом воздухозаборнике при изменении числа Маха полета

ветвь синей поляры и правая ветвь черной поляры. При $M = 2,3$ синяя поляра не пересекается ни с черной, ни с красной. Красная поляра пересекается с черной в точке с интенсивностью, большей звуковой ($J > J_s$), т.е. течение за УВС - дозвуковое. Под воздействием возмущений, передающихся через дозвуковой поток, второй скачок искривляется и из догоняющего становится встречным. Решению соответствует точка пересечения красной и черной поляры.

При увеличении числа Маха до $M = 2,35$ появляется точка пересечения синей и красной поляры правыми ветвями, что соответствует образованию λ -образной структуры с двумя догоняющими скачками, приходящими в тройную точку от второго клина (рис. 5, $M = 2,3...2,39$). При дальнейшем увеличении M тройные точки сближаются, пока не сливаются в одну при $M = 2,4$ с превращением третьего скачка в отраженный скачок, исходящий из точки интерференции ДСУ. На плоскости поляр этому соответствует касание синей поляры с черной. Таким образом, на достаточно узком отрезке изменения параметра M от $M = 2,3$ до $M = 2,4$ УВС проходит целый ряд любопытных перестроек. Сначала имеет место интерференция встречных скачков уплотнения, затем второй скачок расщепляется на два догоняющих. Главный скачок, исходящий из тройной точки пересечения ДСУ, является для головного скачка, распространяющегося от первого клина, приходящим встречным скачком. Постепенно он укорачивается и исчезает совсем. Второй приходящий ДСУ при этом трансформируется в отраженный разрыв, а сама тройная конфигурация скачков проходит стадию, когда второй ДСУ становится прямым (см. фрагмент с $M = 2,45$ на рис. 5). Понятно, что, проектируя оптимальную УВС и задавая законы их трансформации, необходимо знать границы областей существования УВС соответствующих типов.

Ниже построены трехмерные (J_1 - J_2 - M) области существования УВС различного типа, возникающие при интерференции двух догоняющих скачков (рис. 6-8). Оранжевым цветом выделена наиболее интересная для регулирования воздухозаборников область, в которой происходит регулярная интерференция двух ДСУ с образованием отраженного разрыва - скачка уплотнения.

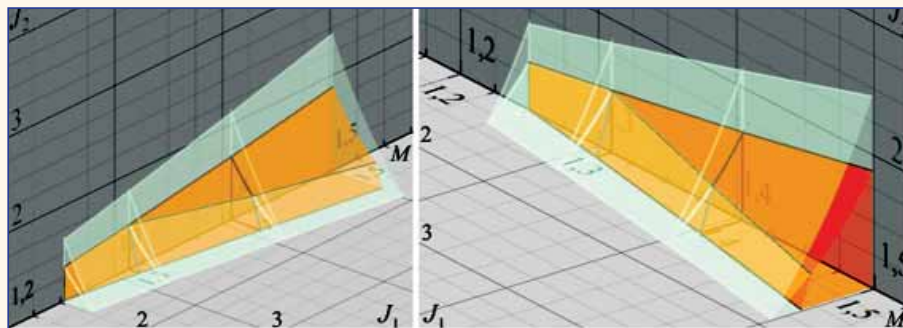


Рис. 6 Область существования регулярной УВС с ДСУ с отраженным разрывом - скачком уплотнения. $M = 1,2...1,5$

На рис. 6 объем, соответствующий интерференция ДСУ с образованием отраженного скачка уплотнения, ограничен координатными плоскостями J_1 - M , J_2 - M , первой ветвью характеристического решения, когда отраженный разрыв - слабый разрыв, и поверхностью, ограничивающей область регулярной интерференции ДСУ. Светло-зеленая поверхность соответствует границе существования УВС с отраженным разрывом ($J_2 = J_s$), когда течение за вторым приходящим скачком становится дозвуковым и отраженный разрыв образовываться не может.

Видно, что в диапазоне $M = 1,245...1,5$ оптимальное регулирование двухскачковых воздухозаборников с внешним сжатием не должно вызывать никаких затруднений. При $M < 1,245$ существование УВС с отраженным скачком невозможно.

На рис. 7 показаны области существования различных УВС в диапазоне $M = 1,8...2,55$. Внутренняя граница области интерференции ДСУ с отраженным разрывом - скачком уплотнения образована характеристической поверхностью и

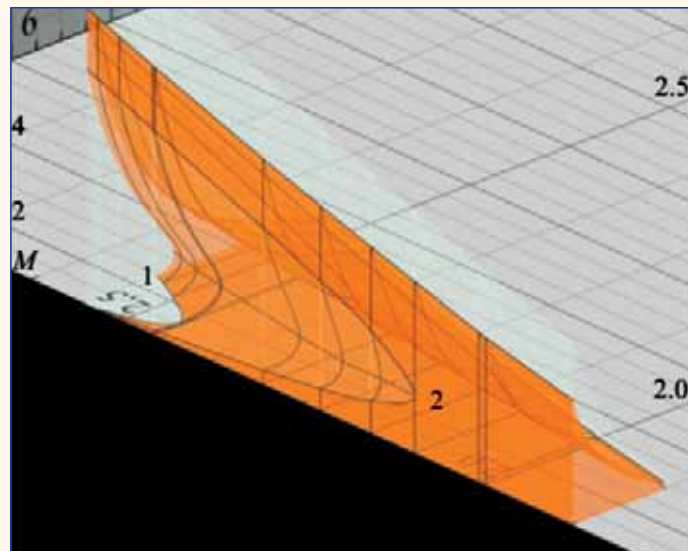


Рис. 7 Область существования регулярной УВС с ДСУ с отраженным разрывом - скачком уплотнения. $M = 1,8...2,55$

координатными плоскостями, на которых характеристическая поверхность отсекает области, показанные на рис. 7 линиями 1 и 2. При $M < 2,089$ регулирование воздухозаборника не вызывает затруднений, т.к. область с отраженной волной разрежения отсутствует. При $M > 2,089$ область с отраженным скачком сужается, но оптимальную УВС - такую, что $J_1 = J_2$, построить можно без проблем вплоть до $M = 2,204$. Далее нужно следить за появлением нерегулярной интерференции.

На рис. 8 видно, что в диапазоне $M = 3,8...5$ область с отраженным скачком очень узкая. Она образована нижней поверхностью, из которой область с отраженной волной разрежения вырезает поверхность, ограниченную подковообразной кривой 1. Нижняя поверхность этой области пересекается с координатными плоскостями по кривым 2 и 3. Верхняя поверхность пересекается с координатными плоскостями по линиям 4 и 5 и с нижней поверхностью по линии 1. Вершина линии 1 соответствует числу Маха $M = 3,82$. При $M < 3,82$ объем области с отраженным скачком ограничен верхней поверхностью, опирающейся на линии 4 и 5, и нижней поверхностью, опирающейся на линии 2 и 3. Две светло-зеленые поверхности - это граница регулярной и нерегулярной интерференции, а также граница существования отраженных разрывов ($J_2 = J_s$). При $M > 3,82$ оптимальное регулирование воздухозаборников внешнего сжатия невозможно, а при $M < 3,82$ оно возможно, но диапазон регулирования очень и очень узкий.

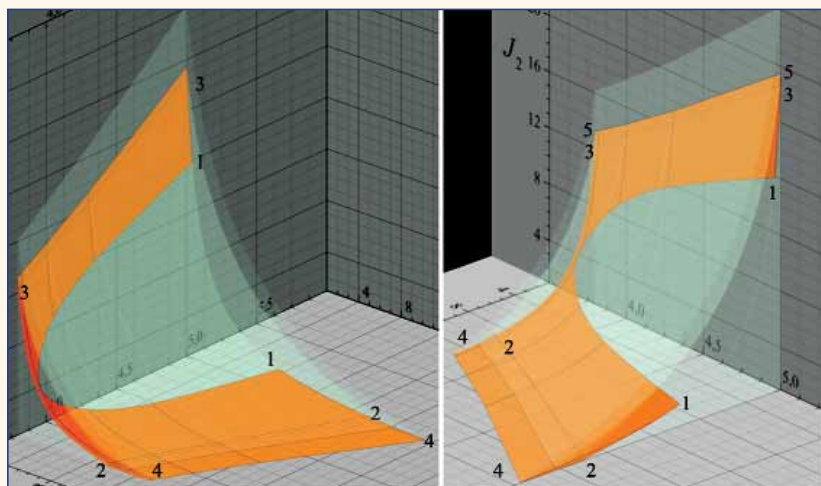


Рис. 8 Область существования регулярной УВС с ДСУ с отраженным разрывом - скачком уплотнения. $M = 3,8...5$

Таким образом, проведенный анализ показал, что в диапазоне $M = 1,245...2,089$ воздухозаборник, основанный на ДСУ будет работать оптимально, в диапазоне $M = 2,089...2,55$ оптимальное регулирование воздухозаборника внешнего сжатия возможно, но диапазон регулирования существенно сужается.

Заключение

В работе представлены результаты расчетного исследования оптимальных ударно-волновых структур в воздухозаборнике внешнего сжатия в системе скачков уплотнения одного направления, а также смешанного сжатия в системе скачков, образованных отражением косого скачка от стенки. Выявлены области, в которых возможно получение максимального коэффициента восстановления полного давления.

Показано, что в диапазоне $M = 1,245...2,089$ воздухозаборник внешнего сжатия работает в оптимальных условиях. В диапазоне $M = 2,089...2,55$ оптимальный диапазон, в котором интенсивности двух догоняющих и одного замыкающего скачка одинаковые, сужается, но оптимальную УВС, такую, что $J_1 = J_2$, построить можно без проблем вплоть до $M = 2,204$. Далее нужно следить за появлением нерегулярной интерференции. При более высоких числах Маха построение оптимальной УВС с ДСУ и отраженным разрывом скачком уплотнения практически невозможно.

Самым проблемным диапазоном скоростей является диапазон $M = 2,55...3,8$, когда область оптимального регулирования ВЗ внешнего сжатия очень узкая, а ВЗ смешанного сжатия работает близко к границе маховского отражения скачка от стенки.

Литература

1. Росляков Г.С. Взаимодействие плоских скачков уплотнения одного направления // Численные методы в газовой динамике. М.:Изд-во Моск. ун-та, 1965. С. 28-51.
2. Росляков Г.С., Старых А.Л., Усков В.Н., 1987. Интерференция стационарных скачков уплотнения одного направления. Изв. АН СССР. МЖГ, №4: С. 143-52.
3. Булат П.В., Упырев В.В., Денисенко П.В. Отражение косого скачка уплотнения от стенки // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. Том 15. № 2. С. 338-345.

4. Булат П.В., Денисенко П.В., Продан Н.В. Интерференция встречных скачков уплотнения. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. - 2015 - Т.15, №2. - 346-55 С.

5. Усков В.Н., Адрианов А.Л., Старых А.Л., Монография. Интерференция Стационарных Газодинамических Разрывов, Новосибирск: ВО "Наука". Сибирская издательская фирма. 1995. С. 180.

6. Усков В.Н., Булат П.В., Продан Н.В. История изучения нерегулярного отражения скачка уплотнения от оси симметрии сверхзвуковой струи с образованием диска Маха. Фундаментальные исследования. 2012. № 9-2. С. 414-420.

7. G. Ben-Dor, M. Ivanov, E.I. Vasilev, T. Elperin. Hysteresis processes in the regular reflection-Mach reflection transition in steady flows / Progress in Aerospace Sciences 38 (2002) 347-387.

8. М.С. Иванов, А.Н. Кудрявцев, С.Б. Никифоров, Д.В. Хотяновский. Переход между регулярным и маховским отражением ударных волн: новые численные и экспериментальные результаты // Аэромеханика и газовая динамика, 2002, №3, С. 73-15.

9. Ivanov M.S., Ben-Dor G., Elperin T., Kudryavtsev A., Khotyanovsky D. Mach number variation induced hysteresis in steady flow shock wave reflections. AIAA 2001; 39(5): 972-4.

10. Ben-Dor G. Shock Wave Reflection Phenomena, 2nd Ed. Springer-Verlag, NewYork, 2007, 342 p.

11. Омелеченко А.В., Усков В.Н. Оптимальные догоняющие скачки уплотнения с ограничениями на суммарный угол поворота потока // Прикладная механика и техническая физика. 1999. Т. 40. № 4. С. 99-108. <http://www.sibran.ru/upload/iblock/14b/14ba22327da0493c2737be7e56037ee3.pdf>.

12. Осватич Клаус, Шварценбергер Рудольф. Сборник задач и упражнений по газовой динамике. Перевод с немецкого В.А. Конотопа. М. Мир. - 1967. - 271 с.

13. Аэротермодинамика летательных аппаратов в фотографиях // Составитель Г.Ф. Готов. Жуковский, ЦАГИ, 2003. -173 с.

14. Булат П.В., Денисенко П.В. Интерференция скачков уплотнения одного направления // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. Т. 15. № 3. С. 500-508.

Связь с авторами: pavelbulat@mail.ru



СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ

- MetrolExpo
- Control&Diagnostic
- ResMetering
- LabTest
- PromAutomatic

ВСЕРОССИЙСКИЙ СЪЕЗД МЕТРОЛОГОВ И ПРИБОРОСТРОИТЕЛЕЙ

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Консолидация усилий власти, науки и бизнеса в развитии отечественного приборостроения для обеспечения нужд промышленности и оборонного комплекса страны, а также повышение эффективности российской системы измерений, совершенствование нормативной базы метрологии с учетом международных тенденций в целях поддержки инноваций и их продвижения.

ДИРЕКЦИЯ ФОРУМА

129344, Москва, ул. Искры 31, корп. 1, Технопарк ВДНХ
Тел./Факс: +7 (495) 937-40-23 (многоканальный)
www.metrolxpoprom.ru
E-mail: metrol@expoprom.ru

XIII МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ

ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ — ОСНОВА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ

проводится в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 апреля 2014 г. № 541-р

17-19 мая 2017 г., Москва, ВДНХ, павильон 75, «Россия»

ПРОГРАММА ФОРУМА

METROLEXPO-2017
Метрология и Измерения
13-я выставка средств измерений, испытательного оборудования и метрологического обеспечения.

CONTROL&DIAGNOSTIC-2017
Контроль и Диагностика
6-я выставка промышленного оборудования и приборов для технической диагностики и экспертизы.

RESMETERING-2017
Учёт энергоресурсов
6-я выставка технологического и коммерческого учёта энергоресурсов.

LABTEST-2017
Лабораторное оборудование
5-я выставка аналитических приборов и лабораторного оборудования промышленного и научного назначения.

PROMAUTOMATIC-2017
Автоматизация
5-я выставка оборудования и программного обеспечения для производственных процессов.

WEIGHT SALON 2017
Весовой салон
Выставка весового оборудования.

Организаторы

МИНПРОМТОРГ РОССИИ **РОССТАНДАРТ**

Поддержка

АДМИНИСТРАЦИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

Стратегический партнер

Генеральный спонсор

KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Ключевые партнеры выставки

РОСНАНО **РЖД** **КРЭТ**

Международные партнеры

Bureau International des Poids et Mesures **OIML** **COOMET**

Устроитель и выставочный оператор

Всероссийский центр выставочных услуг

О МЕТОДОЛОГИИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ТЕПЛОФИЗИКИ И ТЕРМОДИНАМИКЕ ВРД ПРИ НАЛИЧИИ ВНЕШНЕГО ТЕРМОСТАТА

ГНЦ ФГУП "Центральный Институт Авиационного Моторостроения им. П.И. Баранова (ЦИАМ)"

Михаил Яковлевич Иванов, главный научный сотрудник, д. ф.-м. н.,
Вадим Константинович Мамаев, старший научный сотрудник, к. ф.-м. н.,

Рассмотрена методология теоретической теплофизики в свете экспериментальных и технических достижений последних десятилетий. В плане принципиальных экспериментальных достижений привлечены регистрация конечной ненулевой температуры свободного космического пространства и обнаружение подавляющего количества скрытой массы Вселенной. Эти экспериментальные достижения являются достаточным основанием для того, чтобы рассматривать пространство космоса в качестве всеобъемлющего внешнего термостата при равновесной температуре $T_0=2,73$ К, в тепловом контакте с которым находится любая исследуемая физическая система. В плане технических достижений выбран впечатляющий прогресс в разработке ВРД. Выписаны общие законы сохранения массы, импульса и энергии для моделирования термодинамики излучающей среды в присутствии внешнего термостата. Это моделирование применено к анализу скрытой термодинамики элементарных частиц.

Examines the methodology of theoretical physics at the concept of experimental and technical advances of the last times. In terms of fundamental experimental achievements involved check the finite nonzero temperature of free space and detection of the vast amount of hidden mass of the Universe. These experimental achievements are reason enough to consider the space as a comprehensive external thermostat at the equilibrium temperature $T_0=2.73$ K, in thermal contact with whom is any of the investigated physical system. In terms of technical achievements selected impressive progress in the development of the Jet engines. Discharged the General laws of conservation of mass, momentum and energy to simulate the thermodynamics of a radiating medium in the presence of the finite values of temperature and pressure. This simulation applied to the analysis of the hidden thermodynamics of elementary particles.

Ключевые слова: термостат, тепловое излучение, энтропия, термодинамика элементарных частиц, термодинамика реактивных двигателей.

Keywords: thermostat, thermal radiation, entropy, elementary particles thermodynamics, thermodynamics of jet engines

1. Основные принципиальные эксперименты

К одному из впечатляющих экспериментальных достижений современной физики отнесем регистрацию конечной температуры $T_0=2,73$ К в открытом пространстве Космоса. Впервые данное значение температуры в свободном пространстве было определено в 1933 г. Е. Регенером [1,2]. В 1956 г. сотрудником Пулковской обсерватории Т.А. Шмаоновым также была зарегистрирована конечная температура в открытом космическом пространстве $T_0 = 4 \pm 3$ К [3]. В 1965 г. американскими радиоастрономами А. Пензиасом и Р. Вильсоном вновь открыта конечная температура $T_0 \sim 3$ К космического пространства, а именно, температура космического микроволнового излучения (КМИ) [4-6].

Наличие конечной ненулевой температуры КМИ в свободном космическом пространстве предсказано теоретически в 1948 г. Георгием Гамовым [7,8]. Согласно его идее происхождения Вселенной в результате горячего большого взрыва данное КМИ образовалось на раннем этапе развития Вселенной, "оторвалось" от излучающей его материи и к настоящему времени успело остыть до температуры в несколько градусов Кельвина. В нашем исследовании мы не будем "отрывать" излучение от материи, однако допускаем, что материя и излучение могут иметь различные температуры (в определенных случаях отсутствует термодинамическое равновесие между материей и излучением).

Следуя Я.Б. Зельдовичу [9], рассмотрим КМИ в качестве "нового эфира". Это название возникло в результате обнаружения в 70-х годах у КМИ крупномасштабной дипольной анизотропии [10,11]. С помощью аккуратных экспериментов зарегистрирована крупномасштабная сферическая дипольная неравномерность в распределении температуры КМИ с величиной амплитуды $\Delta T_0 = 3,5 \pm 0,6 \cdot 10^{-3}$ К. Данное обстоятельство позволяет ввести в окрестности нашей галактики Млечный Путь космологическую выделенную систему отсчета, в которой фоновое излучение является изотропным (с точностью до мелкомасштабных флуктуаций). Таким образом, нами в статье рассматривается выделенная "абсолютная" система трех независимых пространственных координат, связанная с КМИ, и вместе с ней абсолютное односторон-

ленное время. Отметим также, что не так давно проведены астрофизические эксперименты по изучению мелкомасштабной анизотропии КМИ и одним из важных результатов исследований стало подтверждение "плоскостности" Метагалактики [12,13].

Следующим принципиальным для нас экспериментальным фактом укажем существование скрытой массы Вселенной в количестве 96% от общего состава всей ее материи (см. по этому поводу [14-18] и цитируемую там литературу). Здесь узловым моментом для дальнейшего изложения будет наличие в свободном пространстве у скрытой массы в случае термодинамического равновесия того же конечного (не нулевого) значения температуры $T_0=2,73$ К и ненулевого давления (естественно также наличие конкретного значения реальной плотности с известной осредненной оценкой $\rho_0 \sim 10^{-26}$ кг/м³). Указанные экспериментальные достижения являются достаточным основанием для того, чтобы рассматривать пространство космоса в качестве реально присутствующего материального внешнего всеобъемлющего "термостата" с температурой $T_0=2,73$ К, в тепловом контакте с которым находится любая исследуемая физическая система.

Мы будем описывать термодинамику материальной субстанции (скрытой массы), заполняющей наш термостат, как движение сплошной среды с помощью вполне измеряемых значений полевых функций в переменных Эйлера [19-22]. Тем самым мы изучаем изменение во времени параметров среды в фиксированной точке пространства. Параметры определяются как функции четырех независимых аргументов t, x, y, z . Помимо вышеотмеченных трех термодинамических параметров - температуры, давления и плотности, два из которых независимы, а третий определяется по уравнению состояния. динамика среды описывается с помощью вектора скорости $\vec{v} = u \cdot \vec{i} + v \cdot \vec{j} + w \cdot \vec{k}$. Ускорение среды определяется соотношением

$$\vec{w} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \frac{\partial \vec{v}}{\partial x} u + \frac{\partial \vec{v}}{\partial y} v + \frac{\partial \vec{v}}{\partial z} w = \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v},$$

где $\vec{v} \cdot \nabla$ есть скалярное произведение вектора скорости и оператора градиента

$$\nabla = \text{grad} = \frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k}$$

Первый член в правой части ускорения определяет его локальное значение в заданной точке пространства, второй член характеризует другую часть ускорения, связанную с изменением скорости в пространстве в фиксированный момент времени (так называемое конвективное ускорение). Оператор

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + w \frac{\partial}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla)$$

называется полной (субстанциональной) производной, относящейся к выделенной материальной точке среды.

Здесь следует повторить, что экспериментальный факт наличия крупномасштабной дипольной анизотропии позволяет нам вернуться к рассмотрению пространства и времени в ньютоновском приближении (как абсолютных и независимых переменных). При описании процесса движения фундаментальные свойства пространства и времени выражаются через инвариантность используемых математических моделей относительно определенных преобразований переменных. Основные теоретические и технические моменты в нашей работе будут описываться законами сохранения массы, импульса и энергии, инвариантными относительно группы преобразований Галилея [23-25] (в частности, инвариантность Галилея обеспечивают выписанные выше выражения с полной производной). При линеаризации исходных нелинейных уравнений мы теряем свойство инвариантности Галилея и можем перейти к моделям, инвариантным относительно преобразований Лоренца [25, 26].

В теоретической части нашей работы, основываясь на изложенной методологии и блестящем научном трактате Луи де Бройля "Термодинамика изолированной частицы (Скрытая термодинамика частиц)" [27], мы предложим термодинамику и продемонстрируем структуру элементарных частиц, ядер, атомов и молекул. В плане практических приложений, опирающихся на рассматриваемую методологию и показывающих её работоспособность, приведем примеры расчета тепловых процессов в ВРД.

2. Термостат: свойства и следствия

Термостатом называют большую внешнюю термодинамическую систему, число частиц которой намного превышает число частиц исследуемой системы, находящейся с ней в тепловом контакте [27-31]. В нашем рассмотрении в качестве такого термостата (большой термодинамической системы) берем всю заполненную КМИ область с известной температурой $T_0 = 2,73$ К. Любую меньшую по размерам исследуемую систему естественно полагаем в тепловом контакте с указанным термостатом. Применяя закон равномерного распределения энергии по степеням свободы [27], считаем, что на каждое электромагнитное колебание приходится в среднем энергия kT . Тем самым мы реализуем принципиальный вопрос возможности введения термодинамических представлений в квантовую механику в случае их справедливости при наличии термостата - КМИ. Остановимся на этом вопросе более подробно.

Физика начала XX века, увековечив плодотворные идеи Макса Планка, Альберта Эйнштейна и Луи де Бройля, вооружила нас фундаментальными соотношениями

$$E = mc^2 = hv = kT, \quad (1)$$

связывающими энергию с массой m , частотой ν и температурой T через скорость света в вакууме c , постоянные Планка h и Больцмана k . Последнее равенство в (1), в частности, приближенно справедливо в окрестности максимума распределения Планка для плотности излучения абсолютно черного тела и представляет собой фактически одну из возможных записей закона смещения Вина. На данное равенство опирались Релей и Джинс при выводе своей знаменитой формулы теплового излучения. Это равенство есть выражение закона равномерного распределения электромагнитной энергии по степеням свободы [28]. Равенство $hv = kT$

составляет также основу блестящего научного трактата Луи де Бройля по термодинамике частиц [27].

Основопологающим экспериментальным фактом, как отмечено, является регистрация конечного значения температуры КМИ $T_0 = 2,73$ К. До момента открытия этой величины, значение температуры в вакууме открытого космоса полагалось равным нулю и из соотношения (1) следовало естественное значение нулевой массы фотона. Однако аккуратно зарегистрированное значение $T_0 = 2,73$ К позволяет легко определить конечную массу m частицы субстанции открытого космоса при условии термодинамического равновесия между КМИ и этой материальной субстанцией (по терминологии Луи де Бройля [27] и Бома-Виже [29] субстанцией "скрытого термостата"). Имеем

$$m = kT_0 / c^2 = 4.25 \cdot 10^{-40} \text{ кг} \quad (2)$$

Умножим соотношение (1) на величину концентрации n рассматриваемой материальной субстанции

$$n \cdot mc^2 = n \cdot kT$$

и придем к уравнению состояния совершенного газа

$$p \approx \rho c^2 = nkT. \quad (3)$$

Здесь $\rho = nm$ - плотность, p - давление. Соотношение (3) суть одна из математических форм записи известного закона Авогадро. Таким образом, мы продемонстрировали, что при конечной (ненулевой) температуре рекомендации М. Планка, А. Эйнштейна и Л. де Бройля, выраженные с помощью соотношений (1), приводят к записанному в виде уравнения состояния закону Авогадро (3) и дают "нижнюю" оценку энергии E при значении температуры "остывшего" открытого космоса $T_0 = 2,73$ К. При этом определяется также масса частицы материальной субстанции, которую мы отождествляем со скрытой массой Вселенной и называем в связи с этим Бозоном Скрытой Массы - БСМ [22] (ранее данная материальная субстанция называлась эфиром, в настоящее время используют словосочетания "физический вакуум", темная материя и т.п.).

Подчеркнем еще раз, что в соотношениях (1) - (3) величина $c = 2,998 \cdot 10^8$ м/с равна скорости света в свободном космическом пространстве и определяет скорость распространения в нем возмущений. Перепишем (2) в форме

$$c^2 = \frac{k}{m} T_0 = RT_0, \quad (4)$$

представляющей приближенное выражение для квадрата скорости распространения возмущений c в газообразной среде с массой частиц m , газовой постоянной $R = k/m$ и температурой T_0 . В частности, аналогичная (4) формула была предложена Ньютоном (в виде $c^2 = p/\rho$, где p - давление и ρ - плотность) для расчета скорости звука в воздухе [30]. Затем эта формула была уточнена Лапласом и записана для квадрата скорости звука в виде $c^2 = \kappa p/\rho$, где κ - показатель адиабаты [30]. Сказанное показывает важную аналогию соотношения (1) с выражениями для скорости распространения возмущений в газообразных средах.

Таким образом, в нашем моделировании мы фактически переходим от виртуальных излучающих резонаторов Планка в его знаменитой формуле теплового излучения абсолютно черного тела к реальным частицам конечной массы (2), оставляя за ними в то же время все необходимые свойства излучения. Рассматривая эти реальные частицы - резонаторы в форме классических излучающих диполей Герца и используя для них распределение Максвелла-Больцмана по скоростям, приходим к описанию распределения плотности их излучения по известной формуле Планка. Принципиальным вопросом присутствия в Космосе термостата, заполненного реальной телесной средой с конечной температурой $T_0 = 2,73$ К и массой частиц (2), становится взаимодействие обычной барионной материи с термостатом и сопровождающая данное взаимодействие возможность диссипации энергии барионной материи в этом термостате (в частности, при наличии механизмов теплообмена, трения и диффузии).

Присутствие термостата вносит важные коррективы в общие уравнения движения динамической системы. Уравнения Лагранжа динамической системы N материальных точек пишем в виде

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k} - \frac{\partial L}{\partial q_k} = Q_k \quad (k=1, \dots, 3N)$$

где q_k - обобщенные координаты, Q_k - обобщенные не потенциальные силы (и, прежде всего, диссипативные), $L = K - U$ - функция Лагранжа, K и U - кинетическая и потенциальная энергия системы. В нашем рассмотрении те диссипативные силы, которые связаны с теплотой молекулярного движения частиц, включены в потенциальную (внутреннюю) энергию, характеризующую переход механического движения в молекулярное движение (тепло). В случае, если бы "тепла", кроме такого молекулярного движения не существовало, то можно было бы с полным основанием полагать $Q_k = 0$ (т.е. какой-либо "теплород" был исключен, а диссипация сводилась только к переходу механического движения в тепловое движение молекул [31]). Однако, в нашем случае наличия термостата с $T_0 = 2,73$ К присутствуют еще дополнительные диссипативные эффекты перехода тепла из исследуемой системы во внешний термостат (прежде всего, потерь энергии, связанных с излучением). Несколько забежав вперед, подчеркнем, что рост энтропии нашей системы характеризует величину рассеянной (поглощаемой термостатом) энергии (см. нижеследующий пункт по оценке изменения энтропии и потерь полного давления).

Остановимся на некоторых следствиях наличия внешнего термостата и прежде всего на вопросе применимости известной теоремы Э. Нетер. Теорема утверждает: *каждой непрерывной симметрии, имеющей место для изолированной физической системы, соответствует определённый закон сохранения. В частности, однородности времени соответствует закон сохранения энергии, однородности пространства соответствует закон сохранения импульса, изотропии пространства соответствует закон сохранения момента импульса и т. д.* Однако, теорема Нетер применима только в случае изолированных физических систем. Её нельзя использовать для неизолированных диссипативных систем, в том числе при наличии теплового взаимодействия системы с внешним термостатом. Это же замечание относится к вопросам справедливости применения формализмов Лагранжа и Гамильтона (см., например, [32]). Принципиальным моментом современной теоретической физики должно стать обоснование применения формализмов Лагранжа и Гамильтона в случае неизолированной от внешнего воздействия системы (при наличии диссипативных механизмов, связанных с взаимодействием системы с внешней средой - термостатом).

Приведем теперь более аккуратную оценку массы m носителя теплового излучения (2) для термостата при значении показателя адиабаты носителя теплового излучения $\kappa = 4/3$. Следуя [19-22], имеем:

$$m = \kappa \frac{kT}{c^2} = 5,6 \cdot 10^{-40} \text{ кг} \approx 3 \cdot 10^{-4} \text{ эВ.}$$

Получаем также однозначно определяемую газовую постоянную $R = k/m = 0,25 \cdot 10^{17} \text{ Дж/Ккг}$ и удельные теплоемкости при постоянном объеме C_v и постоянном давлении C_p :

$$C_v = 0,75 \cdot 10^{17} \text{ Дж/Ккг}, \quad C_p = 1,0 \cdot 10^{17} \text{ Дж/Ккг.}$$

Записываем в приближении совершенного газа традиционное уравнение состояния газообразной среды $p = \rho RT$ или $p = (\kappa - 1) \rho e$, где $e = C_v T$ - удельная внутренняя энергия.

Следующим принципиальным моментом нашего анализа будет определение характерного электрического заряда рассматриваемых в форме классического диполя частиц теплового излучения. При наличии такого заряда появляется возможность перейти от виртуальной поляризации физического вакуума к реальной поляризации пространства. Анализ размерности [20-22] с необходимостью приводит к характерному линейному размеру поляризованного пространства (дебаевскому радиусу экранирования) и характерной частоте (аналогу плазменной ленгмюровской частоты).

Дополнительными обоснованиями для нашего рассмотрения могут служить известные экспериментальные факты поляризации вакуума, наличия тока смещения, вектора потока энергии (вектора Умова-Пойнтинга), явлений электромагнитной индукции и самоиндукции. Структура частиц в форме диполя с суммарным нулевым электрическим зарядом естественным образом допускает поляризацию пространства. К тому же, предельный случай поляризации физического вакуума выражается как рождение из "пустоты" электрон-позитронной пары (например, при столкновении двух фотонов с достаточно большой энергией). Элементарный заряд диполя определяется из известных данных по массе и заряду электрона [19-22] и составляет $q = 10^{-28} \text{ Кл}$.

Элементарный заряд $q = 10^{-28} \text{ Кл}$ и диэлектрическая проницаемость вакуума $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2/(\text{Н} \cdot \text{м}^2)$ определяют характерный линейный размер - дебаевский радиус экранирования

$$D = \sqrt{\epsilon_0 kT / nq^2},$$

и характерную ленгмюровскую частоту

$$\omega = \sqrt{nq^2 / \epsilon_0 m}.$$

В качестве простейшей наглядной демонстрации применимости дебаевского радиуса D укажем, что в изобарических условиях дебаевский радиус линейно увеличивается с ростом характерной температуры $D \sim T$ (в частности, данное обстоятельство является наглядным объяснением линейного расширения металлов с ростом температуры).

Важным для нас моментом является дебаевское экранирование электрона и протона. "Электрон, поляризуя вакуум, как бы притягивает к себе виртуальные позитроны и отталкивает виртуальные электроны". Так описывается, в частности, явление поляризации вакуума в монографии [33]. В полном соответствии с подобной экспериментально подтвержденной поляризацией около электронного пространства находится излагаемая ниже математическая модель структуры электрона, а также протона и нейтрона. Здесь только под "виртуальными" электронами, позитронами и фотонами поляризованного пространства подразумеваем реальную поляризованную газообразную структуру дипольных частиц теплового излучения.

Проведенная оценка дебаевского радиуса экранирования электрона в среде дипольных частиц при температуре $T_0 = 2,73 \text{ К}$ дает [22]

$$De = \sqrt{\epsilon_0 kT_0 / nqe^2} = 0,5 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

Нами получена важная величина, характеризующая размер поляризованного пространства около электрона (размер так называемой "шубы" электрона). При этом поляризованное пространство состоит не из виртуального электрон-позитрон-фотонного облака, а из реальных массовых частиц (2), формирующих в силу своей структуры (классических электрических диполей) распределение электрического потенциала в поляризованном пространстве при заданной температуре при наличии контакта с термостатом. Тем самым нами реализован принципиальный вопрос возможности внесения термодинамических представлений в квантовую механику, в частности, при рассмотрении динамики движения и структуры элементарных частиц.

3. Единство физики Ньютона и Эйнштейна

В связи с возможностью (и необходимостью) введения внешнего всеобъемлющего термостата рассмотрим вопрос единства физики Ньютона и Эйнштейна. Выписанные соотношения (1) - (4) достаточно наглядно показывают справедливость закона Авогадро для среды термостата в форме газообразной излучающей материи нашей Вселенной. Как было выше продемонстрировано, знаменитое равенство $E = mc^2$ представляет собой также лаконичную запись закона Авогадро и дает только нижнюю оценку энергии при значении температуры КМИ $T_0 = 2,73 \text{ К}$. Естественно при этом мы оставляем традиционную связь массы и энергии (и для нашего случая материальной субстанции в представлении газообразной среды).

Основные законы для теплового излучения в приближении газообразной среды записываем как законы сохранения массы, им-

пульса и энергии, которые инвариантны относительно группы преобразований Галилея (см. следующий раздел статьи). При линеаризации исходных квазилинейных уравнений переходим к моделям, инвариантным относительно преобразований Лоренца, и можем в теоретическом анализе ввести четырёхмерный интервал Минковского. Процедура линеаризации аналогична получению акустического приближения в газовой динамике. Связанное линеаризацией глубокое единство и некоторые различия ньютоновской и эйнштейновской физики суммируем для удобства в специальной таблице 1 [34].

Таблица 1:

Единство и различия ньютоновской и эйнштейновской физики.

НЬЮТОН	ЭЙНШТЕЙН
1. Абсолютное время и абсолютное пространство (время только вперед)	1. Относительное пространство-время (время способно наклоняться в бок)
2. Инвариантность Галилея	2. Инвариантность Лоренца
3. Реальный космический термостат: $T_0=2,73\text{ K}$, $m=5,6\cdot 10^{-40}\text{ кг}$, $\hbar=3\cdot 10^{-34}\text{ Бэ}$	3. Виртуальный физический вакуум: $T_0=0$, $m=0$
4. 3D Евклидово пространство	4. 4D пространство Минковского
5. Законы сохранения и закон Авогадро	5. Волновые механика и уравнения
6. Гравитация как силовое поле в 3D пространстве и абсолютном времени	6. Гравитация как возмущение геометрии пространства - времени
7. Рост энтропии и необратимость стрелы времени ($\Delta t > 0$)	7. Квантовая запутанность и возможность обращения t на $-t$
8. Два давления - в источнике и в дальнем поле	8. Одно давление - только линеаризованное (в дальнем поле)
9. Бозон скрытой массы (БСМ) [22]	9. Бозон Хиггса
10. Гравитационные волны - продольная составляющая возмущений среды	10. Гравитационные волны - кривизна возмущенного пространства-времени

Для дополнительного подтверждения справедливости соотношения (3) и основанного на нем пункта 5 таблицы 1 было выполнено специальное экспериментальное исследование изменения давления в герметичном металлическом сосуде в условиях технического вакуума (0.02 - 10 миллибар) при изменении температуры в диапазоне от 290 К до 1530 К [35,36]. Условия вакуума выбраны с желанием исключить влияние различных нежелательных для нас факторов (диссоциации, рекомбинации и др.).

В цитированном исследовании показаны наличие трех характерных областей изменения давления: увеличения давления в соответствии с законом Авогадро в диапазоне роста температуры от 290 К до 700-800 К; падения давления в диапазоне роста температуры от 800 К до 1300 К и вновь интенсивного увеличения давления в диапазоне роста температуры от 1300 К до 1530 К. В [35,36] проанализированы возможные причины зарегистрированного характера изменения давления в сосуде с ростом температуры и последующим охлаждением сосуда до начального состояния.

При рассмотрении таблицы 1 следует отметить также ограничения некоторых стандартных моделей современной физики. Начнем со стандартной теории элементарных частиц, основанной на свободных полях [37,38]. Свободные поля полевой теории элементарных частиц в действительности не являются "полностью свободными". Здесь мы вновь имеем в виду наличие в природе диссипативных механизмов взаимодействия элементарных частиц со скрытой массой пространства космоса. Любое выделение тепла в процессах взаимодействия и превращения элементарных частиц и ядер сопровождается "рассеянием" (диссипацией) части энергии в среде внешнего термостата (рассеяние части механической энергии по Томпсону). В силу сказанного применение теоремы Нетер и формализмов Лагранжа и Гамильтона не является теоретически обоснованным.

Далее наша стратегия будет опираться на замкнутую систему термодинамически согласованных законов сохранения массы, импульса и энергии, записываемых совместно для традиционной барионной материи и среды термостата (БСМ - носителя излучения). Из рассмотрения указанной согласованной системы законов сохранения естественным образом следует физический смысл фундаментального термодинамического понятия энтропии. Наглядно также демонстрируется суть важного для технических

приложений понятия потерь полного давления и получается количественная оценка эффекта рассеяния энергии в среде термостата (в частности, с помощью канала теплового излучения). С законом возрастания энтропии одновременно анализируется принципиальный вопрос наличия однонаправленной "стрелы времени".

4. Законы сохранения

Совместную систему термодинамически согласованных законов сохранения массы, импульса и энергии записываем, следуя работам [19-22, 39,40]. При реализации идей этих работ будем исходить первоначально из интегральных законов сохранения массы, импульса и энергии для односкоростной смеси. С учетом основной цели нашего исследования запишем законы сохранения для двухкомпонентной среды газа и излучения, моделируя его также в приближении газообразной среды [41,42] (индексы соответственно g и f). Следуя [23] для движущегося объема $\omega(t)$ с границей $\gamma(t)$, имеем

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \iiint_{\omega(t)} \rho_i d\omega &= \iiint_{\omega(t)} q_i d\omega, \\ \frac{d}{dt} \iiint_{\omega(t)} \rho_i \vec{u} d\omega &= - \iiint_{\gamma(t)} \rho_i \vec{n} d\gamma + \iiint_{\omega(t)} \vec{f}_i d\omega, \quad k = g, f \\ \frac{d}{dt} \iiint_{\omega(t)} \rho_i \left(\frac{1}{2} q^2 + \epsilon_i \right) d\omega &= - \iiint_{\gamma(t)} \rho_i \vec{u} \cdot \vec{n} d\gamma + \iiint_{\gamma(t)} K_i \text{grad} T_i \cdot \vec{n} d\gamma + \iiint_{\omega(t)} L_i d\omega. \end{aligned}$$

Здесь q^2 - квадрат модуля вектора скорости u . Интегралы по объему в правых частях первых двух уравнений представляют собой внутренние источники (или стоки) массы и импульса соответственно, реализующиеся при их наличии в объеме $\omega(t)$. В правой части третьего уравнения, помимо первого слагаемого, которое описывает отводимую от объема через границу мощность, развиваемую силами собственного давления, содержатся слагаемые, описывающие эффекты теплопроводности, энергообмена между компонентами среды, и источники членов. Энергообмен между компонентами среды и источники членов определяются с помощью соотношений

$$L_g = C_{gf} (T_f - T_g) + Q_g, \quad L_f = C_{gf} (T_g - T_f) + Q_f,$$

где C_{gf} - коэффициент энергообмена между обычным и фотонным газом, Q_g и Q_f - внутренние источники (стоки) энергии соответствующих компонентов.

В модели предполагается одинаковая скорость обоих рассматриваемых компонентов $\vec{u}$. Складывая друг с другом соответственно уравнения массы, импульса и энергии, получаем объединенные законы сохранения

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \iiint_{\omega(t)} \rho d\omega &= \iiint_{\omega(t)} q d\omega, \\ \frac{d}{dt} \iiint_{\omega(t)} \rho \vec{u} d\omega &= - \iiint_{\gamma(t)} \rho \vec{n} d\gamma + \iiint_{\omega(t)} \vec{f} d\omega, \\ \frac{d}{dt} \iiint_{\omega(t)} \rho \left(\frac{1}{2} q^2 + \epsilon \right) d\omega &= - \iiint_{\gamma(t)} \rho \vec{u} \cdot \vec{n} d\gamma + \iiint_{\gamma(t)} W d\gamma + \iiint_{\omega(t)} Q d\omega. \end{aligned} \quad (5)$$

В (5) введены обозначения

$$\rho = \rho_g + \rho_f, \quad p = p_g + p_f, \quad \epsilon = \rho_g / \rho \cdot \epsilon_g + \rho_f / \rho \cdot \epsilon_f,$$

$$W = K_g \text{grad} T_g + K_f \text{grad} T_f, \quad Q = Q_g + Q_f.$$

При сложении слагаемые, описывающие внутренний энергообмен между компонентами, взаимно уничтожились (из-за единого значения коэффициента энергообмена).

Система интегральных законов сохранения (5) замыкается уравнениями состояния среды, имеющими вид,

$$\epsilon_k = \epsilon_k(\rho_k, T_k), \quad p_k = p_k(\rho_k, T_k), \quad k = g, f \quad (6)$$

Представленные покомпонентные и суммарные (5) законы сохранения описывают так называемые обобщенные решения уравнений газовой динамики, включающие наряду с классическими гладкими решениями и решения на сильных разрывах (скачках уплотнения).

Приведем несколько на наш взгляд убедительных экспериментальных демонстраций справедливости использования систем (5). Укажем здесь, прежде всего, явление сонолюминесценции, наблюдающееся при схлопывании пузырьков газа в жидкости [43]. Тщательными исследованиями было продемонстрировано, что энергия сходящейся сферической ударной волны в газовом схлопывающемся пузырьке в его центре переходит в тепло и вызывает вспышку света, т.е. переходит в тепловое излучение.

Аналогичное явление оптической эмиссии наблюдается при прохождении ударной волны по кристаллам кварца и сапфира [44]. Хорошо известны процессы излучения на фронтах достаточно сильных ударных волн [45,46]. Укажем также возможность применения выписанных систем уравнений при моделировании процессов интенсивного обжаривания термоядерных мишеней [40].

В плане практических приложений, опирающихся на моделирование физических процессов с помощью системы (5), в заключительном разделе статьи приводятся примеры моделирования процессов в аэрокосмических двигателях. Далее с использованием системы (5) рассмотрим подробнее природу энтропии и стрелы времени.

5. Энтропия и стрела времени

Подчеркнем принципиальный вопрос записи исходных уравнений в виде законов сохранения (5) (или в эквивалентной им дивергентной форме). Прежде всего, для закона сохранения импульса только такую запись следует использовать при решении задач термодинамики (в частности, при моделировании подвода тепловой энергии). При наличии сильных разрывов параметров этот вопрос представляется очевидным. В тоже время в задачах термодинамики (с подводом тепла) при использовании уравнения импульсов в продифференцированной форме

$$\frac{d\vec{u}}{dt} = -\frac{1}{\rho} \text{grad } p$$

необходимо учитывать следующее обстоятельство. Из этого соотношения при умножении его на вектор скорости $\vec{u}$ можем получить уравнение "сохранения кинетической энергии"

$$\frac{1}{2} \frac{d\vec{u}^2}{dt} = -\frac{\vec{u}}{\rho} \text{grad } p$$

Последнее соотношение представляет собой один из вариантов записи "теоремы живых сил" и на его основе с использованием первого начала термодинамики получают обычно закон сохранения энергии. В общем случае в качестве исходного следует использовать закон сохранения энергии и затем аккуратно переходить к началам термодинамики.

Продemonстрируем сказанное подробно. Интегральный закон сохранения энергии (для наглядности анализа пока не учитываем эффекты теплопроводности) пишем в виде

$$\frac{d}{dt} \iiint_{\omega(t)} \rho \left(\frac{1}{2} q^2 + \epsilon \right) d\omega = - \iint_{\gamma(t)} \rho \vec{u} \vec{n} d\gamma + \iiint_{\omega(t)} \rho Q d\omega \quad (7)$$

Правая часть (7) содержит мощность, развиваемую силами давления на границе $\gamma(t)$ объема $\omega(t)$ (первое слагаемое) плюс скорость притока дополнительной энергии Q на единицу массы в объеме $\omega(t)$ (второе слагаемое). Преобразуем закон сохранения энергии. Переходим сначала к фиксированному по времени объему и получаем уравнение баланса энергии

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{\omega} \rho \left(\frac{1}{2} q^2 + \epsilon \right) d\omega = - \iint_{\gamma} \left(p + \rho \left(\frac{1}{2} q^2 + \epsilon \right) \right) \vec{u} \cdot \vec{n} d\gamma + \iiint_{\omega} \rho Q d\omega$$

Применение формулы Остроградского - Гаусса позволяет записать единый тройной интеграл по фиксированному объему

$$\iiint_{\omega} \left[\frac{\partial}{\partial t} \left[\rho \left(\frac{1}{2} q^2 + \epsilon \right) \right] + \text{div} \left[\rho \vec{u} \left(\epsilon + \frac{p}{\rho} + \frac{q^2}{2} \right) \right] - \rho Q \right] d\omega = 0.$$

Отсюда, в силу произвольности объема, следует, что подынтегральное выражение также равно нулю

$$\frac{\partial}{\partial t} \left[\rho \left(\epsilon + \frac{q^2}{2} \right) \right] + \text{div} \left[\rho \vec{u} \left(\epsilon + \frac{p}{\rho} + \frac{q^2}{2} \right) \right] = \rho Q. \quad (8)$$

Дифференциальное соотношение (8) в дивергентной форме справедливо для обобщенных решений уравнений газовой динамики. Осуществим теперь сопоставление (8) с первым началом термодинамики, отмечая на каждом этапе справедливость соответствующих преобразований. Дифференцирование левой части (8) можем проводить только в случае гладких решений

$$\rho \frac{\partial}{\partial t} \left(\epsilon + \frac{q^2}{2} \right) + \left(\epsilon + \frac{q^2}{2} \right) \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \vec{u} \text{grad} \left(\epsilon + \frac{q^2}{2} \right) + \left(\epsilon + \frac{q^2}{2} \right) \text{div}(\rho \vec{u}) + \text{div}(\rho \vec{u}) = \rho Q.$$

При выполнении уравнения неразрывности (1), сокращении на ρ и перехода к полной производной приходим к соотношению

$$\frac{d}{dt} \left(\epsilon + \frac{q^2}{2} \right) + \frac{1}{\rho} \text{div}(\rho \vec{u}) = Q. \quad (9)$$

Такую форму принимает дифференциальный закон сохранения энергии в случае гладких решений. С учетом уравнения неразрывности соотношение (9) легко сводится к виду

$$\frac{d\epsilon}{dt} + p \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{\rho} \right) + \frac{d}{dt} \left(\frac{q^2}{2} \right) + \frac{\vec{u}}{\rho} \text{grad } p = Q. \quad (10)$$

Соотношение (10) показывает, что подводимое со скоростью Q тепло к частице среды, движущейся со скоростью $\vec{u}$, затрачивается на возрастание удельной внутренней энергии (со скоростью $d\epsilon/dt$), изменение работы (слагаемое $p d(1/\rho)/dt$), изменение удельной кинетической энергии (со скоростью $d(q^2/2)/dt$) и на изменение величины $\vec{u}/\rho$ ($\text{grad } p$).

Для рассматриваемого динамического процесса подвода тепла на гладких решениях выполняется закон сохранения энергии, отличающийся в общем случае от первого начала термодинамики. Первое начало термодинамики запишем в традиционной форме

$$\frac{d\epsilon}{dt} + p \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{\rho} \right) = Q. \quad (11)$$

Для изобарического процесса ($p=\text{const}$) соотношение (10) сводится к (11) и переписывается в виде

$$d\epsilon + p d \left(\frac{1}{\rho} \right) = Q dt = dQ. \quad (12)$$

В общем случае, описываемом соотношением (10), подводимое к частице тепло следует разделить на два слагаемых ($Q=Q_1+Q_2$) и вместо (10) записать

$$\frac{d\epsilon}{dt} + p \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{\rho} \right) = Q_1, \quad (13)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{q^2}{2} \right) + \frac{\vec{u}}{\rho} \text{grad } p = Q_2. \quad (14)$$

Соотношение (14) определяет потери полного давления при подводе тепла к движущейся со скоростью материальной среде [47].

Первое начало термодинамики, записанное в виде (11), справедливо для "квазистатических" процессов и не учитывает потери полного давления при подводе тепла к движущемуся потоку газа. Потери полного давления появляются в процессе сжатия движущегося газа (при пересечении характеристик в пространственно-временной плоскости). При этом связь давления с плотностью выражается адиабатой Гюгонио. Для стационарного процесса сжатия в плоскости p и $v=1/\rho$ переход из одного состояния в другое осуществляется по прямым Михельсона [48] (аналогично процессу подвода тепла при дефлаграционном сгорании).

При рассмотрении связанного с ростом энтропии вопроса происхождения "стрелы времени" важным является выбор основных законов, описывающих динамику движения среды. Нами в качестве основы к описанию среды выбран вышеизложенный феноменологический подход термодинамики и газовой динамики. В

случае выбора в качестве основы обратимых по времени динамических уравнений как раз и возникает вопрос происхождения "стрелы времени" [31]. Элементарные законы механики, законы электродинамики и квантовой физики обратимы во времени. Замена знака у независимой переменной t на $-t$ не изменяет уравнений движения, выражающих эти законы. Сказанное фактически означает, что любой элементарный физический процесс, описываемый этими законами, может быть осуществлен как в прямом направлении течения времени (от прошедшего к будущему), так и в обратном. Для подобных физических процессов с одинаковым правом может быть выбрано как прямое, так и обратное течение времени.

В то же время направление течения времени строго выделяется для необратимых физических процессов. Уравнения, включающие описание диффузии вещества, диссипации количества движения, теплопроводности и любых энергетических потерь, являющиеся необратимыми во времени. Замена знака у времени t на $-t$ приводит к иным уравнениям движения с иными знаками коэффициентов диффузии, вязкости и теплопроводности. Следовательно, можно констатировать тот факт, что с диссипативными процессами связано необратимое течение времени. Направленность во времени необратимых процессов выражается в общем виде законом роста энтропии. Процессы диффузии, вязкой диссипации, теплопроводности и другие аналогичные процессы сопровождаются возрастанием энтропии. При этом закон возрастания энтропии обуславливает качественное отличие будущих событий от прошедших и тем самым закрепляет математически однозначное направление "стрелы времени".

В настоящем пункте нами математически проанализированы эффекты возрастания энтропии, следующие из закона сохранения энергии, и показана связь роста энтропии с потерями полного давления при движении среды. Инвариантность уравнений движения относительно преобразования Галилея обеспечивает традиционную однонаправленную ориентацию стрелы времени ("вертикально" в будущее). В то же время преобразования Лоренца, справедливые для обратимых волновых уравнений, позволяют стреле времени изменять направление ("наклоняться") и с этим эффектом связаны, в частности, "парадокс близнецов" и лоренцево сокращение длины. Инвариантность уравнений относительно преобразований Лоренца дает возможность математически вводить в рассмотрение эффекты "нетрадиционной ориентации" стрелы времени.

Объединение времени и пространственных координат в единое 4-х мерное пространство (пространство Г. Минковского) позволяет использовать эффекты наклона стрелы времени и в математических преобразованиях. Так, операция калибровочного преобразования сводится к умножению волновой функции на $\exp(ix)$, т.е. к преобразованию вращения, включающему и изменение наклона стрелы времени. Подчеркнем, что требования инвариантности лагранжиана относительно локальных калибровочных преобразований является исходным принципом построения всех современных теорий микромира. При этом естественно все калибровочные преобразования широко используют возможности указанного наклона (нетрадиционной ориентации) стрелы времени.

6. Термодинамика и структура частиц

В рамках рассматриваемого приближения, следуя Луи де Бройлю [27] и Дэвиду Бому [29], можно подробно рассмотреть скрытую термодинамику частиц и вывести конкретные уравнения, описывающие распределение потенциала и концентрации БСМ в поляризованных пространствах электрона, позитрона, протона, нейтрона, молекул, атомов и ядер [49-54]. Здесь мы также будем опираться на впечатляющие экспериментальные успехи последних лет в области нанотехнологий и методов сканирующей зондовой микроскопии, которые позволили исследовать свойства и выполнить визуализацию многих молекулярных соединений, вплоть до определения формы отдельных атомов, молекул и молекулярных связей. Регистрация близкой к шарообразной формы отдельных атомов наглядно подтвердила существование ван-дер-вааль-

совых сфер, приближенно определяющих атомарные размеры [49] и широко используемых в кристаллохимии [50]. Указанные сферы являются внешними границами атомов и с определенной степенью обоснованности мы полагаем, что они отделяют "поляризованное" пространство, принадлежащее непосредственно атому и содержащее электронные оболочки, от внешнего пространства (и, в частности, от других атомов) [51]. Начнем с моделирования основных элементарных частиц.

Структура электрона. Для моделирования поляризованного пространства около электрически заряженных "точечных" частиц (электронов, позитронов, протонов, ядер атомов и др.) удобно пользоваться методами традиционной механики жидкости, газа и плазмы. В частности, уравнение для электрического потенциала φ в поляризованных пространствах принимает в безразмерных переменных вид [51]

$$D^2 \Delta \varphi = 2sh\varphi \quad (15)$$

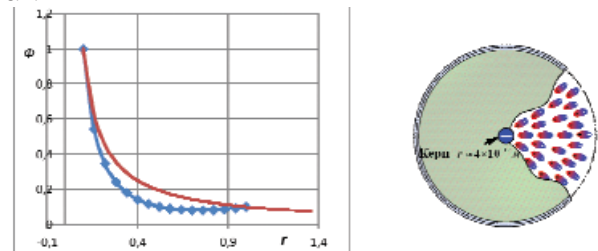
Здесь $D = \sqrt{T / 4\pi n_0 e}$ - дебаевский радиус, посчитанный по температуре T , невозмущенной концентрации частиц и элементарному заряду частиц e . Для концентрации зарядовой составляющей частиц БСМ в поляризованном пространстве имеем распределение Больцмана

$$n_{\pm} = n_0 \exp(\mp e\varphi / T)$$

В сферически симметричном случае с одной пространственной координатой уравнение (15) сводится к соотношению

$$\frac{D^2}{r^2} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{d\varphi}{dr} \right) = 2sh\varphi$$

Характерные решения последнего уравнения для поляризованного пространства электрона и его структура приведены на рис.1.



(— без поляризованного пространства)

Рис. 1. Распределение потенциала в пространстве электрона и структура электрона.

Принципиально важной особенностью представленного распределения является наличие потенциальной ямы и барьера на внешней границе поляризованного пространства с изломом распределения потенциала. При этом на внешней границе сосредотачивается наведенный электрический заряд отрицательной величины, индуцированный заряженным ядром электрона при поляризации его "шубы". Представленные результаты в силу зарядовой симметрии справедливы также для описания структуры поляризованного пространства позитрона (при изменении знака потенциала на противоположный).

Структура протона и нейтрона. Рассмотрим теперь возможность построения на тех же принципах модели протона и антипротона. По аналогии с электроном полагаем, что весь положительный заряд протона сосредоточен в его центре, имеющем оценочный размер, подобный размеру ядра электрона, порядка 10^{-17} м. Это центральное ядро окружено шарообразной "каплей" первого поляризованного пространства БСМ в "жидком" агрегатном состоянии. Размер этой капли определяет характерный известный размер протона (около $0.8 \cdot 10^{-15}$ м), где сосредоточена практически вся его масса. Вокруг капли протона имеется второе поляризованное шарообразное пространство БСМ в газообразном агрегатном состоянии, аналогичное поляризованному пространству позитрона. Моделирование структуры двухслойного поляризованного пространства протона выполняется интегрированием уравнения (15) для электрического потенциала с ис-

пользованием различных уравнений состояния (для жидкой и газообразной фазы БСМ). Примеры подобных решений по характеру повторяют решения, показанные на рис.1. И вновь принципиально важным здесь является наличие двух потенциальных ям и двух барьеров при значениях $r \sim 0.8 \cdot 10^{-15} \text{ м}$ и $r \sim 5 \cdot 10^{-11} \text{ м}$. Построенная структура протона с частичным экранированием его заряда двухслойным поляризованным пространством устойчива. В силу зарядовой симметрии структура антипротона повторяет структуру протона (с соответствующими изменениями знака у потенциала и др.). На рис.2 представлена рассматриваемая структура протона. Структура нейтрона моделируется аналогичным образом [51] и представляет собой протон, на границе первого поляризованного пространства которого локализован электрон (рис.2).

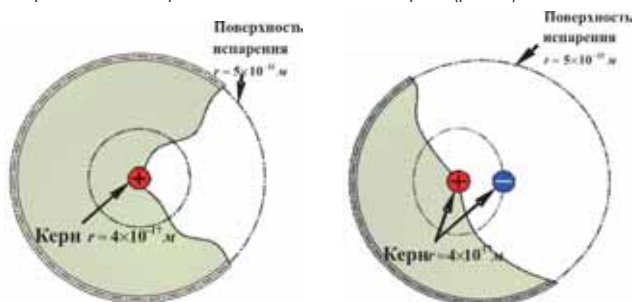


Рис.2. Структура протона и нейтрона.

Структура ядер. Главным следствием приведенного моделирования поляризованных пространств является возможность устойчивой локализации электрона на внешних границах поляризованных пространств протона (или по аналогии - других более сложных атомов). Таким образом, мы получаем четкие физические обоснования для моделирования структуры ядер, атомов и молекул с помощью метода Стационарных Электронов (СТЭЛ) [20,51-54]. Капельная модель ядра предоставляет нам возможность аналогичного моделирования с помощью метода СТЭЛ структуры ядер путем решения уравнения (15). Представим в качестве характерных примеров моделирование ядер дейтерия, трития, гелия: ${}^3\text{He}$ and ${}^4\text{He}$ (рис.3). Локализованные сосредоточенные положительные и отрицательные заряды показаны маленькими кружочками, интенсивность поляризации жидкой капли (среды БСМ) ядра характеризуется цветовой гаммой.

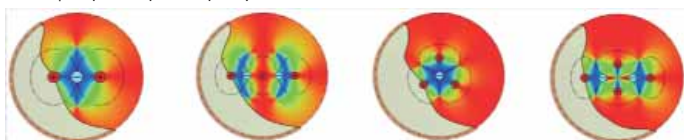


Рис.3. Моделирование ядер дейтерия, трития, гелия: ${}^3\text{He}$ and ${}^4\text{He}$.

Вычисленное с помощью (15) распределение электрического потенциала в ядре дейтерия показано на рис.4 (в силу симметрии представлена половина картины). Ядерные структуры трех изотопов лития ${}^4\text{Li}$, ${}^5\text{Li}$ и ${}^6\text{Li}$ приведены на рис.5.

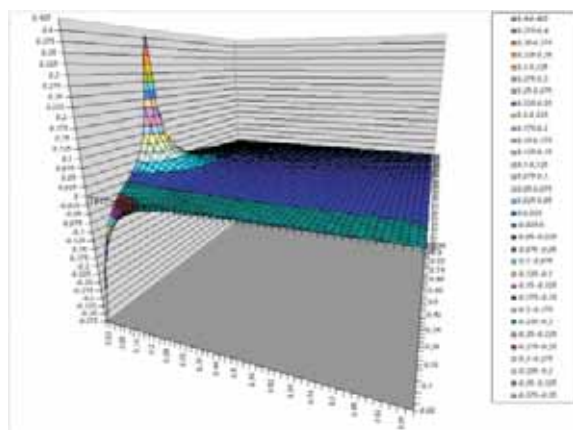


Рис.4. Распределение электрического потенциала в ядре дейтерия.

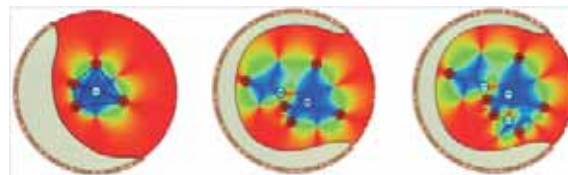


Рис.5. Ядерные структуры трех изотопов лития: ${}^4\text{Li}$, ${}^5\text{Li}$ и ${}^6\text{Li}$.

Структура атомов и молекул. В качестве характерных примеров структуры поляризованных пространств на рис.6 представлено распределение потенциала ϕ в атоме водорода. На рис.7 показаны структуры поляризованных пространств молекул водорода H_2 , углекислого газа CO_2 , метана CH_4 и дифторида водорода HF_2 . На рис. 8 и 9 представлена внутренняя структура молекулы пентацена $\text{C}_{22}\text{H}_{14}$ и его электронная и структурная формулы (фото на рис. 8 получено при помощи атомного силового микроскопа).

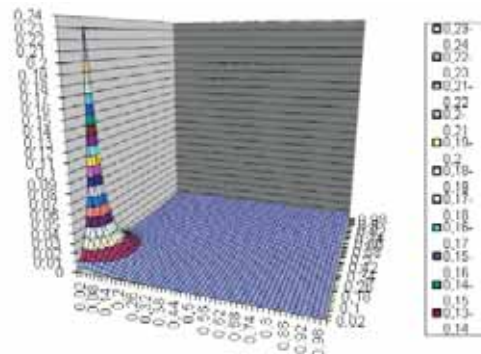


Рис.6. Распределение потенциала ϕ в атоме водорода.

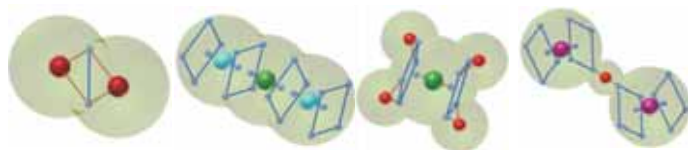


Рис.7. Молекулы H_2 , углекислого газа CO_2 , метана CH_4 и дифторида водорода HF_2

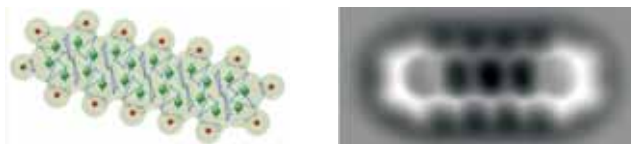


Рис.8. Внутренняя структура молекулы пентацена $\text{C}_{22}\text{H}_{14}$ (фото получено при помощи атомного силового микроскопа).

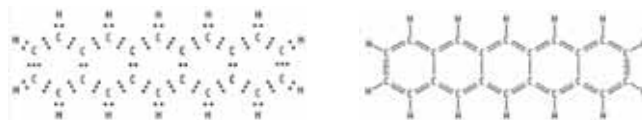


Рис.9. Электронная и структурная формулы пентацена.

7. Термодинамика ВРД

Следующие результаты относятся к моделированию термогазодинамического процесса, реализующегося в полном тракте авиационного газотурбинного двигателя [55-57]. На рис.10 показана схема проточной части многорежимного двигателя с малой степенью двухконтурности $m = 0.17$. Двигатель имеет трехступенчатый вентилятор, шестиступенчатый компрессор, основную кольцевую камеру сгорания, одноступенчатые турбины высокого и низкого давления, форсажную камеру, вторичный контур и регулируемое выходное сопло. Используем здесь 3D приближение упрощенных уравнений Навье - Стокса с пристеночными функциями и алгебраической или дифференциальной моделями турбулентности [55]. Рассчитанные распределения линий тока и числа Маха по всему тракту двигателя представлены на рис. 10 и 11.

Следующие результаты относятся к проточной части высокоскоростного прямоточного двигателя. Расчеты выполнены с детальным учетом влияния теплового излучения и наличия термоста-

та. На рис. 12 представлены поля температуры и давления и распределение давления по стенкам проточной части. При интенсивном подводе тепла в камере сгорания реализуется течение в тракте двигателя с системой "выбитых" скачков уплотнения в область воздухозаборника.



Рис. 10. Проточная часть двигателя и распределение линий тока.



Рис. 11. Проточная часть двигателя и распределение числа Маха.

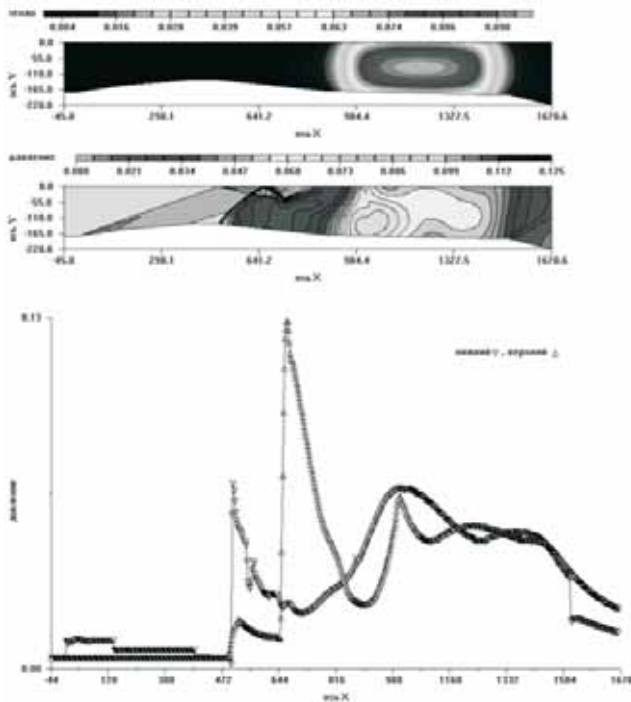


Рис. 12. Поля температуры, давления и распределение давления по стенкам проточной части.

Заключение

Представленные в статье результаты наглядно демонстрируют необходимость аккуратного учета эффектов теплового излучения и присутствия термостата при решении прикладных задач аэротермодинамики. С этой целью удобно воспользоваться термодинамически согласованными законами сохранения, выписанными в настоящей работе. Выполненный анализ позволяет обосновать стратегию выбора схем и параметров новых высокотемпературных ВРД, реализующих в своей работе тепловой цикл Брайтона.

Экспериментальная регистрация температуры КМИ $T_0=2,73$ К и обнаружение скрытой массы (96% от всего количества материи Вселенной) позволяет ввести всеобъемлющий внешний космический термостат, в тепловом контакте с которым находится любая исследуемая физическая система. Термостат содержит газообразную суббарионную среду из материальных частиц - БСМ (с массой $m=5,6 \cdot 10^{-40}$ кг = $3 \cdot 10^{-4}$ эВ). Указанные реальные частицы отождествляются с "виртуальными" резонаторами Планка и являются линейными излучающими диполями с электрическим зарядом $q=10^{-28}$ Кл. Для этой среды можно также применить старые устоявшиеся названия: классический эфир, физический вакуум, темная материя и т.п.

Наличие такого термостата и поляризованной структуры у атомов, молекул, ядер и элементарных частиц позволяет, следуя Луи де Бройлю [27], детально рассмотреть термодинамику всех частиц и рассчитать их стационарную структуру при уравнивании градиента электрического потенциала градиентами давления БСМ. Таким образом, можно ввести традиционные термодинамические понятия в квантовую механику.

Знаменитое соотношение (1) определяет нижнюю границу энергии излучения и частиц при $T_0=2,73$ К. С ростом T энергия также возрастает. Классическая физика Ньютона и теплофизика, основанная на законах сохранения массы, импульса и энергии, представляют собой основу всей теоретической физики, которая при соответствующей линеаризации дает основы квантовой и релятивистской механики. Таким образом, теплофизика и современная физика имеют глубокие единые теоретические основы.

Литература

1. Regener E. Der Zeitschrift fur Physik. 1933. Vol. I (80), P. 666-669.
2. Regener E. The energy flux of cosmic rays. Apeiron. 1995, Vol. 2, P. 85-86.
3. Шмаонов Т. А. Методика абсолютных измерений эффективной температуры радиоизлучения с низкой эквивалентной температурой // Приборы и техника эксперимента. 1957, №1, С.83-86.
4. Penzias A.A., Wilson R.W. A Measurement of Excess Antenna temperature at 4080 m/s // Astrophys. Journal 1965; 142 419-421.
5. Вайнберг С. Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной. М.: Энергоиздат, 1981. 199 с.
6. Силк Дж. Большой Взрыв. Рождение и эволюция Вселенной. М.: Мир, 1982. 300
7. Gamov G. Phys. Rev. 1946, 70, 572.
8. Чернин А.Д. Как Гамов вычислил температуру реликтового излучения, или немного об искусстве теоретической физики. УФН, 1994, т. 164, № 8.
9. Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В. Космология ранней Вселенной. М.: МГУ, 1988.
10. Smoot G.F., Gorenstein M.V., Muller R.A. Detection of anisotropy of the cosmic blackbody radiation. Phys. Rev. Let., 1977, Vol. 39, No. 14, pp.898-901.
11. Smooth G.F. Anisotropy of Background Radiation. Uspekhi Fizicheskikh Nauk 2007; 177(12), pp. 1294-1318.
12. Bernardis P. et al. A flat Universe from high-resolution maps of the cosmic microwave background radiation. Nature, 404, 27 April, 2000.
13. Netterfield C.B. et al. A measurement by BOOMERANG of multiple peaks in the angular power spectrum of the cosmic microwave background. April, 2001. (astro-ph/0104460).
14. Rubin V. Dark Matter in the Universe // Scientific American: 1998, pp.106-110.
15. Moskowit G. Dark Matter hides, physicists seek. Stanford Report 2006.
16. Mavromatos N. Recent results from indirect and direct dark matter searches -Theoretical scenarios. In: 13th ICATPP Conference. 3-7 Oct. 2011, Villa Olmo, Como, Italy.
17. Sources and detection of dark matter and dark energy in the Universe. Ed. D.B. Cline. IV Int. Symp., held at Marina del Rey, CA, USA, Feb. 23-25, 2000. Springer, 2001.
18. The identification of dark matter. Ed. N.J.C. Spooner, V. Kudryavtsev. Proc. of the III Int. Workshop, York, UK, 18-22 Sept. 2000. World Scientific, 2001.
19. Иванов М.Я. Термодинамически согласованные законы сохранения в модели излучающего теплопроводного газа. ЖВММФ, 2011, т. 51, №1, сс. 142-151.
20. Ivanov M.Ja. Space Energy. INTECH, Energy Conservation, 2012, pp. 4-56.
21. Ivanov M.Ja., Zestkov G.B. Dimensional analysis, thermodynamics and conservation laws in a problem of radiation processes simulation. J. of Math. Research, 2012, Vol.4, No. 2. pp.10-19.
22. Ivanov M.Ja., Mamaev V.K. Hidden mass boson. Journal of Modern Physics, 2012, Vol. 3, No. 8, pp.686-693.
23. Овсянников Л.В. Лекции по основам газовой динамики. М.: Наука, 1981.
24. Иванов М.Я., Терентьева Л.В. Элементы газодинамики диспергирующей среды. М.: Информконверсия, 2002, 167 с.
25. Иванов М.Я. О функциях "характеристического" аргумента в акустике и электродинамике. РАН, Математическое моделирование, 2000, т. 12, № 9, сс. 65-86.
26. Минковский Г. Пространство и время. АН СССР, Успехи физических наук, 1959, т. 69, вып. 2, сс. 303-320.
27. Луи де Бройль. Термодинамика изолированной частицы (Скрытая

термодинамика частиц. - М: Изд-во "ПРИНТ-АТЕЛЬЕ", 2014.-464с.

28. Бом Д. Квантовая теория. Пер. с англ. 2 издания: 1-ое - Москва: Физматгиз, 1961. 728 с. 2-ое, испр. - Москва: Наука, 1965. 727 с.
29. Bohm D., Vigier J. P. Model of the causal interpretation of quantum theory in terms of a fluid with irregular fluctuations, *Phys. Rev.* 96, pp. 208-216 (1954).
30. Ламб Г. Гидродинамика. М: ОГИЗ, 1947. -929 с.
31. Терлецкий Я.П. Статистическая физика. М: "Высшая школа", 1994, 350 с.
32. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Том I. Механика. М: Наука. 1973. 208 с.
33. Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц. - М.: Едиториал УРСС, 2005.
34. Ivanov M.Ja., V.K. Mamaev V.K. United conservation laws for aerospace propulsion processes, dark matter motion and some intellect background with experimental confirmation and practice applications. *Proc. of the 6th European Conference for Aeronautics and Space Sciences.* No.400. 29 June - 3 July 2015, Krakow, Poland.
35. Ivanov, M.Ja., V.K. Mamaev, I.V. Tsvetkov, and G.B. Zhestkov, 2015. Experimental Confirmation of Avogadro's Law for Thermal Radiation. *J. of Advance in Physics*, 7 (2): cc.1386-1392.
36. Иванов М.Я., Липатов А.А., Мамаев В.К., Цветков И.В. Экспериментальное подтверждение закона Авогадро в условиях технического вакуума. Всероссийская конференция XXXII "Сибирский теплофизический семинар", 19-20 ноября 2015, Новосибирск.
37. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Том II. Теория поля. М: Наука. 1973. 504 с.
38. Makeenko, Yu. 2002. *Methods of Contemporary Gauge Theory.* Cambridge University Press, Cambridge, UK: 417 p.
39. Забродин А.В., Прокопов Г.П. Методика численного моделирования двумерных нестационарных течений теплопроводного газа в трехтемпературном приближении. *ВАНТ*, 1998, вып. 3, сс. 3-16.
40. Жуков В.Т., Феодоритова О.Б. Программа расчета газодинамики НЗТ // Матем. в приложениях. Новосибирск, 2009, сс. 116-117.
41. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.Л. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М., Наука, 1966, 686 с.
42. Бай-ши-и. Динамика излучающего газа. М.: Мир, 1968, 323с.

43. Маргулис М.А. Сонолюминесценция. *УФН*, 2000, т.170, №3, сс.263-287.
44. Канель Г.И., А.С. Савиных, С.В. Разоренов, В.Е. Фортов. *Успехи мех. сплош. сред: к 70-летию акад. В.А. Левина: сб. науч. тр. - Владивосток, Дальнаука, 2009.*
45. Зельдович Я.Б., А.П. Генич, Г.Б. Манелис. *ДАН*, 1979, т.248, №2, сс.349-351.
46. Фортов А.В. Дракон, А.В. Ерёмин, С.В. Куликов. *ДАН*, 2010, т.432, №3, сс. 326-328.
47. Теория ВРД. Под ред. С.М. Шляхтенко, М., Машиностроение, 1975, 568 с.
48. Черный Г.Г. Газовая динамика. М.: Наука, 1988, 424 с.
49. Зефилов Ю.В., Зоркий П.М. Ван-дер-ваальсовы радиусы атомов в кристаллохимии и структурной химии. // *Успехи химии. Т. 58, вып. 5. - М., 1989. сс. 713-746.*
50. Китайгородский А.И. Молекулярные кристаллы. - М.: Наука, 1971.
51. Иванов М.Я. О физических моделях ван-дер-ваальсовых сфер атомов и структуры молекул // *Конверсия в машиностроении. №2. -М., 2008. сс. 35-41.*
52. Иванов М.Я., Малинин А.В., Яновский Л.С., Долгушин И.В. К моделированию наноструктуры некоторых углеводородов - компонентов авиационных топлив. - В сб. *Прямоточные ВРД и химмотология. - М.: Труды ЦИАМ № 1340, 2010, сс. 164 - 173.*
53. Иванов М.Я., Малинин А.В., Яновский Л.С., Минаева Н.Е. Об особенностях структуры углеводородов и бороуглеводородных топлив. В сб. *Прямоточные ВРД и химмотология. - М.: Труды ЦИАМ № 1340, 2010, сс. 173-178.*
54. Иванов М.Я., Малинин А.В., Яновский Л.С. К развитию электронной теории валентных связей. В сб. *Прямоточные ВРД и химмотология. - М.: Труды ЦИАМ № 1340, 2010, сс. 178-188.*
55. *Mathematical Models of Gas Turbine Engines and their Components. 1994. AGARD Lecture Series TCP 02/LS 198.*
56. Ivanov M.Ja., Nigmatullin R.Z. Simulation of Working Processes in Gas Turbine Engine Passage. *Successes Mechanics, Vladivostok:* сс. 221-253.
57. Ivanov, M.Ja., Mamaev B.I., Nigmatullin R.Z.. *United Modelling of Working Process in Aircraft Gas Turbine Engines*, 2009, ASME Paper, No. 50185: 10 p.

Связь с авторами: ivanov@ciam.ru, mamaev@ciam.ru

ВРУЧЕНИЕ ПРЕМИЙ ПОБЕДИТЕЛЯМ КОНКУРСА "АВИАСТРОИТЕЛЬ ГОДА"

В Центре международной торговли 29 сентября 2016 года состоялась церемония награждения победителей и лауреатов ежегодного конкурса "Авиастроитель года" по итогам 2015 года.

Учредители конкурса: Союз авиапроизводителей России, ПАО "ОАК", АО "Вертолеты России", АО "ОДК", ФГУП "ЦАГИ" и АО "Технодинамика".

Экспертный совет определил победителей в 7 номинациях:

- Лучший инновационный проект - Иркутский авиационный завод - филиал ПАО "Корпорация "Иркут" (ПАО "ОАК") совместно с Иркутским национальным исследовательским техническим университетом;
- За подготовку нового поколения специалистов в авиастроительной отрасли среди предприятий - Филиал ПАО "Компания "Сухой" "Комсомольский-на-Амуре авиационный завод им. Ю.А. Гагарина" (ПАО "ОАК");
- За создание новой технологии - АО "АэроКомпозит" (ПАО "ОАК");
- За успехи в выполнении государственного оборонного заказа - ПАО "Корпорация "Иркут" (ПАО "ОАК");
- За успехи в создании систем и агрегатов для авиастроения - ОАО "НПП "Звезда" им. академика Г.И. Северина";
- За успехи в разработке авиационной техники и компонентов (ОКБ года) - АО "МВЗ им. М.Л. Миля" (АО "Вертолеты России");

- За вклад в разработку нормативной базы в авиации и авиастроении - Комитет по стандартизации, сертификации и управлению качеством Союза авиапроизводителей России.

Награды победителям вручали:

Президент Международного конгресса промышленников и предпринимателей В.К. Глухих, Президент, генеральный конструктор АО "РПКБ", заместитель генерального директора АО "КРЭТ" Г.И. Джанджгава, Заместитель руководителя Федерального агентства воздушного транспорта М.В. Буланов, Директор Дирекции программ военной авиации ПАО "ОАК", Главнокомандующий военно-воздушными силами Российской Федерации с 21 января 2002 года по 9 мая 2007 года В.С. Михайлов, Вице-президент Торгово-промышленной палаты Российской Федерации Д.Н. Курочкин, Член коллегии Военно-промышленной комиссии Российской Федерации М.И. Каштан, Заместитель директора Департамента авиационной промышленности Минпромторга России А.И. Ляшенко.

В церемонии награждения приняли участие члены Организационного комитета конкурса



На церемонии объявлено решение учредителей о проведении конкурса "Авиастроитель года" по итогам 2016 года. Работы будут приниматься с 10.01.2017г. по 10.06.2017г.

Информация и фото "Союза Авиапроизводителей России"

XIX Московский международный
Салон изобретений и
инновационных технологий

XIX Moscow International
Salon of Inventions and
Innovative Technologies

Организаторы Салона:
Международный инновационный
клуб «Архимед»,
ООО «ИнновЭкспо»

МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ САЛОН ИЗОБРЕТЕНИЙ И ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Международная выставка изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, инновационных проектов

Международная выставка-конкурс товарных знаков и наименований мест происхождения товаров «Товарный знак – ЛИДЕР»

Международная научно-практическая конференция по правовой охране результатов интеллектуальной деятельности

Презентация высокотехнологичных проектов

Конкурсная программа

16-19 МАЯ 2017

Москва, Россия, Конгрессно-выставочный
центр «Сокольники», павильоны № 4, 4.1

АРХИМЕД



Заявки на участие принимаются до 1 апреля 2017 года
105187, г. Москва, ул. Щербаковская, д.53, к.В, ООО «ИнновЭкспо»
www.archimedes.ru, www.innovexpo.ru,
e-mail: mail@archimedes.ru, mail@innovexpo.ru
Телефон / факс: +7(495) 366-14-65, +7(495) 366-03-44



**МОТОПОМПА ПОЖАРНАЯ****ДНА 20/55**

Дизель-насосный агрегат ДНА 20/55 (мотопомпа пожарная) предназначен для использования в народном хозяйстве, ВМФ, МО, МЧС и для медицины катастроф с целью подачи воды при тушении пожаров, в том числе в составе мобильных пожарных установок, а также для выполнения обмывочно-нейтрализационных работ.

МОТОПОМПА ОТЛИВНАЯ**ДНА 60/25**

Дизель-насосный агрегат ДНА 60/25 (мотопомпа отливная) предназначен для откачки среднезагрязненной пресной и морской воды на кораблях ВМФ и гражданского флота, для МЧС и медицины катастроф.

ГАММА АГРЕГАТОВ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ**АД6-230-В****АД6У-400-В****АД4-230-В****АД4-Т400**

Гамма агрегатов дизель-генераторных АД6-230-В, АД6У-400-В, АД4-230-В, АД4-Т400 на базе дизелей ТМЗ-520Д/30Г и ТМЗ-450Д/30Г предназначены для использования в народном хозяйстве, МО, МЧС и для медицины катастроф в качестве основного или резервного источника питания различных потребителей электроэнергии. Генераторы имеют высокий КПД (80 %) и обеспечивают стабильность электрических параметров в различных климати-

ческих условиях. Пульт управления обеспечивает запуск двигателя нажатием кнопки, контроль работы двигателя и выходных параметров генератора (напряжения). Безопасность обслуживания обеспечивается защитой от прикосновения к вращающимся деталям, изоляцией токоведущих элементов, заземления узлов, которые могут оказаться под напряжением в аварийных ситуациях.

ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ



ДГУ5-П27,5-ВМ1



ДГУ8-П27,5-ВМ1



ДГУ8-П27,5-ВМ2

Дизель-генераторные установки (ДГУ5-П27,5-ВМ1, ДГУ8-П27,5-ВМ1, ДГУ8-П27,5-ВМ2) предназначены для обеспечения электроэнергией постоянного тока бортовой сети различных машин при неработающем основном двигателе. Качество напряжения соответствует требованиям ГОСТ В 21999-86. Дизель-генераторные установки обеспечивают работоспособность средств связи, комплекса вооружения, работу фильтро-вентиляционной установки, прицелов и приборов наблюдения механика-водителя, зарядку

аккумуляторных батарей. ДГУ5-П27,5-ВМ1, ДГУ8-П27,5-ВМ1, ДГУ8-П27,5-ВМ2 могут непрерывно, в течение 24 часов, эксплуатироваться в отсеке ограниченного объема при температуре окружающей среды от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$, влажности 98 % и запыленности окружающей среды до 3 г/м^3 . Время пуска ДГУ при температуре окружающей среды -40°C с использованием системы предпускового подогрева топлива в фильтре тонкой очистки и масла в картере дизеля регламентировано и не превышает 20 мин.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРА	ВЕЛИЧИНА ПАРАМЕТРА		
	ДГУ5-П27,5-ВМ1	ДГУ8-П27,5-ВМ1	ДГУ8-П27,5-ВМ2
Тип генерирующего устройства	Генератор ГУ-6 индукторного типа, бесконтактный, одноопорный	Генерирующий комплекс с 3-фазным генератором на постоянных магнитах и преобразователем напряжения	Генератор ГУ-8 индукторного типа, бесконтактный, одноопорный
Номинальная мощность, кВт, не менее	5	8	
Номинальное напряжение, В	27,5 ±1		
Род тока	постоянный		
Качество напряжения	по ГОСТ В 21999		
Расход топлива на номинальном режиме, л/час, не более	2,2	3,5	
Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С	-50 ... +50		
Ресурс до капитального ремонта, моточасов, не менее	2000	3000	
Тип приводного двигателя	Четырехтактный дизель ТМЗ-520Д/30.24У-1 с воздушным охлаждением, с уравнивающим валом и непосредственным впрыском топлива	Четырехтактный дизель ТМЗ-650Д/30.24У-1 с воздушным охлаждением, с уравнивающим валом и непосредственным впрыском топлива	
Рабочий объем, см³	522	650	
Габаритные размеры ДГУ, мм, не более	630 x 555 x 530	1140 x 495x 480	650 x 555 x 530
Масса ДГУ (без пульта управления), кг, не более	125	150	135,5

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ.

ЧЕТВЕРТОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ ИЛИ ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОГАЗОДИНАМИКИ

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

Сформулировано четвертое начало термодинамики. Полученное новое уравнение импульсов по сравнению с уравнением Навье–Стокса содержит дополнительный член, отражающий релаксационный процесс и описывается законом действующих масс.

The fourth law of thermodynamics is formulated. A new momentum equation compared to the Navier–Stokes equation contains the additional term which reflects the relaxation process and described by the law of mass action

Ключевые слова: турбулентность, термодинамика, импульс, энергия, движение.

Keywords: turbulence, thermodynamics, momentum, energy, movement.

Основополагающими законами физической науки являются начала термодинамики, на которых базируется сама наука. В настоящее время их три. Это первое начало термодинамики - закон сохранения и превращения энергии, второе - закон положительного производства энтропии и третье - так называемая тепловая теорема Нернста. Эти начала или законы устанавливают собой связь между фундаментальными понятиями: тепло, энергия, работа и определяют правила протекания процессов внутри термодинамической системы. Начала являются фундаментом таких наук как гидрогазодинамика, теплообмен, акустика, реология, магнитоплазменная динамика и др. В любой ситуации при конкретных расчетах для любой прикладной теории требуются начальные условия из термодинамики. Помимо снабжения этих наук исходными данными термодинамика сама по себе является мировоззренческой наукой, содержащей в себе великолепный математический аппарат. Это - дифференциальное исчисление, теория потенциалов, теория рядов, произведений, а также статистика и вероятностные законы.

Термодинамике мы обязаны теорией циклов, фазовых переходов и многим эффектам физической науки. Казалось бы, термодинамика - это одна из тех немногих наук, которые практически завершены в своей комплектации и являются замкнутым готовым моноблоком, где все начала и эффекты уже рассмотрены. Она как бы перешла в стадию насыщения, и требуются только мелкие уточнения для придания своеобразного лоска. Но это не так. Наука не может остановиться. Всегда есть вектор на её развитие. И видимо правомочно сказать, что этот моноблок, то есть замкнутый кусок, является лишь завершённым параграфом большого многотомного издания. Всегда должно быть продолжение. "Ведь конец - это чье-то начало!" Так говорил великий бард современности? Должно быть продолжение.

Четвёртое начало термодинамики

Формулировка четвертого начала термодинамики следует из понятия движения. История механики связана с длительными спорами ученых о том, какая характеристика является мерой движения, в частности, является ли мера движения скалярной величиной или вектором. Спор этот имеет лишь исторический интерес, но именно в ходе этой дискуссии были введены две основные характеристики движения - кинетическая энергия и количество движения (импульс), которые играют центральную роль во всем построении механики. Следует отметить, что количество движения - термин, принятый в механике, а импульс - термин, принятый в физике. Оба они выражаются либо в виде вектора: $\vec{j} = \rho \vec{V}$, либо скаляра $\rho \vec{V}^2/2$. Вектор $\vec{j}$ - это векторная величина и она по существу отличается от произведения обычного скаляра ρ (плотность) на вектор $\vec{V}$ (скорость). Вектор $\vec{j}$ есть полевая функция точки и по определению,

именно по определению В. А. Князева это - поток через замкнутую поверхность от введенного им тензора $\text{div} \mathbf{K} = \oint \mathbf{K} \vec{n} dS$ [1].

Скаляр $\rho \vec{V}^2/2$ - это кинетическая энергия системы. И так, получается, что интуитивно введенные в обиход два понятия - вектор импульса и скаляр кинетической энергии отвечают за описание понятия движения. Тогда спрашивается: когда отвечает какой? Может оба сразу? Или тот, который главнее? А кто главнее? Эти вопросы естественно встают перед учеными. И вот четвертое начало термодинамики отвечает на этот вопрос. Это начало показывает, что оба понятия - суть одно и то же. Одно определяется другим. Покажем это. Предварительно вспомним, что:

1) Внутренняя энергия идеального газа - это кинетическая энергия молекул. В данном случае ни вращательные, ни колебательные энергии газа не учитываются. Да ещё! Упомянем о том, что в соответствии с теоремой 1 (см. [2]) есть ещё торсионное движение. То есть применительно к молекулам внутри реальных газов в принципе могут существовать крутильные колебания. Эти колебания в идеальном газе также отсутствуют. И так! Внутренняя энергия идеального газа равна кинетической энергии молекул.

2) Классиками термодинамики Гиббсом, Гельмгольцем и др. была развита теория термодинамических потенциалов: F - потенциал Гельмгольца; G - потенциал Гиббса; μ - химический потенциал; RT - большой потенциал и др. Внутренняя энергия также является термодинамическим потенциалом. То есть одна из мер движения есть термодинамический потенциал.

Теперь посмотрим на термодинамическую систему как на совокупность молекул с разными кинетическими энергиями

$$E_{ki} = \frac{c_i^2 m_i^2 V_i^2}{2} = \frac{\rho_i V_i^2}{2}.$$

и тогда общая внутренняя энергия с весами будет записана:

$$\chi = \rho_1 \frac{\rho_1 V_1^2}{2} + \rho_2 \frac{\rho_2 V_2^2}{2} + \dots + \rho_i \frac{\rho_i V_i^2}{2} + \dots$$

В предыдущей работе [3] эта сумма обозначалась как молекулярно-кинетический потенциал. То есть χ - это произведение плотности на внутреннюю энергию, то есть на термодинамический потенциал. Далее введем, как и в предыдущий раз [3], молекулярно-кинетический тензор, домножив потенциал χ на единичный тензор. Определим поток этого тензора $\mathbf{K}$ изнутри через сферическую поверхность материальной точки диаметром 1000 Å. Поток тензора $\mathbf{K}$ определяет вектор субстанциональной производной от импульса $\vec{j} = \rho \vec{V}$

$$\frac{d\rho \vec{V}}{d\tau} = -\frac{1}{\rho} \oint \mathbf{K} \vec{n} dS \quad \text{или} \quad \frac{d\vec{j}}{d\tau} = -\frac{1}{\rho} \text{div} \mathbf{K}.$$

Последняя запись (см. [3]) является формулировкой четвертого

начала термодинамики:

$$\frac{d\vec{j}}{d\tau} = -\frac{1}{\rho} \operatorname{div} \rho U l.$$

Или при $\rho = \text{const}$:

$$\frac{d\vec{j}}{d\tau} = -\operatorname{div} U l.$$

Формулировка. Поток молекулярно-кинетического тензора от внутренней энергии молекул через поверхность материальной точки есть субстанциональная производная от вектора импульса потока.

Другими словами, производство импульса обязано его потенциальному началу - кинетической энергии газа (внутренней энергии термодинамической системы).

Однозначная связь импульса с кинетической энергией показывает на их инвариантность, а само Начало - на универсальность и статус закона.

Этот закон, по существу, характеризует переход потенциального движения в абсолютное движение.

Следствие из четвертого начала термодинамики

В работе [4] было получено уравнение импульсов из первого и второго начал термодинамики:

$$T \operatorname{grad} S > \operatorname{grad} U + P \operatorname{grad} U + \xi \operatorname{grad} W.$$

Последний член, характеризующий любую другую работу (тепло) кроме работы расширения и формально записанный по аналогии с [5] в виде $\xi \operatorname{grad} W$, удобнее записать через большой потенциал RT :

$$\xi \operatorname{grad} W = RT \operatorname{grad} \frac{Q_p}{RT},$$

где Q_p - в частном случае может быть теплота реакции, а в общем случае любая теплота или работа (работа лоренцевской силы в плазме, энергия при термоядерном синтезе гелия из водорода на Солнце и т.д.).

В этом случае уравнение импульсов переписывается в отличие от [4] и будет более удобным для анализа:

$$\frac{d\vec{j}}{d\tau} = -\operatorname{grad} P + \frac{4}{3} v \operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{j} - v \operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{j} + P \operatorname{grad} \ln \left(\rho^{\frac{\kappa+1}{\kappa-1}} \cdot e^{\frac{ST}{RT} + \frac{Q_p}{RT}} \right).$$

Отметим, что это уравнение есть следствие четвертого закона термодинамики, так как оно получено с помощью основного соотношения.

Преобразуем учитывая возможность изобарно-изотермического процесса:

$$\frac{d\vec{j}}{d\tau} = -\operatorname{grad} P + \frac{4}{3} v \operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{j} - v \operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{j} - P \operatorname{grad} \ln \left(T^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \cdot e^{\left(\frac{Q_p}{RT} - \frac{ST}{RT} \right)} \right).$$

Распишем логарифм в виде:

$$\ln \left(T^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \cdot e^{\left(\frac{Q_p}{RT} - \frac{ST}{RT} \right)} \right) = \frac{\kappa}{\kappa-1} \ln T - \frac{Q_p}{RT} + \ln e^{\frac{ST}{RT}}$$

и обозначим правую часть как:

$$\ln K_p = \frac{\kappa}{\kappa-1} \ln T - \frac{Q_p}{RT} + \ln I.$$

Эту версию проанализируем далее с целью понимания физического смысла правого члена в уравнении импульсов.

Закон действующих масс

Основное уравнение импульсов, полученное с помощью четвертого закона термодинамики, отличается от уравнения Навье-Стокса одним релаксационным членом. При отсутствии этого члена, например, когда течение равновесное или замороженное, уравнение превращается в строгое соответствии с правилами преобразования в уравнение Навье-Стокса.

Вот - цена гипотезы псевдоутверждения жидкой точки. Не доглядели за одним очень важным членом. Но! Это не беда. Обычно, когда решаются газодинамические задачи этот член не учитыва-

ют. Рассматривают течение замороженным или равновесным (по существу как Бог на душу положит) и далее начинают сводить концы с концами, объясняя себе, что они правы. А часто считают оба условия сразу и берут что-то среднее. Почему так получается? Потому, что при бесконечной скорости релаксации имеет место равновесное течение, а при нулевой - замороженное. К сожалению, реальный режим находится в промежутке, а значит от нуля до бесконечности. И тут все происходит аналогично гетерогенному окислению, в каком режиме проходит процесс - в кинетическом или в диффузионном. Для упомянутого случая все-таки удалось связать концы с концами, и была получена зависимость от числа Дамкеллера [6]. А здесь, к сожалению, критерия пока не найдено.

Итак, в промежутке между равновесием и оцепенением происходят термодинамические изменения. При наличии химических реакций, а это наиболее вероятно, очевидно, будет уместен закон действующих масс.

Впервые закон действующих масс был выведен норвежскими химиками Гильдбергом и Вааге в 1867 г. из статистических соображений. Изложение вывода представлено в [7]. Рассматривалась обобщенная реакция



где символы слева относятся к веществам, вступающим в реакцию, справа, образующимся во время реакции.

По правилам теории вероятности сложного события, встреча одного компонента реакции с другим пропорциональна числу наличных молекул. Это в свою очередь означает пропорциональность числу молекул этих молекул, а для идеального газа парциальным давлениям. Другими словами вероятность выразится как произведение:

$$P = \alpha \cdot P_1^{v_1} \cdot P_2^{v_2} \cdot \dots,$$

где коэффициент пропорциональности зависит от температуры и давления.

Вероятность вступления в реакцию молекул разного сорта запишется аналогично:

$$P' = \alpha' \cdot P_1^{v'_1} \cdot P_2^{v'_2} \cdot \dots$$

В состоянии равновесия число молекул каждого сорта очевидно стационарно и процесс должен идти столь же часто как в одну, так и в другую сторону, тогда записывается константа равновесия:

$$K_p = \frac{P_1^{v_1} \cdot P_2^{v_2} \cdot \dots}{P_1^{v'_1} \cdot P_2^{v'_2} \cdot \dots}.$$

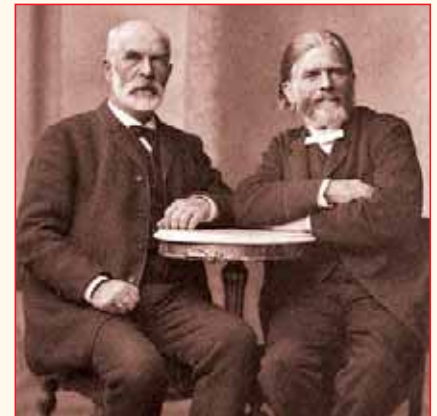
Записывая её через логарифм, получаем:

$$\ln K_p = \ln P_i^{v_i}.$$

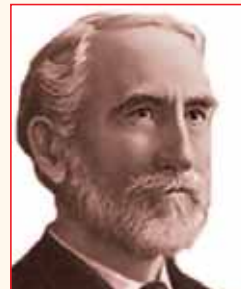
Аналогичный вывод с термодинамических позиций был сделан Гиббсом. Воспользовавшись термодинамическим



Вальтер Герман Нернст, немецкий химик



Като Максимилян Гильдберг, норвежский математик и физикохимик (слева) и Петер Вааге, норвежский физикохимик и минералог



Джозайя Уиллард Гиббс, американский математик и физикохимик

потенциалом Гиббса и найдя условие равновесия как его минимум, Гиббс получил зависимость для логарифма константы равновесия в виде:

$$\ln K_p = \frac{\Delta C_p}{R} \ln T - \frac{Q_p}{RT} + \ln I.$$

Здесь $\Delta C_p / R$ - функция, характеризующая степень при температуре. Точная запись по Гиббсу

$$\Delta C_p = \sum_{h=1} v_h C_{ph}$$

выражает комбинацию теплоемкостей компонентов при постоянном давлении.

Величина I в уравнении Гиббса зависит от энтропий составляющих смесей как

$$R \ln I = \sum_{h=1} v_h S_{oh}.$$

Анализ уравнения Гиббса показывает, что оно в точности совпадает с правым членом вновь полученного уравнения импульсов.

Это означает, что правый член нового уравнения является релаксационным и не противоречит закону действующих масс. 

Литература

1. В.А. Князев. Гидродинамика без гипотезы псевдоотверждения жидкой точки // Изд. LAP LAMBERT Academic Publishing, Германия, 2014 г.
2. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Торсионно-волновая парадигма // Двигатель. № 4. 2011 г.
3. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Молекулярно-кинетический тензор // Двигатель. № 1. 2016 г.
4. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Вывод уравнения импульсов из начал термодинамики // Двигатель. № 3, 2016.
5. В.В. Сычев. Дифференциальные уравнения термодинамики // М. Наука, 1981 г.
6. Ю.М. Кочетков. Турбулентность в СЭДУ // Двигатель. № 2. 2011 г.
7. П.С. Эпштейн. Курс термодинамики // ОГИЗ. Гостехиздат, 1948 г.

Связь с автором: swgeorgy@gmail.com

ИНФОРМАЦИЯ

Компания Jaguar Land Rover объявила о расширении линейки двигателей Ingenium, которые будут устанавливаться как на текущие, так и на будущие модели британских автомобилей. Новые модификации станут частью долгосрочной стратегии компании по сокращению выбросов в атмосферу, снижению расхода топлива, а также внедрению более эффективных и альтернативных силовых агрегатов.

Ключевым элементом данной стратегии является новый четырехцилиндровый бензиновый двигатель Ingenium, выпуск которого начался в специализированном производственном центре Jaguar Land Rover, строительство которого обошлось в 1 млрд фунтов стерлингов. Этот мотор, созданный с нуля в Великобритании, является самым технологичным за всю историю компании. По сравнению с предыдущими поколениями силовых агрегатов, мощность двигателей Ingenium выросла на 25 %, а расход топлива сократился на 15 %.

Одновременно с разработкой новых двигателей, компания Jaguar Land Rover разработала новую автоматическую трансмиссию, которая не только повысила экономичность новых моделей. Трансмиссия под названием TRANSCEND отличается очень широким диапазоном передаточного числа - 20:1, что повысило внедорожные качества автомобилей и одновременно снизило расход топлива практически на 10 %.

Новые двигатели Ingenium, а также автоматическая трансмиссия TRANSCEND, позволят будущим автомобилям Jaguar Land Rover значительно сократить выбросы CO₂, которые к 2020 г. будут снижены ещё на 25 %.

Бензиновый двигатель Ingenium получил ряд современных технологий, включая электрогидравлический газораспределительный механизм, объединенный коллектор выхлопной системы и турбоагнетатель



типа Twin Scroll с керамическими шарикоподшипниками. Новый двигатель отличается превосходной динамикой, экономичностью и плавностью работы, соответствуя самым строгим международным требованиям по контролю выбросов.

Стандартная конструкция с рабочим объемом 500 см³ на цилиндр позволяет добиться максимальной адаптивности двигателя к различным автомобилям - от спортивных седанов до роскошных внедорожников.

Вслед за 2,0-литровыми четырехцилиндровыми дизельными двигателями, появившимися на рынке в 2015 году, новые бензиновые версии Ingenium поступят в серийное производство и в продажу в 2017 году.

Трансмиссия TRANSCEND - восьмиступенчатая трансмиссия с широким диапазоном передаточных чисел (20), что почти в два раза больше, чем у стандартных восьмиступенчатых трансмиссий. При массе в среднем на 20 кг меньше, чем у аналогичных трансмиссий, TRANSCEND может использоваться как на заднеприводных, так и на полноприводных автомобилях с продольным расположением двигателя. Трансмиссия TRANSCEND обеспечит невероятную динамику автомобиля - с новой транс-

миссией маневрирование и движение по бездорожью станет легче, а на трассе водители смогут наслаждаться улучшенной динамикой при сниженных выбросах CO₂".

Программа TRANSCEND, имеющая частичное финансирование от правительства, нацелена на то, чтобы возродить производство трансмиссий в Великобритании через инвестиции в разработку более легких компонентов и менее энергоемких производственных процессов, а также поддерживать экспорт гибридных технологий.

Компания Jaguar Land Rover инвестировала существенные суммы в разработку новых технологий и инноваций по защите окружающей среды. Стратегия по сокращению выбросов и расхода топлива напрямую связана с усовершенствованиями конструкций двигателей, сохранением лидерства в производстве легких автомобилей и консервацией энергии в автомобилях без ущерба для их дорожных и динамических качеств.

С 2008 года компания Jaguar Land Rover удвоила штат разработчиков двигателей, а также сделала серьезные инвестиции в развитие новых силовых агрегатов. Сегодняшней задачей команды инженеров является создание технологии, способной снизить выбросы CO₂ на 25 % за ближайшие 5 лет.

Компания Jaguar Land Rover продолжает стратегию по электрификации своего модельного ряда. Подтверждением долгосрочных перспектив компании в сфере электрических силовых установок стало участие Jaguar в одном из самых инновационных автомобильных чемпионатов - Формуле-Е. Этот проект позволит компании выйти за привычные границы электрических технологий и испытать новейшие разработки в реальных условиях трека, чтобы затем перенести их на дороги общего пользования, интегрируя их в свои автомобили. 

НАТУРФИЛОСОФИЯ УДАРНЫХ ВОЛН (ПОДСКАЗКА УНИВЕРСИТЕТСКОМУ СТУДЕНТУ И ДОЦЕНТУ)

У Валентин Анатольевич Белоконов, Москва, Россия, 2016, У Valentine Belokogne, Russia, 2016
член Национального Комитета по теоретич. и прикладной механике, академик Академии Космонавтики.

Педагогически значимые соображения о фундаментальных свойствах структуры фронта ударной волны и его аналитических моделях.

The tutorial important considerations on the key properties of a shock front structure analytic models.

Ключевые слова: фронт ударной волны; сплошная среда; диссипация; молекулярный свободный пробег.

Key words: shock front; continuum media; dissipation; molecular free path.

В звуковой волне термодинамическая эволюция среды непрерывно адиабатична, что для совершенного газа означает соблюдение "адиабаты Пуассона" $p \sim \rho^\gamma$, где $\gamma = C_p/C_v$. Звуковая волна может быть и волной разрежения, а удельная энтропия среды звуковой волной не меняется, т.е. звуковая эволюция среды обратима.

Во фронте (структуре) ударной волны, способной только на сжатие среды, адиабатичность соблюдается по иному - необратимо.

Для достаточно сильных ударных волн их фронт (структура) заключена в удивительно тесные пространственно-временные рамки.

Независимо от интенсивности ударной волны, в структуре ударного фронта происходит такая необратимая трансформация состояния среды, которая непременно подчиняется стандартным "соотношениям Рэнкина-Гюгонно", а значит рост удельной энтропии среды монотонно возрастает с амплитудой ударной волны. Внутри структуры ее фронта энтропия достигает максимума.

С кинетической точки зрения этим подразумевается почти неподобная быстрота перестройки, скажем, доскачкового максвелловского распределения молекул газа в послескачковое. Из аналитической механики следует, что минимум такой перестройки - два средних свободных пробега молекулы.

Типичный пример: при неэкзотически сильной ударной волне скорость ее в воздухе (1 атм, 0° С) превышает скорость звука в три раза.

Если скорость ударной волны не столь существенно превышает скорость звука, то ширина ее фронта составляет немало средних длин свободного пробега молекул (≈ 100) для $M_{\text{shock}} = 1.02$.

Троекратная скорость звука ударной волны, то есть ≈ 1 км/сек подразумевает ширину ее фронта порядка двух-трех средних свободных пробегов, то есть $\approx 10^{-5}$ см O_2 и N_2 . Значит, время ударной релаксации составляет $\approx 10^{-5} \text{ см} / 10^5 \text{ см/сек} \approx 10^{-10} \text{ сек} \approx 100$ пикосек.

Здесь педагогически преднамеренно подразумевался случай только трех трансляционных степеней свободы молекул, что скорее подходит для одноатомного аргона, нежели воздуха.

Поскольку среднее расстояние между молекулами воздуха в данном примере $\approx 1/30$ среднего свободного пробега молекул, то в механике сплошной среды замена среды молекулярной на континуум в какой-то мере оправдывается: ширина структуры ударного фронта распространена на несколько десятков средних межмолекулярных расстояний на сильном скачке и на многие сотни - на слабом...

Появление достаточно убедительной кинетической теории структуры скачка все еще ожидается, а пока что гидродинамика и кинетика согласованы лишь на банальном уровне слабых отклонений от термодинамической равновесности.

Что касается принципиального понимания ударно-волновой адиабатичности, то здесь продуктивен феноменологический подход, с точки зрения которого континуум, втекающий в структуру ударного фронта, сначала воспринимает тепло, а при выходе из этой структуры отдает тепло вверх по потоку, так что $q_{in} + q_{out} = \Delta q = 0$ - **тотальная адиабатичность** в отличие от **локальной адиабатичности** в волне звуковой.

Такая специфическая адиабатичность была открыта Вильямом Рэнкиным (1870), а затем изящно описана бароном Рэлеем (1910) с помощью так называемой "Прямой Рэлея", соединяющей на p - v плоскости начальное состояние среды с ее состоянием после стационарного ударного фронта (см. рисунок):

$$dp/dv = \Delta p/\Delta v = -(\rho v)^2 = \text{const.}$$

Термодинамически существенно, что начальным участком прямой Рэлея описывается

приток тепла и соответствующей энтропии. Итоговый отрезок той же прямой описывает потери тепла и соответствующей этому теплу энтропии. Таким образом, приток и отток тепла полностью скомпенсированы, но возрастание энтропии и ее падение не скомпенсированы - в пользу возрастания энтропии. При этом энтропия максимальна внутри стационарной структуры ударной волны не только в модели Рэнкина. Это отмечено Львом

Ландау в его лекции по гидродинамике.

Эта модель Вильяма Рэнкина в течение сорока лет была единственной строгой аналитической теорией структуры ударных волн. Его теория соответствовала доминированию теплопроводности, то есть безразмерному числу Прандтля $Pr \ll 1$. К 1910 году была создана следующая строгая аналитическая теория структуры ударных волн по Г. Тэйлору, которая соответствовала доминированию вязкой диссипации, когда Прямая Рэлея уже не работает, а число Прандтля $Pr \gg 1$. При этом энтропия сплошной среды монотонно возрастает локально адиабатически до значения, предусмотренного ударной адиабатой Рэнкина-Гюгонно. В такой структуре ударного фронта нет ни теплообмена, ни транспорта энтропии. Значит, отсутствует и ее максимум.

Однако, реальная среда - в том числе воздух - может соответствовать числу Прандтля порядка единицы. Теорию на такой случай более или менее внятно излагает в своем курсе теоретической физики Ландау.

Классические модели Рэнкина и Тэйлора являются примерами принципиальной нечувствительности соотношений Рэнкина-Гюгонно к конкретным разновидностям диссипации в структуре ударного фронта - вплоть до так называемой "бесстолкновительной ударной волны", рассматриваемой в работах школы Роальда Сагдеева.

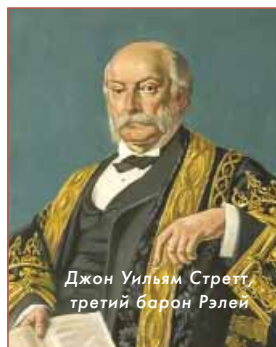
Между тем, "окончательная" обобщенная формулировка интегральных соотношений на фронте ударной волны была открыта Пьером Гюгонно накануне своей гибели и опубликована в 1887-89 гг. В своей редуцированной теории он игнорирует конкретную диссипацию, то есть доказывает без использования информации - **почему, что** возрастает: например плотность среды и энтропия на ударной волне.

В задачах астрофизического класса кроме молекул вещества начинают присутствовать фотоны вплоть до их доминирования. В таком диапазоне температур может случиться утечка энергии среды, называемая иногда "высвечиванием". Тогда соотношение Рэнкина-Гюгонно нарушится, а скачок может превратиться в изотермический.

Послесловие: смысл и жанр данной публикации: она является альтернативой соответствующему разделу первого издания университетского учебника "Механика сплошных сред" видного ученого и педагога академика Р.И. Нигматулина.



Связь с автором: belok3@mail.ru



Джон Уильям Стретт,
третий барон Рэлей

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К НОВЫМ ЗНАНИЯМ

Анатолий Алексеевич Сперанский,

вице-президент Российской инженерной академии,
директор Института наукоемких инженерных технологий,
DExpert, профессор

Кирилл Сперанский, ученик 10^а класса школы № 345 г. Москвы

Михаил Симонов, ученик 2^а класса школы № 1270 г. Москвы

Виктория Малышева, ученица 3^е класса школы № 2 г. Нахабино

Публикация продолжает начатый на страницах старейшего русского технического журнала "Двигатель" интерактивный образовательный Проект приобщения молодежи к формированию новационного системно-методического междисциплинарного подхода к изучению наукоемких природных, социальных и экономических феноменов. Его задача научить детей смело оперировать феноменологической философией в области фундаментальных научных и прикладных технологических знаний на примере пригожинских феноменов эволюции и самоорганизации неравновесных процессов диссипативных структур.

Ключевые слова: феномен, феноменология, самоорганизация, неравновесность диссипативных структур, междисциплинарность, технологическое лидерство, конкурентоспособность, импортонезависимость, устойчивое развитие.

*"В долгосрочной перспективе
именно наука обеспечивает процветание...",
Мичио Каку. ФИЗИКА БУДУЩЕГО*

Научные знания для технологического развития

Научные и технологические Знания занимают центральное место в целевых приоритетах Общества в качестве инструментов обеспечения безопасной и комфортной жизнедеятельности Человека во взаимодействии со средой обитания - Природой. Они опираются на перспективные фундаментальные исследования опережающего характера, создающие предпосылки конкурентных преимуществ для устойчивого развития экономик стран и благополучия их народов.

В целом, научно-технологические успехи приобретают устойчивый характер при условии непрерывного системного развития прикладных знаний в доминирующих отраслях технологических укладов. Глубокий анализ тенденций развития технологических укладов позволяет объективно прогнозировать тренды развития, что само по себе **открывает перспективы сохранения и достижения технологического лидерства.** В его основе креативные интеллектуальные возможности Человека углублять старые и постигать новые знания о всеобщих закономерностях природного синтеза. При этом не следует забывать, что без ученого будущее невозможно, а все чудесные изобретения для будущего - результат творческой деятельности невоспетых и зачастую анонимных ученых.

Идеи и теории, подтверждаемые опытами, экспериментами, исследованиями и наблюдениями, результаты которых подлежат осмыслению и образуют жизненный цикл научного процесса ради обретения новых ожидаемых Обществом знаний. **Достоверность наблюдений и адекватность их анализа позволяют раскрывать научные тайны и постигать основы природной физики явлений, процессов и состояний** в механике (1), электромагнетизме (2), космическом термояде (3), тонких химических взаимодействиях (4) в конструкционных наноматериалах и биологических тканях (рис. 1).

Открытие, изучение, описание и практическое применение каждой из них в свое время изменило историю человечества, сформировав базовые законы Природы. Эти четыре фундаментальные силы с их природными взаимодействиями образуют естественные области научно-технологических знаний, в полной мере продолжают влиять на развитие и являются основой для формирования их эффективных антропогенных приложений.



Рис. 1 Фундаментальные силы природных взаимодействий

Инструменты технологических укладов

Из теории технологических укладов следуют общие системные закономерности трансформации знаний, поддерживающих их развитие [1]. Блестящее озрение Исаака Ньютона в области небесной механики, опубликованное в "Началах" в 1687 г., вместе с придуманной им новой математикой траекторных расчетов движения небесных тел, механизмов и машин в виде дифференциального и интегрального исчисления следует отнести "к числу важнейших научных трудов в истории человечества, оказавших наибольшее влияние на его историю" [2]. Появился инструмент создания паровых машин и станков, ознаменовавший первый технологический уклад (ремесленное производство, 1780-1840 гг.) и начало европейской Первой промышленной революции. *На фоне созерцательных наблюдений работы механизмов и машин возникают первые средства качественных измерений лабораторного уровня для приближенного эмпирического анализа с применением интуитивной модели знаний* [3, 4].

В XIX веке открытые талантами Майкла Фарадея, Джеймса Максвелла и Томаса Эдисона революционные возможности электричества обеспечили переход ко второму технологическому укладу (паровое машиностроение и освещение, 1825-1890 гг.) с освоением теплотехнических производств. Впервые проявилась системная энергетическая зависимость, возмещающая общество к предшествующему укладу. *Появляются рациональные методы наблюдения технологического уровня на основе количественных монотонических измерений для сравнительного анализа эксплуатационных параметров управления на опытной модели знаний.*

В XX веке соединились эпоха промышленного производства третьего технологического уклада (электрификация, неорганическая химия, наземный транспорт, 1880-1930 гг.) и эпоха нефти четвертого технологического уклада (воздушно-космический транспорт, атомная и гидроэнергетика, органическая химия, 1930-1980 гг.). *Распространение обобщающих аналитических методов наблюдения на основе спектральных усредненных амплитудно-частотных количественных измерений для статистического контроля и параметрического анализа с применением вероятностных моделей. Уровень знаний соответствует научному фундаментальному с прикладными отраслевыми приложениями.*

В конце XX века происходит переход к наукоемким производствам с освоением информационно-вычислительных и телекоммуникационных технологий пятого технологического уклада (автоматизация и роботизация, газификация, нанокompозитное материаловедение, биомедицинские технологии, 1975-2040 гг.). *Реализуются системный опережающий экспертно-прогнозный метод*

наблюдения на основе амплитудно-фазочастотных измерений с векторно-фазовым спектральным анализом и прогнозом текущих состояний.

Промышленно развитые страны, претендующие на мировое технологическое лидерство, переходят к освоению шестого технологического уклада когнитивных междисциплинарных знаний (2010-2060 гг.) с ориентацией на возобновляемую "зеленую" энергетику, адаптивное конструктивное и биологическое материаловедение, сетцентрический встроенный интеллект и устойчивое развитие экономик. *Фундаментальная наука предлагает траекторные спектральные наблюдения динамики квантово-волновых ресурсных состояний с встроенным модельным кибернетическим адаптивным управлением механическими объектами и системами. Гомеостатическая прогнозная модель знаний реализует их прорывный креативный уровень.*

Анализ развития технологических укладов показывает, что можно выделить четыре характерных этапа эволюционного развития общества: рождение, развитие, расцвет и гибель массовых определяющих технологий. Системную цикличность технологического развития подтверждает исторический анализ цивилизационных новаций: изобретение, производство и использование бумаги, строительство и эксплуатация водопровода, массовое потребление электричества и компьютеров. Начинаясь с тщательно охраняемых технологических драгоценностей непомерно высокой цены, все они прошли стадии массового потребления, стали доступными, вездесущими и превратились в привычные удобства, создающие, как правило, экологическое напряжение среды обитания.

Исторический опыт приобретения знаний в стремлении Общества к безопасным и комфортным условиям жизнедеятельности свидетельствует о взаимосвязи двух триад, сопутствующих этому процессу.

С одной стороны, характерный для Человека **опыт** наблюдений природных явлений, процессов и состояний порождает **интуитивное видение** закономерностей и формирует **новые знания** о природном синтезе, которые, в свою очередь, интегрируют имеющийся междисциплинарный опыт и развивают интуицию.

С другой стороны, обширные знания о природных закономерностях позволяют сформулировать **теоретические предпосылки** фундаментальных знаний, на основе которых создаются более совершенные **инструментальные средства**, обеспечивающие **исследования и наблюдения** более высокого информационного уровня. Двойная спирально развивающаяся триада фундаментального научного базиса развития знаний представляет бесконечный процесс и информационную **модель развития знаний** (рис. 2).



Рис. 2 Фундаментальный научный базис развития знаний

Складывается парадоксальная ситуация - новые знания, приобретаемые в результате интеллектуальной научно-технологической деятельности, с одной стороны, обеспечивают комфортность и безопасность жизнедеятельности Человека и процветание Общества, с другой стороны, становятся первопричиной высокой концентрации капитала, циклических экономических кризисов и разрушительных общественных потрясений, порождающих хаос и нарастающий конфликт с Природой. Угрозы представляют настолько серьезную опасность, что без науки общество "окажется отброшенным на тысячелетие назад, в туманное прошлое". Возникающие **глобальные вызовы**, в свою очередь, вызывают потребность общества в новых, более эффективных научно-технологических знаниях ради преодоления угроз и сохранения цивилизации. Получается, что **в долгосрочной перспективе именно прорывные фундаментальные исследования и опережающие технологические знания могут обеспечить устойчивое развитие стран и процветание народов.**

К фундаментальным постоянно углубляющимся и расширяющимся практическим знаниям Человека о среде собственного обитания и жизнедеятельности следует, прежде всего, отнести непрерывное постижение триединства всеобщих законов и закономерностей Природы в знаниях и представлениях Общества о единой всеобщей **модели строения вещества** (I), о единой всеобщей теории **проявления энергии полей** (II) и о единой неограниченной мерности информации в качестве универсального инструмента наблюдения с целью познания и понимания их пространственно-временного **системного взаимодействия** - гомеостаза (III).

Историческая ретроспектива развития знаний свидетельствует о постоянном стремлении Человека, в первую очередь ученых, к познанию Всеобщего (единого) закона эволюции взаимосвязи причины и следствия, порождающего Единые природные механизмы движения материи через взаимное превращение вещества, энергии и информации (рис. 3) [5, 6].



Рис. 3 Фундаментальная триада знаний

Вещество в качестве материальной основы существования окружающего нас мира, прежде всего, самого Человека и среды его обитания и жизнедеятельности, является первым компонентом фундаментальной триады знаний.

Энергия как основа движения на всех системных уровнях, от микромира элементарных частиц вещества-материи и клетки до макромира космических объектов и форм существования жизни, является вторым компонентом фундаментальной триады знаний. Природа, в качестве среды обитания и транслятора энергии солнца, является естественным энергетическим трансформером и интегрированным инструментом подпитки жизнедеятельности самого Человека.

Информация как третий компонент фундаментальной триады знаний является инструментом наблюдения и интеллектуальной кибернетической основы познания Природы в качестве среды обитания и жизнедеятельности Человека.

Человек и познание материального мира

Информация из наблюдений, опытов, исследований, испытаний, экспериментов, измерений и их анализа позволяет объективно понимать физико-химические свойства материалов, ресурсно-энергетические свойства и эксплуатационные возможности объектов наблюдений. Решающим фактором успеха исследований и наблюдений является талант, компетентность и опыт ученого-исследователя, его умение быстро принять правильное решение, где важнейшую роль играет интуиция. Именно для специалистов такого уровня нужны надежные инструментальные средства качественной и количественной оценки и, желательно, оперативного динамического контроля, диагностики и прогнозной экспертизы наблюдаемых процессов и состояний.

Очевидна и обязательно необходимостью углубленного изучения объекта, вторичной, и даже третьей идентификации его ха-

рактических, диагностических параметров и признаков, динамики процессов во всем их спектральном многообразии. Анализ природного синтеза должен быть обеспечен современными инструментальными средствами сбора, передачи, обработки, регистрации и визуализации достоверной информации. Измерения должны удовлетворять условиям достаточной мерности для реконструкции текущих состояний и эффективного прогноза их развития с помощью математического экспертно-аналитического инструментария [7].

Инженерно-технологическая деятельность Человека состоит в преобразовании Природы через создание природно-технических систем (ПТС). В процессе этой деятельности антропогенные и природные компоненты ПТС, взаимодействуя друг с другом, стремятся к устойчивому состоянию - гомеостазу. Гомеостаз есть состояние подвижного динамического равновесия системы, поддерживаемое циклическим воспроизводством её основных структур и функций путём обмена энергией, информацией и веществом с окружающей средой, что является необходимым условием устойчивого существования и развития любых открытых диссипативных систем геокосмического и экосистемного рядов [8].

Задача Человека и Общества состоит в том, чтобы не допустить опасных необратимых нарушений этого равновесия вследствие выхода за пороговый уровень ключевых параметров состояния взаимодействующих природных компонентов. Методологически это обуславливает необходимость единого системного подхода к выработке и реализации инженерных решений, специфических для объектов и систем различного функционального назначения.

Все предшествующие эпохи человек, будучи пассивным наблюдателем Природы, с изумлением, трепетом и ужасом наблюдал землетрясения и извержения, движения небесных тел, проявления природной и эпидемической стихии. Древний человек боялся и почитал величественные загадочные силы природы, и создавал божественные мифы, дающие ощущение вечно загадочного миропонимания и надежды на исполнение намоленных заветных желаний. За последние три века произошел переход от созерцательного любопытства к эмпирическим сравнениям и далее к моноскопическим и пространственным измерениям. Получены серьёзные подтверждения устойчивой связи необъятного множества имеющихся в нашем распоряжении научных и технологических знаний с всеобщими законами устройства Природы, Общества и Человека.

Важнейшей областью естествознания является Физика, изучающая наиболее общие и фундаментальные закономерности, определяющие структуру и эволюцию материального макроскопического и микроскопического мира, формы движения, а также фундаментальные взаимодействия природы, управляющие движением материи. В наблюдениях, исследованиях и испытаниях человечество обрело больше естественнонаучных и практических знаний, чем за всю предыдущую историю. Общество наблюдает взрывное экспоненциальное развитие фундаментальных и прикладных наук.

Объем публикуемых научных знаний каждые десять лет удваивается, при этом прорывные инновации и открытия полностью меняют экономическую, политическую и социальную жизнь, разрушают и ставят с головы на ноги все прежние, прочно укоренившиеся взгляды и предрассудки. Но уповая на науку, следует иметь в виду её неоднородность и циклическое развитие знаний. В своем большинстве исследователи наращивают неэффективную массу знаний, количественный рост которых приводит к отдельным плодотворным прорывам типа изобретения парового двигателя, электрической лампочки или транзистора. Но подобные технологические решения влекут за собой каскад последующих изобретений, которые, в свою очередь, вызывают прогрессирующую лавину инноваций, влияя на экономические успехи и обеспечивая технологическое лидерство.

Формируемый объем новых знаний, особенно междисциплинарного характера, существенно опережает осознанные общественные потребности. Назрела необходимость формализации их системной экспертизы с позиций оценки перспектив социальной значимости и возможностей коммерциализации. Первым ша-

гом в этом направлении должно быть их системно-кластерное матричное структурирование. Прежде всего, необходимо понимать принадлежность знаний к компонентам среды обитания: природным - биосфера, гидросфера, литосфера, газосфера и космосфера, и антропогенным - эгосфера, социосфера и техносфера. Главной характеристикой является принадлежность к естественнонаучной области - **природным кластерам** знаний: физика, химия, биология, механика, электромагнетизм, космический термояд, тонкие химические взаимодействия в конструкционных наноматериалах и биологических тканях (рис. 4).

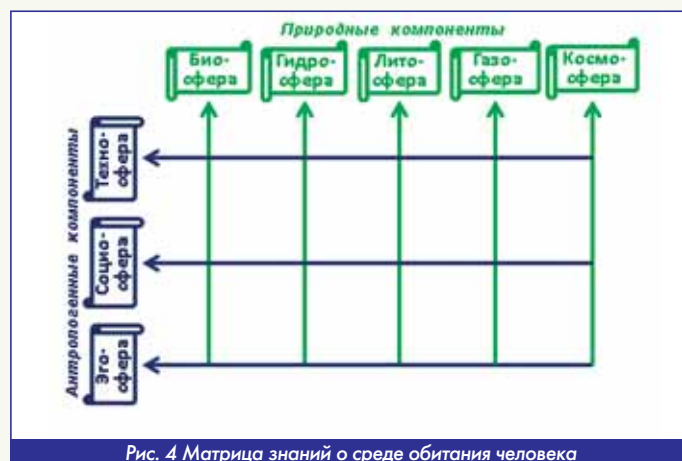


Рис. 4 Матрица знаний о среде обитания человека

Важную роль имеют **системные уровни** познания от микроскопического мира до макроскопического в геокосмическом ряду от атома до космоса и в экосистемном ряду - от клетки до экосистем. Следует учитывать этапы **эволюционного развития** - зарождение, развитие, расцвет и гибель технологий. Важнейшую роль в развитии знаний играют **инструменты наблюдений** (средства измерения, дисплейного и виртуального представления / визуализации информации) и **инструменты познания** (диагностика и прогнозно-аналитическая экспертиза).

Цена несовершенства знаний

Вместе с тем, развитие новационных знаний, помимо существенно индивидуальной дифференциации талантов, способностей и интуиции исследователей, сдерживает их традиционный консерватизм. Приведем **впечатляющий пример из области теоретической механики**. Еще классики XVIII-XIX веков И. Ньютон и Л. Эйлер научно обосновали, что для достоверного наблюдения природного синтеза механических состояний сплошных сред упругих систем необходимо измерять полные пространственные колебания - три ортогональные компоненты линейного движения (3D-) и три ортогональные компоненты вращательного движения (3D-), для анализа чего был разработан непревзойденный математический аппарат дифференциального и интегрального исчисления и тензорного анализа.

В начале XX века выдающийся русский ученый А.Н. Крылов обосновал необходимость связывать временем измерения шести компонентов движения (7D-), чтобы добиться адекватности волновых пространственных измерений наблюдаемому природному синтезу механических состояний. Однако в силу традиционного консерватизма ученых и главенства потребительской стратегии в Обществе уже триста лет инженеры разрабатывают и эксплуатируют принципиально устаревшую технику, используя разнообразные комбинации скалярных 1D-моноскопических датчиков и усредненные статистические методы анализа. Разрыв между обоснованными знаниями классиков механики и практической деятельностью метрологического сообщества в области контроля, диагностики и прогнозности безопасных эксплуатационных состояний продолжает увеличиваться, что подтверждается анализом прогрессирующих техногенных катастроф.

По статистике международного Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), основную часть техногенных ка-

тастроф составляют "индустриальные" и "транспортные". По причине недоверности контроля, диагностики и прогнозной экспертизы в машиностроении ежегодные потери от техногенных аварий и экотехнологических катастроф за 10 лет XXI века в 1500 раз, со \$144,4 млн в 2001 г. до \$222 млрд в 2010 г. при количестве погибших более 260 тыс. человек [1]. Потери экономик промышленно развитых стран оцениваются в 1,5...4,5 % валового национального продукта, что превышает совокупные расходы на здравоохранение и охрану окружающей среды. Потери только японской экономики от природно-техногенных катастроф (ПТК) текущего столетия оцениваются в \$1 трлн. Такова цена несовершенства и технологического отставания в области механических изме-



Чернобыльской АЭС, на Саяно-Шушенской ГЭС, нефтедобывающей платформе British Petroleum в Мексиканском заливе, АЭС Фукусима и также тысячи скрытых от общественности трагических аварий, техногенных и экотехнологических катастроф являются естественным завершением вопиющей некомпетентности и безответственности.

Рассмотренный пример свидетельствует о том, что невозможно добиться экономического роста и устойчивого развития без эффективных мер по сокращению угроз, обусловленных деятельностью человека. Приведен вопиющий по своим общественным последствиям пример на основе анализа влияния только одной системной угрозы всего из одной (!) области естествознания.

Противостоять трагическому развитию событий могут и должны достоверные знания о природных процессах, реализуемые через инновационные проекты технологических укладов. Без научного осмысления бытия неизбежна не только "рациональная" примитивизация технологий, но и, вытекающая из господствующей в мире потребительской доктрины, нравственная деградация во всех сферах жизнедеятельности. По мнению ученых, выходом из сложившегося тупика является **системный научный подход** на основе объективной исходной классификации явлений, процессов и состояний, достоверного понимания сути природного синтеза опасных состояний через адекватные наблюдения и научный анализ гомеостаза [10].

Диалектика развития знаний и семантика понятия "феномен"

В истории науки имеется множество примеров локального ошибочного развития и представления теоретических и экспериментальных псевдознаний, порождающих надолго укореняющиеся и даже становящиеся традиционными взгляды. Случалось, что ранее постулируемые положения, сознательно или неумышленно возведенные в ранг фундаментальных, оказывались заблуждениями, ведущими в тупик. Им противостоят малочисленные примеры быстрого скачкообразно распространения креативных опережающих знаний гениальных ученых, послужившие основанием к революционному пересмотру научных основ, моделей, парадигм и доктрин.

Неравномерное научно-техническое развитие в условиях усложнения междисциплинарных технологических решений и естественного ускорения прогресса само по себе порождает угрозы и опасности, прежде всего, техногенные и экотехнологичес-

кие, связанные с дефицитом и отставанием знаний в области безопасной эксплуатации - отсутствие адекватных методов и достоверных инструментов наблюдения, экспертной диагностики, прогноза, предупреждения аварийных и предотвращения чрезвычайных ситуаций.

Одним из наиболее эффективных методов выявления глубинных естественнонаучных проблем является встроенный интеллект, реализующий **многофакторный гомеостатический анализ** на физико-математических моделях, адекватных природному синтезу наблюдаемых объектов и систем. Процесс создания моделей такого уровня предполагает понимание фундаментальных законов и универсальных закономерностей в области решаемых научно-технических проблем [11].

Как показывает опыт междисциплинарных исследований, для массового системного прорыва знаний в областях реальных угроз целесообразно по-новому взглянуть на имеющиеся лингвистические ресурсы, позволяющие более глубоко и точно сформулировать эффективный вектор технологического поиска для получения ожидаемых Обществом системно интегрированных решений. **Феноменологический подход** может быть одним из таких результативных решений.

Основы феноменологии сложились в результате всеобщего восхищения уникальными проявлениями Природы, представляющими собой замечательные чудеса, поражающие воображение красотой и непознанностью: северное сияние и радуга, трубчатые и супероблака, миграция бабочки монарха, снежно-ледяные столбы пенитентес, вулканы и гейзеры, движущиеся камни в долине смерти, песчаные бури и миражи, звездопад, огненный смерч, шаровая молния и другие уникальные явления Природы, изучаются естественными науками - физикой, химией, механикой, биологией и др. Все они понятийно объединены философским термином феномен (от греч. *φαινόμενον*, *phainomenon* - являющееся), имеющим широкий спектр значений. Чаще других встречается как синоним редкого, необычайного "явления" или события в природе, а также личности, выдающейся своими талантами, поступками и прочими качествами. Элементарным феноменом с тысячелетней историей признан физический маятник.

Платон считал, что феномен отличается от сущности (противостоит) вещи, являясь слабой и неустойчивой формой реальности, а И. Кант разводил феномен и непознаваемую "вещь в себе", что было модифицировано в феноменализме Дж. Беркли, Дж.С. Милля, Э. Маха, Р. Карнапа и др. Под вопрос были поставлены познаваемость внешнего мира и обыденная уверенность в его существовании.

Ф. Брентано ввел важное философское понятие **общего обозначения всего, что может стать объектом научного рассматривания или исследования**, для чего обосновано различие "психических" и "физических" феноменов. Знание о человеке, как задача психологии, вытекало из наблюдения за психической жизнью, и то, что становилось доступным в результате подобного наблюдения, было "феноменом". Специфику психических феноменов определяет то, что им присуще "внутреннее интенциональное существование". В этом смысле можно говорить о "внутренних", психических феноменах Человека, Общества и даже природной фауны, и "внешних", физических феноменах природных и антропогенных систем.

Наибольшую известность и разработку термин феномен получил благодаря трудам Э. Гуссерля, который естественным, "натуралистическим", "психическим фактам" переживаний реального индивида противопоставил "чистые феномены", т.е. очищенные феноменологической редукцией от всяких характеристик, приписываемых им обыденным сознанием. Понятие феномен предложено в качестве **основной, целостной и достоверной единицы того, что можно вычленишь в сознании в качестве нового знания**. Понятие феномена становится ключевым в феноменологии.

Обращаясь к античной традиции, закрепившейся в философии Нового времени (Г. Галилей, Ф. Бэкон), Э. Гуссерль выделяет естественнонаучное толкование феномена - вещь, взятая так, как

она непосредственно предстает в чувственном опыте вместе с её качествами, связями и отношениями, причем явленность вещей в чувственном созерцании противопоставляется тому, как они есть "сами по себе": чувственные вещи - это "всего лишь явления" (*blosse Erscheinungen*) - в том смысле, что с их помощью дает о себе знать, "возвещает" о себе подлинная природа. Называя свою философию **феноменологией**, "наукой о чистых феноменах", Э. Гуссерль расширяет традиционное понятие феномена, который обозначает теперь не только определенные аспекты вещи, данные нам в восприятии, но характеризует также "единство, пронизывающее смену созерцаний", т.е. "чистые" содержания, "единства" сознания, которые могут быть изучены вне их возможной связи с реальным физическим миром [12].

Введена методическая процедура, позволяющая сделать доступными проявления феноменов - феноменологическая редукция, вызвавшая множество обсуждений в профессиональной среде (Т.Х. Липпс, А. Пфендер и др.). Высказывались предположения о возможности обращения к феноменам как к конкретным естественнонаучным, философским, этическим, религиозным, социальным, эстетическим и т.п. "реальностям".

Если для Э. Гуссерля феномен есть то, что "показывает себя" очевидным и достоверным образом, то Хайдеггер, обращаясь, в частности, к аристотелевской трактовке этого понятия, пытается показать, что феномен не обозначает ничего "содержательного", но относится только к "способу", каким нечто становится нам доступным. Отсюда тезис, что феноменология не должна быть необходимо связана с трансцендентальным сознанием. Хайдеггер утверждает также, что к "способу бытия" феномена необходимо присуще как "показывание себя на себе самом", так и "скрывание себя". Предполагается возможным введение в понятие феномен временного измерения как "истории сокрытия"; последняя основывается уже не на временности сознания, а на "темпоральности" - изначальной временности бытия человека в мире. Понятие феномен, а не "явление" (*Erscheinung*) становится одной из главных категорий философствования [13].

В дальнейшем использование термина феномен связано с попытками избавиться от сведения его к области сознания (М. Шелер и др.). Помимо чувственного созерцания, признается интеллектуальное созерцание, обособленное термином *ноумен*, подразумевающим познаваемую действительность - мир явлений [14]. К феноменам следует отнести парадоксы, обусловленные неполнотой наших представлений о физической картине мира. В порядке обобщения можно утверждать, что феномены являются отражением малоизученных областей знаний, явлений, процессов и состояний.

В современном контексте рассмотрения лингвистических трансформаций, понятие **ФЕНОМЕН** обозначает **предметы, события, явления, процессы, свойства, сущности, состояния, виды и личности, касающиеся Природы, Общества и Человека, малоизвестные, редкие, необычайные, неизученные, неподдающиеся объяснению или противоречащие общепринятым знаниям и закономерностям парадоксы, отличающиеся уникальными, необычными, неповторимыми, или выдающимися качествами, характеристиками, талантами, поступками и прочими проявлениями, а также общее универсальное обозначение всего, что может стать объектом научного рассмотрения или исследования с целью получения новых фундаментальных научных и опережающих прикладных технологических знаний.**

Человеческий фактор в истории прошлого и будущего

Президент США Б. Франклин, последний великий ученый, допущенный к управлению государственными делами, с сожалением говорил, что люди часто ведут себя по отношению друг к другу как волки, потому, что к этому вынуждает желание выжить в этом суровом мире. Всего лишь три века назад жизнь была короткой и жестокой, а наука находилась в зачаточном состоянии. Оглядываясь в не столь далекое прошлое, мы можем полнее оценить прогресс знаний, который за последние 300 лет создал достаточ-

но благ, чтобы вытащить миллиарды людей из мрака и дикости прошлого. *"Оглядываясь назад, мы понимаем, что из всех творений человеческого ума наука - самое важное и полезное. Именно наука вытянула человека из трясины невежества и направила на путь к звездам"* [15].

По единодушному мнению ученых, до конца века общество узнает об окружающем мире во много раз больше, чем за всю историю человечества. Человек обретет могущество, достойное древних богов, которым он когда-то поклонялся и перед которыми трепетал, при этом, научные и природные феномены будут трансформироваться из загадок Природы в обычные знания. **Компьютерная** революция позволит мысленно управлять материальными объектами и трансформацией энергии; **биотехнологическая** революция продлит жизнь Человека и его активное творческое долголетие, научит создавать живые ткани, органы и существа с нужными свойствами; **нанотехнологическая** революция даст возможность управлять свойствами материалов и формой объектов и даже создавать их "из ничего".

Но развитие мировой политики и международных отношений свидетельствуют, что мораль человека за последние 1000 веков истории почти не изменилась, он по-прежнему остается заложником варварской дикости и жлобской алчности, которые сопровождали его медленный и болезненный подъем. Под дырявым покровом цивилизации процветают лицемерие, коррупция, нетерпимость, стяжательство, фундаментализм, сектанство, расизм. XX век стал свидетелем первобытного зверства и невероятной жестокости, продемонстрировав, как научные знания несут ужас, разрушение и гибель в невиданных прежде масштабах: индустриальное производство пороха и отравляющих газов, пулеметов, бронетанковой, авиационной и ракетной техники, ковровые и атомные бомбардировки городов в угоду желающим поработить мир. Все это на фоне и вследствие удивительного прогресса фундаментальных и технологических знаний - производства ядерного, химического и биологического оружия.

Вместе с тем, научные знания позволили человечеству поднять разрушенные города и страны из руин войны, обеспечить мир и процветание миллиардам людей. Сама по себе наука этически нейтральна, но подобно двуликому Янусу, с одной стороны борется против бедности, давая рабочие места, спасая от болезней и эпидемий, улучшая условия жизнедеятельности, побеждая знаниями невежество, а с другой, в угоду властимущего меньшинства может быть направлена против свободы, творчества, благополучия, здоровья и даже жизни людей.

Неоспоримое превосходство научных знаний в том, что они увеличивают возможности Общества и придают силы Человеку, предоставляя ему право выбора. Способствуя изобретательности, творчеству и терпению, присущим человечеству, одновременно усиливают явные недостатки. И. Кант однажды сказал: *"Наука - это организованное знание. Мудрость - это организованная жизнь"*. А.Эйнштейн уточнил: *"Наука может определить лишь, что есть, но не что будет; а вне царства науки по-прежнему необходима моральная оценка"*. Требуется общее понимание, что **возобладает мораль тех, в чьих руках окажутся знания.**

Вера в то, что здравый смысл, наука и разум когда-нибудь освободят нас от тяжкого груза прошлого, прозвучала ещё в конце XVIII века в книге маркиза де Кондорсе "Набросок к исторической картине о прогрессе человеческого разума". Некоторые считают её самым точным из всех предсказаний будущего. В этой книге маркиз сделал множество самых разных сбывшихся еретических предсказаний: колонии Нового Света со временем освободились от власти стран Европы и начали быстро развиваться, с успехом воспользовавшись европейскими технологиями; рабство во всем мире уничтожено; резко увеличилась урожайность сельского хозяйства и качество продуктов; быстрое развитие науки с великой от этого пользой, которую приносит она человечеству; помимо каждодневной работы в поте лица, у человека появится свободное время, которым он сможет распоряжаться по своему усмотрению; широкое распространение получил контроль над рождаемостью.

Как сказал Айзек Азимов: "Самое печальное в нынешнем обществе то, что наука аккумулирует знания быстрее, чем общество обретает мудрость". Решая одни проблемы, научные знания при этом создают другие проблемы более высокого уровня. М. Каку подвел грустный итог: "В отличие от информации, мудрость невозможно распространять через блоги и интернет-чаты. Мы тонем в потоке информации, и потому самое ценное в современном обществе - мудрость и здравый смысл. Без мудрости и озарения нам придется плыть бесцельно по ветру и ощутить пустоту внутри, как только пройдет опьянение, вызванное неограниченной информационной свободой. В нашем обществе трудно обрести мудрость. На мой взгляд, мудрость состоит в том, чтобы разглядеть важнейшие черты времени, тщательно проанализировать их, а затем выбрать то, что несет в себе какую-нибудь благородную цель или принцип. Наука и техника открывают перед человечеством новые миры, о которых прежде мы могли только мечтать. Глядя на будущее науки, со всеми ее проблемами и опасностями, я испытываю искреннюю надежду".

Постижение феноменов приближает знания будущих укладов

В каждой области знаний существует множество феноменов, обойденных вниманием ученых. В большинстве случаев феномен проявляет локальное феноменальное свойство или явление Природы, но некоторые из них носят междисциплинарный и даже фундаментальный всеобщий характер. К числу последних относится феномен Напряженно-деформируемых состояний (НДС) сплошных упругих сред [16].

Феноменальность НДС состоит в том, что формирующие напряженные состояния **причинные** силовые факторы в соответствии с законами механики должны вызывать равное и противоположно направленное противодействие, а на самом деле, **вследствие** нормальных воздействий происходит объемно распределенное сдвиговое упругое деформирование материала объекта симметрично относительно плоскости, ортогональной к направлению воздействия (рис. 6).



Рис. 6 Природный феномен напряженно-деформированных состояний (НДС)

Первопричина проблемы изучения феномена НДС кроется в том, что традиционно консервативное метрологическое сообщество опирается на моноскопические 1D-скалярные измерители колебаний, пространственно ориентированные в направлении наиболее вероятной вибрации, с одной стороны, и статистический анализ измеренных усредненных амплитуд диагностических параметров на выбранных из опыта частотах, с другой стороны. Логика подхода проста: меряем только то, что по существующим регламентам подлежит контролю в заранее заданных направлениях. При этом, если по какой-либо причине фактический вектор колебаний на анализируемой частоте имеет отличное от регламентированного направление, датчик измеряет усредненную во времени проекцию амплитуды на измерительную ось вибродатчика.

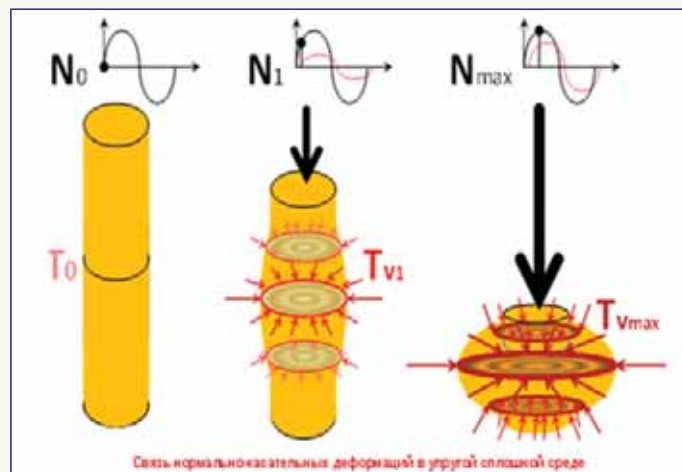


Рис. 7. Связь нормальных (N) и касательных (T) деформаций сплошной упругой среды

Наглядность подтверждения феномена (рис. 7) состоит в том, что в результате линейного осевого воздействия цилиндрический объект деформируется с изменением длины (растяжение-сжатие по Закону Гука), приобретая расплюснутую бочкообразную форму за счет интегрированного в объеме множества массово-локальных проявлений сдвигово-вращательных деформаций упругого сопротивления относительно исходного линейного воздействия (Закон Пуассона). **Кинетическая энергия растяжения-сжатия трансформируется в потенциальную энергию упругих сдвиговых деформаций.**

На одной из международных конференций по безопасной эксплуатации воздушного транспорта эксперты в области ресурсной диагностики и прогностики состояний в полете оценили уровень достоверности технической экспертизы штатных систем контроля авиадвигателей в пределах от 32 до 65 %.

Природа объемной трансформации энергии упругих состояний конструкционных материалов, формально описываемая с помощью математического аппарата тензорного анализа, в некотором смысле, аналогична феномену гироскопического эффекта в динамике вращений - воздействие относительно одной из осей кардана влечет за собой движение относительно другой его оси. **Изучение, понимание и практическое использование феномена НДС позволяет решать проблемы мобильной оценки текущего и прогнозного эксплуатационного ресурса конструкционной прочности в промышленных областях машиностроения, строительства, энергетики, транспорта и материаловедения.**

Помимо НДС и гироскопического эффекта, объектами пристального внимания ученых и инженеров-исследователей являются практически изученные и даже реализованные в приложениях, но до сих пор неглубоко осознанные теоретически междисциплинарные феномены неопознанных летательных объектов, аэродинамики сопла Ловаля, термодинамики сплошных сред и сверхкритических жидкостей, диспергационно-кавитационных процессов, слабых и сильных ядерных взаимодействий, периодичности и валентности вещества, адаптивных киберматериалов, гиперчувствительных широкополосных измерений, гомеостатических трансформаций состояний, сетцентрического встроенного интеллекта и многих других природных феноменов.

К фундаментальным феноменам в качестве основополагающих знаний будущего следует отнести общую теорию поля, холодный термоядерный синтез, "странные" излучения, энергетические трансформации состояний, управляемое материаловедение, природный синтез живых систем, чудеса биоинформатики, активное творческое долголетие и многое другое из манящих знаний будущего. Неопознанные феномены в области экономики и общественных отношений являются причинами главных угроз в новейшей истории. Рассмотрение проблем непознанного само по себе полезно для формирования новых наукоемких областей знаний, которые по понятным причинам были недоступны в предшествующих укладах.

Новые феномены фундаментальных знаний

Особое место в современных знаниях "на будущее" принадлежит лауреату Нобелевской премии в области термодинамики необратимых процессов и химических колебательных систем И.Р. Пригожину. Разработана теория диссипативных структур об устойчивом упорядоченном состоянии неравновесных систем, которое характеризуется потоками энергии, массы и энтропии. Вместе с коллегами ученый разработал упрощенную теоретическую модель описания **феномена самоорганизации**, которую можно наблюдать за порогом неустойчивости. Порядок выражается в том, что могут возникать не какие угодно структуры, а лишь их определенный набор, задаваемый собственными функциями среды. С именем ученого связано создание бруссельатора, одной из наиболее удачных моделей в теории самоорганизации, ставшей основой описания диссипативных структур различной природы. В их числе - химические (периодические реакции, спирали), биологические (биологические часы), физические (диссипативные структуры в твердых телах), экономические (колебания курса на бирже) и т.д. При этом возникает скрытая категория **феноменов - аттракторов**.

Впервые в истории науки фундаментальными характеристиками мироздания заявлены неустойчивость, неравновесность, нелинейность и ни к чему простому не сводимая сложность. В классическом естествознании такие процессы принято считать непознанными **феноменами-отклонениями**, которыми принято пренебрегать в описании объектов. По Пригожину, сложность и разнообразное множество вариантов возможного развития первичны и являются законом и нормой, а простота, неизменность, единообразие, обратимость и предсказуемость процессов - частные случаи, происходящие в простых или упрощенно рассматриваемых системах.

Абсолютное большинство систем в природе сложные с необратимыми процессами: *"Вся природа по существу - постоянное порождение новых форм, принципов, состояний; она сама - открытая динамическая система, которая "выбирает" свой дальнейший путь в точках бифуркации. Нельзя ни точно предсказать, что будет выбрано, ни вполне надежно это контролировать: в критические моменты все решает случай. Природа-система регулирует себя сама. И должны быть развиты сугубо научные, рациональные средства к тому, чтобы понять мир в таком качестве."*

Переход от Хаоса к Порядку поддается математическому моделированию при ограниченном наборе моделей такого перехода - универсальных, которые работают на всех уровнях природного целого [17].

Дуалистическое восприятие природы становится стержневым в представлении о неравновесности, ведущей не только к порядку и беспорядку, но открывающей также возможность для возникновения уникальных событий, поскольку спектр возможных способов существования объектов значительно расширяется в сравнении с образами равновесного мира. В неравновесной ситуации дифференциальные уравнения, моделирующие природный процесс, становятся нелинейными, имеющими не один тип решения, сводимого к линейному. А в точках бифуркаций может происходить даже смена типов решений и пространственно-временной организации объекта.

Идея неустойчивости в каком-то смысле теоретически потеснила детерминизм и позволила более полно включить Человека в Природу и естествознание в человеческую деятельность. Время как сущностная переменная неустойчивости и непредсказуемости, исходя из фундаментального предположения о единстве мира, стало играть немаловажную роль в преодолении разобщенности, которая всегда существовала между социальными исследованиями и науками о природе. Идеи неустойчивости приблизили мировую науку к возможности создания **"общей теории изменений"** в качестве логического завершения системности фундаментальных знаний от классической механики И. Ньютона и квантовой механики А. Эйнштейна к теории самоорганизации неравновесных процессов диссипативных структур И.Р. Пригожина. Таким образом, **необратимость введена в уро-**

вень фундаментальных законов физики, а признанный феномен эволюции занимает прочное место в области фундаментальных знаний, вытесняя локальные частности.

Международное научное сообщество очень быстро приняло предложение И. Пригожина рассматривать **социальные, психические, биологические феномены** через призму понятий неравновесных процессов и открытых, самоорганизующихся систем. Вращивание понятия времени в структуру понимания все новых областей реальности привело к тому, что модели самоорганизации заработали в экономике и географии, геологии и лингвистике, экологии и медицине, демографии и метеорологии - везде, где можно обнаружить развивающиеся системы. Но при этом, корни открытых феноменологических знаний - не понятийные, а прежде всего ценностные.

В мире Пригожина природу предписывается внимательно выслушать, а затем уже предложить ей что-то такое, с чем она могла бы согласиться: *"Признание неустойчивости - не капитуляция, напротив - приглашение к новым экспериментальным и теоретическим исследованиям, принимающим в расчет специфический характер этого мира. Следует лишь распротиться с представлением, будто этот мир - наш безропотный слуга. Мы должны с уважением относиться к нему. Мы должны признать, что не можем полностью контролировать окружающий нас мир неустойчивых феноменов, как не можем полностью контролировать социальные процессы (хотя экстраполяция классической физики на общество долгое время заставляла нас поверить в это). Открытие неравновесных структур, как известно, сопровождалось революцией в изучении траекторий"* [18]. Диалог Человека с Природой на основе механизмов самоорганизации должен исключить принуждение и насилие в соответствии с возможностями самой среды. *"Неравновесность, проявляющаяся в виде потока вещества или энергии, может быть источником порядка. Необратимые процессы организуют существование материи. Отсутствие равновесности, перетекание энергии являются основой феномена эволюции. Статический подход классической динамики и эволюционный взгляд с использованием понятия энтропии - два противоборствующих взгляда на физический мир"* [19].

Феномен в качестве методологической основы развития

Жизнедеятельность каждого Человека с его идеями и поступками является базовым фактором эволюции Общества. Жизненный пример И.Р. Пригожина, его фундаментальные научные идеи продолжают помогать тем, кто творчески осмысливает настоящее и старается заглянуть в будущее. Введенный им **феномен неустойчивости**, в некотором смысле понятие запрещенное, естественным образом ведет к решению весьма нетривиального проблем, первой и важнейшей из которых является **техногенез или прогноз гомеостаза неживых систем**. Ученым и исследователям идеи И.Р. Пригожина помогают в постижении новых научно-технологических знаний, которые способствуют устойчивому гармоничному развитию взаимодействия Человека и Общества с Природой. И каждый носитель интеллекта может принять в этом процессе посильное участие [20].

Один из создателей "общей теории систем" Л. Берталяни описал общие философские принципы устройства и **поведения систем** вообще, независимо от природы элементов, которые их составляют. Основатель кибернетики Н. Винер, анализируя подобие между процессами управления и связи в антропогенных и живых системах и биологических сообществах, выделял прежде всего процессы сбора, хранения и переработки информации, которую наряду с веществом и энергией он считал фундаментальной характеристикой мироздания и началом, противоположным энтропии. Кибернетика как наука и создана в качестве общей теории организации **борьбы с Мировым Хаосом**. Г. Хакен, анализируя статистические модели **феномена лазерного излучения**, самостоятельно выдвинул междисциплинарную концепцию самоорганизации и назвал ее **"синергетикой"**, терминологически акцентируя внимание на согласованность взаимодействия частей при

образовании структуры единого целого.

Приведенные примеры прорывных фундаментальных научных знаний тесно связаны с концептуальными работами И.Р. Пригожина в области самоорганизации сложных систем. Предложенной в свое время Г. Хакеном термин синергетика распространился и на теорию Пригожина, которого также считают её основоположником, хотя он сам от этого термина дистанцировался, полагая, что "синергетика" - лишь частная формулировка **феноменологической теории лазера**. В свою очередь создатель синергетики выразил мнение, что пригожинская теория диссипативных структур - тоже не более чем раздел нелинейной неравновесной термодинамики. Но все эти частные мнения сути не меняют - фундаментальные знания от них не зависят и являются достоянием цивилизации.

Сложившееся признание фактов существования феноменов само по себе является **мотивацией проведения фундаментальных научных исследований и прикладных технологических разработок опережающего и даже прорывного характера**, а познание фундаментальных законов природы есть ключ к пониманию будущего. Работа по изучению феноменов может быть эффективнее в случае их системной классификации. Безусловно, феноменология исторически более других областей знаний развита в психологии Человека, со временем переключившись на **природные феномены** в области естественных наук, **социальные феномены** в сфере жизнедеятельности, **экономические феномены** в сфере международной политики, промышленности и торговли.

Таким образом, **феноменологическая философия сама по себе может быть интеллектуальным системным инструментом постановки задач и решения научно-технологических проблем в сфере жизнедеятельности Человека и устойчивого развития Общества**. Выявление, структурирование и формализация причинно-следственных механизмов феноменов в определенной степени позволяют формулировать целевые ориентиры научно-технологического поиска новых знаний.

Феномены как признанные проявления непознанных знаний, актуальность которых ещё предстоит понять, могут представлять существенный интерес для научного и технологического творчества. Так называемые приоритетные направления научно-технологического развития, по-сути, представляют собой осознанные Обществом области жизнедеятельности, в развитии которых имеются потребности Человека, возникшие либо **вследствие потенциальных экотехнологических угроз среде обитания народов, либо по причине их высокой конкурентоспособности в составе экономик стран**. В приведенной авторами широкой лингвистической трактовке, в силу своих не удостоенных внимания ученых "непознанности и неизученности", **интегрированное понятие феномен обладает потенциалом трансформации в обособленную область новых опережающих и даже прорывных знаний**.

Анализ природных феноменов показывает, что наиболее частыми причинами их существования являются недостаточность для текущих технологических укладов предшествующих уже **освоенных знаний**, либо отсутствие интуитивной способности ученых усмотреть объяснения в междисциплинарной области всеобщих универсальных закономерностей Природы.

Вывод

Изучение фундаментальных и прикладных особенностей феноменов позволяет формировать новые опережающие технологические решения, устраняющие пробелы в развитии предшествующих периодов освоения знаний. Глубокий смысловой анализ позволяет раскрыть значительный философский потенциал понятия феномен для **"выравнивания диспропорции критических областей отставания"** знаний, создающих угрозы жизнедеятельности Человека и развития Общества.

Как перспективный способ формирования множества процессов в сфере жизнедеятельности человека, **изучение феноменов может быть реальным инструментом мотивации научной среды** к познанию, освоению и коммерциализации тех областей знаний, кото-

рые могут сократить научно-технологическое отставание, повысить импортнезависимость и конкурентоспособность, а также предотвращать потенциальные и реальные проблемы жизнедеятельности и вызовы устойчивому развитию Общества.



Литература

1. Сперанский А.А., Михеев А.А., Михайлов Г.Г. Интеграция опережающих междисциплинарных знаний в качестве универсальной системообразующей основы перспективных межвидовых исследований // Двигатель, №4, стр.10-23, 2015г. / изд. ВАК.
2. B.V. Gusev, Jenn-Chuan Chern, A.A. Speransky. Waves of innovation, and sustainable development of industry, on an example of construction // Scientific Israel-Technological Advantages, Vol.18, № 1, p.163-173, 2016.
3. Гусев Б.В., Сперанский А.А., Жучков В.М. Научно-технологические инструменты устойчивого развития общества // Двигатель, №4, стр.50-55, 2015г. / издание ВАК.
4. Сперанский А.А., Бельский А.Б. Российская инженерная академия - кластеры жизнедеятельности // Инновации, №2, стр.18-22, 2016г. / издание ВАК.
5. B.V. Gusev, Y.A. Galushkin, Samuel Yen-Liang Yin, A.A. Speransky. Fundamental triad of knowledge and volume periodicity in structure of physical-chemical elements // Scientific Israel-Technological Advantages, Vol.18, № 1, p.5-14, 2016.
6. Галушкин Ю.А., Сперанский А.А., Бажанов А.И. Фундаментальная триада знаний и энергетические методы наблюдения состояний // Двигатель, №6, стр. 30-33, 2015г. / издание ВАК.
7. I.N. Smirnov and A.A. Speranskiy. Wave Phase-Sensitive Transformation of 3d-Straining of Mechanical Fields. IOP Publishing 2015 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 96 (2015) 012060 doi:10.1088/1757-899X/96/1/012060.
8. Цернант А.А., Сперанский А.А. и др. Системотехника вибромониторинга строительных конструкций. Бюллетень Строительных Технологий (БСТ), №11, стр.49-60, 2009 г.
9. Сперанский А.А., Бельский А.Б. Инновационная информационно-метрологическая технология наблюдения и прогноза состояния для предотвращения аварий техногенных объектов // Инновации, №9, стр.46-53, 2015 г. / издание ВАК.
10. Сперанский А.А. Гомеостатическое модельное проектирование как способ обеспечения техногенной безопасности при создании и эксплуатации объектов новой техники // Двигатель, №3, стр.28-33, 2013 г. / издание ВАК.
11. Сперанский А.А., Захаров К.Л., Малютин Д.В. Фундаментальный поход к реконструкции механических полей для оценки эксплуатационных свойств изделий оборонпрома // Двигатель, №1, стр.22-25, №2, стр.22-24, №3, стр.30-33, 2009 г. / изд. ВАК.
12. Философия: Энциклопедический словарь. - М.: Гардарики. Под ред. А.А. Ивина. 2004 г.
13. Херрманн Фр.-В. фон. Понятие феноменологии у Гуссерля и Хайдеггера. Томск, 1997; Neue Entwicklungen des Phänomenbegriffs, "Phänomenologische Forschungen", Bd. 9. München, 1980 г.
14. Философский энциклопедический словарь. - М.: Советская энциклопедия. Гл. редакция: Л.Ф. Ильичёв, П.Н. Федосеев, С.М. Ковалёв, В.Г. Панов. 1983 г.
15. М. Каку. Физика будущего. М. Династия-АНФ, 2016 г.
16. Сперанский А.А. Природный феномен напряженно-деформированных состояний // Двигатель, №3, стр.18-23, 2015 г. / издание ВАК.
17. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. - М.: Прогресс, 1986 г. - 432 с.
18. И. Пригожин. Философия нестабильности // Вопросы философии. 1991, № 6, с. 46-52.
19. Л.Н. Васильева. Наследие И.Р. Пригожина и социальные науки // Социологические исследования, № 6, С. 28-37, 2009 г.
20. А.А. Сперанский, К. Сперанский, М. Симонов, В. Малышева. Пазлы знаний. Интеллектуальная методология полного системно связанного соответствия // Двигатель, №2, стр.32-36, 2016 г. / издание ВАК.

ДОЗАПРАВКА В ПОЛЁТЕ

КАК ЭТО ВСЁ НАЧИНАЛОСЬ

Дмитрий Алексеевич Соболев, ведущий научный сотрудник
Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, ктн

Дозаправка топливом в полёте широко применяется в военной авиации. В данной статье рассказано о первых опытах по перекачке топлива в воздухе с одного самолёта на другой, проводимых в СССР в 1930-е годы.

Refueling in flight is widely used in military aviation. This article describes the first experiments on fuel pumping during the flight from one airplane to another, carried out in the USSR in the 1930s.

Ключевые слова: дозаправка, самолёт, шланг, эксперимент.

Keywords: refueling, airplane, hose, experiment

Дальность полёта самолёта ограничена ёмкостью топливных баков. Если их объём увеличить, взлётный вес может настолько возрасти, что летательный аппарат не сможет оторваться от земли. Решением проблемы могло стать пополнение горючим в полёте от самолёта-топливозаправщика.

Первый опыт заправки в воздухе состоялся 17 июня 1923 г. в Америке. С двухместного биплана ВВС США DH.4 выпустили топливный шланг, свободный конец которого подхватили из кабины другого DH.4, летящего на десяток метров ниже, и залили порцию горючего в бензобак своей машины. Топливо поступало самотёком, за счёт разницы в высоте полёта аэропланов.

Через два месяца американские военные лётчики на таких же самолётах развили успех, установив с помощью дозаправки мировой рекорд продолжительности полёта - 37 часов 15 минут. За это время баки самолёта, кружившего над аэродромом, пополнялись девять раз, было перелито 2600 литров бензина.

25 октября 1923 г. экипаж установившего рекорд самолёта выполнил беспосадочный перелёт с восточного на западное побережье США с двумя дозаправками, продемонстрировав реальную ценность этого метода. Однако на практике долив топлива в воздухе использовали только для новых рекордов продолжительности полёта, которая к концу 1920-х годов достигла 420 часов (США, 13-30 июля 1929 г.).

Во Франции дозаправку в полёте впервые продемонстрировали летом 1928 г. во время авиасалона в Ле Бурже, в Англии - в 1931 г., перекачивая топливо с одного бомбардировщика Виккерс "Вирджиния" на другой.

Примерно в это же время начались эксперименты дозаправки в нашей стране. Историк авиации В.Р. Котельников пишет:

"В ноябре 1929 г. НИИ ВВС поручили проработать конструкцию устройств для дозаправки применительно к самолёту Р-1. Этот деревянный биплан, советская модификация английского разведчика и лёгкого бомбардировщика Де Хевилленд DH.9а, тогда являлся самой массовой машиной в нашей авиации. К работе приступили во второй половине декабря. Группой конструкторов руководил военный инженер А.К. Запанованный.

...Эскизный проект был готов 5 апреля 1930 г. Его одобрили, и с 4 июня в мастерских начали делать необходимые детали, узлы и агрегаты. На самолёте-заправщике ("бензиновозе" или "бензиноносце") пулеметная турель превращалась в барабан, на который наматывался 30-метровый шланг. Вращая турель, можно было его выпускать или втягивать через окно для бомбового прицела "Герц". Шланг, обтянутый материей, заканчивался наконечником с авто-

матическим перекрывающим клапаном и свинцовой гирей весом 3,5 кг. Внутри шланга шел телефонный провод для выравнивания потенциалов между самолётами: в противном случае мог произойти разряд статического электричества, опасный пожаром. С обоих концов провода имелись штепсели для подсоединения к розеткам на борту. Слив намеревались осуществлять самотёком. На Р-1, в который собирались переливать горючее, кроме розетки монтировалась приёмная горловина. Поскольку всё рассматривалось только как эксперимент, на обоих самолётах использовались баки ёмкостью по 32 л, не подсоединённые к топливной системе.

К 31 июля 1930 г. оборудование изготовили, но никак не могли получить самолёты для переделки. Лишь в августе стало возможно начать полёты. Сначала просто попробовали ловить верёвку с грузом. Самолёты пристраивались друг над другом, выравнивали скорости и техник, сидевший в кабине летнаба на нижней машине, ловил "грузовую грушу". Это оказалось делом нелёгким и небезопасным. Можно было самому получить по голове или по рукам, можно было ранить пилота в передней кабине или повредить довольно хрупкую конструкцию из реечек и полотна. Наконец, веревка могла наматываться на винт!

Но этот этап благополучно прошли. 29 августа впервые полетели с настоящим шлангом. Машины находились на расстоянии примерно 12 м друг от друга. Техник успешно поймал груз и засунул наконечник шланга в горловину. Вниз потекла вода из бака верхнего самолёта. При разъединении шланга клапан перекрыл дальнейшую подачу. Потом по такой же схеме стали переливать бензин.

В одном из полётов кто-то из пилотов зазевался, и гиря пробила полотно на верхней плоскости. В другом случае шланг попал в плоскость винта, и пропеллер отхватил три метра трубки вместе с клапаном. Всего к 1 декабря экспериментаторы совершили 26 полётов [1].

Эти эксперименты были не больше, чем повторением американских опытов 1923 г. Теперь на повестке дня стояла более серьёзная задача - отработать воздушную дозаправку бомбардировщиков ТБ-1. В случае успеха бомбардировщики с неполными баками могли взлетать с увеличенным запасом бомб, а затем, в полёте, пополнять запас горючего.

Работы начались в 1931 г. в конструкторском отделе П.И. Гроховского при НИИ ВВС под руководством Запанованного. В качестве заправщика был выбран одномоторный разведчик-биплан Р-5. Под самолётом установили съёмный топливный бак из



Первый опыт дозаправки самолета в воздухе. США, 1923 г.

листовой стали ёмкостью 550 литров, соединённый с основным фюзеляжным баком. За кабиной лётчика-наблюдателя разместили лебёдку с барабаном, на которую наматывался резиновый шланг длиной 34,5 м и внутренним диаметром 25 мм. Один конец шланга крепился к управляемому с места пилота вентилю на подфюзеляжном баке, на другом конце находился клапан, открывавшийся при вводе металлического наконечника шланга в заправочную горловину бомбардировщика и закрывавшийся, когда шланг извлекали наружу. К шлангу присоединили груз, чтобы он меньше болтался на ветру. Были предусмотрены также страховочные тросы для предохранения от потери шланга и провод с вилками для уравнивания электрических потенциалов самолётов. Общий вес топливного оборудования составил 120 кг.

На ТБ-1 перед кабиной носового стрелка сконструировали приемную горловину, от которой изогнутые трубопроводы вели к бензобакам в левом и правом крыле. Эту достаточно сложную перекомпоновку поручили авиазаводу № 39. Завершающие работы выполнялись в Особом техническом бюро ВВС, созданном на основе конструкторского отдела Гроховского.

Наземные испытания выявили течь баков и топливных магистралей, работы затянулись, и к лётным экспериментам приступили только в 1933 г. В мае состоялся первый опыт дозаправки ТБ-1 от Р-5.

Летом 1933 г. в НИИ ВВС прошли государственные испытания. Сначала экипаж бомбардировщика тренировался ловить спускаемую с заправщика верёвку с грузом на конце, затем - шланг, потом учились выполнять дозаправку. ТБ-1 приближался к Р-5 на скорости 130-140 км/ч так, чтобы висящий в воздухе шланг располагался по оси самолёта на полтора-два метра выше пропеллера.

Дневник испытаний по переливу топлива с Р-5 на ТБ-1

Дата	Описание полёта	Время
29.06	Приёмка самолётов от Остехбюро и перелёт Москва-Щелково	30 мин.
1.07	Тренировочный полёт, хождение парой в строю кильватера с принижением 2-го самолёта и подхват летнабами ТБ-1 верёвки с грузом вместо шланга	1 ч.10м.
1.07	Подхват шланга вместо верёвки	35 мин.
2.07	То же, но с переливкой воды. Шланг попал под винт левого мотора. Винт не поврежден, шланг пробит в двух местах	30 мин.
3.07	То же. Задание не выполнено из-за обрыва верёвки	35 мин.
3.07	Переливка воды (под фюзеляж)	1 ч.
4.07	Переливка горючего из подфюзеляжного бака	45 мин.
5.07	Переливка горючего из подфюзеляжного из заднего фюзеляжного баков	1 ч.10 м.
8.07	Полёт Р-5 на километраж с подфюзеляжным баком и без него	55 мин.

Летом 1933 г. в НИИ ВВС прошли государственные испытания. Сначала экипаж бомбардировщика тренировался ловить спускаемую с заправщика верёвку с грузом на конце, затем - шланг, потом учились выполнять дозаправку. ТБ-1 приближался к Р-5 на скорости 130-140 км/ч так, чтобы висящий в воздухе шланг располагался по оси самолёта на полтора-два метра выше пропеллеров. Затем пилот бомбардировщика набирал высоту, чтобы из открытой кабины переднего летнаба можно было схватить шланг. Одному человеку осуществить дозаправку было сложно, поэтому в переднюю кабину перебирался ещё один член экипажа. Он помогал удерживать шланг, пока летнаб заводил его в заправочную горловину, предварительно вставив вилку электропровода для уравнивания потенциалов. Получив сигнал, что заправка закончена и убедившись, что шланг освобождён, второй член экипажа Р-5 начинал наматывать шланг на барабан.

Клапан на конце шланга, предназначенный для прекращения подачи бензина после извлечения из горловины, работал ненадёжно и пару раз забрызгивал заправщиков и нос бомбардировщика топливом. Но в целом результатами экспериментов военные остались довольны:



Топливозаправочный агрегат на самолёте ТБ-3



Метод передачи горючего в полёте по предложению П.И. Гроховского

"Испытания выявили:

а) сравнительную лёгкость переливки горючего в воздухе из самолёта Р5 в самолёт ТБ1 при натренированности лётного состава...

б) для переливки не имеет значения:

1. Направление ветра...

2. Высота полёта, лишь бы слой атмосферы, в которых идут самолёты, не были сильно возмущены (отсутствие болтанки, затрудняющей выдерживание самолёта в равномерном прямолинейном полёте).

в) переливку можно производить даже при небольшом дожде;

г) во время переливки, не отрываясь один от другого, самолёты могут совершать повороты на 5-10 градусов с небольшим креном" [2].

Вскоре в НИИ ВВС приступили к опытам по переливу горючего в четырёхмоторный бомбардировщик ТБ-3. Они проходили по той же методике и с тем же самолётом-заправщиком.

Работы по модификации топливной системы ТБ-3 велись с конца июля по начало сентября 1933 г. 14 сентября начались полёты. Больше месяца недостаточно тренированные экипажи безуспешно пытались поймать шланг и перелить горючее из одного самолёта в другой. Только после смены лётчика ТБ-3 на опытного пилота-испытателя К.П. Миндера 20 ноября удалось провести две успешные дозаправки. При этом самолёты выполняли одновременный разворот на 180 градусов, не прекращая перелива топлива [3].

На следующий год были намечены войсковые испытания. С этой целью планировалось подготовить двенадцать Р-5 с добавочными баками в фюзеляже и усовершенствованной аппаратурой для дозаправки (необходимо было уменьшить усилия при наматывании шланга на барабан самолёта-заправщика).

Но вскоре стало понятно, что использование одномоторного самолёта для дозаправки четырёхмоторного бомбардировщика лишено практического смысла: даже с дополнительным баком Р-5 мог передать не больше 1000 л бензина, что составляло всего около 15 % ёмкости топливных баков ТБ-3. Другое дело, если использовать тяжёлый бомбардировщик не в качестве заправляемого, а как заправщик. Этим и занялась группа Запанованного, работающая теперь в составе военного КБ-1.

Год ушёл на проект переделки бомбардировщика в топливозаправщик. В 1935 г. в НИИ ВВС начали работы по установке топливного оборудования на ТБ-3. Внутри фюзеляжа разместили барабан с намотанным на него шлангом. Шланг выпускался и втягивался ручной лебёдкой через люк в полу, бензин к нему поступал от баков в крыле. Снаружи шланг подкрепили стальными тросами, служащими также для предотвращения опасности возникновения искры из-за разности электрических потенциалов самолётов в момент заправки. В магистраль слива был вмонтирован полуавтоматический клапан, открывавший и закрывавший перетекание топлива. Насоса не было, как и в прежних экспериментах топливо должно выливаться за счёт большей высоты полёта заправщика. Вес заправочного агрегата АЗ-21 равнялся 59 кг.

На этот раз планировалось заправлять истребители, чтобы уравнивать их дальность с дальностью бомбардировщика, который им предстояло охранять. Для опытов один биплан И-5 и один моноплан И-16 оснастили заливными горловинами с устройствами АЗ-22, выталкивающими шланг после заправки и перекрывающими бензопровод к топливному баку истребителя.

"Сначала надо было проверить, - пишет Котельников, - сможет ли пилот истребителя поймать наконечник шланга. Ведь в полёте у него будут заняты обе руки: одной надо держать ручку управления, выдерживая положение под заправщиком, другой - сектор газа, выравнивая скорости. Оставалось только рискнуть, на время отпустив одну из ручек. В первых полётах в январе 1936 г. И-5 пилотировал капитан Соко-

лётё у него будут заняты обе руки: одной надо держать ручку управления, выдерживая положение под заправщиком, другой - сектор газа, выравнивая скорости. Оставалось только рискнуть, на время отпустив одну из ручек. В первых полётах в январе 1936 г. И-5 пилотировал капитан Соко-



Истребитель И-15 бис с подвесными топливными баками конструкции Запанованного, 1939 г.

лов. Он тренировался, ловя фал, выпускавшийся из люка в днище фюзеляжа бомбардировщика. Последним управляли капитан Курбан и старший лейтенант Брагин. Задача оказалась нелёгкой, надолго бросить сектор газа не удавалось. Отпустить же ручку на не очень устойчивом И-5 и вовсе было невозможно. Тем не менее пять раз Соколов успешно ловил "грузовую грушу" на фале. С 11 февраля на И-5 стал летать известный испытатель С.П. Супрун. Однако старый биплан использовали только для тренировки, хотя он и имел оборудование для перелива.

На И-16 переделали управление оборотами двигателя, разместив его на ручке управления. Теперь лётчик мог довольно надолго освободить одну руку. На испытания И-16 назначили старшего лейтенанта Евсеева. Опять начали с тренировки в ловле "груши"; с одной свободной рукой дело пошло гораздо легче.

22 июня 1936 г. состоялась первая в мире дозаправка истребителя в воздухе. Истребитель занял позицию под ТБ-3, выпустившим шланг. Евсеев подошёл ближе, поймал наконецник, ввёл его в горловину; на бомбардировщике инженер Чеглаков включил полуавтомат. Бензин перетёк в бак истребителя, после его заполнения АЗ-22 вытолкнул патрон и перекрыл горловину. Шланг отделился, автомат остановил поток топлива. Пилот на истребителе прибрал газ, приотстав от заправщика, а затем нырнул вниз. Сам процесс перелива занял всего три-четыре минуты" [4].

Эксперименты шли до конца осени 1936 г. и были одобрены. В программу работ по оборонной тематике на 1937 г. включили изготовление серии приборов Запанованного для переливания горючего для различных типов самолётов и их войсковые испытания. Но никаких сведений о реализации этих планов обнаружить не удалось. И это не удивительно: новое поколение скоростных самолётов с закрытыми кабинами исключало возможность вручную ловить шланг и заправлять машину. С 1938 г. А.К. Запанованный занялся проектированием подвесных топливных баков.

Описанный выше способ дозаправки был не единственным. У него имелось немало недостатков: он был доступен только специально подготовленным экипажам, а перелив топлива самотёком происходил достаточно долго: закачка на борт 600 литров бензина с самолёта Р-5 занимала около 20 минут, и это без учета времени на предварительные маневры и захват шланга.

В 1935 г. П.И. Гроховский предложил упростить процесс, передавая на тросе топливо с одного самолёта на другой в прорезиненном брезентовом мешке объёмом 500 или 1000 литров. Мешок был оборудован стабилизатором для устойчивости в воздухе и сливным краном. После того, как ёмкость с топливом касалась специального ложемента на самолёте, трос автоматически отцеплялся и экипаж сливал горючее в баки, продолжая при этом полёт намеренным курсом [5]. Это сомнительное предложение не встретило поддержки.

Уместно также упомянуть об опытах перекачки горючего на самолёт с буксируемого им планера.

Идея буксировки одного или нескольких планеров на тросе за самолётом в 1930-е годы пользовалась в нашей стране большой популярностью. Такие сцепки назывались "воздушные поезда". Так доставили из Москвы в Коктебель на ежегодные состязания планеристов СК-9 С.П. Королева и многие другие планеры. Дальности самолёт-буксировщика не хватало для беспосадочного полёта в Крым, приходилось выполнять промежуточную посадку для попол-

нения запаса бензина. И тогда возникла мысль о переливе горючего в самолёт в воздухе с буксируемого им планера.

Работы в этом направлении начались в 1935 г. на московском авиазаводе № 1 им. Авиахима под руководством инженера Авруцкого. Созданная при заводском аэроклубе инициативная группа конструкторов во вне рабочее время разработала чертежи оборудования, которое изготовили рабочие, входившие в эту группу. Проведенный в аэроклубе эксперимент по переливу топлива из планера в самолёт показал, что всё работает нормально.

После этого приступили к созданию "летающей цистерны" на основе двухместного планера В.К. Грибовского Г-14. Она получила обозначение Г-14 ЦЛ-2А. В работе принимал активное участие конструктор планера, поддержавший идею заводчан. Предназначавшееся для перелива в самолёт топливо разместили в пяти баках: по два установили в консолях крыла и один - в фюзеляже на месте второй кабины. Буксировщик соединялся с планером дюритовым шлангом [6], внутри которого был протянут трос, воспринимающий нагрузку во время полёта. Для соединения такого буксира к планеру и самолёту сконструировали специальные замки. Топливо подавалось самотёком, в это время планер должен был лететь выше буксировщика [7].

Осенью 1935 г. воздушный поезд в составе самолёта П-5 (пилот И.С. Баранов, командир поезда М. Кокшко и сцепщик М.Е. Захаров) и планера-топливоза Г-14 ЦЛ-2 (пилот К.М. Венслав) совершил беспосадочный перелёт из Москвы в Коктебель дальностью 1524 км. Участок от Москвы до Курска происходил в условиях сильной болтанки, что послужило хорошей проверкой системы буксировки и перелива топлива. Всё прошло без происшествий, был установлен мировой рекорд дальности беспосадочного полёта планера на буксире. При посадке в баках самолёта оставалось топлива ещё примерно на 500 км полёта (перелёт был рассчитан на 2000 км, но из-за погодных условий маршрут пришлось сократить) [8]. Следовательно, использование планера-цистерны позволяло увеличить дальность полёта П-5 почти вдвое (нормальная дальность этого самолёта - 1100 км).

В конце 1935 г. в Таганрогском аэроклубе на основе планера Г-14 разработали проект летающей цистерны на тонну горючего. Планировалось переливать из неё в полёте бензин не только в буксировщик, но и в другие самолёты. Во время Великой Отечественной войны велись опыты по заправке бомбардировщика Ил-4 от буксируемого им десантного планера А-7.

Итак, в СССР в довоенный период эксперименты по дозаправке в полёте показали, что такой метод возможен. Однако из-за ряда технических проблем они не перешли в стадию практического применения. Несколько больший размах опыты по передаче горючего с самолёта на самолёт получили за рубежом. В 1934 г. в Англии даже была основана коммерческая фирма "Флайт Рефьюлинг" ("дозаправка в полёте"). В 1939 г. она 15 раз участвовала в заправке английских тяжёлых гидросамолётов, выполнявших трансатлантические рейсы в Америку. Начавшаяся война прервала эти работы. Идея дозаправки в полёте возродилась уже после войны, на новом техническом уровне.

Источники и комментарии

1. Котельников В.Р. Первые в Советском Союзе опыты по дозаправке самолётов в воздухе // Мир авиации. 2006. № 2. С. 1.
2. РГВА. Ф. 24708. Оп. 11. Д. 9. Л. 3.
3. РГВА. Ф. 24708. Оп. 9. Д. 4. Л. 12.
4. Котельников. С. 1.
5. Филиал РГАНТД. Ф. Р-1. Оп. 47-5. Д. 2777.
6. Дюрит - многослойный материал, состоящий из резины со слоями металлической, текстильной или синтетической оплётки.
7. Михайлов Г. Цистерна на буксире // Самолёт. 1935. № 8. С. 39.
8. Грибовский КВ. Развитие способов буксировки планеров в СССР в 1930-х - 1940-х годах // Из истории авиации и космонавтики. Вып. 57. М., 1989. С. 123-124.

Связь с автором: daso1152@mail.ru

МОНИНО. МУЗЕЙ ВВС. 2016

Александр Аркадьевич Гомберг, инженер-конструктор,
редактор журнала "Двигатель"

Фото: **Тимофей Астахов**

В разговорах людей, близких к авиации (да, честно говоря, даже и не очень близких), название подмосковного города Монино накрепко связано с уникальным и замечательным Музеем Военно-Воздушных Сил. Вся история отечественной авиации - и серийной и, зачастую, опытной - нашла отражение в его экспозиции. Та самоотверженность, с какой небольшой коллектив энтузиастов - сотрудников музея оберегает это богатство и представляет его посетителям достойна всяческого уважения. Именно на их плечах лежит ответственность за сохранность нашего исторического наследия, оборудование территории, поддержание зданий в надлежащем виде, работа с волонтерами и огромный труд по популяризации. Особенно это значимо после того, как из Монино выехала в Воронеж объединенная Академия имени Гагарина-Жуковского, которая хоть как-то помогала поддерживать экспозицию и охранять её от вандалов, любителей «сувениров» и вторсырья, способных оттащить в утиль любой памятник - хоть культуры, хоть науки, хоть истории.

Ещё в самом начале 90-х годов прошлого века, готовя исторический раздел выставки "Авиадвигательстроение-92", сотрудникам нашей редакции довелось поработать в запасниках и залах Монинского музея, где содержатся ценнейшие экспонаты отечественного и зарубежного авиационного двигателестроения, по большей части не бывающие в основной экспозиции. И вовсе не потому, что хозяева Музея не хотят представить их посетителям. Просто-напросто уж очень ограничены их демонстрационные возможности. Новых территорий и экспозиционных площадей этого воистину "хранилища нашей Национальной гордости" не строили бог знает сколько времени. И если бы не любовь к делу самих музейных работников, большая часть которых посвятила авиации всю свою жизнь, то мы бы не увидели и того, что там сейчас есть.

Вот и на этот раз целью нашего посещения были как раз те самые запасники, недоступные пока для широкой публики, где находятся "пламенные сердца" самолетов - авиамоторы! Мы хотели сфотографировать их и рассказать широкой публике про известные и уникальные авиационные двигатели, которые там находятся. Небольшую часть нашей работы и представляю здесь. Конечно же, небольшая часть их находится и в основной экспозиции музея. Так, в разных залах представлены замечательные образцы авиадвигателей начала 20-ого века, а вместе с истребителями Великой Отечественной, стоящими под крышей, можно увидеть и их двигатели. Но большая часть поршневых двигателей военного и послевоенного времени и первых реактивных моторов находится пока в запасниках.

А всё это весьма достойно экспонирования. И причём, хорошо бы именно здесь, где совсем близко, на стоянке лётного поля у знаменитой монинской "Горки" - Щёловского аэродрома (нынче "Чкаловский"), с которого ещё в 1937 году стартовал в Америку Чкалов на АНТ-25, стоят самолёты, в которых эти "сердца" стучали. И, кстати, сколько ещё продержатся эти самолёты, вертолёты и другие машины под открытым небом (последний небольшой ангар для них был построен ещё в начале 70-х) - неизвестно. И, похоже, ничему нас не учат зарубежные примеры, где даже и менее полные коллекции являются объектом повышенного внимания - властей, профессионалов-авиаторов, любителей и широкой публики. В Монино нес-

колько раз проводились шоу "Летающие легенды" с участием иностранных самолетов. Можно ли сейчас проводить там подобные мероприятия - неизвестно.

Впрочем, музей и есть музей: это центр научной работы со своими экспонатами, изучения и демонстрации их именно так, чтобы показать их в наиболее полном виде. Этим он отличается от выставки и временной сменной экспозиции, где целью является концептуальный показ в поддержку и подтверждение какой-либо тематической задачи. Именно с такими духоподъемными целями создаётся сейчас авиационный кластер парка "Патриот" в Кубинке. Там предполагается представить разнообразную авиационную технику, в том числе и исторические её образцы. Но ведь рядом - действующий аэродром Кубинка. Так зачем и дублировать статическую экспозицию Монино, а не ставить себе более амбициозную задачу? Только там можно сделать то, чем славны ныне авиашоу по всему миру: экспозицию летающих образцов! За рубежом давно уже поняли, какую гигантскую ценность и эмоциональный эффект представляют именно летающие самолеты и вертолёты: поршневые и реактивные, включая 2-х и 4-х моторные бомбардировщики! У нас, к сожалению, совсем мало таких самолетов. Нет даже Ли-2 - не считая той пары "Дугласов", их прототипов, которые прилетели недавно из Америки по маршруту "Алсиб". Именно энтузиасты и занимаются восстановлением старой техники. Так идёт и по всему миру, но на собственные средства и деньги частных лиц поднять такую задачу очень сложно. И здесь помощь государственных органов, армии и промышленности совершенно необходима. В Кубинке вместе с нашими суперсовременными Сушками и Мигами очень хорошо будут смотреться в небе их дедушки!

К сожалению, не так много у нас осталось образцов, которые можно восстановить до летного состояния. Так что было бы разумно собрать комиссию по сохранению авиационного наследия, создать каталог авиатехники, подлежащей восстановлению и построить там же реставрационно-производственный цех (который также может отчасти служить объектом показа для молодёжи и интересующихся техникой, возможно - клубом и центром сбора любителей авиации), собрать специалистов и приступить к реставрации летающих легенд!



НУ, ПОЕХАЛИ!

Эта история не только про самолеты, но и про людей, а также стечение обстоятельств.

Как перевозили Ту-104 в Звездный городок.

Fieri faciendo opere
(Дело делается делаящими дело)

Илья Александрович Аксарин

Фото: автор, А.А. Гомберг, В.Иванчин и др.

В октябре 2015 года закончился проект по перевозке мемориального Ту-104 (№ 42365) в Томске. Реставрация его откладывалась по финансовым причинам, а жажда бурной деятельности не давала спокойно спать. И тут неожиданно получил ответ на моё ранее отправленное письмо начальнику Центра Подготовки Космонавтов (ЦПК) имени Юрия Гагарина....

Дело в том, что на аэродроме "Чкаловский" уже много лет стоит на приколе Ту-104, один из трех "сточетвертых", что обеспечивали тренировки первых космонавтов в условиях невесомости, и служивших для прочих транспортных нужд центра (см. **Справку**). И этому самолету было ну очень печально: тридцать с лишним лет стоял он без дела и почти без надзора. Его расхищали цветметчики, ломали от скуки бойцы, выкручивали запчасти и сувенирки работники аэродрома. Такие обломки былого величия. "И ветер волнует над ними ковыль"...

А в начале 80х он стоял еще совершенно целый! Без двигателей, правда. Его откатили подальше с глаз долой, и над самолетом забрезжил медленный конец. Пилоты с "Чкаловского" рассказывали: каждую зиму, после обильных снегопадов самолет (с выпотрошенной для целей космонавтики - а потому лёгкой - кабиной и без

движков) садился на хвост: будто взлететь хотел! Но учитывая историю самолета, руководство ЦПК не давало добро попилить самолет. Было такое желание: его перевезти и сделать мемориальным. И не только желание, но и попытки были. Самолет с отстыкованными частями пытались поднять вертолетом Ми-26, но все таки, "104-й" - это переделанный Ту-16, с соответствующим запасом прочности и массой бомбардировщика середины XX века. И самый мощный в мире вертолет не поднял двадцатипятитонный самолет... Потом приезжали товарищи из Минского авиамузея, предлагали его забрать к себе, но руководство ЦПК не пожелало отдавать.

Так он и оставался стоять, перед ТЭЧ Центра подготовки космонавтов. Летом под ним прятались от дождя и от жары техники, что обслуживают учебно-тренировочные Л-39, зимой под самолетом набредали большой сугроб. "Их моют дожди, засыпает их пыль"...

Как-то жаль его было. Письмо ушло по факсу, я весь в думах, к вечеру - в музей космонавтики на ВДНХ, на мероприятие, посвященное планерному спортивному центру в Коктебеле. И только я зашел в здание музея, мне позвонили: "Так и так - мы из ЦПК по поводу вашего предложения перевезти и восстановить 104. Приезжайте, поговорим."

СПРАВКА:

Туполев Ту-104А-ТС

Бортовой №: 48

эксплуатант: Россия (СССР) - ВС

в эксплуатации: с 1958 г.



В СССР стал прототипом Ту-104А-ТС (грузовой вариант Ту-104А). Использовался в Чкаловском для тренировки космонавтов в невесомости (в варианте Ту-104АК) Был одним из немногих долетающих Ту-104. Списан в конце 70-ых.

В 1961 г. на опытном предприятии НИИ ВВС с помощью ОКБ Туполева была подготовлена первая машина - №46. Часть салона заняла лаборатория, оставшаяся часть, примерно 8 м длины, представляла собой зал с обитыми мягким материалом внутренними поверхностями, так называемый "бассейн невесомости", отделенная от кабины сетью.

Испытательные полеты машины проводили легендарные летчики-испытатели Сергей Анохин и Юрий Гарнаев.

Кандидаты в космонавты подолгу тренировались в этом Ту-104, а позже к этой машине присоединились еще две - с номерами "47" (бывший СХ1С142389) и "48" (бывший борг "1302"). На тренировках в невесомости отработывались: координация и перемещение, прием пищи (твердой и жидкой), выполнение различных работ. Полученный позже опыт реальных космических полетов полностью соответствовал тому, который набрали на Ту-104АК.

Полеты на "АК" стали обязательным разделом программы



подготовки советских космонавтов. Ю.А. Гагарин и сам участвовал в шести таких полетах. Каждый новый космичес-

кий эксперимент отработывался и испытывался перед реальным полетом в лаборатории невесомости Ту-104. Первый выход в открытый космос тщательно и полно отработывался на Ту-104АК. В салоне был установлен космический корабль "Восход". После того, как испытали сам космический аппарат, космонавты П.А. Беляев и А.А. Леонов начали тренировать выход в космос, пока не довели свои действия до совершенства.

При подготовке к полету двух кораблей "Союз" на самолете Ту-104АК были установлены макеты двух кораблей, состыкованных друг с другом. На них космонавты Алексей Елисеев и Евгений Хрунов (С.Ю.А.Гагариным в качестве инструктора-космонавта) отработывали в условиях невесомости штатный переход из "пассивного" в "активный" корабль.

Даже первый луноход испытывался в этом Ту-104. Для этого в летающей лаборатории насыпали "лунной пыли", и "на параболу" (гравитация соответствовала лунной = 0,16 земной) луноход делал первые попытки двигаться.

Теперь "красный №46" стоит в музее ВВС в Монино. №48 - находился в плачевном состоянии на стоянке ЦПК в Чкаловской. А на авиазаводе в Харькове находится №47. который в декабре 1977 г. заводу возвратил космонавт В.В. Ковалёнок.

Кислицын В.П. заместитель начальника лётной службы;

Смолин Л.Л., - главн. специалист, зам. начальника отдела МТО лётной службы;





Я слегка, как бы это сказать, опешил! По удачному стечению обстоятельств именно мое письмо попало на глаза начальнику ЦПК!

А дальше были согласования, закупки инструмента, поиски спонсора, мой переезд в Звездный (29 декабря 2015 г.). В январе из Новосибирска был вызван мой хороший друг Антон Светлаков и вот, в основном, вдвоем с ним мы с первых чисел февраля начали разбирать самолет. Ещё приезжал и очень помогал Егор Жуков, но на короткие промежутки. Поначалу народ ходил-шутил вокруг. Не верили, что "два хипстера" сумеют с этой задачей справиться. Но так как я не привык отступать - и из целей исхожу, а не из средств, с помощью различных хитрых приспособлений, смекалки, ключа на 55, 50 штук метрополитеновских шпал и 2-х кранов, мы за 2 месяца... полностью разобрали самолет.

Как выяснилось позже, мы действительно его спасли - много-

ного космолета и что они тут делают.

24х метровый фюзеляж доставил меньше проблем, но фурор на дороге произвел гораздо больший.

Когда решили 50-тонным краном переложить консоли крыла и поставили кран так, чтобы достать обе консоли, случилось странное: легкая консоль не поддалась! "В землю вросла?" - предположил крановщик. Загадка раскрылась позднее, когда ее все же удалось оторвать от аэродромных плит - вылилось из нее не менее тонны воды. Ну и, наверное, корни она пустила, да...

Возили ночью, в мокрый снег, бегом с рациями, в ужасе разбегающиеся от ужасного Сашиного плаката редкие встречные машины и немногочисленные пешеходы, бойцы на аэродроме с удивленными глазами, открывающие нам ворота и помогающие оттащить блоки, радость от сделанного этапа - и как изюминка в торте - раздавленный-таки мой телефон (ну, давно пора было).

Перевезли. Народ я распустил по домам, так как спонсорские

средства подошли к концу. Но самолет все же решил собрать. И как это сейчас модно говорить - психанул. Собирали самолет, вывешивали его на подъемниках, вешали лебедкой стойки шасси, вдвоем с девчонкой-фотографом. Уложились... в 2 с половиной дня.



Я, мягко говоря, устал.

И тут еще одно отступление - я все это время, пока возился со 104-м в Звездном, искал для него запчасти.

...В славном городе Рыбинске на постаменте с 1982 года стоит Ту-104а (№ 42460), и так хорошо его поставили, что опирается он на обе основные стойки и ферму, подпирающую под хвост. Передняя нога убрана в нишу, и весь нос самолета нависает над местностью на 18-метровой высоте. Ощущение полета. Ну, и пишу я письмо в администрацию Рыбинска: "Подарите, мол, от передней стойки запчасти - все равно ее не видно, а я взамен могу что-то на вашем самолете подреставрировать". И на мое письмо ответили. И не просто ответили, а попросили помочь с оформлением документации на самолет, его реставрацией и покраской.

Съездили в Рыбинск с делегацией из ПАО "Туполев", состоящей из технических специалистов, которым предстояло произвести оценку технического состояния самолета. Руководство "Туполев" благосклонно отнеслось к просьбе помочь с оформлением доку-



численные инспекции и группы проверяющих от МО: пожарных, техникбезопасных, экологозависимых и пр., предписывали убрать "этот металлолом" с приангарной территории. Далее стояла задача перевозки. Для этих целей мною были привлечены товарищи... из Томска и Барнаула, с которыми мы возили предыдущий "стотчетвертый" в Томске, упомянутый в самом начале. Странно, но это почему-то дешевле оказалось, чем нанимать транспорт в Москве.

Выправив все разрешения, облепив машины сопровождения ленточками оранжевыми и табличками, и запустив вперед Сашу Гомберга с укрепленным на его собственной легковушке здоровенным предупреждающим плакатом, мы начали возить самолет. Самую большую проблему представляли средние части крыла (которые не пролезали через ворота, но были героически переложены через них краном). Пока они целый день лежали на пустом асфальтовом пятаке перед центральным въездом в ЦПК - со слов охраны - народ их фотографировал и усиленно делал селфи. Выказывалось множество версий, что же это такое за детали антич-





ментации и выработке рекомендаций по обслуживанию: все же этот самолет часть нашей общей авиационной истории и конкретно - истории КБ Туполева. Ребята работали до этого только с живыми и современными самолетами, и исторический 104-й изучали с неподдельным интересом. И вот, в образовавшиеся 2 месяца, летом (в связи с паузой в финансировании работ в Звездном), мы, 4 человека, дружно отправились в Рыбинск.

...И за 2 месяца мы покрасили этот самолет. Я конечно же неверно рассчитал бюджет и оставил тут значительное количество своих средств, была огромная куча вопросов, с которыми я не сталкивался ранее (как красить, как смывать старую краску, как ставить леса, делать трафареты и разметку, как делать декоративное освещение), были разногласия в команде. Всему этому пришлось быстро и в "условиях приближенных к боевым" научиться. Но мы это сделали. Поначалу даже и самим не верилось, что сделали.

Из плюсов - бесценный опыт покраски, который применим и на других наших бортах, отличные отношения с администрацией города Рыбинска и руководством завода "Сатурн" (с юбилеем их, кста-

ти!), являвшимися спонсором данного мероприятия. А еще товарищи с "Сатурна" обещали помочь с восстановлением двигателей для нашего Ту-104 № 42382 в Новосибирске. Может, ещё и погудим!

А еще научился набирать команду!

Из минусов - время и деньги, но все оно того стоило.

А еще приезжала с визитом в Рыбинск Валентина Владимировна Терешкова. Она в курсе наших работ со "стчетверкой" в Звездном. Заглянула делегация на Рыбинский Ту-104 - наши труды были высоко оценены, что было очень приятно!

Когда самолет уже был покрашен, мы разбирали леса, а внизу на полных оборотах шел ремонт постаментов (в котором, между прочим, расположен спортивный бокс-клуб). Александр Соколов, зам начальника отдела кадров с "Сатурна" (посвятивший свой отпуск чтобы нам помочь), обвел рукой и самолет, и постамент - и сказал: "А все, Илья Александрович - и ремонт и покраска самолета и ремонт самого здания постаментов, и обустройство прилегающей территории, только потому, что вам понадобилась



эта передняя стойка"... А передней-то стойки на 104-м в Рыбинске, кстати, и не оказалось - ее ещё при первичном монтаже памятника сняли: для облегчения.

В торжественной обстановке в Рыбинске в рамках празднования юбилея завода "Сатурн" был открыт обновленный Ту-104 на радость горожанам и гостям!

Потом мы вернулись в Звездный, бригаду я распустил ввиду финансовой паузы, и втроем с героическими волонтерами - Антониной Аникеевой и Андреем Филиным (волонтерит еще и в Монинском музее, 6 дней в неделю у парня самолеты..), мы смываем краску с "космического" 104, и реставрируем его, готовя к окончательной сборке до холодов. Что-то предсказывать и прогнозировать я уже не берусь, слишком уж будущее непредсказуемо случайная штука. Но Гагаринский самолет мы доделаем, это уже дело чести.

Мы усиленно ищем любые запасные части, колеса, агрегаты и радиоаппаратуру той эпохи, а также, литературу и фотографии по данному типу самолетов и Ту-16 (во многом одинаковы они со 104). В планах по Звездному - восстановить кабину и салон. Что-то мне удалось добыть, чего-то - нет. Так что будем рады любой "железной" помощи, и помощи в восстановлении отдельных частей самолета и аппаратуры...

Наша история с разными Ту-104 продолжается!



11 МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
И НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ГИДРОАВИАЦИИ



2016

гидроавиасалон



ОРГАНИЗАТОР
 **МИНПРОМТОРГ
РОССИИ**

УСТРОИТЕЛЬ
ОАК ОБЪЕДИНЕННАЯ
АВИАСТРОИТЕЛЬНАЯ
КОРПОРАЦИЯ

ОПЕРАТОР
 **ТАНТК**
ИМ. Г.М. БЕРИЕВА

22-25 СЕНТЯБРЯ
ГИДРОБАЗА И АЭРОПОРТ
г. ГЕЛЕНДЖИК РОССИЯ

ПАО «ТАНТК им. Г.М. Бериева»
Площадь Авиаторов, 1, г. Таганрог, 347923, Россия
тел./факс: +7 (8634) 315-415, 318-144 e-mail: gas@beriev.com
www.gidroaviasalon.com

РАКЕТНЫЕ СТАРТОВЫЕ УСКОРИТЕЛИ

КАК ЭТО ВСЁ НАЧИНАЛОСЬ

Дмитрий Алексеевич Соболев, ведущий научный сотрудник

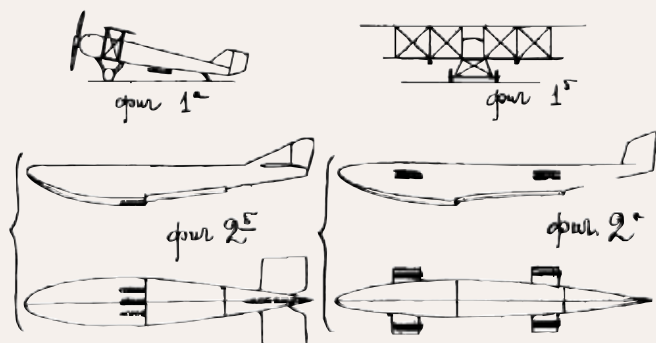
Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, ктн

Статья посвящена первым работам по применению пороховых ракетных ускорителей для уменьшения длины разбега самолётов. Такие опыты проходили в СССР в начале 1930-х годов под руководством инженера В.И. Дудакова. Эта идея получила распространение в военной авиации в послевоенный период.

The article is devoted to the first works on the application of powder rocket boosters to reduce length of take-off of aircraft. Such experiments were conducted in the USSR in the early 1930s under the leadership of engineer V.I. Dudakov. This idea spread in military aviation in the postwar period.

Ключевые слова: В.И. Дудаков, пороховой ускоритель, бомбардировщик, длина разбега.

Keywords: V.I. Dudakov, powder rocket booster, bomber, length of the take-off.



Размещение ракетных ускорителей взлёта на сухопутном самолёте и летающей лодке.

Рисунок из заявки на изобретение Дудакова и Константинова

Для горизонтального полёта самолёту необходимо, чтобы сила тяги его винта составляла не менее $1/10$ веса аппарата. Однако при взлёте, учитывая силу трения колёс, этот параметр должен быть по меньшей мере вдвое больше. Но и при такой тяговооружённости взлёт с размокшего грунтового аэродрома оказывался невозможен, а бетонированных взлётно-посадочных в 1920-е годы в нашей стране ещё не было.

7 октября 1928 г. ленинградские изобретатели Вячеслав Иванович Дудаков и Вячеслав Александрович Константинов обратились в Комитет по изобретениям с предложением об использовании на самолётах стартowych ракет. Они писали: "Разбег самолётов (с большой весовой нагрузкой на 1 лошадиную силу) всегда очень длинен и продолжителен. Расчёты показывают, что применением ракет, отдача коих даёт добавочную силу тяги, арифметически складывающуюся с тягой, развиваемой винтомоторной группой, можно достичь значительного сокращения предвзлётного разбега самолёта (как сухопутного, так и гидро-), не превосходя при этом предельного ускорения ... переносимого человеком" [1]. Воспламенение ракетных ускорителей должно было осуществляться электрозапалом. Предполагалось, что по окончании горения ракеты будут автоматически сбрасываться.

В Управлении ВВС идею одобрили. В 1930 г. Дудакова для реализации его замыслов направили на работу в Газодинамическую лабораторию (ГДЛ) в Ленинграде, где занимались созданием и испытаниями ракет. По указанию командующего Ленинградским военным округом М.Н. Тухачевского в ГДЛ передали учебный биплан У-1 и выделили для опытов лётчика-инструктора С.И. Мухина и авиатехника А.А. Грицкевича.



Ракетные ускорители на самолёте У-1

В.И. Дудаков вспоминал: "Самолёт У-1 - биплан, деревянный, с полотняной обшивкой крыльев и фюзеляжа. Возникла проблема - какой РД (ракетный двигатель. - Д.С.) поставить в качестве ускорителя взлёта? Применение ЖРД исключалось, так как в 1930 году не было надёжно действующих ЖРД. Кроме того, оборудование ЖРД очень сложно и трудно в эксплуатации. Поэтому в качестве ускорителя был принят РД на твёрдом топливе. Применение пороха на твёрдом растворителе, предложенного Н.И. Тихомировым, позволило получить надёжно действующий РД, обладающий высокими показателями в работе. Конструкция РД была разработана Г.С. Петровым под руководством Б.С. Петропавловского.

Поставить РД в хвост фюзеляжа на самолёте У-1 было нельзя, так как фюзеляж этого самолёта не был рассчитан на большую осевую силу. Поэтому была принята установка РД на крыле самолёта. Анализ процесса взлёта показал, что реактивная сила РД должна проходить ниже центра тяжести самолёта, в противном случае было возможно капотирование при разбеге. Поэтому была принята установка двух РД на нижнем крыле самолёта. Действующая сила была значительной - до $1,5$ веса самолёта. Пришлось подкрепить крыло на действие горизонтальной силы" [2].

Воспламенение заряда осуществлялось спиралью, накалявшейся под действием электротока. Чтобы оба двигателя начинали работать синхронно, применили так называемую систему огневой связи - камеры сгорания соединили стальными трубками, по которым пламя из одного ускорителя попадало в другой.

Испытания У-1 с ускорителями проходили в 1931 г. на Комендантском аэродроме. Было сделано около 100 взлётов. Подняться в воздух удавалось очень быстро, почти без разбега. Самолёт пи-



Взлёт ТБ-1 с ускорителями. 1932 г.

лотировал СИ. Мухин, на втором сидении находился В.И. Дудаков.

Это были первые в мире старты самолёта на колёсном шасси с использованием реактивных ускорителей. До этого в Германии проводили опыты по использованию пороховых ракет для взлёта поплавкового одномоторного металлического самолёта с воды, но в СССР об этом узнали только в 1936 г. из книги немецкого пионера ракетной техники Макса Валье "Полёт в мировое пространство". Он писал: "Высказывавшаяся автором... мысль о том, что путём использования реактивного действия ракет может быть облегчен старт тяжело нагруженного самолёта обычного типа, была практически осуществлена заводом Юнкерса в Дессау. Согласно имеющимся сообщениям, для опытов в этом направлении был использован самолёт "Бремен тип Юнкерс W 33". Опыты производились на реке Эльбе вблизи Дессау. Употреблялись эйфельдовские ракеты в медных гильзах, калибр которых в сообщениях не указывается. Равным образом сохраняются в секрете и более подробные сведения об использованном ракетном приспособлении. При первом опыте, состоявшемся 25 июля 1929 г., две ракеты взорвались. Лишь 8 августа старт удалось совершить известному лётчику инженеру Шинцингеру с 6 ракетами, зажигаемыми попарно, быстро, одна пара вслед за другой. Опыт произвёл настолько благоприятное впечатление, что в результате его явилось убеждение о возможности подъёма с поверхности воды на воздух груза в 5000 кг, чего другим путем нельзя осуществить. С тех пор завод Юнкерса постарался вести дальнейшие работы в этом направлении в ещё большей тайне, благодаря чему о результатах их почти ничего неизвестно".

Из-за экономического кризиса, обрушившегося на страны Запада, Юнкерс вскоре свернул свою исследовательскую программу. Тем временем в Советском Союзе работы по использованию ракетных ускорителей в авиации продолжались. После успешных испытаний У-1 было решено проверить эффективность пороховых ракет при взлёте бомбардировщиков ТБ-1 с двумя моторами М-17. Самолёт для экспериментов выделил Ленинградский военный округ. Так как весил бомбардировщик почти в 10 раз больше, чем У-1, на самолёте установили шесть ускорителей: четыре под крылом и два на крыле. Включение ускорителей осуществлялось

с помощью кнопки на штурвале. Воспламенение заряда происходило через гальванические трубки, входившие в сопло ракеты. Как в экспериментах с У-1, ракеты соединялись 12-мм металлическими трубками дублирующей системой огневой связи, которая заставляла все ракеты работать одинаково.

Опыты с ТБ-1 начались в июне 1932 г. В докладе о состоянии работ по опытному моторо- и самолётостроению на 1 января 1933 г. сказано: "Проведенные испытания в текущем году дали положительные результаты по ускорению взлёта... Со стороны ГДЛ ставится вопрос экспериментирования отдельно хвостовой части самолёта на выявление причин, вызывающих деформацию фюзеляжа от действия ракет... Самолёт находится в ремонте" [3].

Чтобы уменьшить воздействие реактивной струи на хвостовое оперение, в 1933 г. расположение ускорителей изменили. Теперь их установили в связках по три ракеты на верхней поверхности каждого крыла. Они крепились на дюралевых фермах, проходящих сквозь крыло и соединённых с узлами шасси. Угол установки сопел ускорителей подбирали так, чтобы струя газов проходила над горизонтальным стабилизатором и не задевала боковую обшивку фюзеляжа.

Испытания велись с 11 июля по 7 августа 1933 г. при различном взлётном весе ТБ-1. Самолёт пилотировал лётчик-испытатель Н.П. Благин, в качестве наблюдающих летали инженеры ГДЛ Дудаков и Ширяев. Было проведено семь взлётов, из них пять - с ускорителями. Каждый ускоритель был рассчитан на 15 шашек пироксилино-тротилового пороха. На подготовку полёта (зарядка ракет, проверка цепи зажигания и др.) уходило от часа до полутора.

В дневнике испытаний сообщалось:

11 июля - два взлёта без запуска ускорителей.

16 июля - два взлёта с 3/5 полного заряда ускорителей (9 шашек).

21, 22 июля - взлёты с полным зарядом.

7 августа - взлёт с ускорителями с увеличенным до 8 т полётном весе самолёта (сверх программы, по указанию начальника ВВС Алксниса) [4].

Наилучший эффект достигался при включении ускорителей после короткого пробега при полной тяге винтов.

8 октября прошли государственные испытания ТБ-1 с ускорителями. Ведущим лётчиком был испытатель НИИ ВВС К.П. Миндер. На одном из полётов по приглашению Алксниса присутствовал нарком по военным и морским делам К.Е. Ворошилов. Результаты увиденного впечатляли: 6-тонная машина отрывалась от земли через 4 секунды после старта. Время работы ускорителей составляло всего 2 секунды, но создаваемая при этом тяга разгоняла машину с ускорением до 15 м/с. Грохоча на всю округу и изрыгая длинные языки пламени, тяжёлые бомбардировщики взлетали легко, как истребители.

Результаты государственных испытаний стартовых ускорителей на ТБ-1

Взлётный вес самолёта, кг	Разбег без ускорителей		Разбег с ускорителями	
	секунды	метры	секунды	метры
6500	15	280	4	55
7000	17,5	330	5	80
8000	24	480	8,5	112

Новая компоновка ускорителей на ТБ-1. 1933 г.



Размещение твердотопливных стартовых ракет на бомбардировщике ТБ-1. Первый вариант





На испытаниях летом 1933 г. Второй справа В.И. Дудаков, третий - Б.С. Петропавловский

Выводы по испытаниям гласили:

"1. Ускорение взлёта самолёта ТБ-1-2М17 с помощью стартовых ракет полностью решено.

2. Взлёт самолёта никаких ненормальностей не представляет и для его освоения не требуется длительной тренировки.

3. Действие газов ракет на самолёт требует проверки путём войсковых испытаний с многочисленными взлётами. В период государственных испытаний после взлётов нарушения конструкции самолёта обнаружено не было.

4. Установка стартовых ракет является чрезмерно тяжёлой, её вес без заряда 409 кг, а с зарядом - 469 кг" [5].

Расчёты показывали, что из-за дополнительного сопротивления и веса максимальная скорость машины снизится на 2 %, дальность - на 7 %, потолок - на 550-600 м. Зато тяжёлый самолёт с ускорителями был способен взлетать даже с небольшого аэродрома.

Устранить потери в лётных характеристиках можно было с помощью приспособления, сбрасывающего ускорители после взлёта, как это и предлагалось в проекте Дудакова и Константинова. Но прежде решили провести войсковые испытания. Для этого Алкснис поручил заключить с Реактивным научно-исследовательским институтом (РНИИ) в Москве, в который вошла газодинамическая лаборатория, договор на оборудование стартовыми ракетами трёх ТБ-1 и на изготовление 50 стартовых ускорителей. Войсковые испытания наметили провести в 1934 г. во 2-й авиабригаде Балтийского флота, на каждом самолёте предполагалось сделать 50 укороченных взлётов. В том же году должны были начаться опыты по использованию стартовых ракет на 20-тонном четырёхмоторном бомбардировщике ТБ-3.

После переезда в Москву удача отвернулась от Дудакова и его группы. Переезд лаборатории Дудакова в Москву обернулся значительной потерей времени: подготовить в РНИИ необходимое оснащение для войсковых испытаний ТБ-1 удалось только к лету 1935 г. Лётные эксперименты проводили в НИИ ВВС на двух бомбардировщиках (заводские номера 651 и 726) с 20 августа по 5 сентября, длина разбега сократилась на 50-70%.

Вскоре программу испытаний пришлось прервать, так как выяснилось, что при многократном использовании стартовых ускорителей конструкция не выдерживает нагрузок от мощных реактивных импульсов (каждая из шести пороховых ракет в течение двух секунд создавала тягу 1700 кгс). "При испытаниях ракетных

ускорителей на ТБ-1 в НИИ ВВС установлено, что после 4-5 благополучных взлётов в дальнейшем стали лететь заклёпки у обшивки крыла самолёта. Получил серьёзные повреждения также руль высоты и подъёмник стабилизатора" [6].

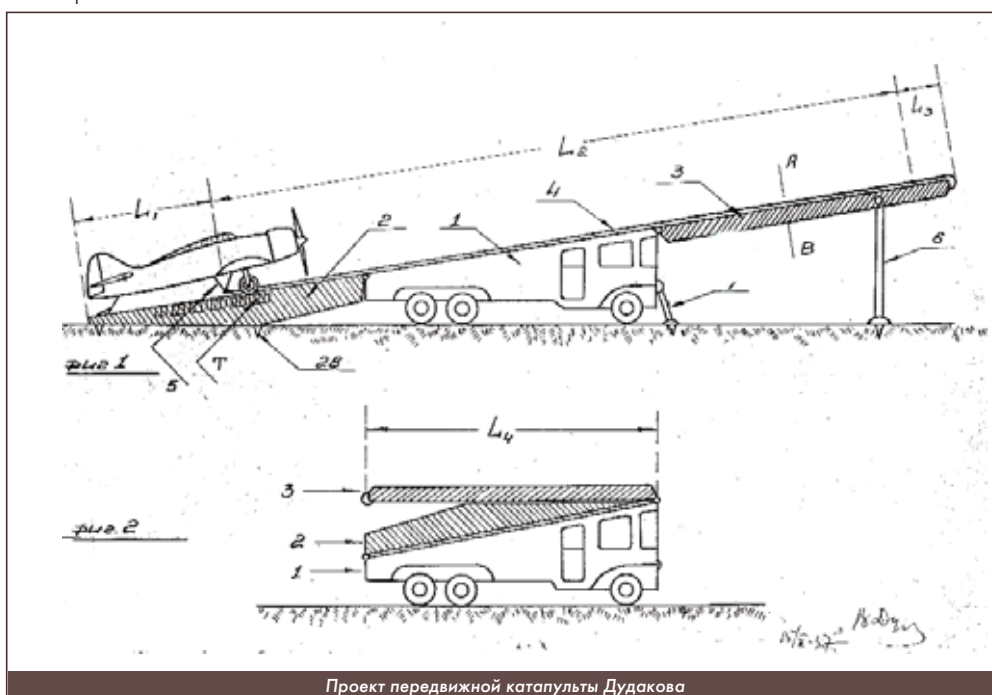
Не успешно закончилась и попытка использования ускорителей на ТБ-3 - основном советском тяжёлом бомбардировщике 1930-х годов. В сентябре 1934 г. на левом крыле переданного в РНИИ ТБ-3 установили макет ракетной стартовой установки. Опробовавший самолёт К.П. Миндер дал отрицательный отзыв: "В полёте на скоростях от 130 км/ч до 170 км/ч наблюдается вибрация хвостового оперения, которая на левой части имеет большую величину... Вибрации настолько значительны, что штурвал управления трясётся с колебаниями до 60 мм и удерживать штурвал силой невозможно. Считаю, что проводить полёты с данными вибрациями нельзя, так как возможна поломка кронштейнов и ушков крепления" [7].

В РНИИ попытались решить проблему установкой обтекателя на блок ускорителей, но после того, как обнаружили повреждения конструкции в ходе войсковых испытаний ТБ-1, работы с ТБ-3 прекратили. Остались нереализованными и планы оборудования стартовыми ускорителями бомбардировщика ДБ-3 и летающей лодки МБР-2.

Существующие трудности признавал и автор идеи стартовых ускорителей. В 1938 г. в докладе по данному вопросу Дудаков писал: "Ракетные усилия очень велики. Прежде чем ставить стартовые ракеты на какой-либо существующий самолёт надо провести работы по проверке конструкции самолёта на прочность. Для большинства существующих самолётов требуется капитальная переделка крыла" [8].

Уменьшить нагрузки на самолёт можно было при использовании стартовой катапульты с расположенными на ней разгонными пороховыми ракетами. Испытания первой созданной в РНИИ катапульты в 1936 г. закончились аварией: весовой макет самолёта соскочил с тележки, отчего она приобрела недопустимо большую скорость и, дойдя до тормозного устройства, разбилась, при этом разбив и тормозное устройство катапульты.

В 1937 г. Дудаков выдвинул идею передвижной ракетной катапульты. В описании изобретения говорилось: "Предлагаемая катапульта предназначена для катапультирования небольших по размерам самолётов (истребители, самолёты связи, наблюдательные самолёты и т. п.) в условиях скрытого расположения авиационной части (напр., укрытой в лесу) или при наличии неподходящей для взлёта местности (напр., изрытой воронками от снарядов, траншеями и т. п.). Катапульта снабжена ракетным стартом" [9].



Проект передвижной катапульты Дудакова

Ещё одним опередившим время изобретением был проект использования ракет для вывода самолёта из штопора. Эту идею в 1934 г. предложил мастер экспериментального цеха мастерских Витебской авиабригады Печенёв. Небольшие пороховые ракеты весом 3–5 кг предполагалось устанавливать на концах крыльев и вертикального оперения, чтобы создаваемым ими импульсом вывести самолёт из неуправляемого вращения. Этот оригинальный замысел поддержал авторитетный учёный-аэродинамик В.С. Пышнов: «Установка ракет может помочь выводу самолёта из штопора, особенно при испытаниях новых самолётов. Опыты по применению ракет для вывода из штопора нужно поставить, воспользовавшись для начала уже имеющимися в РНИИ ракетами». В институте были готовы взяться за работу, но каких-либо шагов в этом направлении, насколько известно, сделано не было. Зато в эпоху реактивной авиации противостопорные ракеты часто ставят на опытные образцы самолётов.

[РГВА. Ф. 24708. Оп. 11. Д. 11. Л. 91, 103]

Катапульту предлагалось разместить на шасси трёхосного грузовика, обеспечив мобильность стартового устройства. Она была складной, из трёх частей, шарнирно соединённых с кузовом автомобиля. Её длина в рабочем положении составляла 27 м, вес - 5500 кг. Пороховые ракеты должны были обеспечить взлёт самолёта весом до 3000 кг, разгоняя его до 200 км/ч с ускорением 4,5 g.

Разработку катапульты включили в план работ НИИ-3, стартовать с неё должен был истребитель И-15 бис. В 1938 г. с УВВС согласовали предварительный проект катапульты, были построены и испытаны модели её основных узлов. Однако в следующем году финансирование работ прекратили, посчитав, что использовать катапульту будет дорого (стоимость порохового комплекта - более 1000 рублей) и опасно, так как это потребует точной регулировки силы действия в зависимости от веса самолёта и силы ветра [10]. Два десятилетия спустя аналогичное устройство успешно применяли в опытах по "точечному старту" сверхзвукового истребителя МиГ-19.



Истребитель Су-7 со сбрасываемыми стартовыми ракетными ускорителями



Взлёт истребителя МиГ-19 с мобильного стартового стола

нительного ракетного двигателя в хвостовой части фюзеляжа. Интересно, что самолёт проектировался как одноразовый - он должен был поражать самолёт противника тараном, после чего кабина с пилотом отделялась и спускалась на парашюте (Грибовский В.К. Работы ОКБ П.И. Гроховского в области авиационной техники // Из истории авиации и космонавтики. Вып. 46. М., 1988. С. 6).

Источники

1. Филиал РГАНТД. Ф. Р-1. Оп. 47-5. Д. 387. Л. 4.
2. Дудаков В.И. Некоторые эксперименты начального этапа применения в авиации стартовых ракетных ускорителей // Из истории авиации и космонавтики. Вып. 17-18. М., 1972. С. 44-45.
3. РГВА. Ф. 29. Оп. 76. Д. 3029 // Сайт Ivan Rodionov's Chronology of Soviet Aviation.
4. РГВА. Ф. 24708. Оп. 8. Д. 109. Л. 13.
5. РГВА. Ф. 24708. Оп. 11. Д. 11. Л. 3.
6. РГАЭ. Ф. 8164. Оп. 1. Д. 11. Л. 22.
7. РГВА. Ф. 24708. Оп. 8. Д. 109. Л. 88.
8. РГАЭ. Ф. 8164. Оп. 1. Д. 11. Л. 9.
9. Филиал РГАНТД. Ф. Р-1. Оп. 48-5. Д. 1811. Л. 17об.
10. Маслов М.А. Истребитель И-15 бис. М., 2003. С. 24-25.

Связь с автором: daso1152@mail.ru

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ РАНКА-ХИЛША.

ИНВЕРСИОННЫЙ И ДИСКРЕТНЫЙ КЛУБКОВЫЙ ВИХРИ ИШАЕВА

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

Александр Иванович Бажанов, член-корр. РИА и МИА

Представлена структура течений в трубах Ранка-Хилша при различных соотношениях стратифицированных течений. Обнаружены новые вихревые эффекты и разработаны теоретические подходы для их описания.

The structure of currents in Ranka-Hilsha pipes is presented at various parities of the stratified currents. New vortical effects are found out and theoretical approaches are developed for their description.

Ключевые слова: турбулентность, вихрь, стратификация.

Keywords: turbulence, a whirlwind, stratification.

Изобретенное французским инженером Жоржем Жозефом Ранком в 1931 г. устройство для сепарации тепла, так называемая труба Ранка, и позднее, в 1941 г., тщательные исследования и оптимизация конструкции на том же принципе немецким профессором Рудольфом Хилшем (поэтому труба Ранка-Хилша), является на сегодняшний день самым изящным и дешевым способом получения холода. Течение в трубе Ранка-



Жорж Жозеф Ранк



Рудольф Хилш

Хилша до сих пор предмет исследования многих ученых и инженеров [1, 2]. Простая в исполнении и незамысловатая по конфигурации конструкция трубы таит в себе множество великолепных возможностей ее применения во многих отраслях промышленности. Основное её свойство - это тепловая стратификация течения с разделением его на очень холодный и достаточно горячий потоки. Основная причина, вызывающая такое разделение - организация центробежного потока путем подачи поступательного входного через тангенциальные каналы устройства импеллерного типа, формирующего вихревое движение, разделяющего его на осевое и периферийное и направляющее их соответственно в противоположные стороны по левую и правую границу трубы в атмосферу.

Благодаря центробежным силам в центре вихря понижается давление (пропорционально, прежде всего, величине центробежной силы) и зависит от его величины на входе в канал. При этом масса центральной части вихря начинает уходить из центра, создавая в этой области разрежение. Происходит адиабатическое расширение газа, и температура в центре вихря резко падает. Одновременно температура на периферии растет в соответствии с ростом давления: $T = P/\rho R$.

Понятно, что в вихре одновременно возникает вторичный конвективный эффект. Охлажденные частицы имеют большую плотность, чем горячие и по законам гидродинамики менее плотные должны всплывать, то есть двигаться совершенно в противоположную сторону относительно центробежных сил.

Но этот эффект при больших скоростях весьма слаб по сравнению с основным центробежным и может не учитываться в практических расчетах.

После разделения вихря на условно левую и правую части, потоки движутся по цилиндрическим каналам, совершая винтовое движение, поскольку из-за закрутки им было придано угловое перемещение, а из-за перепада давления на входе из атмосферы потоки получили осевое направление. В зависимости от конструкции трубы существенно будет изменяться мощность

производства холода и тепла, так как она (конструкция) определяет соотношение массовых расходов в одну и другую сторону. На тепловую стратификацию будет существенно влиять и форма каналов. Поэтому основной задачей инженеров и исследователей процессов, происходящих в трубах Ранка-Хилша, является оптимизация конструкции в части получения, как максимальной стратификации, так и максимальной производительности либо холода, либо тепла. По мере исследования течений различными авторами было разработано множество методов расчета (в основном инженерных) процессов, происходящих в трубах Ранка-Хилша; получено много экспериментальных результатов на различных рабочих телах и различных конструкциях; показана возможность получения эффекта стратификации тепла не только на газообразных, но и на жидких рабочих телах.

Но! Несмотря на все усилия, на текущий момент общепризнанная физико-математическая модель феномена энергоразделения отсутствует. Поэтому целью данной работы явилось создание обобщенной теории течения газов и жидкостей, объясняющей изложенный выше эффект тепловой стратификации.

Экспериментальные исследования

При изучении вихревых эффектов в трубах Ранка-Хилша одновременно с расчетными были проведены экспериментальные исследования на пневмогидравлической установке [3].

Эта установка функционировала следующим образом. Воздух через редуктор поступал в линию подачи с избыточным давлением 0,1...1,5 МПа. Точная регулировка подачи обеспечивалась вентилем. Предохранительный клапан ограничивал давление в контуре подачи исходного воздуха. Расход воздуха на входе контролировался расходомером (счетчиком сжатого воздуха), температура - термопарой с соответствующим приборным сопровождением. Воздух подавался в камеру вихревой трубы Ранка-Хилша через тангенциальный вход, где разделялся на два разнонаправленных потока. Один, горячий (справа) - сбрасывался в атмосферу через регулирующий конус на торце трубы; другой, холодный (слева) - через диафрагму выходил наружу через расходомер. Соотношение потоков изменялось перемещением регулирующего конуса.

Проведенный цикл экспериментов позволил наблюдать и зарегистрировать следующие эффекты.

Эффект тепловой стратификации. Был зарегистрирован эффект понижения температуры потока, выходящего через левую сторону, и одновременно повышение температуры потока, выходящего через регулирующий конус справа. Давление на входе в вихревую трубу отслеживалось по отношению давления на входе к давлению со стороны холодного выхода, температура как разница между температурой горячего выхода и температурой входа или как разница между температурой холодного выхода и температурой входа.

Были получены зависимости, демонстрирующие температур-

ное разделение горячего и холодного потоков в вихревой трубе. Экспериментально был зафиксирован максимум снижения температуры при соотношении расходов в области 0,2 ... 0,4. При этом температура горячего потока всегда монотонно возрастала с увеличением доли холодного выхода и достигала своего максимального значения при соотношении равном единице. Степень понижения давления влияла на температурную стратификацию в вихревой трубе.

При реализации эффекта тепловой стратификации для данной конструкции вихревой трубы было интересно проследить за ее тепло- и холодопроизводительностью. Было установлено, что максимальный эффект по производительности в том и в другом случае был реализован при соотношении сепарированных потоков 0,6...0,7. При этом рост обеих функций в интервале соотношений расходов 0...0,5 был практически линейным.

Эффект инжекции. Этот эффект был зафиксирован со стороны холодного потока. Он заключался в том, что при увеличении площади выходного сечения горячего выхода (справа) поток сначала останавливался, а затем начинал двигаться в противоположном направлении. Вихревая труба начинала работать как инжектор, всасывая воздух из атмосферы с левой стороны трубы. Точно измерить относительную площадь проходного сечения из-за особенности конструкции в экспериментах не удалось, но косвенно с помощью расчетов это было сделано. Установлено, что инжекция начиналась при реализации величины площади на выходе горячего воздуха относительно площади входа на уровне 10 %.

Расчетные исследования течений в трубе Ранка - Хилша

Как уже было сказано, общепринятой теории, описывающей течения в трубах Ранка-Хилша, пока нет. Более того, не до конца корректно интерпретируются экспериментальные результаты. Так, например, в работе [1] утверждается, что в центре закрученный поток вращается в другую сторону относительно периферийного. В работе [2] при анализе балансов экспериментальных значений энтальпий не учитывается диссипативный член. Очевидно, что исследование данной газодинамической задачи не может быть выполнено только экспериментальным путем. Задача, как и большинство современных задач, может быть решена исключительно путем расчетно-экспериментальных многопараметрических исследований. Поэтому в сопровождение экспериментальных работ к изучению газодинамических процессов были привлечены электронно-вычислительные комплексы. Массовые всесторонние расчеты в этом направлении провел молодой ученый, специалист по турбомашинным агрегатам, Ринат Олегович Ишаев. Им были получены локальные картины течений и зафиксированы инверсионный и дискретный клубковый вихревые эффекты. Расчеты проводились для описанной ранее экспериментальной установки, которая была представлена в виде 3D-модели, реализованной с помощью программы SolidWorks, в строгом соответствии с конструкторской документацией.



Ринат Олегович Ишаев

Было исследовано движение воздуха в трубе с помощью "Российского продукта" на основе модуля FloEFD, интегрированного в SolidWorks (FlowSimulation). Выбор FlowSimulation обоснован следующими особенностями: хорошее моделирование ядра потока, понятный графический интерфейс, автоматический генератор прямоугольной декартовой вычислительной сетки. Для соответствия математической модели условиям физического эксперимента решалась внутренняя задача: рабочее тело - сжатый воздух с начальной температурой $T_{\text{вх}} = 293 \text{ K}$, с давлением на входе $P_{\text{вх}} = 0,5 \text{ МПа}$ и на выходе $P_{\text{вых}} = 0,101325 \text{ МПа}$, стенка считалась адиабатической и гидродинамически гладкой. Перед расчетом выполнялась дискретизация области течения прямоугольной сеткой, на гранях которой рассчитывались потоки энергии массы и

импульса. Параметрические исследования процессов в трубе Ранка-Хилша как технической системы и их анализ позволили выявить новые эффекты и визуализировать их с помощью графических возможностей FlowSimulation.

Эффект тепловой стратификации. Основным и хорошо изученным эффектом в трубе Ранка - Хилша является эффект тепловой стратификации. Результаты, представленные на рис. 1, иллюстрируют этот эффект не только с тепловой, но и с газодинамической точки зрения. Здесь можно наблюдать разделение вихревого потока на два: холодный слева и горячий справа. При этом для данной конструкции трубы минимальная температура реализуется при соотношении расходов 0,3 и равна 266 К. Максимальная 311 К - при закрытом правом выходе. На рисунке отмечены две характерные линии тока в направлении обоих выходов. Линии тока имеют формы винтовых кривых, которые вращаются в одинаковом направлении в соответствии с закруткой потока в импеллере. Такая картина наблюдается до значения величины выдвижения дросселя 0,8 мм, что соответствует относительной площади на выходе справа 10 %. После чего наступает режим инжекции (эффект инжекции) в работе трубы. В этом режиме труба работает как насос и всасывает воздух со стороны холодного выхода (рис. 2).

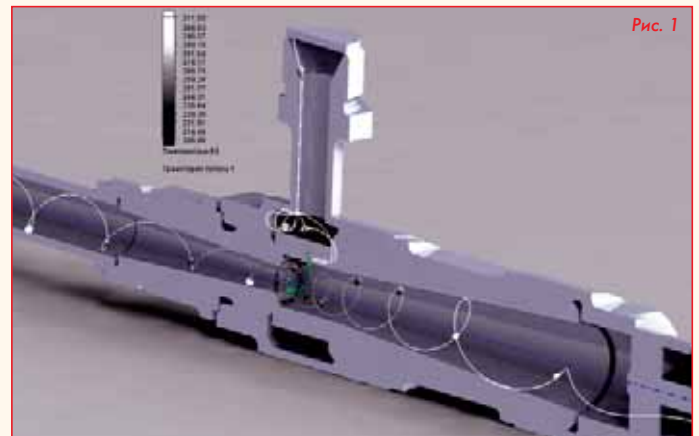


Рис. 1

При этом выход справа осуществляется так же по спирали.

Эффект вихревой инверсии. При расчете ситуации, когда правый выход был полностью закрыт, был получен и объяснен эффект вихревой инверсии. На рис. 3 можно наблюдать удивительное движение одного вихря внутри другого. Причем внутренний, отраженный от стенки вихревой поток меньшего диаметра (меньшего за счет потери импульса после соударения со стенкой), вращается в том же направлении, что и внешний. Но! Скорость в осевом направлении изменилась на противоположную. В результате соударения произошла инверсия. Характерным для данного течения является то, что аксиальная скорость потока на оси равна нулю. Это и есть условие устойчивого су-

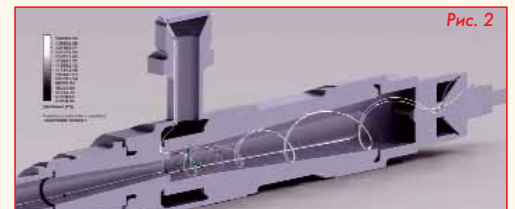
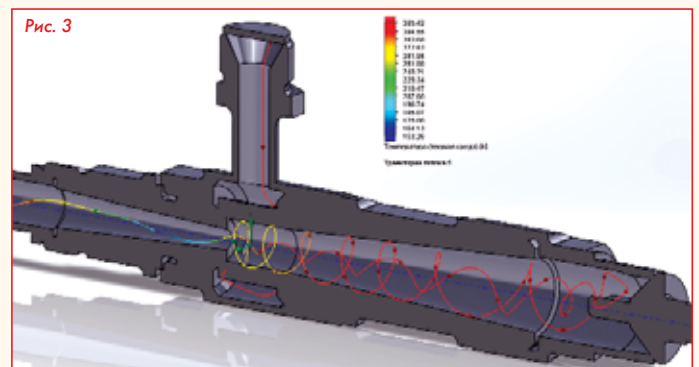
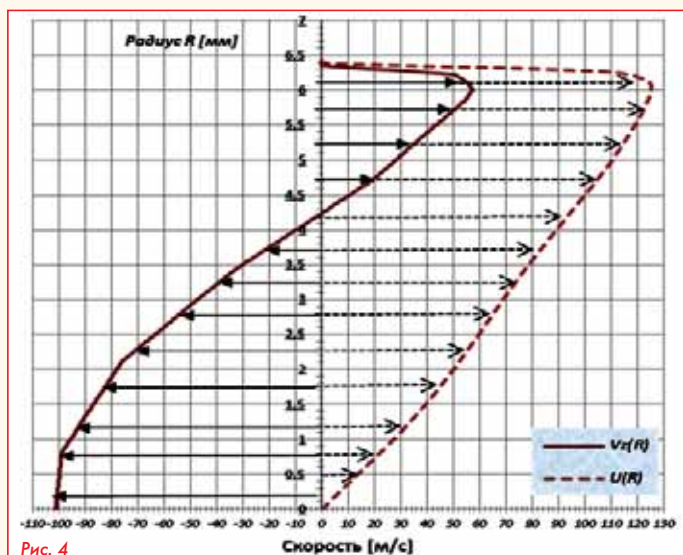


Рис. 2

Рис. 3

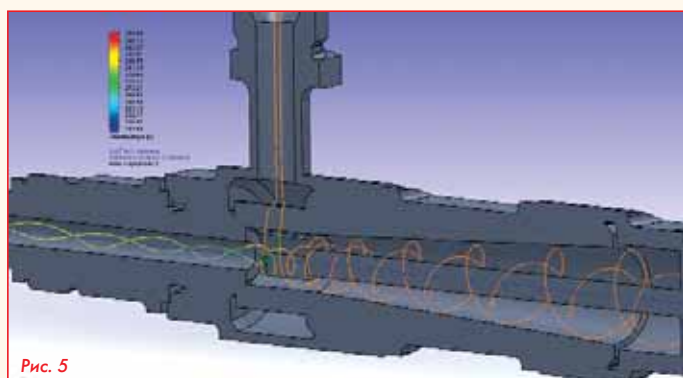


существования двух винтовых потоков, когда один внутри другого. Этот факт наглядно проиллюстрирован на рис. 4. Видно, что



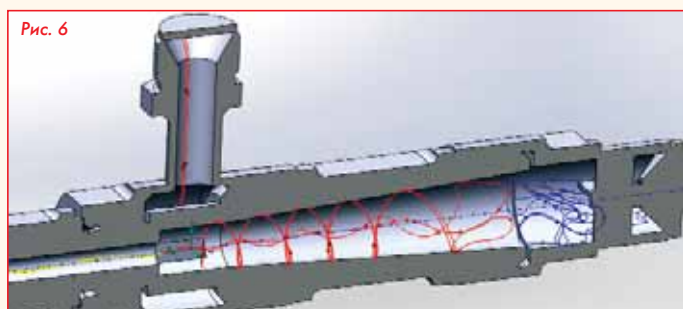
профиль осевой скорости имеет точку перегиба, а формы внешнего и внутреннего течения соответствуют течению внутри коаксиального цилиндра и трубы. Профиль аксиальной скорости близок по форме к профилю вращения твердого тела.

При введении в конструкцию центрального тела эффект инверсии повторился. Внутренний вихрь возвращался теперь через проходное сечение в виде коаксиального цилиндра вдоль поверхности центрального тела (рис. 5).



Дискретный клубковый эффект. Выполненные расчеты несколько видоизмененного варианта трубы Ранка-Хилша, имеющего в конструкции импеллера прямоугольные сопла, позволили установить еще очень интересный эффект. Ввод потока через прямоугольные сопла гарантировал равномерное формирование исходного вихря и его стратификацию. Интерес представляли расчеты трубы с закрытым правым выходом.

В результате расчетов было установлено, что в тупиковой зоне в зависимости от режима работы трубы возникали дискретные вихревые клубки с противоположными скоростями потока. Кратность вихрей определялась размером тупиковой области, а диаметр клубка — диаметром трубы. На рис. 6 и 7 представлены комбинации с одним и двумя вихрями.



Теоретический аспект в задаче Ранка-Хилша

Расчетные методы в задаче Ранка-Хилша строятся на базе векторного уравнения Навье-Стокса и приводят к следующей его записи:

$$\frac{d\vec{V}}{d\tau} + \text{grad} \frac{\vec{V}^2}{2} + \frac{1}{\rho} \text{grad} p - \frac{4}{3} \nu \text{grad} \text{div} \vec{V} + [\text{rot} \vec{V} \cdot \vec{V}] + \text{rot} \text{rot} \vec{V} = 0.$$

С учетом первого и второго начал термодинамики

$$\frac{1}{\rho} \text{grad} p = \text{grad} h - T \text{grad} S = \text{grad} h - \text{grad} Q.$$

Здесь h и Q — статическая энтальпия и тепло.

Уравнение движения может быть записано:

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial \tau} + \text{grad}(h_0 - Q) - \frac{4}{3} \nu \text{div} \vec{V} + [\text{rot} \vec{V} \cdot \vec{V}] + \nu \text{rot} \text{rot} \vec{V} = 0.$$

Это уравнение устанавливает связь энтропии с параметрами вращения и кручения потока с учетом его сжимаемости и вязкости. После воздействия на него векторным оператором дивергенция можно получить соотношение для энергии:

$$\Delta \left(h_0 - \int T ds - \frac{4}{3} \frac{\nu}{\rho \alpha^2} \frac{dp}{d\tau} \right) + \vec{V} \cdot \text{rot} \text{rot} \vec{V} - \text{rot} \vec{V} \cdot \text{rot} \vec{V} = 0.$$

Воспользовавшись далее теоремой № 2 о соотношении движений, окончательно получим уравнение для энергий:

$$h_0 - \int T ds - \frac{4}{3} \frac{\nu \vec{V}}{\rho \alpha^2} \text{grad} p = \text{const};$$

$$h_0 - \int T ds - \frac{4}{3} \frac{\nu \vec{V}}{\alpha^2} (\text{grad} h - T \text{grad} S) = \text{const};$$

$$(h_0 - Q) - \frac{4}{3} \frac{\nu \vec{V}}{\alpha^2} \text{grad}(h - Q) = \text{const}.$$

Последнее уравнение можно считать рабочим при расчетах балансов на входе и выходах из трубы Ранка-Хилша. Другими словами, энтальпийный дефект, появляющийся в экспериментах и отмеченный в работе [2], может быть объяснен именно энтропийным и диссипативным членами. Более подробные комментарии по этому эффекту можно также сделать с учетом новой работы [5].

Литература

1. А.М. Белоусов, И.Х. Ибрафимов, С.И. Харчук. Вихревая труба Ранка-Хилша как перспективное устройство получения низких температур // Холодильная техника и кондиционирование. № 2, 2014.
2. М.А. Жидков, В.А. Девисиллов, Д.А. Жидков и др. термодинамические эффекты Ранка-Хилша в трехпоточных вихревых трубах. М. Химическая технология том 15, №1, 2014.
3. Ю.М. Кочетков, И.Н. Боровик, О.А. Подымова, В.А. Мавров, Р.О. Ишаев. Вихревые эффекты в вихревых трубах Ранка-Хилша // Вестник МАИ, № 4, 2016.
4. Ю.М. Кочетков Турбулентность, сжимаемость и вязкость // Двигатель № 5, 2011 г.
5. Ю.М. Кочетков Четвертое начало термодинамики или первое начало термогазодинамики // Двигатель № 4, 2016 г.

Связь с авторами: swgeorgy@gmail.com

2-я международная специализированная выставка



ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

13-15 сентября 2016 года

МВЦ «Крокус Экспо»

станкостроение
машиностроение
металлургия
топливно-энергетический комплекс
атомная промышленность
химико-технологический комплекс
сельское хозяйство
производство, переработка и хранение продуктов питания
информационные технологии, связь
радиоэлектроника
лесопромышленный комплекс и деревообработка
строительная индустрия
наука
медицина
фармацевтика
лёгкая промышленность
банки и финансовые структуры
православные традиции
регионы России

www.imzam-expo.ru

12+
реклама

Организатор:

КРОКУС ЭКСПО
Международный выставочный центр

При поддержке:



Официальная организационная поддержка:

**МИНПРОМТОРГ
РОССИИ**

Генеральный информационный партнёр:

Коммерсантъ FM 93.6
радио новостей

Генеральный информационный партнёр конференции:

ИНЖИНИРИНГ

Генеральный межотраслевой
информационный партнёр:

ПАНОРАМА
НАУКА И ПРАКТИКА

Генеральный отраслевой
информационный партнёр:



Генеральный стратегический
информационный партнёр:

РУБЕЖ

Отраслевой
информационный партнёр:

ГОГИЗ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Стратегический
информационный партнёр:

НЕФТЬ
КАПИТАЛ

ТехНАДЗОР

Площадки

www.dvigateley.ru

ПВ.РФ

**ПОСТАВЩИКИ МАШИН
И ОБОРУДОВАНИЯ**

**СТРОИТЕЛЬНАЯ
ОРБИТА**

СТРОИТЕЛЬСТВО

TRANSPORT

TRANSPORT

mb

lesprom

ТРИДЦАТЬ ТРИ ГОДА В РАКЕТНОЙ ТЕХНИКЕ: УСПЕХИ, РАЗНОГЛАСИЯ, КОНФЛИКТЫ

Вячеслав Фёдорович Рахманин,
Лауреат Государственной премии СССР, к.т.н.

(Продолжение. Начало в 4-6 - 2015, 1-3 - 2016)

ПЕРВАЯ СТРАТЕГИЧЕСКАЯ РАКЕТА Р-5М

Разработка следующей ракеты Р-5 стала продолжением работ по неудачному проекту ракеты Р-3, причём работы технически плавно перетекли от старого проекта в новый.

При обсуждении эскизного проекта Р-3 было обращено внимание на заложенные в конструкции новые технические решения, ещё не имеющие ни научного обоснования, ни экспериментальной проверки и подтверждения. Такой подход имеет своё объяснение. Предложение о создании ракеты дальностью полёта 3000 км сделано, в моём представлении, спонтанно, без предварительной проработки, в порядке дальнейшего развития линейки ряда ракет Р-1, Р-2 и Р-3. Это предложение впервые изложено в докладной записке И.В. Сталину от 28 ноября 1947 г. по итогам опытных пусков немецких ракет А-4 с полигона Капустин Яр. Докладную записку подписал председатель Госкомиссии маршал артиллерии Н.Д. Яковлев и остальные члены комиссии, включая Главных конструкторов нарождающейся в ту пору кооперации организаций и предприятий по разработке и производству ракет дальнего действия. Так что идея создания ракеты Р-3 - коллективное творчество военных и разработчиков ракетной техники. Взятые за создание новой ракеты, её разработчики уподобились легкоатлету, пытающемуся совершить рекордный прыжок в длину без разбега. До этого при разработках Р-1 и Р-2 в качестве такого "разбега" были имеющиеся конструкторская и отчасти технологическая документация на ракету А-4 и проведённый солидный объём расчётно-экспериментальных работ для создания форсированной ракеты Р-2. Учитывая сложившуюся ситуацию и сжатые сроки разработки новой ракеты, в решении НТС по ракете Р-3 было рекомендовано, не ожидая наземной стендовой отработки систем и элементов новой конструкции, создать на базе ракеты Р-2 экспериментальную ракету Р-3А.

На ракете Р-3А конструкторы ОКБ-1 планировали исследовать работоспособность бака окислителя без внешней теплоизоляции, новую конструкцию головного обтекателя и эффективность уменьшенных по размерам аэродинамических стабилизаторов. Предполагалось также проверить в натурных условиях работу новой системы управления полётом. В связи с длительным временем на подготовку производства для изготовления нового двигателя РД-110 было принято решение об использовании в ракете Р-3А двигателя РД-101 ракеты Р-2, форсировав его по тяге с 37 тс до 40 тс, при этом удельный импульс тяги возрастал с 210 до 214 сек. В таком исполнении экспериментальная ракета Р-3А имела расчётную дальность полёта около 935 км, что более чем в 1,5 раза превышало дальность ракеты Р-2.

Последующие расчётно-аналитические работы показали, что при дальнейшем совершенствовании конструк-

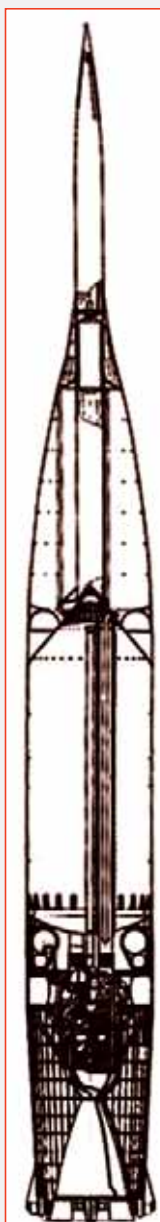
ции ракеты Р-3А реально получить доставку массы груза в пределах 1400...1450 кг на расстояние до 1200 км. Такой результат позволял участникам разработки ракеты Р-3 предложить вместо проведения работ по созданию экспериментальной ракеты Р-3А приступить к разработке новой боевой ракеты. Новая ракета должна была не только повысить боевой потенциал Советской Армии, но и сгладить негативное впечатление от прекращения работ по бесперспективному проекту ракеты Р-3. Этот "ход конём" оказался успешным, никаких "оргвыводов" по отношению к идеологам разработки провального проекта ракеты Р-3 не последовало.

Получив согласие на новую разработку, кооперация конструкторских бюро взялась за выпуск эскизного проекта новой ракеты, получившей обозначение Р-5. Эскизный проект был подготовлен к защите в рекордно короткий срок в ноябре 1951 г.

В эскизном проекте дополнительно к уже приведённым выше техническим новшествам в конструкцию ракеты Р-5 вводилось специальное теплозащитное покрытие головной части ракеты на основе сублимирующих материалов, что позволяло не допускать перегрева боевого заряда при входе боеголовки с повышенной скоростью в плотные слои атмосферы. Для обеспечения устойчивого полёта увеличивался диаметр основного корпуса ракеты и сокращалась её длина. Существенные изменения вносились в автономную систему управления полётом - впервые было предложено использовать систему радиоуправления дальностью, радиокоррекцию траектории и аварийное выключение двигателя.

Двигатель РД-103 ракеты Р-5 по сравнению с его предыдущими вариантами имел существенные отличия. Для обеспечения полётной дальности 1200 км он форсировался по тяге в земных условиях до 43 тс, а для увеличения тяги в верхних слоях атмосферы до 50 тс на сопло камеры устанавливался неохлаждаемый стальной насадок, внутренняя поверхность которого защищалась графитовыми плитками. Значительные изменения были внесены в конструкцию ТНА - введён третий насос для подачи в реактор перекиси водорода. Это позволило заменить тяжёлый стальной торový бак с рабочим внутренним давлением 50 атм алюминиевым баком с давлением 3,5 атм. Отпала необходимость и в тяжёлом стальном баллоне с давлением 200 атм, служащем для выдавливания воздухом перекиси водорода. Существенным изменениям конструкции подверглись и другие агрегаты двигателя: изменена система автоматики запуска и управления работой двигателя, введено регулирование тяги двигателя в полёте.

Форсирование базового варианта двигателя привёл к повышению вибрационных нагрузок на узлы и агрегаты, что обусловило широкое применение гибких сильфонных и



Эскизный проект
ракеты Р-3:
длина 27,1 м,
диаметр 2,8 м

резиновых трубопроводов. Повышенная надёжность двигателя обеспечивалась введением ужесточённого контроля изготовления и сборки деталей, узлов, агрегатов и двигателя в целом.

Конструкция двигателя РД-103 имела столь кардинальные отличия, что он только по внешнему облику, главным образом формой и размерами камеры, напоминал о своей причастности к прародителю - двигателю ракеты А-4, а по техническим параметрам и характеристикам представлял новую разработку, выполненную отечественными специалистами. Об этом красноречиво свидетельствует сравнение технических характеристик двигателей РД-103 и РД-100 (приводится в скобках): тяга на земле - 44 тс (26 тс), удельный импульс тяги - 220 с (203 с), давление в камере сгорания - 24,4 атм (16 атм), мощность турбины - 1500 л.с. (540 л.с.), масса двигателя - 870 кг (885 кг).

Стендовая отработка двигателей РД-103 и других ракетных систем была проведена в течение 1952 г. и 13 февраля 1953 г. было принято правительственное Постановление о проведении лётных испытаний ракет Р-5 в три этапа.

При лётной отработке ракеты Р-5 предусматривалась тщательная проверка в широких пределах работоспособности конструкции ракеты и её комплектующих систем. Подмоченная репутация в связи с прекращением работ по ракете Р-3 требовала от разработчиков ракеты доказательства их способности обеспечить

в новом проекте заявленные технические характеристики. Хотя они понимали, что создание ракеты дальнего действия - дело новое, выходящее за рамки современных научно-технических достижений, здесь возможны и просчёты, и ошибки, но на их совести висел провал проекта ракеты Р-3, который они сами предложили и взялись за его воплощение... Второй раз подряд ошибку могут и не простить, последуют "оргвыводы".

Учитывая эти обстоятельства, в программу официальных лётных испытаний перед началом каждого этапа было включено проведение проверочных испытаний двух ракет Р-5 на огневом стенде в филиале № 2 в Загорске.

Первый этап лётных испытаний прошёл в период с марта по май 1953 г. Из 8 ракет 6 достигли заданной цели. После выяснения причин аварий и внесения изменений в конструкцию ракеты приступили к проведению второго этапа, который прошёл в течение октября-декабря 1953 г. Из 7 пусков один был неудачным.

Два проведенных этапа лётных испытаний не позволили завершить отработку лётной эксплуатации. Дальнейшее совершенствование конструкции ракеты продолжалось около полугода. Третий этап проходил с августа 1954 г. по февраль 1955 г. За это время было проведено 19 лётных испытаний, из них 9 пристрелочных (проверочных) и 10 зачётных. На этом лётная отработка ракеты Р-5 с дальностью полёта 1200 км была завершена.

Разработка ракеты Р-5 проводилась на фоне обострившихся политических отношений между СССР и США. Известие о состоявшемся в августе 1949 г. в СССР взрыве ядерного заряда свидетельствовало о появлении в мире второй ядерной державы, что вызва-

ло в США бурную негативную реакцию. Наиболее воинственно настроенные политики и генералы призывали к немедленному нанесению ядерных ударов по административно-промышленным центрам СССР, пока "Советы" не нарастили свой ядерный потенциал. Но возобладал здравый смысл и понимание того, что ядерный боезаряд становится оружием (бомбой или снарядом), когда имеются средства их доставки для поражения целей на территории США. В первой половине 50-х годов географическая удалённость США продолжала быть главным фактором, обеспечивающим им безопасность от нанесения ударов с территории СССР.

Действительно, в этот период времени в СССР в составе авиации дальнего действия имелись бомбардировщики Ту-4 (советская копия американского бомбардировщика В-29 "Летающая крепость"), у которых радиус боевого вылета (полёт до цели и возвращение на базовый аэродром) не превышал 2500 км. Запущенный в производство в 1953 г. самолёт дальнего действия Ту-16 имел радиус боевого вылета не более 2750 км, чего также было явно недостаточно для осуществления бомбардировки территории США. Но у военно-политического противника Советского Союза имелись военные объекты, расположенные в пределах досягаемости советской авиации - американские военные базы на территории европейских стран, входящих в военно-политический союз НАТО. Однако эффективность применения для этой цели авиации военные специалисты оценивали весьма низко. Прогресс в области создания зенитных управляемых ракет, а также находящиеся на вооружении НАТО высокоскоростные реактивные истребители-перехватчики типа американских "Сейбр" и французских "Мираж" создавали высокоэффективную противовоздушную оборону.

В то же время опыт нанесения ударов по городам Великобритании немецкими ракетами Фау-2 в 1944-1945 гг. показал, что эффективных средств для их перехвата у английской армии не имелось. В течение последующего десятилетия средств, способных противостоять ударам баллистических ракет дальнего действия, не появилось. Так что ракеты, оснащённые ядерными боеголовками и способные решать стратегические задачи, не имели противодействия. Эти обстоятельства послужили основанием для правительственного поручения определить техническую возможность установки на существующие ракеты дальнего действия Р-5 имеющиеся в СССР ядерные боезаряды, производство которых с 1953 г. было организовано серийно.

Совместная проработка физиками-ядерщиками из НИИ, имеющего почтовый адрес "Арзамас-16", и ракетчиками ОКБ-1 показали, что после введения некоторых изменений в конструкцию боезаряда и ракеты Р-5 имеется возможность объединить их в боевой ракетный комплекс. Это послужило техническим основанием для выпуска правительственного Постановления от 10 апреля 1954 г. о создании на базе конструкции Р-5 стратегической ракеты, оснащённой ядерной боеголовкой и имеющей дальность действия до 1200 км.

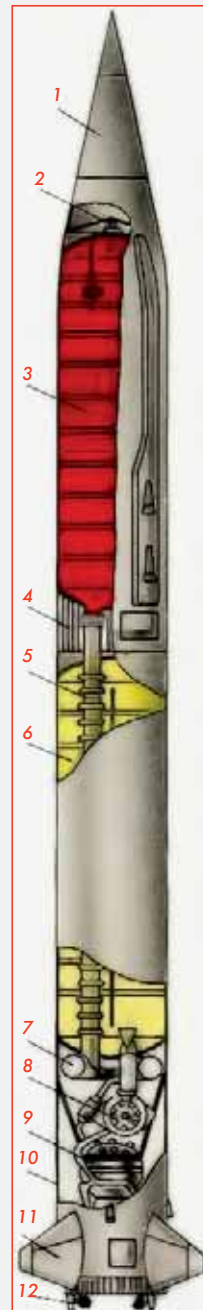
Решение оснастить ракету Р-5 ядерной боеголовкой привело к проведению дополнительных организационных и технических работ. Поскольку техническая документация у физиков-ядерщиков имела гриф "сов. секретно", а некоторые документы и более высокий гриф - "особой важности", то и ракетная документация, связан-



ЖРД РД-103



Огневой стенд в филиале № 2 в Загорске



Эскизный проект ракеты Р-5:

- 1 - головная часть;
- 2 - пневмотолкатель;
- 3 - бак окислителя;
- 4 - приборный отсек;
- 5 - трубопровод окислителя;
- 6 - бак горючего;
- 7 - бак перекиси водорода;
- 8 - турбонасосный агрегат;
- 9 - камера сгорания ЖРД;
- 10 - хвостовой отсек;
- 11 - воздушный руль;
- 12 - газоструйный руль.

ная с использованием ядерной боеголовки, должна была иметь аналогичный уровень секретности. Сам факт создания ракеты как средства доставки ядерного заряда имел степень "сов. секретно". В связи с этим в ОКБ-1 было введено ограничение доступа к работам по ракете Р-5М, такое обозначение получила ракета Р-5 с ядерной боеголовкой. Повышенная секретность о создании ракеты Р-5М распространялась и на предприятия, разрабатывающие основные ракетные системы и наземную инфраструктуру. На этих предприятиях, с целью сокрытия фактической причины повышенной секретности, работы проводились по программе повышения надёжности и безопасности эксплуатации ракеты, а также снижения трудоёмкости её подготовки к старту, т.е. выстрелу с ядерной боеголовкой. В целях сохранения секретности в технической документации такую боеголовку именовали специальной.

Повышение технической надёжности ракеты Р-5М обеспечивалось дальнейшим совершенствованием конструкции ракетных систем при проведении наземных стендовых испытаний. Особое внимание было обращено на надёжность системы управления полётом ракеты, в связи с чем впервые были применены принципы дублирования приборов и других элементов.

Повышение безопасности эксплуатации ракеты обеспечивалось внедрением новой механизированной технологии подготовки ракеты к пуску, существенным уменьшением количества ручных технологических операций, требующих участия людей. С этой же целью была разработана и внедрена автоматизированная система запуска двигателя ракеты на пусковом столе.

Проведёнными работами потенциальная надёжность ракеты Р-5М безусловно была повышена, но и при этом нельзя было полностью исключить вероятность появления отказа какого-либо ракетного элемента, в результате чего может произойти отклонение траектории полёта ракеты от расчётной и нанесение ядерного удара в нежелательном месте. Для предотвращения такой ситуации была предусмотрена новая в практике ракетостроения система аварийного подрыва ракеты (АПР). Одновременно была разработана система аварийного выключения двигателя ракеты (АВД), что позволяло прекратить полёт ракеты по сигналу, поданному системой АПР.

Аттестация работоспособности ракеты Р-5М и её соответствия заданным техническим характеристикам проводилась по программе, которая предусматривала два этапа - заводские испытания и лётно-конструкторские испытания. В течение января-июля 1955 г. состоялись пуски 14 ракет, из них 13 выполнили полётные задания, что позволило после выявления и устранения причин аварийного пуска перейти к зачётным испытаниям ракет Р-5М, которые состоялись в январе-феврале 1956 г. На зачётном этапе было пущено 5 ракет, все пуски имели положительный результат. Используемая на пятом пуске ракета была оснащена ядерным боезарядом, который, преодолев расстояние в 1200 км, взорвался в расчётном районе Семипалатинского полигона. Первая советская стратегическая ракета Р-5М 21 июня 1956 г. была принята на вооружение Советской Армии.

Наличие в составе Вооружённых Сил СССР стратегических ракет Р-5М привело к изменению международных отношений в военно-политической сфере. Теперь появилась реальная возможность нанесения ядерного удара - ответного, а может быть и превентивного - по передовым позициям ядерных сил США, размещённых в Европе и нацеленных на СССР.



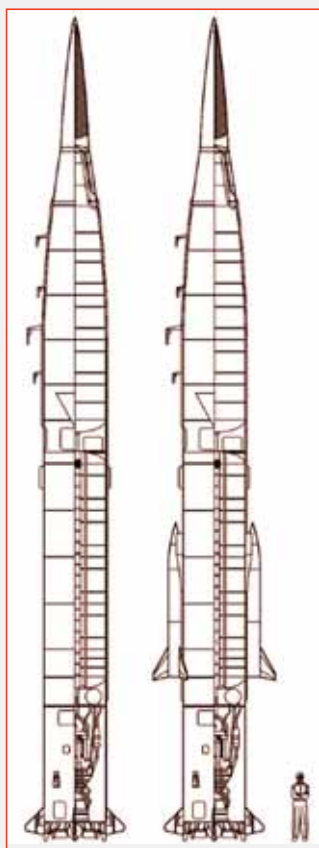
Стартовый комплекс с ракетой Р-5М на полигоне Капустин Яр

Стратегическая значимость ракеты Р-5М имела две ипостаси: во-первых, это было оружие колоссальной разрушительной силы. По оценкам специалистов, мощность её боезаряда в несколько раз превышала мощность бомбы, сброшенной в августе 1945 г. на г. Хиросима. Во-вторых, эта ракета имела политическое значение: ракета Р-5М была потенциальной угрозой для поражения не только военных баз, ещё в большей степени она являлась оружием массового поражения для европейских государств, на территории которых эти базы разместились, что делало их военно-политическими заложниками агрессивной политики США. А это обстоятельство должно было вынудить политических лидеров стран - членов НАТО оказать воздействие на президента США и американское командование ядерными силами НАТО отказаться от соблазна нанесения первого ядерного удара по СССР.

На первый взгляд такая ставка на опосредованное влияние на политику американских "ястребов" кажется наивной. Естественно, что командование Вооружёнными Силами СССР рассматривало и другие сценарии ведения боевых действий в условиях нанесения ядерных ударов по СССР. Но в историко-мемуарной литературе имеется подтверждение эффективности воздействия на внешнюю политику европейских стран имеющейся у СССР потенциальной возможности нанесения по ним ракетно-ядерного удара. Об этом достаточно подробно излагается в книге С.Н. Хрущёва "Никита Хрущёв: кризисы и ракеты" том 1 (Новости, Москва, 1994 г.). Во время визита в апреле 1956 г. в Лондон Н.С. Хрущёв при встречах с представителями английских правительственных кругов и вооружённых сил намеренно завязывал разговоры о возможном сценарии будущей войны. "Отец считал себя готовым померяться силами. После февральских испытаний Р-5 он получил в руки дубинку, которой можно в случае пригрозить несговорчивому европейскому собеседнику. Не употребить, а именно пригрозить. Он выработал свою стратегию: предпочитал "использовать" ядерное оружие за столом, а не применять его на поле боя. А раз так, то какой смысл хранить тайну, тут не вредно и прихвастнуть. В Лондоне он позволял себе проговариваться... Наступила эра ракет, сделавших все прежние виды вооружений лишь мишенями. Баланс сил, твердил он, кардинально изменился. Кому нужны все эти бомбардировщики, если одна, пусть несколько ракет могут больше, чем целый воздушный флот. А Советский Союз обладает ракетами в достатке. Его слова заставляли собеседников задуматься."

[...]Отец атаковал непрерывно. Дело доходило до бестактностей. То у одного, то у другого собеседника он вдруг начинал выяснять, знает ли тот, сколько ядерных зарядов потребуется для того, чтобы уничтожить его страну. [...] Это было грубовато и могло быть расценено как угроза. Во всяком случае преследовалась и такая цель. Угрожать мы не собирались, но хотели показать... что мы сильная страна".

Случилось так, что эффективность избранной Хрущёвым политики бряцания ракетным вооружением получила проверку буквально через полгода. В самом конце октября 1956 г. началась война между Египтом и Израилем. После ряда дипломатических демаршей Англия и Франция тоже ввязались в этот конфликт. Их авиация нанесла бомбовые удары по столице Египта Каиру и ряду египетских портовых городов в зоне Суэцкого канала. За этим последовала высадка десанта с тяжёлым вооружением. Египетская армия,



Варианты оснащения Р-5М одним и тремя боезарядами

оснащённая советским оружием, не выдержала первого же удара израильских войск и практически разбежалась. Советское правительство не могло остаться в стороне от этих событий. Не имея практической возможности оказать Египту прямую военную помощь, правительство СССР обратилось к политическим лидерам стран-агрессоров с резким заявлением. Смысл этого заявления приводится в цитируемых фрагментах из вышеуказанной книги С.Н. Хрущёва: *"...в заявлении предупреждалось, что, казалось бы, локальный конфликт может перейти в третью мировую войну. Советский Союз предлагал в первую очередь США, а также и другим членам ООН использовать совместно вооружённые силы для прекращения кровопролития. Со своей стороны, мы заявили, что, независимо от решения других стран, готовы к применению силы"*.

Кроме официального текста заявления, *"главное содержалось в инструкциях советским послам. Им предписывалось на словах добавить, что шутить в Москве не намерены, ракеты, о которых отец рассказывал в Англии, находятся на своих позициях и готовы к делу. Ждать бесконечно мы не станем"*. В Лондоне и Париже такой демарш произвёл эффект уже разорвавшейся бомбы. Лидеры Англии и Франции *"срочно начали консультации, прикидывая, насколько реально угроза вмешательства Советского Союза и применения им атомного оружия. После заявления Вашингтона о своём невмешательстве они остались одни"*. После недолгих размышлений оба лидера приняли решение прекратить военные действия против Египта, объяснив это решение в своих парламентах выполнением задач, поставленных перед десантными войсками в Египте. Так первые советские стратегические ракеты Р-5М стали эффективным сдерживающим фактором развязывания ядерной войны.

Используемый термин *"сдерживающий фактор"* характерен для советской и российской журналистики и мемуарной литературы. В американской лексике этот же фактор имеет наименование *"устрашение"* вероятного противника. И именно этот термин лучше всего подходит для характеристики психологического состояния американского общества в период так называемого Карибского кризиса. Только в этом случае устрашающее воздействие оказали не американские ракеты, нацеленные на Советский Союз, а советские ракеты, доставленные на Кубу.

Напомню, что в ответ на размещение на территории Италии и Турции американских ракет *"Юпитер"*, а также в связи с угрозой вторжения американских войск на Кубу, Н.С. Хрущёв в 1962 г. принял решение установить на Кубе ракеты среднего радиуса действия Р-12 и Р-14, оснащённые ядерными боезарядами. Эта операция не увенчалась успехом, ракеты до их установки на стартовые позиции были возвращены в СССР, но сама угроза разме-

Первая и единственная до сих пор попытка создать ракетную базу вблизи границ США провалилась. Но значимость ракетного оружия не уменьшилась. В 1962 г. в СССР имелись ракеты межконтинентальной дальности Р-7А и Р-16, и противостоять боевому применению этих ракет США не имели возможности. Это обстоятельство являлось сдерживающим фактором для агрессивных планов американских *"ястребов"*. А учитывая военную доктрину СССР, исключая нанесение первого ядерного удара, наличие межконтинентальных ракет означало, что третьей мировой войны с применением ядерного оружия не будет, что подтверждается в течение вот уже более 70 лет.

Завершим на этом исторический экскурс в значимость ракетно-ядерного вооружения для мировой политики и вернёмся во времена окончания работ по созданию ракеты Р-5М.

Разработкой ракеты Р-5М по существу был завершён первый этап создания в СССР баллистического оружия дальнего для того времени действия. Принятие на вооружение ракеты Р-5М ознаменовалось высокой государственной оценкой творческого труда разработчиков новой техники.

Головное ОКБ-1 было награждено высшим орденом страны - орденом Ленина, Главному конструктору ОКБ-1 НИИ-88 С.П. Королёву и его первому заместителю В.П. Мишину Указом Президиума Верховного Совета СССР от 20 апреля 1956 г. *"за заслуги в деле создания дальних баллистических ракет"* присвоены звания Героев Социалистического Труда, 343 работника НИИ-88 получили ордена и медали, из них орденом Ленина было награждено 20 человек.

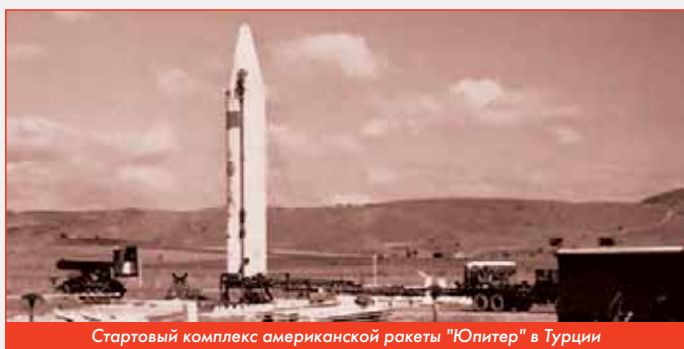
Остальные участники кооперации были также отмечены государственными наградами. Главным конструктором В.П. Бармину, В.П. Глушко, В.И. Кузнецову, Н.А. Пилюгину, М.С. Рязанскому были присвоены звания Героев Социалистического Труда, а наиболее отличившиеся работники коллективов, которые возглавлялись указанными Героями Соцтруда, награждены орденами и медалями. Сведениями о количестве награждённых на этих предприятиях не располагаю, кроме ОКБ-456, одного из главных участников разработки ракеты Р-5М. ОКБ-456 было награждено орденом Трудового Красного Знамени, работники получили ордена и медали, два человека, по одному из КБ и завода, были награждены орденами Ленина. Думается, что такая же пропорция в количестве и значимости наград между головным разработчиком и другими участниками создания ракеты распространялось и на остальных членов кооперации.

Одновременно и практически в непосредственной зависимости от научно-производственных достижений в области ракетной техники в жизни Королёва и Глушко происходили события личного плана.

В конце 40-х годов правительственным решением была организована Академия артиллерийских наук под руководством президента Академии генерал-лейтенанта артиллерии А.А. Благонравова. Учёный совет НИИ-88 рекомендовал избрать в состав этой академии по отделению ракетного вооружения Главного конструктора НИИ-88 Королёва. К этому времени Королёв имел наибольшую известность как раз в военных кругах, и его избрание членом-корреспондентом академии прошло без каких-либо осложнений.

По иному сложилась история с выдвижением в состав Академии артиллерийских наук Глушко. Положительную служебную характеристику с рекомендацией избрать Глушко в состав академии подписал министр Авиапрома М.В. Хруничев, благожелательно к избранию Глушко относился и президент академии А.А. Благонравов. Однако партийный *"фильтр"* не пропустил кандидатуру бывшего заключённого, тем более к нему имелись претензии и в текущее время. Так, в справке, подписанной секретарями Химкинского горкома и Московского обкома ВКП(б), Глушко характеризуется отрицательно, как *"человек замкнутый, проявляющий эгоизм и высокомерие, игнорирующий партийные организации"*. И административный отдел ЦК ВКП(б) в апреле 1949 г. по политическим мотивам не рекомендовал избрание Глушко в состав академии.

Не состоявшееся избрание в Академию артиллерийских наук было обидно для Глушко, особенно на фоне избрания в академию



Стартовый комплекс американской ракеты "Юпитер" в Турции

щения ядерного оружия в пределах досягаемости им территории США породила сильнейший страх у населения страны. До этого в США считалось, что ядерная война будет где-то там, вдали, как это произошло в августе 1945 г. в Японии. И вдруг угроза ядерного удара стала реальностью для США. Американцы *"примерили"* на себя кинокадры разрушенных Хиросимы и Нагасаки, эти ужасающие картины из фантома превратились в потенциальную реальность. Карибский кризис был разрешён дипломатическим путём: *"Советы"* вывезли ракеты с Кубы, а США ликвидировали свои ракетные базы в Турции и Италии и заявили в ООН об отказе своей военной интервенции против Кубы.

Королёва. Но, по существу, они оба ещё ничего не сделали для вооружения Советской Армии, и избрание Королёва в академию стало, как принято говорить в таких случаях, авансом в ожидании будущих достижений. И выданный аванс был щедро оплачен созданием ракеты Р-1 (принята на вооружение 25 ноября 1950 г.) и ракеты Р-2 (принята на вооружение 25 ноября 1951 г.). За 5 лет со времени выхода правительственного Постановления от 13 мая 1946 г. "Вопросы реактивного вооружения" в СССР был заложен основательный фундамент ракетостроительной отрасли промышленности, включающей в совокупности десятки НИИ, ОКБ и заводов. Ракетостроение стало новым научно-техническим направлением, а лидеры этого направления Глушко и Королёв на общем собрании Академии наук СССР 23 октября 1953 г. были избраны членами-корреспондентами АН СССР по отделению технических наук. Избрание в Академию наук само по себе для работающего в научной сфере является выдающимся событием. Для Королёва и Глушко это было непростым делом. Кандидат в члены АН СССР выдвигался действующими членами академии и строго контролировался соответствующими отделами ЦК партии. По уставу Академии кандидат в члены-корреспонденты Академии должен был иметь степень доктора наук и быть в числе лидеров одного из научных направлений, кандидат в действительные члены академии (академик) выдвигался из числа членов-корреспондентов, воспитавший ряд учеников, имеющих степени докторов и кандидатов наук, т.е. быть руководителем научной школы. Ко времени выдвижения и избрания Королёва и Глушко в АН СССР они не имели ни кандидатской, ни докторской степени. Степень доктора технических наук они получили позднее, без представления и защиты диссертации: Королёв в июне, Глушко в ноябре 1957 г. К моменту избрания их в академию не было у них и опубликованных научных трудов. Утверждённые ими научно-технические отчёты, эскизные проекты, технические задания на разработку ракетной техники и т.д. в научном сообществе не принято считать академическими трудами. В то же время Королёв и Глушко были техническими лидерами нового научно-технического направления, ведущими творческую научно-техническую работу в этой области с начала 30-х годов, являлись техническими руководителями разработки нового наукоёмкого вооружения.

Ко времени их избрания они приступили к разработке проекта ракеты межконтинентальной дальности, способной обеспечить нанесение ядерного удара по территории любого вероятного военно-политического противника. Думается, что главенствующее значение для положительных итогов тайного голосования членов АН СССР имела совокупность рекомендации вице-президента академии М.В. Келдыша и положительная характеристика, по сути рекомендация, соответствующего отдела ЦК КПСС. Отсутствие публикации научных трудов кандидатов в члены-корреспонденты академии объяснялось повышенной секретностью в области их деятельности.

Что же касается упомянутого выше присвоения Королёву и Глушко степени доктора технических наук, дело обстояло так. Королёву степень доктора была присвоена на основе подписанного в марте 1954 г. академиками М.В. Келдышем и Г.И. Петровым "Отзыва о научной и инженерной деятельности Главного конструктора тов. Королёва С.П." с выводом, что он "вполне заслуживает присвоения учёной степени доктора технических наук".

Аналогичный отзыв о научно-техническом вкладе Глушко в развитие отечественной ракетной техники также был направлен в Высшую аттестационную комиссию (ВАК), которая приняла решение о присвоении Глушко степени доктора наук по совокупности полученных выдающихся результатов в области разработки ракетных двигателей.

А нужно ли была Королёву и Глушко, членам-корреспондентам АН СССР, степень доктора наук? Если только для утешения чувства честолюбия. В таком случае это их личное дело, не требующее анализа. А вот с общественной стороны необходимость просматривается. Вице-президент АН СССР М.В. Келдыш исправлял допущенное нарушение принятого правила при выборах Королёва и Глушко в Академию наук без наличия у них степени доктора наук, ука-

зав в "Отзыве", что научно-технические достижения Королёва и Глушко и до принятия их в Академию наук фактически соответствовали требованиям ВАК для присвоения им учёной степени.

Этот частный случай присвоения учёной степени без оформления и защиты диссертации стал прецедентом приравнивания результатов успешной разработки ракетной техники к выполнению научной работы и этим открыл пути для получения научной степени для инженеров, работающих в ракетостроении. Эта форма присвоения научных степеней по оценке личного вклада в разработку космической техники получила широкое распространение после запуска первого искусственного спутника Земли.

Немаловажным событием в жизни Королёва и Глушко стало их вступление в коммунистическую партию. Для людей, занимающих в СССР руководящие должности в любой сфере деятельности, членство в партии являлось практически обязательным. Это нигде не прописанное правило распространялось и на Королёва и Глушко - Главных конструкторов оборонных КБ. Вообще-то вступление в единственную в СССР политическую партию для граждан не было каким-либо исключительным событием, ежегодно в ВКП(б), а затем в КПСС принимали тысячи подавших заявление. Но для Королёва и Глушко, бывших осуждённых по политической статье и освобождённых, но не реабилитированных, т.е. фактически помилованных, подача заявления о вступлении в партию было непростым решением.

Необходимость быть членом партии Королёв почувствовал с первых же дней работы Главным конструктором в НИИ-88. Партийная организация в лице её руководящего органа парткома не только контролировала морально-политический облик членов партии, но и следила за выполнением государственного плана путем регулярного заслушивания организации работ руководителями подразделений различного уровня, включая высший административно-технический персонал института. При признании результатов работы неудовлетворительными, руководитель получал партийное взыскание, а в случае не исправления положения - предлагали руководству перевести нерадивого руководителя на менее ответственную работу. Но партком был не только карающим органом, на его заседания можно было выносить предложения по организации работ, непопулярные у руководства института, и в случае принятия парткомом положительного решения, появлялась реальная возможность добиться реализации предложения. Для инициативных, добросовестных руководителей партком был союзником, в этом Королёв убедился на собственном опыте. Но начало его общения с парткомом имело негативный характер.

В декабре 1948 г. в НИИ-88 состоялась партконференция, на которой беспартийный начальник отдела №3 и Главный конструктор изделия №1 Королёв подвергся резкой критике за авторитарный стиль руководства и недопустимую грубость в обращении с сотрудниками. В выступлениях отмечалось как крупное упущение парткома в подборе руководящих кадров, среди которых имеются не состоящие в рядах партии. Таковым среди руководящих кадров НИИ-88 был только Королёв. Но каких-либо "оргвыводов" после конференции не последовало, видимо партком посчитал, что выводы Королёв должен сделать сам.

В последующий год Королёв несколько раз докладывал парткому об организации работ в отделе №3 по выполнению правительственных Постановлений, а в июне 1949 г. по итогам его доклада партком принял решение рекомендовать проведение в институте реорганизации с целью определения в качестве основной задачи выполнение тематики отдела №3, т.е. разработки ракет дальнего действия.

Эта рекомендация не нашла поддержки у руководства института, директор Л.Р. Гонор в марте 1950 г. на партконференции критиковал Королёва за его стремление подчинить научные подразделения института отделу №3 как главному по разработке ракет дальнего действия. Однако случилось так, что эта критика способствовала достижению цели Королёва: в конце апреля 1950 г. состоялась предлагаемая Королёвым реорганизация, в результате было ликвидировано СКБ, объединяющее все конструкторские отделы. Появились ОКБ-1 во главе с Королёвым

(разработка РДД) и ОКБ-2 во главе с Тритко (разработка ЗУР), которое в августе 1951 г. было переведено из НИИ-88 в систему министерства Авиапрома.

Успешное взаимодействие с партийной организацией института, способствующей выполнению не только производственных, но и личных планов Королёва, привело его к решению вступить в ряды партии. В марте 1952 г. он подал в парторганизацию ОКБ заявление с просьбой о приёме его кандидатом в члены партии. По свидетельству его дочери Н.С. Королёвой ("Отец", изд. Москва, Наука, 2002 г.) он *"опасался, что годы заключения могут показаться кому-то тёмным пятном его биографии и вызовут возражения против приёма [...] Опасения отца оказались не напрасными. Среди членов парткома НИИ-88 нашлись такие, которые, услышав об аресте и годах заключения, выступили против приёма. Свою позицию они мотивировали тем, что отец досрочно освобождён, но не реабилитирован. Потребовалось разъяснение директора института К.Н. Руднева, что вопрос согласован "в соответствующих инстанциях". Этого оказалось достаточно и Королёв был принят кандидатом в члены ВКП(б).*

По иному ответ Королёва на вопрос *"За что судимы?"* изложен в книге Г.С. Ветрова *"С.П. Королёв. Свет и тени истории космонавтики"* (Москва, Наука, 1998 г.) со ссылкой на архивный документ: *"Был осуждён решением Особого совещания заочно, в чём мне дали расписаться. Отменён приговор решением Президиума Верховного Совета в 1944 г. Если кого из товарищей это подробно интересует, то лучше обратиться в соответствующие органы".* Скажем прямо, ответ довольно-таки уклончивый.

Не обошёл вниманием об этом моменте в жизни Королёва и Я.К. Голованов. В книге *"Королёв: факты и мифы"* (Москва, 2007 г.) приводится со ссылкой на воспоминания одного из участников партсобрания ответ Королёва на вопрос *"За что вы были осуждены?"*. После некоторой паузы он ответил: *"Мне разрешено на этот вопрос не отвечать..."*. "Разрешение" на такой по форме вроде бы ответ, а по содержанию уход от ответа могли дать всё ещё всеильные "органы". Да другого "ответа" и не могло быть. Сказать, что был арестован и осуждён, не совершив преступления - в 1952 г. было нельзя, т.к. "органы, которые не ошибаются", не могли допустить даже намёка на незаконность ареста и последующего осуждения, огласить же формулировку из приговора - за вредительскую работу - тоже нельзя, не примут в партию. Но и с таким ответом, как сейчас сказали бы - прокатило. После окончания кандидатского стажа Королёв в июне 1953 г. подал заявление о приёме его в члены КПСС. На этот раз каких-либо осложнений не произошло, и в июле 1953 г. Королёв был принят в члены КПСС.

Однако шлейф какого-то недоверия коммунистов НИИ-88 к Королёву продолжался ещё некоторое время. Так, в ноябре 1953 г. в президиум институтской партконференции от парторганизации ОКБ-1 был выдвинут зам. Главного конструктора В.П. Мишин, а не Королёв, хотя он присутствовал на конференции в качестве делегата. По неписаным номенклатурным правилам руководитель предприятия должен быть членом парткома, иначе считалось, что он не пользуется доверием у парторганизации и в этом случае он не мог оставаться руководителем и его переводили на другое предприятие. В создавшейся ситуации Королёв не был уверен, что наберёт нужное количество голосов и при выдвижении его в члены избираемого на конференции парткома предпринял опережающий маневр - взял самоотвод, сославшись на небольшой партийный стаж. Самоотвод был удовлетворён.

На следующей партконференции в 1954 г. Королёв был избран в президиум конференции, в состав парткома его впервые избрали в 1956 г., после выделения ОКБ-1 из состава НИИ-88 в самостоятельное предприятие.

Для Глушко вступление Королёва в партию не послужило примером. Что-то ему мешало сделать этот обязательный для его дальнейшей карьеры и успешной работы шаг. Естественно, что Глушко, как и Королёв, при принятии им решения о вступлении в партию смущало его осуждение по политической статье. К этому следует добавить ряд возникавших конфликтных ситуаций с секретарями

объединённого парткома завода и ОКБ-456, о чём будет изложено ниже. Но ко времени подачи в сентябре 1955 г. заявления с просьбой о принятии кандидатом в члены КПСС конфигурация общественной жизни в стране радикально изменилась. Значимость и авторитет Глушко в ракетостроительной отрасли ещё более возросли, в октябре 1953 г. он стал членом-корреспондентом АН СССР, а с октября 1954 г. - начальником и главным конструктором завода и ОКБ-456. Так что положение обязывало его быть в рядах КПСС, в ином случае его недоброжелатели, а они "сопровождали" Глушко на всём протяжении его творческой жизни, могли расценивать его беспартийность как политический демарш.

Получив заявление Глушко, партбюро КБ, партсобрание коммунистов КБ и партком ОКБ-456 единогласно проголосовали "за", далее Химкинский горком партии утвердил решение парткома ОКБ-456. По воспоминаниям ветерана предприятия, проходившего процедуру приёма в партию одновременно с Глушко, последний заметно волновался, когда на партсобрании в КБ излагал свою биографию и упоминал о годах заключения. Эта часть биографии вызвала вопрос о причинах ареста и осуждения. Ответ Глушко был краток: *"По клеветническому доносу сослуживцев о якобы вредительской работе"*. Больше вопросов не последовало, информацию сочли достаточной для приёма кандидатом в члены партии. По истечению кандидатского стажа Глушко в ноябре 1956 г. был принят в члены КПСС без каких-либо осложнений.

Вернёмся к упомянутым выше конфликтным ситуациям между Глушко и некоторыми секретарями парткома. Надо признать, что негативная характеристика, данная парткомом в 1948 г. в связи с его баллотированием в члены Академии артиллерийских наук, имела основания. Его пренебрежительное отношение к общественным организациям, склонность к авторитарному руководству отмечалось и в период его работы в РНИИ и НИИ-3 в 30-х годах. В последние годы, с 1938 по 1944 год он находился под опекой НКВД, а с середины 1945 г. до конца ноября 1946 г. был в командировке в Германии, так что в этот период жизни Глушко не получил опыта взаимодействия руководителя предприятия с общественными и партийными организациями. В то же время присущие ему черты характера остались без изменения.

Потерпев поражение в первом вынесенном за пределы предприятия конфликте с партийными функционерами, Глушко по мнению секретаря парткома, не сделал правильных выводов и продолжал пренебрегать *"руководящей ролью партии на оборонном предприятии"*. По воспоминаниям ветеранов ОКБ-456 и завода, в начале 50-х годов секретарь парткома обратился в отдел оборонной промышленности ЦК ВКП(б) с предложением заменить Глушко на должности Главного конструктора. Замечу, что печатного изложения этого события не обнаружено.

Для выяснения причин конфликта между представителем партии на предприятии и беспартийным бывшим политзаключённым, заводделом ЦК партии пригласил их в свой кабинет на Старой площади. Надо отдать должное партийному функционеру - он проявил житейскую мудрость и не стал безоговорочно отстаивать честь "партийного мундира". Выслушав обе стороны, заводделом обратился к Глушко и сделал ему замечание, что он неправильно понимает роль партийной организации на предприятии, которая выполняет задачу мобилизации трудового коллектива на выполнение государственного оборонного заказа. Для своевременного и качественного выполнения плановых заданий нужно не игнорировать партийную организацию, а использовать её в качестве верного помощника. Секретарю парткома было указано на недопустимость переноса не сложившихся личных отношений с Главным конструктором в производственную сферу деятельности. Не отрицая вины Глушко в пренебрежительном отношении к парткому, заводделом указал секретарю парткома, что он больше виноват в сложившейся ситуации, т.к. не сумел своей работой завоевать авторитет эффективного помощника Главному конструктору в его работе. Спустя некоторое время этот секретарь парткома был досрочно переведён на работу в другое предприятие.

О следующем конфликте, возникшем в 1956 г. между Глушко и

секретарём парткома, поведал мне спустя много лет Н.Н. Четвериков, который в тот период времени возглавлял партийную организацию завода и ОКБ-456. Разногласия возникли при распределении государственных наград работникам предприятия за разработку двигателя для первой стратегической ракеты Р-5М. Система поощрения за выполнение важного оборонного проекта в СССР предусматривала выделение каждому предприятию, участвовавшему в создании проекта, определённого количества наград - орденов и медалей различной значимости. На предприятии определяли степень вклада работников в осуществлении проекта и фамилии предлагаемых к награждению вместе с их производственными характеристиками направлялись в Министерство. Список кандидатов к награждению подписывали руководитель предприятия, секретарь парткома и председатель профкома.

Получив информацию о выделенных для завода и ОКБ-456 наградах, Глушко поручил своему заместителю по конструкторской части В.А. Витке подготовить списки работников для награждения. Витка собрал предложения от ведущих работников КБ, которые хорошо знали степень вклада в разработку двигателя конструкторов, технологов, испытателей и руководителей производства двигателей.

Обсудив с Глушко предлагаемые к награждению кандидатуры, Витка передал подготовленные для подписания списки в партком и профком. Секретарь парткома не согласился с предложением к награждению, в основном, конструкторов и технологов, в то время как в списках не было ни одного рабочего, что не соответствовало политике компартии в отношении к рабочему классу как передовому отряду трудящихся Советского Союза. При последующем обсуждении списка у Глушко стороны не пришли к взаимопониманию, т.к. в противовес позиции секретаря парткома Главный конструктор считал, что двигатель разработан благодаря творческому вкладу инженеров-конструкторов и инженеров-технологов с участием организаторов изготовления двигателей, а не производителей материальной части. Не договорившись, Глушко решил найти "управу" на строптивого секретаря парткома у инспектора ЦК партии, который курировал ОКБ-456, о чём и сообщил секретарю парткома. На следующее утро, ещё до начала работы ЦК, Четвериков стоял у входа в здание ЦК и, встретившись с инспектором, подробно доложил о разногласиях с руководством ОКБ-456. Вскоре в ЦК подъехал Глушко и с удивлением увидел в кабинете инспектора своего оппонента. О подробностях состоявшейся беседы Четвериков не стал вспоминать, а с хитринкой в глазах сказал, что Глушко получил полную информацию о принципах награждения за коллективно выполненную работу.

После этого разговора в список награждаемых кроме конструкторов, технологов и испытателей были внесены в обязательном порядке рабочие, женщины и работники в возрасте до 30 лет, каждая из указанных групп составляла директивно определённый процент от общего количества награждаемых. В конце воспоминаний Четвериков подчеркнул, что после этого случая больше разногласий у него с Глушко не было, и что Глушко с уважением относился к людям, которые открыто отстаивали свою точку зрения по любым общественным или производственным вопросам в интересах общего дела, а не ради личной выгоды. После окончания работы освобождённым секретарём парткома Четвериков был назначен начальником инструментального производства на заводе № 456.

События, последовавшие за смертью в марте 1953 г. И.В. Сталина: массовое освобождение осуждённых, в том числе и по политической статье 58 УК, арест, осуждение и расстрел Л.П. Берии, "очищение" аппарата МГБ от служащих, причастных к репрессиям - свидетельствовали о новой внутренней политике руководства страны. Время разоблачения и осуждения репрессий и культа личности Сталина на XX съезде КПСС, состоявшемся в феврале 1956 г., ещё не подошло, но советский народ почувствовал свежий ветер перемен.

На этой волне Глушко 10 апреля 1955 г. и Королёв 30 мая 1955 г. подали заявление в Генеральную прокуратуру с просьбой пересмотреть их следственные дела, снять с них неправомерные обви-

нения и отменить вынесенные приговоры, т.е. реабилитировать за отсутствием состава преступления. Проверка дела по заявлению Глушко длилась около полутора лет и 11 октября 1956 г. он получил справку о Решении Военной коллегии Верховного Суда Союза ССР о полной реабилитации.

Рассмотрение следственного дела Королёва велось в течение почти 2-х лет, 18 апреля 1957 г. Верховный Суд Союза ССР вынес определение о полной реабилитации. По воспоминаниям Б.Е. Чертока задержка на полгода по сравнению с получением аналогичного документа Глушко вызвало у Королёва повышенное беспокойство. Чем оно было вызвано: завистью, что Глушко при почти одновременной подаче заявлений опередил его в получении решения или искренним волнением, что в этом щекотливом деле у новых юридических властей имеются по отношению к нему сомнения? Исходя из характера Королёва, честолюбивого и не терпящего задержек, можно предполагать, что имелись обе причины. А задержка, скорее всего, имела чисто бюрократическую причину. Два разных следственных дела, причём у Королёва история следствия более продолжительная, разные люди, занимающиеся реабилитацией, различная у них нагрузка... Главное, оба Главных конструктора ракетной техники оправданы и реабилитированы, а кто из них раньше или позже на полгода - второстепенные детали биографии каждого.

В середине 50-х годов служебный статус Глушко и Королёва изменился. Каждый стал начальником и Главным конструктором ОКБ, включающего конструкторское бюро, опытный завод и испытательную базу. Путь каждого из них к этой должности, несмотря на некоторый параллелизм в их жизни, имел существенные различия. Сделаем краткое изложение каждого из этих путей.

Впервые на должность Главного конструктора КБ Глушко был назначен в начале 1942 г. в ОКБ-16 4-го Спецотдела НКВД СССР при казанском авиамоторном заводе № 16. Эту должность он получил не только как автор предложенного проекта разработки авиационного ЖРД, но и как практически единственный в коллективе КБ специалист, имеющий опыт работы в области ракетной техники. В августе 1944 г., на базе выделившегося из состава ОКБ-16 коллектива освобождённых из заключения и вольнонаёмных конструкторов, Наркомат авиапрома организовал ОКБ ракетных двигателей (ОКБ-РД) во главе с Главным конструктором Глушко.

Организация ОКБ-РД имела вынужденный и спонтанный характер, т.к. с освобождением из заключения основных разработчиков авиационного ЖРД в системе НКВД прекращалась работа по этой тематике, а ответственность за её выполнение была записана в Постановлениях ГКО за НКВД и Наркоматом авиапрома, который и унаследовал продолжение указанной работы. Назначение Глушко Главным конструктором ОКБ-РД приказом Наркома авиапрома стало естественным сохранением преемственности сложившейся организации работ в двигателем КБ ОКБ-16. Этим назначением Глушко был включён в номенклатурный состав технических руководителей предприятий Наркомата авиационной промышленности. ОКБ-РД просуществовало до июля 1946 г., когда после выпуска исторического правительственного Постановления от 13 мая 1946 г. "Вопросы реактивного вооружения", Министерство авиапрома перевело ОКБ-РД на базу авиационного завода № 456 в подмосковном городе Химки. Этому заводу и переименованному ОКБ-РД в ОКБ № 456 поручалось по адаптированным к условиям советского производства чертежам воспроизвести разработанный в Германии ЖРД ракеты А-4 (Фау-2). Предвосхищая такое развитие событий, Глушко во время нахождения в командировке в Германии направляет 31 мая 1946 г. Председателю государственной комиссии в Германии Д.Ф. Устинову докладную записку, в которой предложил организовать специализированное ОКБ по разработке мощных ЖРД при малозагруженном машиностроительном заводе. Опираясь на свой шестнадцатилетний опыт работы в области ракетной техники, он предложил свою кандидатуру на должность Главного конструктора этого ОКБ. Предложение было реализовано, Глушко возглавил ОКБ при заводе № 456.

Напомним, что в период организации ракетостроительной от-

расли сохранялся сложившийся в 30-е годы в промышленных Наркоматах порядок. КБ является составной частью головных заводов, они так и назывались - КБ завода №... или КБ при заводе №... Однако с повышением сложности создаваемой ракетной техники, увеличением разрабатываемой номенклатуры, с расширением кооперации с научными организациями и промышленными предприятиями роль КБ и ответственность Главного конструктора за выполнение правительственных Постановлений существенно возрастала. Для дальнейшего научно-технического прогресса требовалось проведение организационного реформирования.

Реформы поведутся "сверху", а необходимость их проведения и форма преобразований лучше видится "снизу". Так случилось и при реформировании ОКБ-456. Его главный конструктор Глушко 17 сентября 1954 г. обратился к министру Д.Ф. Устинову с письмом, в котором отметил, что "использование завода № 456 как производственной базы для разработки новых двигателей до сих пор было малоэффективным, поскольку завод является автономной хозяйственной организацией, органически не связанной с тематическим планом ОКБ-456. [...] ОКБ-456 в дополнение к прежним заданиям по объектам Р-5 и Р-12 получило задание на разработку новых объектов (Р-5М, Р-7, "Буря"). В заключительной части письма Глушко просит "либо решить вопрос о производственной базе превращением завода № 456 в опытный, либо поставить перед правительством вопрос об установлении новых сроков выполнения разработок".

Д.Ф. Устинов с пониманием отнёсся к предложению Глушко провести мероприятие в обеспечение выполнения правительственных Постановлений и 27 октября 1954 г. вышел приказ Министра оборонной промышленности о назначении Глушко начальником и Главным конструктором ОКБ-456 с подчинением ему завода № 456.

В этой должности Глушко работал до назначения его 22 мая 1974 г. директором и Генеральным конструктором НПО "Энергия".

В отличие от карьерного продвижения Глушко, которое происходило практически в соответствии с естественным развитием событий в области разработки ракетной техники, продвижение Королёва по служебной лестнице к должности Главного конструктора самостоятельного ОКБ было более сложным.

За начало изложения этой истории примем ту же точку отсчёта, что приведена в истории Глушко: работа в Казани в составе ОКБ-16 4-го Спецотдела НКВД СССР. Прибыв в конце ноября 1942 г. в Казанскую спецтюрьму при авиамоторном заводе № 16, Королёв, ознакомившись с разработкой под руководством Глушко авиационного ЖРД, предложил проект его установки на истребитель-перехватчик. Для выполнения этого проекта он в начале 1943 г. назначается руководителем группы № 5 в составе КБ, возглавляемом Глушко. После освобождения из заключения в начале августа 1944 г., Королёв осенью того же года назначается заместителем Главного конструктора ОКБ-РД по реактивной установке. Однако это назначение его не устраивает, и он с первых же дней интенсивно изыскивает возможность организации под своим руководством ОКБ по созданию жидкостных и пороховых крылатых ракет, но положительного решения получить не удалось.

После окончания войны Королёв с сентября 1945 г. находился в командировке в Германии, где проявил свои организаторские способности и благодаря им в конце февраля 1946 г. был назначен заместителем начальника и главным инженером организованного во многом по его инициативе "Института Нордхаузен". Одновременно с этим назначением он был освобождён от должности в ОКБ-РД.

В августе 1946 г. Королёв назначается Главным конструктором изделия №1 (воспроизводимой в СССР немецкой ракеты А-4) и начальником отдела № 3 по разработке ракет дальнего действия (РДД) в составе СКБ НИИ-88. В апреле 1950 г. он добивается принятия решения о разделении СКБ на ОКБ-1 (разработка РДД под руководством Королёва) и ОКБ-2 (разработка ЗУР под руководством Тритко). В мае 1951 г. по инициативе Королёва руководство НИИ-88 направило в Министерство вооружения письмо с предло-

жением объединить ОКБ-1 и ОКБ-2 для усиления ведения работ по созданию РДД под руководством Королёва и прекратить работы по ЗУР. В августе 1951 г. тематика ОКБ-2 вместе с частью коллектива была передана в Минавиапром. Разработка РДД в ОКБ-1 стала единственной проектной работой в НИИ-88. Однако и это практически монопольное положение в ведущем отраслевом НИИ не удовлетворяло Королёва, он продолжал стремиться к полной самостоятельности. Об этом свидетельствует Б.Е. Черток в книге "Ракеты и люди. Подлипки - Капустин Яр - Тюратам" (Издательство "РТСофт", 2000 г.), приводя негативное высказывание Королёва о его зависимости от руководства института: "Я должен иметь своё производство! Вот у Глушко в Химках я был. Там все ему в рот смотрят. А я должен по любой мелочи ходить на поклон к Гонору. А если завтра будет не Гонор, а какой-нибудь долдон, то всё прахом пойдёт! [...] Гонор к тому же не хочет портить отношения с парткомом. Уткин (секретарь парткома НИИ-88) хоть и порядочный человек, но тоже побаивается нагоняя из ЦК...". В этой же книге Б.Е. Черток даёт свою трактовку цели устремления Королёва к получению им независимости в сфере его производственной деятельности: "Властолюбие Королёва, которое в некоторых случаях носило даже болезненный характер, не было связано, как мне кажется, с желанием возвеличивания своей личности, в этом властолюбии не наблюдается даже малейших признаков параноического состояния. Власть не была самоцелью для него, а была как бы необходимым условием достижения цели наиболее рациональным и быстрым способом".

Значимость работ ОКБ-1 в тематических планах НИИ-88 с каждым годом становилась всё весомее, рос авторитет Королёва и в июле 1954 г. он, оставаясь Главным конструктором ОКБ-1, назначается заместителем директора института по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам для ракет дальнего действия.

К середине 50-х годов ОКБ-1 полностью сформировалось как промышленное предприятие, выполняющее важнейшие государственные оборонные заказы. Организованный в 1946 г. по типу РНИИ базовый НИИ-88, объединяющий НИИ и ОКБ в единую научно-промышленную организацию, работающую по общим научно-производственным планам над созданием новой наукоёмкой ракетной техники, к своему 10-летию юбилею превратился в административное объединение двух предприятий, каждое из которых решало различные технические задачи. Казалось бы, что широкий фронт научных исследований в НИИ должен способствовать созданию в ОКБ реальных образцов новой техники, но в тесных рамках одного предприятия интересы НИИ и ОКБ входили в противоречие и тормозили дальнейшее развитие каждого из них. ОКБ-1 самостоятельно и успешно разрабатывало ракетную технику. Так, в течение 1954 года были завершены лётные испытания боевой баллистической ракеты Р-5, в 1955 г. принята на вооружение Р-11, а в 1956 г. - первая стратегическая ракета Советского Союза Р-5М, в эти же годы, начиная с мая 1954 г., интенсивно ве-



В.П. Глушко (второй слева) и С.П. Королёв (третий) в президиуме торжественного собрания, посвященного 100-летию со дня рождения К.Э. Циолковского. Калуга, 15 сентября 1955 года

лись работы по созданию первой межконтинентальной баллистической ракеты Р-7.

Объективно сложившаяся ситуация, усиленная наличием человеческого фактора - многолетним стремлением Королёва возглавить самостоятельное предприятие - нашла реализацию в приказе министра оборонной промышленности Д.Ф. Устинова от 14.08.1956 г. о выделении ОКБ-1 и завода №88 в самостоятельное предприятие под руководством начальника и Главного конструктора С.П. Королёва. Путь к этой должности, начатый Королёвым 12 лет назад, в августе 1944 года после освобождения из заключения, успешно завершился.

Взятый курс на создание нового вида вооружения - ракет дальнего действия: выпуск правительственного Постановления от 13 мая 1946 г. "Вопросы реактивного вооружения", создание научно-технического центра НИИ-88, строительство ракетного полигона - всё это не могло пройти мимо внимания и не пробудить профессионального интереса у высшего командного состава Вооружённых Сил СССР. С целью познакомиться с боевыми характеристиками нового оружия и воочию его увидеть "делегация" в составе маршалов Советского Союза Г.К. Жукова, К.К. Рокоссовского, Р.Я. Малиновского, Ф.И. Толбухина, адмирала М.И. Октябрьского, генерала И.А. Серова, министра Д.Ф. Устинова и др. в 1947 г. посетила НИИ-88. Высокопоставленным гостям С.П. Королёв рассказал о боевых характеристиках, принципах действия, технологии подготовки и пуска ракеты А-4. Какой-либо официальной реакции после этого посещения не последовало, какие выводы для себя от увиденного и услышанного сделали полководцы, неизвестно. Остаётся только воспользоваться обкатанной на партийных и профсоюзных собраниях формулировкой "приняли к сведению".

Более важным, определяющим дальнейшее развитие отечественной ракетной техники, жизни и творческой деятельности Королёва стало посещение НИИ-88 в начале 1956 г. политическим лидером страны Н.С. Хрущёвым и сопровождающими его членами Президиума ЦК КПСС. Обострённая международная обстановка тех дней, поиск Хрущёвым новых "козырей" в его политической игре с военно-политическим руководством стран НАТО и, конечно, эмоциональность Хрущёва давали шанс Королёву использовать это посещение. И он этот шанс не упустил...

Об этом посещении имеются воспоминания его участников: самого Н.С. Хрущёва в его книге "Воспоминания" (Москва, Варгиус, 1997 г.) и его сына Сергея Никитовича в уже упомянутой книге "Никита Хрущёв: кризисы и ракеты". Воспользуемся этими источниками и приведём из них фрагменты.

Итак, воспоминания о первых впечатлениях Н.С. Хрущёва о визуальном восприятии боевой ракеты: "Устинов доложил мне, что конструктор Королёв приглашает посмотреть на его баллистическую ракету. Мы решили поехать туда всем составом Президиума ЦК партии.

На заводе нам показали ракету. Честно говоря, руководство страны смотрело тогда на неё как баран на новые ворота. В нашем сознании ещё не сложилось понимание того, что вот эта сигарообразная огромная труба может куда-то полететь и кого-то поразить взрывным ударом. Королёв нам объяснил, как она летает, чего может достичь. А мы ходили вокруг неё, как крестьяне на базаре при покупке ситца: щупали, дёргали на крепость, чуть ли не лизали".

Более подробно о посещении НИИ-88 изложено в книге С.Н. Хрущёва, который, по его утверждению, был участником этого посещения. Его воспоминания приводятся с существенными сокращениями, оставлены только впечатления Н.С. Хрущёва от увиденного и его высокая оценка личного вклада Королёва в разработку нового вооружения.

"В январе 1956 г. отец решил посетить "фирму" Королёва. К Королёву отец поехал не один, собралась представительная то ли компания, то ли комиссия. Когда отец предложил мне сопровождать его, я не раздумывая ни минуты. Увидеть настоящие баллистические ракеты!... Место назначения находилось неподалеку от Москвы. Добрались быстро. У многометровых ворот отца встретил крепко

сбитый невысокий человек - Главный конструктор Королёв. Чуть поодаль роится "свита": министры, военные и руководство конструкторского бюро и завода. Королёв пожимает руки гостям и хозяйским жестом предлагает пройти в цех. Следуя за хозяином, группа потянулась в центр зала, где на ложементах лежали выкрашенные в защитный зелёный цвет ракеты.

Королёв остановился у своего первенца: Р-1. Ракета один к одному повторяла немецкую ФАУ-2, детище фон Брауна. За Р-1 следовала первая собственная разработка - ракета Р-2.

"Это наша история, с них мы начинали" - закончил первую часть своего рассказа Королёв. "А вот наше настоящее, Р-5" - он указал на следующий экспонат. На подставках лежал огромный зелёный карандаш, только на тонко заточенном носике отсутствовал грифель, а сзади торчали маленькие треугольные пёрышки рулей.

Отец долго не отходил от ракеты. В первую очередь его интересовало, кого из наших потенциальных противников мы с её помощью сможем держать под ударом. Королёв пояснил: выдвинув старты на передовые рубежи, можно поразить Великобританию, недостижимой остаётся только Испания. Отец удовлетворённо хмыкнул. Потом он спросил Королёва о мощности ядерного заряда на его ракете. Сергей Павлович замялся, медлил с ответом. В те годы об атомных зарядах вслух не говорили, секретней и запретней темы не существовало. Наконец Королёв вплотную приблизился к отцу и вполголоса произнёс несколько слов. Отец удовлетворённо кивнул: "Внушительный заряд, очень отрезвляюще подействует на горячие головы, мечтающие о войне. Его величину и в НАТО не вредно сообщить".

Королёв продолжил свой доклад: "Мы испытали ракету. Она летает надёжно, точность попадания тоже вполне приличная, полностью отвечает требованиям военных. По решению правительства вскоре, в феврале, будет произведено испытание ракеты совместно со специальной боевой частью".

Отец время от времени вмешивался в доклад, задавал вопросы. Тут же вступал Устинов, чувствовалось, что он осведомлён обо всём, без запинки давал краткие, чёткие ответы. Указания записывал в маленький блокнотик.

Отец остался доволен. И конструктор, и министр не только знали, чего они хотят, но и ясно представляли пути достижения цели. К таким людям отец проникался особой симпатией, становился как бы их соучастником. Теперь Королёв мог звонить отцу напрямую, в обход многочисленных бюрократических рогаток. Уже одна эта возможность, даже не осуществлённая, позволяла разрешать проблемы, ранее, казалось, непреодолимые. В крайнем случае, он снимал трубку и набирал номер телефона отца.

После этого посещения отец просто влюбился в Королёва, он готов был говорить о нём без конца. Жаль, что слушателей, допущенных до столь секретных в те годы рассказов, даже у него оказывалось немного".

О лучшем отношении политического лидера государства к Главному конструктору не нужно было даже мечтать. Он сразу получил известность в высших партийно-правительственных кругах, а это способствовало не только его личной популярности и возросшей значимости возглавляемого им ОКБ-1, но и расширяло его возможности в дальнейшем развитии ракетной техники.

Что же касается чрезмерного (разумеется, на мой сегодняшний взгляд) выделения по сравнению с другими предприятиями наград работникам НИИ-88, то упрекать в этом Королёва было бы неправильно. Первоначальное распределение количества и значимости наград осуществлялось партийно-государственными чиновниками того времени в зависимости от весомости вклада предприятий, входивших в кооперацию по разработке ракеты Р-5М. А в представлении этих чиновников ОКБ-1 являлось главным разработчиком ракеты, остальные предприятия только участники, поставщики отдельных систем, но и о них же не забыли. Какие могут быть претензии и обиды? И всё-таки 20 орденов Ленина у ракетчиков и два таких ордена у двигателистов не соответствуют значимости действительного вклада этих предприятий в общую работу.

(Продолжение следует.)

НЕМНОГО ИЗ ИСТОРИИ БРСД «ЮПИТЕР»

Предложение В. фон Брауна приступить к разработке баллистических ракет средней дальности (БРСД) в 1953 г. у руководства Армии США интереса не вызвало. Но всего через пару лет всё изменилось после получения разведанных, подтверждавших, что СССР уже приступил к разработке собственных БРСД. К концу 1955 г. Армия, ВВС и ВМС США заявили о принципиальной готовности приступить к разработкам БРСД. Работа началась под общим руководством ВВС.

Но в сентябре 1956 года ВМС США отказались от участия в программе разработки БРСД с кислородно-керосиновым топливом, предпочтя ей программу создания ракеты с твердотопливным двигателем - "Polaris".

В сентябре 1955 года начались испытательные пуски прототипа БРСД, получившего название "Jupiter A", со стартовых площадок Атлантического Ракетного Испытательного Полигона ("Atlantic Missile Range"). При испытании ракеты "Jupiter A" упор делался на проверку основных конструктивных решений, испытывалась система управления и двигателя. Несколько позже на испытания вышла ракета "Jupiter C", с помощью которой испытывалась головная часть и система отделения. С сентября 1955 по июнь 1958 было запущено 28 ракет "Jupiter A" и "Jupiter C". Ракета "Jupiter" в конфигурации, близкой к штатной, вышла на испытания в 1956 г. В мае 1956 г. БРСД "Jupiter", стартовав с Атлантического Ракетного Испытательного Полигона, пролетела около 1850 км. К июлю 1958 года было запущено 10 БРСД "Jupiter".

Первая серийная БРСД "Jupiter" сошла с конвейера в августе 1958 года. Для производства ракет "Jupiter" были выбраны следующие подрядчики:

- отделение "Ballistic Missile Division" корпорации "Chrysler" - производство корпусных узлов и окончательная сборка ракеты в целом;
- отделение "Rocketdyne Division" корпорации "North American Aviation" - производство двигательной установки;
- компания "Ford Instrument" - производство системы управления;
- корпорация "General Electric" - производство боевого блока.

Последний испытательный пуск БРСД "Jupiter" состоялся в феврале 1960 г. Первый запуск БРСД "Jupiter" с имитацией боевой обстановки подготовленным персоналом САК ВВС с Атлантического Ракетного Испытательного Полигона был осуществлен в октябре 1960 г. К этому времени уже несколько месяцев (с июля 1960 г.) ракеты начали становиться на боевое дежурство на территории Италии, на базе итальянских ВВС Джойа делья Колли. Полностью боевая готовность всех 30 "итальянских" БРСД была достигнута в июне 1961 г. Полная боевая готовность 15 "турецких" ракет была достигнута в апреле 1962 г. (первые ракеты встали на дежурство в ноябре 1961 г.). Ракеты размещались на базе турецких ВВС Тигли. Первый учебно-боевой пуск БРСД итальянским персоналом был выполнен в апреле 1961 г. Первый учебно-боевой пуск БРСД турецким персоналом был выполнен в апреле 1962 г.

В декабре 1960 года со сборочных линий сошла последняя серийная БРСД "Jupiter".

После урегулирования "Карибского кризиса" все ракеты были вывезены из Италии к концу апреля, а из Турции - к концу июля 1963 года.

Силовая установка БРСД "Jupiter" была разработана в Редстоунском Арсенале. Главный двигатель - S3D. Компоненты топлива: горючее - ракетный керосин RP-1, окислитель - жидкий кислород. Сопло главного двигателя - управляемое, отклоняемое в узле подвески для управления ракетой по каналам тангажа и рыскания. Аэ-

родинамические рули и стабилизаторы отсутствовали. Камера сгорания двигателя была отделена от прочих узлов ДУ специальной термостойкой стенкой. Двигатель S-3D развивал тягу в 150000 фунтов на протяжении 2,5 минут полета. Создание исходной модификации двигателя S-3 началось в начале 1955 года, а в июле 1956 года опытный образец двигателя был доставлен в центр испытания баллистических ракет Army Ballistic Missile Agency.

Обшивка хвостовой части ракеты, где размещалась ДУ, имела гофрированную обшивку для улучшения прочностных характеристик. Отсек баков компонентов топлива размещался сверху отсека ДУ и отделялся от последнего специальной переборкой. В свою очередь, баки окислителя (снизу) и горючего (сверху) также разделялись специальной переборкой. Специальная переборка отделяла бак горючего от приборного отсека. Ракета "Jupiter" имела несущую конструкцию баков. Корпус сваривался из алюминиевых панелей. Трубопровод подачи горючего проходил через бак окислителя, там же проходили кабели системы управления. Компоненты топлива подавались в камеру сгорания с помощью насосов, которые приводились в действие турбиной, работавшей на продуктах сгорания основных компонентов топлива. Отработанный газ использовался для управления ракетой по каналу крена. Наддув баков перед запуском осуществлялся с помощью азота из специальной цистерны.

Головная часть, имевшая армейское обозначение Mk3, оснащалась абляционной (обгорающей) теплозащитой из органических материалов и содержала в себе термоядерную БЧ W-49 мощностью 1,44 Мт.

Ракета "Jupiter" создавалась как мобильная БРСД, транспортирование которой осуществлялось автотранспортом. Эскадрилья БРСД "Jupiter" состояла из 15 ракет (5 звеньев по 3 БРСД) и примерно 500 офицеров и солдат личного состава. Каждое звено размещалось в нескольких километрах друг от друга с целью снижения уязвимости к ядерному удару. С той же целью ракеты одного звена размещались на расстоянии нескольких сот метров друг от друга. Непосредственно каждое звено обслуживалось на позиции пятью офицерами и десятью солдатами.

Ракета размещалась на специальном стартовом столе, к которому она пристыковывалась, после чего вся конструкция приводилась в вертикальное положение, а нижняя треть ракеты закрывалась специальным легким металлическим укрытием, позволявшим обслуживать ракету в непогоду. Заправка ракеты компонентами топлива осуществлялась за 15 минут. Запуск ракет звена производился по команде из специальной автомашины экипажем из офицера и двух солдат. Каждая эскадрилья производила техническое обслуживание на специальной базе, имевшей в своем распоряжении все необходимые материалы, а также завод по производству жидкого кислорода и жидкого азота.



ЖРД S-3D



"Юпитер" в полете

ПОВЫШЕНИЕ РОЛИ ПРОФСОЮЗОВ КАК ИНСТИТУТА ГРАЖДАНСКОГО ОБЩЕСТВА В СИСТЕМЕ СОЦИАЛЬНО-ТРУДОВЫХ ОТНОШЕНИЙ

ФГБОУ ВО "МПГУ":
Сергей Юрьевич Иванов, доцент

ОУП ВО "АТиСО":
Андрей Сергеевич Иванов, главный специалист

Данная статья написана по результатам общероссийского опроса, проведенного в 2016 году Центром социологических исследований Института профсоюзного движения ОУП ВО "АТиСО". В качестве участников респондентов работники предприятий и организаций различных видов экономической деятельности. Всего было опрошено 3150 респондентов. Исследование охватывало 65 субъектов РФ, 2061 город и населенный пункт всех федеральных округов Российской Федерации.

This article is written by the results of nationwide survey conducted in 2016 by the Centre of Sociological Research Institute of the PMO of the trade union movement in the "AOLSR". As participants of the respondents employees of enterprises and organizations of various economic activities. In total 3150 respondents were interviewed. The study covered 65 subjects of the Russian Federation, 2061 cities and towns of all federal districts of the Russian Federation.

Ключевые слова: профсоюзы, коллективный договор работников, социальная защита, социальное партнерство.
Keywords: trade unions, collective agreement workers, social protection, social partnership.

Финансово-экономический кризис обострил многие проблемы, связанные с переходом от формальной к неформальной занятости, сокращения человекоёмких производств, перетока высококвалифицированных специалистов в высокотехнологичные отрасли экономики.

По прогнозам аналитиков в последующие 10-20 лет перестанет существовать около половины профессий. Также кардинальные изменения коснутся различных видов деятельности (промышленное производство, логистика, сельское хозяйство, госуправление, торговля).

Данный факт также не смог не сказаться и на особенностях заключения коллективных договоров в организациях различных видов экономической деятельности. Существенное влияние на заключение и реализацию коллективных договоров оказывает неоднозначная ситуация на рынке труда. Во многом она обуславливается урезанием расходов на персонал, сокращением найма сотрудников, увеличением скрытой безработицы и задолженности по заработной плате, а также снижением покупательной способности заработной платы и не только низкооплачиваемых категорий, но и тех, кто получает среднюю заработную плату. Более того, ситуация осложняется тем, что на сегодняшний день по-прежнему остается высокая доля убыточных предприятий (более 30 %), высокая задолженность экономических агентов перед бюджетом, а также бюджета перед предприятиями и организациями. В целом по стране инвестиционная активность в первом полугодии 2016 г. снизилась на 4,3 %.

Наконец, развитие тенденций по разбалансировке спроса и предложения на рабочую силу, размывание защитных функций ряда социальных институтов - все эти и многие другие вопросы защиты трудовых прав и законных интересов работников находятся в фокусе внимания российских профсоюзов.

В этой связи интерес представляет результаты опроса, проведенного в 2016 году Центром социологических исследований Института профсоюзного движения ОУП ВО "АТиСО". В качестве участников общероссийского опроса выступали работники предприятий и организаций различных видов экономической деятельности. Всего было опрошено 3150 респондентов. Исследование охватывало 65 субъектов РФ, 2061 город и населенный пункт всех федеральных округов Российской Федерации.

Несмотря на негативные оценки возможной динамики показателей, характеризующих финансово-экономическую ситуацию во многих субъектах РФ, обследование выявляет некоторый оптимизм в отношении оказываемой профсоюзными организациями помощи в вопросах защиты трудовых прав и интересов работников. Подтверждением этому является средняя оценка позиции "по-



мощь, которую оказала первичная профсоюзная организация работникам" - 4,5 балла; территориальная/региональная организация - 4,4 балла. Несколько ниже работниками оценивается помощь профсоюзных организаций более высокого уровня: общероссийского профсоюза - 3,6 балла, республиканского, областного, краевого объединения профсоюзов - 4 балла. Даваемые оценки не повод для самоуспокоения. В особенности если учитывать

то, что большая часть участников опроса состоят в профсоюзе. И, тем не менее, исследование показало, что защита интересов работников во многом зависит от того, какой уровень социально-трудовых отношений играет приоритетную роль при установлении тех или иных социальных гарантий.

Результаты опроса свидетельствуют также о том, что и работодатели, и работники нередко недооценивают роль профсоюзов как ключевого социального института и, по сути, не рассчитывают на помощь с его стороны. Интенсивность обращений в профсоюз зависит как от объективных, так и субъективных обстоятельств.

Так, спрос на "профсоюзные услуги" со стороны социально-профессиональных групп неоднозначен. Тем более что случаи нарушения социально-трудовых прав работников не единичны (незаконные увольнения, задержки зарплат и т.д.). Чаще всего о возникающих нарушениях заявляют профсоюзные работники, а также рабочие, специалисты и руководители среднего уровня управления.

Анализ обращений в профсоюзную организацию за последний год показывает, что многие работники (64,2 %) рассчитывают на свои силы при решении вопросов по защите своих трудовых прав и интересов и предпочитают не обращаться в профсоюз. Чаще всего не обращаются в профсоюз молодежь, а также служащие и ИТР. Очевидно, по данным категориям проявляется не только низкая информированность о том, что вопрос может быть решен, но и невысокая социальная активность работников. Высокая доля "необращенцев" не означает, что работники вообще "не идут" в свой профсоюз. В целом таких оказывается существенное меньшинство - 24,9 %.

Как можно заметить, большинство респондентов видят в профсоюзе помощника в решении насущных проблем. Опрос показал, что примерно каждый третий респондент обращался в профсоюзный комитет по вопросам получения материальной помощи (1 место). Далее по степени упоминания респонденты выделяли вопросы оплаты труда (15,1 % - 2 место) и социальной защиты (14,1 % - 3 место).

Нельзя сбрасывать со счетов значимость фактора информирования работников о деятельности профсоюза как общественной организации, защищающей права и интересы работников, а также тех мероприятий, которые проводит профком.

В этой связи особым направлением в профсоюзной работе является информационная работа в рамках развития социально-трудовых отношений. Безусловно, результативность колдоговорного процесса в определенной степени зависит не только от наличия соглашений и коллективных договоров на предприятии. В не меньшей степени она зависит от того, насколько полно профсоюзные организации ведут работу по информированию работников о заключении и реализации соглашений и коллективных договоров, какие источники информации в наибольшей степени подходят для той или иной целевой группы.

Как показал опрос, большинство респондентов информированы о том, как проходили коллективные переговоры в организациях, в которых они работают. Полностью владеют информацией о ходе переговоров 41,1 %. Только 8 % ответили, что ничего не знают о переговорном процессе. Еще 5 % затруднились ответить на поставленный вопрос.

В целом анализ степени информирования работников - членов профсоюза о деятельности профсоюзов выше среднего. За последние несколько лет уровень информированности работников о ведении коллективных переговоров на локальном уровне оценивается на умеренно стабильном уровне - "выше среднего". Многие территориальные организации профсоюзов демонстрируют активную вовлеченность в Интернет пространство при наличии информационной инфраструктуры, хотя по ряду показателей по его использованию сохраняются диспозиции. Причем значимые диспозиции проявляются по профсоюзам тех регионов, которые занимают ведущие позиции по цифровизации; наблюдается разрыв между развивающимися и развитыми (традиционно стабильными) профсоюзными организациями. Существенное влияние здесь оказывает экономическое положение той или иной представляемой отрасли, численный состав профсоюза, наконец, имеющаяся цифровая инфраструктура доступа. По степени использования цифровых технологий среди профсоюзных организаций можно выделить "лидеров", "развивающихся" и "аутсайдеров". Для активного развития социального диалога, межуровневого взаимодействия, совместной разработки инициатив профсоюзным организациям необходимо не только обеспечивать опережающую подготовку профактива, но и обеспечить максимизацию использования существующей инфраструктуры доступа к профсоюзным онлайн ресурсам, межуровневого взаимодействия за счет имеющихся цифровых сервисов и платформ.

Результаты опроса свидетельствуют о том, что во время переговоров представители работников сталкиваются с немалыми трудностями. 18 % наиболее существенной проблемой, с которой сталкивается профсоюзная сторона во время переговоров, считают давление со стороны администрации. Чуть меньше респондентов полагают, что такой проблемой является отсутствие поддержки со стороны государственных органов (12,2 %). По мнению



еще 9,7 % респондентов, существенной проблемой является отсутствие поддержки со стороны работников. Лишь только 2,5 % отмечают неудачный выбор профсоюзной стороной требований. Показательно, что каждый десятый респондент не смог определиться с ответом на вопрос (11,4 %).

Анализ оценок респондентов об особенностях колдоговорного регулирования на уровне субъектов РФ выявил существенные расхождения. Для понимания причин данных расхождений обратимся к сравнению мнений респондентов из регионов, отличающихся по качеству рабочей силы (определяется уровнем образования, доходами, здоровьем работающей части населения) и

мнению по всей совокупности респондентов о развитии социально-трудовых отношений.

Результаты анализа статистики показывают, что в ответах респондентов из регионов с высоким уровнем качества рабочей силы (Москва, Санкт-Петербург, Республика Татарстан, Тюменская область, Сахалинская область, Республика Саха (Якутия), Чукотский автономный округ) чувствуется большая самостоятельность в решении социально-трудовых проблем и их независимости от системы администрирования. В большей степени, чем другие, за столом переговоров они указывали в числе проблемных вопросы, связанные с социальной защитой работников (24,2 % ответов против 7,8 % - по всему массиву). Более того, они в большей степени, чем все опрошенные, указывали на необходимость решения достаточно широкого спектра других проблем за столом переговоров (соответственно 12,3 %, против 0,1 %). Как можно заметить, спектр решаемых за столом переговоров проблем существенно расширен и требует дополнительных нормативно-правовых гарантий.

В регионах с невысоким уровнем качества рабочей силы (Республика Алтай, Адыгея, Калмыкия, Дагестан, Кабардино-Балкарская Республика, Ивановская область) чаще всего отмечали проблемы, которые связаны с обеспечением условий труда и производственной безопасности - 15,3 % (против 8,3 % - в целом по выборке); системой и размером оплаты труда, денежных вознаграждений, компенсаций, доплат - 42,31 % (против 35,1 %). В меньшей степени, по мнению респондентов из этой группы регионов, в сравнении со всей совокупностью, проведение переговоров осложняют вопросы, связанные с гарантией профсоюзной деятельности 0,1 % (против 2,1 %).

В том числе вполне обоснован акцент представителей регионов с невысоким уровнем качества рабочей силы на обеспечение минимальных социальных гарантий работникам, на решения первоочередных социальных проблем. Эти проблемы вполне объяснимы плохими условиями развития регионов на "старте" социально-экономических преобразований, высокой зависимостью от федеральных программ и невысоким уровнем профсоюзного влияния.

Особым направлением исследования является реализация основных положений коллективного договора. В топ-3 основных положений коллективного договора по степени реализации входят:

- рабочее время и время отдыха (1 место);
- условия и охрана труда работников (2 место);
- контроль за выполнением коллективного договора (3 место).

В наименьшей степени, по мнению респондентов, реализуются положения коллективного договора, связанные с частичной или полной оплатой питания работников; участием работников в управлении производством; механизмами регулирования оплаты труда с учетом роста цен. Очевидно, что требование переговорщиков в контексте повышения цены труда предопределяют заметный разрыв между индексом потребительских цен и дефлятором расходов населения на товары и услуги.

Заметим, что по итогам 2016 г. в большинстве региональных соглашений МРОТ фиксируется на уровне федерального значения (9776 руб.). Лишь только 5 субъектов РФ, установивших МРОТ выше федерального ПМ (Липецкая и Тульская области, Москва, Камчатский и Хабаровский края). При этом в 28 из 83 регионов ПМ фиксировался выше федерального уровня. Доля минимальной заработной платы по отношению к средней в РФ за 2010-2016 гг. колебалась от 17 до 21 % по различным месяцам, а в 2016 г. составила 21 %. Данные ФСГС свидетельствуют, что средняя заработная плата за указанный период росла более высокими темпами, чем минимальная заработная плата. Фиксируется





ботной платы до 45...50 % для социальных партнеров вполне реальная задача.

С учетом наблюдаемого "сжатия" рынка труда проблема обеспечения занятости работников становится наиболее актуальной за столом переговоров. Данные опроса фиксируют сохраняющуюся высокую региональную дифференциацию. В ответах, полученных от респондентов из субъектов РФ с критическим уровнем безработицы (Алтайский край, Республики Алтай, Чечня, Северная Осетия (Алания), Карачаево-Черкесская Республика, Ингушетия, Дагестан), о наиболее важных проблемах, осложняющих развитие социально-трудовых отношений, выделяются проблемы, связанные с неразвитостью рыночной инфраструктуры, сохраняющейся значимой напряженностью на рынке труда, недостаточной квалификацией персонала, ограниченной территориальной мобильностью работников. Напротив, меньше всего, по мнению респондентов, проведение переговорного процесса осложняют недостатки в нормативно-правовой базе, просчеты в экономической политике, наблюдаемый уровень бедности. Респонденты из регионов с критическим уровнем безработицы также обращают особое внимание на уменьшение производительности труда, численность модернизируемых рабочих мест и создание новых высокопроизводительных рабочих мест. Очевидно, что к числу наиболее значимых направлений совершенствования региональной политики можно отнести: обеспечение эффективного контроля за реализацией федеральных социальных программ, обеспечение минимальных социальных гарантий населению, привлечение инвестиций и поддержка региональных инвестиционных проектов.

В крупнейших регионах РФ с невысокой безработицей острее стоят проблемы формирования доходной части бюджета, низкой финансовой дисциплины экономических агентов. В меньшей степени респонденты из данных регионов акцентировали внимание на проблемах взаимоотношений с федеральным центром и зависимости от федеральных программ, сохранение напряженности на рынке труда. Очевидно, что на повестке решение проблем по совершенствованию нормативно-правовой базы, повышение административного и экономического контроля за расходованием бюджетных средств.

Несмотря на снижение темпов развития экономики, ухудшения ситуации на рынке труда прогнозные ожидания участников опроса в целом по выборке по многим параметрам динамики колдоговорного процесса выглядят оптимистично.

По сравнению с прошедшим годом лучшая ситуация прогнозируется в отношении представления профсоюзами позиции работников по вопросам оплаты труда. Баланс оценок изменения данного показателя достаточно высокий и составил +16,3 %. На этом фоне для переговорщиков остаются проблемы медленного увеличения оплаты труда по ряду отраслей социальной сферы, во многих обрабатывающих отраслях промышленности, а также в сельском хозяйстве.

Исходя из мнений респондентов, лучшая ситуация ожидается в вопросах представительства интересов работников в отношении создания новых высокопроизводительных рабочих мест. Баланс оценок изменения данного показателя составил +15 %. Это выражает определенный оптимизм относительно развития ряда инновационных отраслей экономики. И все же сегодня сохраняет-

ся высокая доля устаревшей технико-технологической базы. Особую обеспокоенность вызывает значительный удельный вес устаревшего оборудования в отраслях промышленности, транспорте и связи, образовании.

Как показало исследование, в регионах с высоким уровнем качества рабочей силы чаще, чем в целом по выборке, анкетированные отмечали позитивные тенденции в динамике роста модернизированных рабочих мест 8,4 % (1 %), роста производительности труда 25,4 % (15,0 %). Очевидно, проблема видится в необходимости повышения инновационного потенциала дотационных регионов.

Симптоматично, что многие проблемы колдоговорного регулирования связаны с сохраняющейся невысокой степенью участия работников в управлении предприятием. Улучшение ситуации здесь прогнозируют 11,4 % работников, ухудшение - 10,2 %. По сути, речь идет о необходимости стимулирования работников к участию в управлении предприятиями.

Респонденты из регионов с критическим уровнем безработицы обращают особое внимание на уменьшение производительности труда, численности модернизируемых рабочих мест и создания новых высокопроизводительных рабочих мест (баланс оценок - 4,2 %, -6,7 % и -1,3 %). В определенной степени по данным регионам трудности видятся не только в эффективном использовании дополнительных дотаций из бюджета, но и в расширении системы профессиональной подготовки и переподготовки работников, что, безусловно, должно найти отражение в коллективных договорах.

По отношению к 2015 году, по оценкам респондентов, наблюдается ухудшение ситуации в отношении функции представительства интересов работников в вопросах предоставления дополнительных гарантий при сокращении численности работников или сокращении штата (баланс оценок изменения показателя - 0,9 %). Очевидно, что в условиях ускорения инфляционных процессов, продолжающегося падения производства усилия социальных партнеров и прежде всего профсоюзов должны быть направлены на совершенствование нормативно-правового обеспечения реформ в плане защиты работников от незаконных увольнений.

Резюмируя отмеченное, подчеркнем, что используемые сегодня в колдоговорной практике инструменты контроля выполнения достигнутых договоренностей, к сожалению, малоэффективны. К тому же трудовое законодательство за невыполнение условий коллективного договора или соглашения устанавливает небольшие санкции. Практически процесс совершенствования коллективно-договорных отношений распространения действия соглашений пробуксовывает как на отраслевом, так и региональном уровне. По регионам сохраняется значительные диспропорции по соотношению средней заработной платы и МРОТ. Проблема здесь видится и в распространении действия соглашений и коллективных договоров на предприятия и организации малого и среднего бизнеса.

Очевидно, что в условиях ускорения инфляционных процессов, продолжающегося падения производства, усилия социальных партнеров и прежде всего профсоюзов, как института гражданского общества, должны быть направлены на совершенствование нормативно-правового обеспечения реформ в плане защиты работников от незаконных увольнений, повышения заработной платы работника, до уровня, который обеспечивает расширенное воспроизводство рабочей силы.

На законодательном уровне необходимо принять соответствующие решения, которые бы способствовали усилению ответственности бизнеса за исполнение взятых социальных обязательств. В определенной степени существенно улучшить ситуацию помогло ратификация нашей страной Конвенции МОТ № 131 "Об установлении минимальной заработной платы с особым учетом развивающихся стран".





www.aviaport.ru

АвиаПОРТ

отраслевое агентство



Новости



События



Аналитика



Справочник



Персонал



Рынок



Сообщество

ИСПОЛЬЗОВАТЬ

И

РАБОТАТЬ

ЦИФРЫ

ФАКТЫ

ГЛАВНЫЙ

АНАЛИЗИРОВАТЬ

И ПЛАНИРОВАТЬ

ИСКАТЬ И НАХОДИТЬ

ИСТОЧНИК

РАБОТАТЬ

ИНФОРМАЦИИ

ЗНАКОМИТЬСЯ

И

ОБЩАТЬСЯ

НАХОДИТЬ

ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ

ИСКАТЬ

АНАЛИЗИРОВАТЬ

КОММЕНТАРИИ

ЦИФРЫ

ИСКАТЬ

АВИАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ

РАБОТАТЬ

ПЛАНИРОВАТЬ

ФАКТЫ

ИСПОЛЬЗОВАТЬ



ЕСТЬ ЛИ БУДУЩЕЕ У ДИРИЖАБЛЕЙ?

Илья Андреевич Щур,

ученик 8 класса ГБОУ Гимназия №1576, г. Москва

(Окончание. Начало в 3 - 2016)

Преимущества и недостатки дирижаблей различных систем

Как видно из предыдущих частей статьи, каждый из типов дирижаблей достиг высокого технического совершенства. Но каждый из типов имеет свои особенности, которые определяют его преимущества и недостатки. (табл. 1).

Несомненно, современное техническое развитие позволит минимизировать недостатки и ещё лучше использовать преимущества каждого типа дирижаблей. Особенно при условии их применения в той нише, в которой он принесёт наибольшую пользу.

Приведенные в статье основные вехи и конструк-

тивные решения, по моему мнению, являются ключевыми в истории дирижаблестроения и сыграли положительную роль в его развитии. На основании изученного материала можно сделать вывод: за время массового строительства дирижаблей человечеством был накоплен огромный опыт в данной области, а также созданы наиболее оптимальные конструкции данных летательных аппаратов.

Правомерно считать, что, используя весь накопленный опыт, а также новейшие достижения науки и техники, можно создать дирижабли, предназначенные для любых целей и способных работать в любых условиях.

Таблица 1

Преимущества и недостатки дирижаблей различных систем		
Тип дирижабля	Достоинства	Недостатки
Мягкие	Наибольшая массовая отдача при одинаковых с дирижаблями других систем объёмах. Меньшая стоимость. Быстрая разборка, а соответственно удобство хранения и транспортировки	Невозможность создания дирижабля с грузоподъёмностью выше 50 т. Ограничение скорости из-за деформации мягкой оболочки при аэродинамических нагрузках. Ухудшение управляемости дирижабля из-за понижения центра масс, обусловленного размещением всех жёстких элементов в гондоле
Жёсткие	Практически неограниченная грузоподъёмность, дальность и продолжительность полёта. Равнонагруженность конструкции, позволяющая значительно улучшить устойчивость и управляемость дирижабля. Доступность для осмотра и ремонта в полёте элементов конструкции, в том числе и газовых баллонов	Более высокая стоимость, обусловленная наибольшей сложностью конструкции. Большая уязвимость при столкновении с препятствием
Полужёсткие	Полужёстким дирижаблям в той или иной мере присущи недостатки и преимущества дирижаблей мягкой и жёсткой системы	

Аварии и катастрофы

Изучая историю дирижаблестроения, нельзя обойти стороной аварии и катастрофы этих летательных аппаратов, так как одной из основных причин отказа от массового использования дирижаблей наряду со стремительным развитием летательных аппаратов тяжелее воздуха, стали их аварии. Особенно после катастрофы дирижабля LZ-129 "Hindenburg", в которой погибли 36 человек.

Изучение и анализ причин всех аварий дирижаблей является одним из ключевых моментов для ответа на вопрос - есть ли будущее у дирижаблей? На первом этапе из анализа можно сделать вывод о существовании одиннадцати основных причин, которые их вызвали или усугубили. Эти причины приведены в табл. 2.

Большинство этих причин являются следствием недостаточного научно технического развития того вре-

6 мая 1937 года.
Дирижабль «Гинденбург».
Горит водород.



Вечером 4 октября 1930 года R101 вылетел из Англии в Индию.
Ночью 5 октября над Францией во время шторма он резко потерял высоту, врезался в гору, и взорвался. Из 54 человек экипажа и пассажиров, погибло 48. В числе погибших был барон Томсон, министр авиации Соединенного Королевства

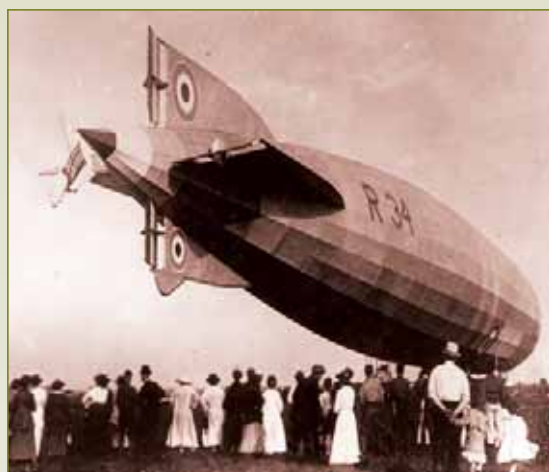
Основные причины аварий и катастроф дирижаблей	
Причина	Наименование дирижаблей
Использование пожароопасного водорода	"Deuschland", "Pax", LZ-4, LZ-10, M III, LZ-4, LZ-10, M III, LZ-18, LZ-30, LZ-31, LZ-36, LZ-40, LZ-52, SL-6, LZ-53, LZ-69, "Черномор-3", SL-9, LZ-102, LZ-104, LZ-107, TC-1, S-33, R-101, LZ-129, СССР В-6
Отсутствие баллонета	Второй дирижабль Жиффара, дирижабль Брадского
Отсутствие перегородок, предотвращающих перетекание газа (секционирование)	Дирижабль Баумгартера, дирижабль №6 Сантос-Дюмона, "Morell", PL-2, "Republique"
Недостатки конструкции газовых клапанов	Дирижабль Шварца, "Pax", "Leonardo da Vinci", "Erbsloeh", "Akron", R-101, "Победа"
Недостаточная герметичность и прочность оболочки	Дирижабль Баумгартера, Дирижабль Шварца, "Morell", R-101, "Columbia"
Недостаточная производительность средств нагнетания воздуха в баллонет	Дирижабль №1 Сантос-Дюмона, дирижабль №2 Сантос-Дюмона, дирижабль Бартон, "Gross II", PL-2, "Republique", "Гигант"
Отсутствие надежных средств швартовки	"Lebaudy", "Lebaudy II", LZ-2, "Patrie", LZ-4, LZ-5, "La Belgique", LZ-7, LZ-15, LZ-24, LZ-27, SL-2, SL-4, LZ-60, C-5, R-34, N-1, R-33, СССР В-2
Отсутствие надежных навигационных средств	"Альбатрос", LZ-26, LZ-27, LZ-44, LZ-82, LZ-96, R-34, N-4, СССР В-6
Большая парусность и недостаточная мощность двигателей	"America", "Nulli secundus", "Gross II", "Альбатрос", N-4
Недостаточная прочность корпуса	R-38, "Гигант", LZ-14, LZ-144, ZR-1, ZRS-5
Ошибки пилотирования	Дирижабль Шварца, "Nulli secundus", "Clement Bayard", "Italia", LZ-5, "Leonardo da Vinci", "La Belgique", LZ-88, LZ-89, LZ-106, T-34, R-101, СССР В-7бис, "Победа"

мени. Использование водорода, из-за его пожарной опасности если не являлось причиной, то часто усугубляло последствия аварии. Ошибки пилотирования также являлись следствием неопытности аэронавтов того времени.

При современном техническом развитии возможно создать дирижабль, в котором будут отсутствовать недостатки, приводившие к вышеуказанным причинам.



Дирижабль "Гигант"



Дирижабль "R34"



Дирижабль "Akron"



Дирижабль "Republique"



Дирижабль "America"



Дирижабль "Nulli secundus"



Дирижабль СССР В-6



Дирижабль N-4 "Италия"



Дирижабль "Победа"



Дирижабль "Morell"



Дирижабль "Альбатрос"



Бывало и так, но это еще не катастрофа...

Проекты дирижаблей новых поколений

Катастрофа LZ-129 поставила точку в эпохе массового дирижаблестроения, но человечество периодически возвращается к идее использования дирижабля. В этой части работы будут рассмотрены самые интересные проекты дирижаблей с 60-х годов прошлого столетия до наших дней, а также изложены области применения, для которых они разрабатывались.

Начнём с мягких дирижаблей. В 1968 году фирма Goodyear возобновила строительство своих дирижаблей. Также строительством мягких дирижаблей занимались многие фирмы: в Германии West deyshe lyufftenbung; в Англии Sande koults, Cameron Balloons, Aerospace Developments (в дальнейшем, после слияния с фирмой Termo-Skayship - Airship Industries); в Австралии Maintainer PTI, а также другие фирмы в различных странах мира. Мягкие дирижабли



Дирижабли фирмы Goodyear



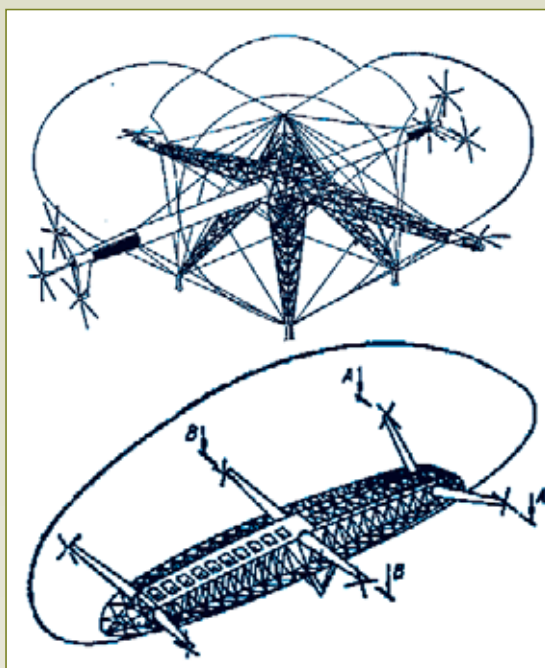
Дирижабль фирмы Cameron Balloons



Skyship 600 - дирижабль британской компании Airship Industries. Первый полет 6 марта 1984 года. Изготовлен из кевлара и композитных материалов

ли строятся и по сей день. Дирижабли нового поколения создаются уже с использованием современных методов проектирования и испытаний на базе последних научно-технических достижений. С 1968 г. и до наших дней область применения мягких дирижаблей остаётся практически без изменений, они используются для рекламы, исследования загрязнения атмосферы, съёмок с воздуха, в качестве ретрансляторов радио и телевизионных сигналов, обзора воздушного пространства с помощью радиолокаторов, наблюдения за дорожным движением, поисковых и спасательных работ, обслуживания морских нефтепромыслов, геологической разведки, а также пассажирских перевозок. Большинство из этих задач будет актуально и в будущем.

Проекты полужёстких дирижаблей нового поколения появились в середине 70-х годов XX века. Наиболее интересны разработки Национального управления авиационных и космических исследований Франции ОНЕРА совместно с фирмой Aerospatiale.



Проекты полужёстких дирижаблей "Obelix" (вверху) и "Obelix II" французского центра ОНЕРА и фирмы Aerospatiale

Ведутся разработки дирижаблей данного типа и в наши дни.

Ну и конечно, разрабатывались проекты жёстких дирижаблей. Дирижабли этой системы с 60-х годов прошлого века и до наших дней прошли гигантский путь эволюции и, как мне кажется, стали самым перспективным типом для использования в будущем. Наиболее интересные проекты дирижаблей нового поколения: жёсткокорпусные Д-1 и Д-4 (СССР), в которых основным материалом корпусов служил стеклопластик.



Макет дирижабля Д-1

Также стеклопластик использовался и для изготовления обшивки дирижабля-контейнеровоза фирмы Cargo Airship (Англия).

Достоин внимания проект английского дирижабля "Skyship". Оболочка этого дирижабля имела дискообразную форму. Несущий газ - гелий. Он находился в 19 изолируемых отсеках. Объём каждого отсека не превышал 10 % от общего газового объёма, в результате чего повреждение одного отсека с потерей газа может привести лишь к незначительному уменьшению подъёмной силы. Основное назначение дирижабля - транспортировка крупногабаритных неделимых грузов, например, блоков атомных электростанций, а также перевозка грузов в труднодоступные районы со слабо развитой транспортной инфраструктурой.

Французским национальным центром научных исследований было разработано семейство дирижаблей с дискообразной формой оболочки и с использованием двигателей со струйными поворотными движителями: "Titan", "Pegase", "Vesta", и "Alcion". "Titan" был предназначен для выполнения функций летающего крана (транспортировка и монтаж сверхтяжёлых неделимых конструкций). "Pegase" был предназначен для обеспечения дальней радиосвязи, ретрансляции телевизионных сигналов, а также проведения научных исследований в стратосфере. Стратосферный дирижабль "Vesta" предназначался для изучения атмосферы и наблюдения за поверхностью земли. "Alcion" имел грузоподъёмность 900 т и предназначался для транспортировки грузов на большие расстояния.

Очень интересен проект "Термоплан", разрабатываемый в СССР в 80-х годах прошлого века. Оболочка его должна была быть дискообразной формы. Для создания подъёмной силы и перемещения в воздухе в аппарате предполагалось иметь два объёма, один из которых заполнялся гелием, а второй - горячими газами от двигателей. Проектировалось несколько модификаций аппарата с диаметрами "тарелки" от ста сорока до трёхсот двадцати метров. Дирижабли



Термоплан

этой конструкции должны были преодолевать до восьмисот километров, и перевозить либо грузы от ста до двухсот тысяч тонн, либо от шестисот пятидесяти до трёх с половиной тысяч пассажиров.

И в XXI веке уже есть заслуживающие внимания конструкции дирижаблей.

К ним можно отнести комбинированный аэростатический транспортный летательный аппарат "Атлант" от воздухоплавательного центра "Авгурь".



Проект дирижабля "Атлант"

Дирижабль "Stingray" фирмы Prospective Concepts AG. Этот летательный аппарат представляет собой "летающее крыло". Это крыло наполнено легким газом, который создает три четверти подъемной силы, а ещё четверть создаётся благодаря аэростатическим свойствам крыла.



Дирижабль "Stingray" фирмы Prospective Concepts AG

Интересны проекты дирижаблей Aerocraft, SkyCat и Strato Cruiser, а также дирижабля-амфибии от фирмы Millenium Airship.



Дирижабль-амфибия от фирмы Millenium Airship

К сожалению большинство этих проектов по всевозможным причинам так и остались проектами, но они доказывают, что интерес к дирижаблям не угасает.

Преимущества и недостатки дирижаблей по сравнению с другими ЛА

Для того, чтобы понять, что же так привлекает человечество в дирижаблях, был проведен анализ преимуществ и недостатков дирижаблей по сравнению с другими летательными аппаратами (табл. 3).

Как мы видим, недостатков значительно меньше чем достоинств. К тому же, современные технологии

Преимущества и недостатки дирижаблей по сравнению с другими ЛА

Преимущества	Недостатки
- дирижабль экономичнее современных самолётов и вертолётов; - практически неограниченные грузоподъёмность и дальность беспосадочных перелётов; - практически неограниченное время нахождения в воздухе; - наибольшая экологичность по сравнению с другими ЛА; - в отличие от самолётов, дирижаблю не требуются взлётно-посадочные полосы и другая дорогостоящая инфраструктура	- огромные размеры; - относительно малая скорость по сравнению с самолётами и вертолётами; - большая парусность

вполне способны минимизировать недостатки и ещё более проявить преимущества дирижаблей. Поэтому вполне естественно, что человек старается вернуть дирижабли себе на службу.

Наиболее актуальные области применения для дирижаблей будущего

Изучая всё, что связано с дирижаблестроением, можно определить области применения этих воздушных кораблей, в которых, как мне кажется, они смогут стать наиболее эффективными и, если не заменить другие летательные аппараты, то стать их достойным дополнением.

Можно считать, что наиболее перспективным будет применение дирижаблей именно в нашей стране, которая обладает огромной территорией, включающей в себя труднодоступные регионы севера Сибири, Дальнего Востока, арктической зоны с шельфами и островами. Как писал Дмитрий Менделеев: *"У других стран много берегов водного океана. У России их мало сравнительно с её пространствами, зато она владеет обширными... берегами свободного воздушного океана. Русским поэтому сподручнее овладеть сим последним... Оно, вместе с устройством доступного для всех и уютного двигательного снаряда, составит эпоху, с которой начнётся новейшая история..."* [5].

Существует множество перспективных областей применения дирижаблей.

Очень часто в последнее время в периоды жаркой погоды происходят возгорания лесных массивов, которые наносят огромный ущерб природе, экономике, а также иногда сопровождаются и человеческими жертвами. Поэтому первой из очень перспективных областей применения дирижаблей является мониторинг наиболее пожароопасных территорий. Так как дирижабль может находиться в небе значительно дольше, чем вертолёт, то с него обнаружение очагов возгорания будет значительно эффективнее. К тому же дирижабль может иметь на борту несколько десятков тонн воды и при обнаружении очага возгорания ликвидировать его в зародыше, не дав ему превратиться в большой пожар.

Ещё одним применением дирижаблей могут быть поисково-спасательные работы при кораблекрушениях, авиакатастрофах и т.д. Здесь также дирижабль имеет преимущество по сравнению с другими летательными аппаратами в длительности непрерывного нахождения в районе поиска, а после обнаружения терпящих бедствие может самостоятельно и незамедлительно приступить к их спасению.

Очень большая грузоподъёмность, а также способность переносить очень большие неделимые конструкции открывают такие области применения как: доставка и монтаж уже готовых буровых установок для нефте- и газо-добычи; монтаж и обслуживание ЛЭП в труднодоступных районах. Дирижабли могут помочь в развитии континентальной ветроэнергетики России, так как смогут доставлять и монтировать боль-



Дирижабль на тушении лесных пожаров

шие элементы ветроэлектростанций без предварительного создания транспортной инфраструктуры, что значительно удешевит строительство.

Очень остро в нашей стране стоит вопрос снабжения центральных регионов отечественными дальневосточными морепродуктами. Использование дирижаблей в данной сфере позволит существенно улучшить ситуацию. Дирижабль может принимать морепродукты прямо с кораблей, находящихся в море, и без использования промежуточных звеньев доставлять их в любое место нашей страны.

Идею летающего "высокогорного" санатория предлагает Вадим Николаевич Инфантьев [5].

Он пишет: "Вполне возможно построить летающий "высокогорный" санаторий "с пляжем", вернее - солярием на его спине, с удобными палатами и самым современным медицинским оборудованием... Они будут единственными санаториями, где всегда будет солнце и не будет ветра. Даже если высота верхней

кромки облаков не позволяет дирижаблю подняться выше их, чтобы больные получали солнечные ванны, то ему ничего не стоит, запросив метеорологов, перелететь в район солнечной погоды или низкой облачности".

По моему мнению, это очень перспективное направление для дирижаблей. Подобные дирижабли можно будет использовать и для воздушных круизов, которые могут стать очень популярными и конкурентоспособными с океанскими круизами.

Очень перспективно использование дирижаблей в качестве высотной стартовой площадки для космических ракет.

Это позволит значительно удешевить запуск в космос полезной нагрузки.

Ещё мне представляется вполне возможным использование беспилотных стратосферных дирижаб-

лей для обеспечения связи или экологического мониторинга (заменяя или дополнив в этом качестве геостационарные спутники). Перспективно использование стратосферных дирижаблей и в качестве платформы для астрономических наблюдений. Оборудование, установленное на таких дирижаблях, можно относительно легко и без существенных затрат поменять или отремонтировать, в отличие от оборудования, установленного на спутнике, которое практически очень сложно и дорого отремонтировать.

Вывод

Изучая историю дирижаблестроения, развитие различных типов конструкций дирижаблей, анализируя аварии и катастрофы дирижаблей и их основные причины, а также знакомясь с проектами современных дирижаблей, я пришёл к тому, что дирижабль будущего должен соответствовать следующим условиям:

- в качестве несущего газа должен использоваться пожаробезопасный газ;
- дирижабль должен быть безбалластным, а для компенсации снятого груза подъёмная сила должна компенсироваться за 3...5 минут;
- оболочка должна быть изменяемого объёма;
- двигатели должны создавать тягу во всех направлениях (вперёд-назад, вверх-вниз, влево-вправо);
- крейсерская скорость не менее 150...180 км/ч;
- грузоподъёмность дирижабля должна соответствовать тем задачам, для которых он создаётся, а весовая отдача (безразмерная величина, равная отношению нагрузки летательного аппарата к его взлётной массе [6]) должна быть более 50 %;
- корпус (оболочка) дирижабля должен не только выполнять свои основные функции, но и использовать энергию окружающего пространства (например, корпус дирижабля может быть покрыт снаружи солнечными батареями), что позволит сделать дирижабли ещё более экономичными и экологичными, а также позволит превратить один из недостатков дирижаблей (огромный размер) в достоинство;
- дирижабль должен использовать для взлёта и посадки любые подходящие по размеру необорудованные площадки;
- дирижабль должен быть оборудован новейшими навигационными устройствами и системами антиобледенения;
- стоянка и хранение под открытым небом должны быть возможными в любое время года.

Я абсолютно уверен, что современные технологии и научные достижения позволяют создать дирижабль, соответствующий всем этим требованиям.

На основании этих выводов мной сделан предварительный проект дирижабля будущего. Это - Комбинированный дирижабль, в котором гелий создает нулевую плавучесть аппарата, а регулирование подъемной силы осуществляется применением горячего воздуха и четырех боковых двигателей, которые поворачиваются в нужном направлении.

Нижняя часть оболочки имеет изменяемый объем. В полете и при приводнении нижняя часть оболочки имеет выпуклую форму, а при приземлении на грунт оболочка становится плоской, благодаря чему дирижабль плотно садится на грунт, уменьшая при этом парусность. Швартовка осуществляется четырьмя шнековыми якорями, которые выдвигаются из днища дирижабля и вбуриваются в грунт.

Силовая установка дирижабля электрическая и состоит из шести двигателей: двух толкающих, распо-



Дирижабль-санаторий



Варианты перспективных дирижаблей



ложенных в киях аппарата, и четырёх боковых поворотных, создающих тягу в любом направлении. Питание двигателей осуществляется от солнечных батарей, расположенных на поверхности дирижабля, а в случае недостаточности энергии включается генера-

тор, работающий на водородном топливе. Водород и топливные элементы для безопасности помещены в отсек с гелием.

Модель дирижабля по этому проекту вы видите на фото.



Источники и литература

1. Обухович В.А., Кульбака С.П. Дирижабли на войне. Минск. 2000. С. 24.
2. Самойлов К.И. Морской словарь. - М.-Л. 1941.
3. Авиация: Энциклопедия. Главный редактор Г.П. Свищев. М. 1994. С. 270.
4. Циолковский К. Дирижабль, стратоплан и звездолет как три ступени величайших достижений СССР // Гражданская авиация. 1933. №9. С.7-8.
5. Инфантьев В. Мамонты шагают в будущее. Ленинград. 1971. С. 1-128.
6. Авиация: Энциклопедия. Главный редактор Г.П. Свищев. Москва. 1994. С. 270.
7. Арие М.Я. Дирижабли. Киев. 1986. С. 7-257.
8. Гончаренко В.В. Как люди научились летать. Киев. 1986. С. 50-66.
9. Дружинин Ю.О., Емелин А.Ю., Павлушенко М.И., Соболев Д.А. Страницы истории отечественного воздухоплавания. Москва. 2013. С. 5-499.
10. Соболев Д.А., Хазанов Д.Б. Немецкий след в истории отечественной авиации. Москва. 2000. С. 5-102.
11. Бойко Ю. Есть ли будущее у российских дирижаблей? // Воздухоплаватель. 2014. №1 (30). С. 45-51.
12. Ильин А.А. Не грядет ли эпоха электрических дирижаблей? // Юный техник. 2001. № 3. С. 7-8.
13. Черненко Г. "Аэроскаф" капитана Костовича // Техника молодежи. 2009. №11. С. 48-52.
14. Ощепков М.Ю. Дирижабль как средство развития континентальной ветроэнергетики // Composite 21 century. 2011. май. С. 32-41.
15. Перельман Я. Дирижабль Циолковского // Вокруг света. 1930. №35. С. 18-19.
16. Скоренко Т. Небесный тяжеловес: НЛО российской сборки // Популярная механика. 2010. №3 (89). С. 58-61.
17. Макаров О. Зачем они возвращаются? Нужны ли сегодня дирижабли? // Популярная механика. 2008. №10 (72). С. 42-51.
18. АТЛАНТ - транспортная технология будущего. URL: <http://rosaerosystems.ru/atlant/obj757> (дата обращения 12.10.2015).
19. Воздушные корабли. Обзор дирижаблей. URL: <http://www.novate.ru/blogs/120209/11406/> (дата обращения 12.10.2015).

ИНФОРМАЦИЯ

В июле 2011 г. мягкий дирижабль "Goodyear" (аппарат серии A60 фирмы American Blimp) потерпел крушение на подходе к аэропорту Рейхельсгейм (Германия). По показаниям очевидцев во время захода дирижабля на посадку равномерная работа двигателей была прервана сильным грохотом, а затем наступила тишина.

Когда дирижабль снизился до высоты двух метров из него выпрыгнули три находившихся в кабине пассажира. Кабину они покинули по команде пилота. Дирижабль, потеряв нагрузку, резко поднялся до высоты примерно 50 метров. И тогда очевид-

цам на земле стал виден пожар на борту летательного аппарата. Позже пассажиры уточнили, что пожар начался ещё во время посадки - они почувствовать жар, исходивший из моторного отсека.

Через несколько минут аппарат свалился горящим на землю. Пилоту удалось спасти пассажиров, но не удалось спасти ни дирижабль, ни себя.

Свидетели говорили, что на месте падения чувствовался сильный запах вылившегося из бака горючего. Конструкция дирижабля и два двигателя мощностью по 80 л.с. каждый сгорели полностью.



Причем дирижабль был надут не взрывоопасным водородом, а безопасным гелием, но, как видно, это его не спасло. **Д**

24 августа этого года воздушное судно "Airlander 10", длина которого составляет 92 метра, получило повреждения при посадке. Это произошло в ходе его второй полёта (первый состоялся 17 августа).

"Airlander 10" - это и воздушный корабль, и самолет. Он может поднимать в воздух 10 тонн полезной нагрузки. "Airlander 10" способен подниматься на высоту почти 5 км и развивать скорость до 150 км/ч. "Airlander 10" может находиться в воздухе до двух недель без экипажа и до пяти дней с экипажем на борту. На разработку Airlander 10 потрачено

приблизительно \$3,7 млн.

По утверждению очевидцев, один из канатов, свисающих с воздушного судна, зацепил телеграфный столб. После этого летательный аппарат ударился передней частью о землю. Пострадавших в результате аварии нет, повреждение получила только кабина пилота. Один из недостатков дирижаблей - недостаточная управляемость в полете - в данной аварии проявился в наибольшей мере. **Д**





ТАНКИ ОТ И ДО

Олег Никитич Брилёв,

д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки и техники РФ,
начальник кафедры танков ВАБТВ (1975-1987 гг.)

(Продолжение. Начало в 6 - 2014, 1-6 - 2015, 1-3 - 2016)



Фашистская Германия вступила в войну, имея на вооружении около 4500 танков, САУ. Танковый парк составляли легкие образцы III (использовался как разведывательный), средние III и TIV, САУ на базе III ("штурмовые танки"), а также некоторое количество танков 38T чешского производства и трофейных французских "Сомуа" S35. Боевые свойства германских танков соответствовали принятой в то время военной доктрине - массированное применение в составе крупных соединений (танковые дивизия, корпус, группа) во взаимодействии с другими родами войск, прежде всего авиацией, самостоятельный прорыв обороны и, не ожидая пехотных дивизий, выход на оперативный простор, окружение группировок противника, нарушение его тылов. Однако эти свойства не в полной мере соответствовали обстановке, сложившейся на поле боя на восточном фронте. Танки оказались недостаточно защищенными от противотанковой артиллерии (калибр 57 мм) и практически беззащитными против новых советских танков Т-34 и KV. Броня немецких танков легко поражалась нашими 76-мм пушками. Их орудия не могли пробить лобовую броню наших машин. Недостатками немецких танков были бензиновые двигатели (пожароопасность и малый запас хода) и сравнительно высокое удельное давление (плохая проходимость по бездорожью, слабым грунтам и в распутицу). Это сразу же потребовало модернизации, в результате которой была усилена защита, в том числе и путем установки дополнительных броневых листов, повышена огневая мощь путём установки длинноствольных пушек тех же калибров (50 и 75 мм) и введения подкалиберных снарядов.

Производство образца III в июне 1943 г. было прекращено (на его базе в дальнейшем выпускались САУ с 75-мм длинноствольной пушкой). Модернизированный TIV производился до конца войны, так как из-за сложности и трудоемкости танков нового поколения ("Тигр", "Пантера") это давало возможность обеспечить требуемую численность танкового парка. Кроме того, широко использовались САУ на базе III и TIV.

Недостаточная боевая эффективность танков III и TIV вынудила германское руководство осуществить перевооружение танкового парка в ходе войны. Это было вынужденным и обоюдоострым решением. С одной стороны, были созданы весьма совершенные образцы, но с другой - резко нарушена массовость производства. Кроме того, отсутствие времени на доработку привело к недостаточной надежности первых партий машин. Из общего количества произведенных за годы войны образцов танков и САУ в 53 800 единиц на долю новых образцов приходилось: "Пантера" и САУ на ее базе - 6650, "Тигр I" - 1348, и "Тигр II" и САУ на его базе - 550, в то время как танков III - 5644, танков TIV - 9355, различных САУ на базе прежних танков - 22 тыс.

Работы над созданием новых средних и тяжелых танков велись еще в 1938-1940 годах. Однако успехи германской армии в Европе притупили потребность в подобных машинах, и работы были приостановлены. Беспомощность и уязвимость, которые продемонстрировали III и TIV в боях с Т-34 и KV, заставили германское руководство резко ускорить разработку новых танков. На трофейных образцах были изучены достоинства советских танков. Прежде всего внимание обращалось на форму корпуса Т-34, дизельный двигатель, широкие гусеницы.

Танк TVI и "Тигр I" был запущен в производство летом 1942 г., танк TV "Пантера" - в конце 1942 г. В январе 1944 г. началось производство танка TVI "Тигр II", который отличался от предшественника более высокой баллистикой пушки и совершенными фор-

мами корпуса и башни с большими углами наклона. Предполагалось, что танк TV "Пантера" станет весьма эффективным противомассовым нашему Т-34 и самым массовым танком Германии. Танки "Тигр" рассматривались как средство борьбы с нашими танками KV и затем ИС. Предполагалось также, что усиленная защита новых танков, их стойкость по отношению к противотанковой артиллерии позволят им быть эффективным средством прорыва обороны, своеобразным "тараном", прокладывающим путь остальным. Именно так немцы пытались использовать их в Курской битве.

Новые немецкие образцы обладали весьма высокой боевой эффективностью, а также новизной и оригинальностью технических решений. Следует, прежде всего, отметить пушки высокой баллистики, что обеспечивало большую бронепробиваемость и увеличенную дальность эффективной стрельбы. Так, 75-мм пушка "Пантера" имела начальную скорость бронебойного снаряда 935 м/с и на дальности в 1000 м пробивала броню толщиной 130 мм (подкалиберный снаряд соответственно 1120 м/с и 160 мм). 88-мм пушка танка "Тигр II" имела начальную скорость 1035 м/с и пробивала на дальности 1500 м броню в 180 мм (подкалиберный снаряд соответственно 1130 м/с и 200 мм). Унитарный выстрел пушки тяжелого танка обеспечивал высокую скорострельность и большой боекомплект в 84 выстрела (у "Пантеры" - 79 выстрелов). Высокая баллистика обеспечивала возможность ведения огневого боя с танками на дальностях до 1500...2000 м. Пушки были оборудованы компрессорной продувкой. Оптические прицелы имели повышенные характеристики. Наведение осуществлялось посредством гидропривода. В конце войны на этих машинах появились оптические дальномеры и приборы ночного видения.

В броневооружении "Пантеры" и "Тигра II" были использованы по образцу советского Т-34 большие углы наклона брони. Эквивалентная толщина последней достигала в носовой части у "Пантеры" 140 мм, у "Тигра II" - 230...250 мм.

Система охлаждения двигателя была размещена в изолированных отсеках, что повышало пожарную безопасность и обеспечивало преодоление водных преград по дну.

Трансмиссия была оснащена гидроприводами (у "Тигра" - полуавтоматическое переключение "безвальной" коробки передач), механизмы поворота - "много радиусные".

В то же время танки были явно переутяжелены ("Пантера" - 45,5 т и "Тигр II" - 68 т). Это ограничивало подвижность и, несмотря на широкие гусеницы, проходимость (удельное давление около 1 кг/см²). Бензиновые двигатели увеличивали пожароопасность и снижали запас хода. Сложная ходовая часть с катками, расположенными в "шахматном" порядке, забивалась грязью, а весной и осенью прихвывалась морозом и была чрезвычайно трудоемка в ремонте.

В целом, сравнивая Т-34 и "Пантеру", ИС-2 и "Тигр II", следует признать, что по боевой эффективности в огневом противоборстве немецкие образцы превосходили наши танки. Но решающей на войне является не боевая, а военно-экономическая эффективность, которая опирается на сочетание "качество - количество". Пока в Германии создавалась одна "Пантера", в СССР - три Т-34. По военно-экономической эффективности, соотношению "качество - количество" советские танки, безусловно, превосходили немецкие. Русские простота и технологичность (при достаточном техническом уровне), обеспечивающие массовое производство, одержали верх над немецким усложненным техническим совершенством.

Танк TV "Пантера"



Осенью 1941 г. немецкие конструкторы бронетанковой техники (в том числе Ф. Порше и Г. Книпкампа) после изучения достоинств советских танков (Т-34 и других) приняли решение о применении на новых танках наклонного расположения брони и ходовой части с большими катками и широкими гусеницами. 25 ноября 1941 г. фирмы "Даймлер-Бенц" и MAN получили заказ на прототип 35-тонного танка с этими новшествами. Прототипы фирм MAN и "Даймлер-Бенц"

Весной 1942 года оба подрядчика представили свои прототипы.



Машина от "Даймлер-Бенц" (слева) внешне напоминала Т-34. Даже двигатель должен был быть дизельным. Первоначально фирме был даже выдан заказ на 200 машин, который, однако был снят. Победил в конкурсе проект фирмы MAN из-за более удачной подвески, лучшей манёвренности, меньшего вылета орудийного ствола. Даже применение бензинового двигателя было расценено положительно.

Корпус танка собирался из катаных поверхностью закалённых броневых плит средней и низкой твёрдости, соединённых «в шип» и сваренных двойным швом. Верхняя лобовая деталь толщиной 80 мм имела рациональный угол наклона в 57°, а нижняя лобовая деталь толщиной 60 мм устанавливалась под углом 53° к нормали. Верхние бортовые листы корпуса толщиной 40 мм наклонены к нормали под углом 42°, нижние устанавливались вертикально и имели толщину 40 мм.

Башня "Пантеры" представляла собой сварную конструкцию из катаных броневых листов, соединённых «в шип». Толщина бортовых и кормовых листов башни 45 мм, наклон к нормали 25°. В передней части башни в литой маске устанавливалось орудие. Толщина маски пушки 100 мм. Вращение башни производилось гидравлическим механизмом, осуществлявшим отбор мощности от двигателя. Также был предусмотрен ручной привод вращения башни (1000 оборотов маховика соответствовала повороту башни на 360°), но при крене более чем 5° поворот башни вручную был невозможен.

На первых 250 танках устанавливался 12-цилиндровый V-образный карбюраторный двигатель Maybach HL 210 P30 объёмом 21 л. Затем устанавливался Maybach HL 230 P45. На новом моторе были увеличены диаметры поршней, рабочий объём двигателя возрос до 23 л. Блок цилиндров вместо алюминиевого стал чугунным, а масса двигателя возросла на 350 кг. HL 230 P30 развивал мощность 700 л.с. при 3000 об/мин.

Интересная особенность: коренные подшипники коленчатого вала двигателя были не скольжения, как это принято повсеместно в современном двигателестроении, а роликовыми. Мера вынужденная, т.к. в стране не хватало цветных металлов.

Трансмиссия состояла из главного фрикциона, карданной передачи, коробки переключения передач (КПП), механизма поворота, бортовых передач и дисковых тормозов. КПП и механизм поворота выполнялись в виде единого агрегата, что уменьшало количество центровочных работ при сборке танка, но демонтаж габаритного узла в полевых условиях был затруднён.

Ходовая часть танка с «шахматным» расположением опорных катков обеспечивала хорошую плавность хода и равномерное распределение давления на грунт по опорной поверхности. Но такая конструкция была сложна в производстве и ремонте, а также имела большую массу. Так, для замены одного катка из внутреннего ряда требовалось демонтировать от трети до половины внешних катков.

Основным вооружением танка являлась 75-мм танковая пушка KwK 42 производства фирмы "Рейнметалл-Борзиг". Длина ствола орудия 70 калибров (5535 мм с учётом дульного тормоза).

Боекомплект пушки состоял от 79 до 82 выстрелов для разных модификаций. С пушкой был спарен 7,92-мм пулемёт MG-34, второй (курсовой) пулемёт размещался в лобовом листе корпуса в бугельной или шаровой установке. На командирской башенке устанавливался зенитный пулемёт MG-34 или MG-42.

На командирские "Пантеры" устанавливались приборы ночного видения (инфракрасный прожектор мощностью 200 Вт и прибор наблюдения, «видевший» на расстоянии до 200 м).

Скорость по шоссе 55 км/ч, скорость по пересечённой местности 25...30 км/ч. Запас хода по шоссе 250 км.

Серийный выпуск PzKpfw V "Пантера" продолжался с января 1943 года по апрель 1945 года включительно. Всего было выпущено 5976 "Пантер"

Танк TVI "Тигр"



Вскоре после нападения на СССР немецким войскам всё чаще приходилось сталкиваться с заранее подготовленной обороной Красной Армии и необходимость тяжёлого танка прорыва уже не подвергалась сомнению.

Аналога KV-1 в танковых войсках вермахта не было и КБ машиностроительных фирм "Хеншель" и "Порше" получили тактико-технические требования на тяжёлый танк прорыва массой 45 тонн. Представление опытных образцов было приурочено уже к апрелю 1942 г. КБ фирмы "Хеншель" взяли за основу компоновочную схему PzKpfw IV и применили "шахматное" расположение опорных катков в два ряда, что обеспечивало плавность хода и повышение точности стрельбы на ходу. Прототип фирмы Хеншель получил обозначение VK4501 (H). Фирма Порше применила продольные торсионы в системе подвески и электротрансмиссию. По результатам показа на Куммерсдорфском полигоне был выбран танк фирмы "Хеншель" благодаря большей надёжности ходовой части и лучшей проходимости по пересечённой местности. Кроме того, электрическая трансмиссия танка Порше требовала на изготовление большое количество дорогой и дефицитной меди.

Корпус танка имеет переменную ширину. Верхнюю часть пришлось расширить для размещения башни с диаметром погона 1850 мм, позволяющий установить в башню орудие калибра 88 мм. Толщина борта верхней части корпуса 80 мм, корма 80 мм, лоб — 100 мм. Большинство бронелистов корпуса соединяются под прямым углом. Почти все поверхности корпуса "Тигра" или параллельны, или перпендикулярны грунту. Исключение составляют верхний и нижний лобовые бронелисты. Лобовой 100-мм бронелист, в котором установлен курсовой пулемёт и наблюдательный прибор механика-водителя, имеет наклон 80° к линии горизонта. Стыкуются бронелисты методом «ласточкин хвост» и соединяются сваркой. Башня расположена примерно по центру корпуса со смещением на 165 мм к корме. Борта и корма башни сформированы из одной полосы броневой стали толщиной 82 мм. Лобовой лист башни толщиной 100 мм приварен к гнутому бортовому бронелисту. Крыша башни состоит из одного плоского бронелиста толщиной 26 мм и соединяется с бортами сваркой.

Двигатель танка "Тигр" - V-образный 12-цилиндровый карбюраторный двигатель с водяным охлаждением Maybach HL 230P45 (на первых 250 танках стоял HL 210). Картер и блок цилиндров выполнены из серого литейного чугуна. Головки цилиндров изготовлены из чугуна. Масса двигателя 1200 кг. Рабочий объём 23 л. Максимальная мощность 700 л.с. при 3000 об/мин. Скорость по шоссе достигала 44 км/ч, а по пересечённой местности - 20...25 км/ч. Топливные баки вмещали 534 литра этилированного бензина OZ 74. Запаса топлива хватало на 195 км при движении по шоссе и на 100...110 км по пересечённой местности. Коробка передач "Майбах-Ольвар" имела 8 передач переднего хода и 4 - заднего. Подвеска - индивидуальная торсионная, «шахматное» расположение катков в четыре ряда, восемь на борт конструкции Г. Книпкампа. Катки - большого диаметра, без поддерживающих роликов. Ведущее колесо - спереди. Пушка "Тигра" - 88-мм KwK 36 - танковый вариант зенитной пушки Flak 18/36. Длина ствола 4930 мм (56 калибров). Пушка оснащена двухкамерным дульным тормозом.

На танке устанавливалось 2-3 пулемёта MG-34

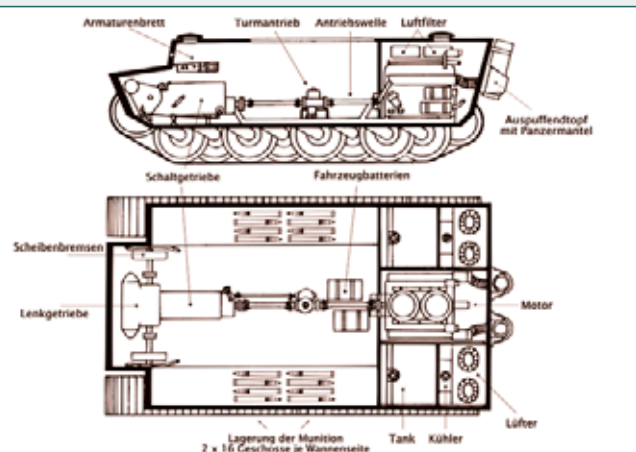


Схема внутреннего устройства корпуса танка TVI "Тигр"

«Тигр II»



"Тигр II" или "Королевский тигр"- немецкий тяжёлый танк заключительного периода Второй мировой войны.

Из анализа сражений на Восточном фронте и поступающей информации о разработках новых советских танков у командования немецких войск появилось желание иметь танк, вооружённый очень удачной и мощной 88-мм пушкой Kw.K. 43 L/71, которую в силу её размеров пока ни на одном из имевшихся танков разместить не удалось.

Было принято решение о создании танка-истребителя, имеющего повышенную защиту и вооружённым этим орудием. При этом большой подвижности от танка не требовалось - он должен будет действовать из засад и обстреливать противника с больших дистанций.

В августе 1942 года фирмы под руководством Ф. Порше ("Нибелунгенверке") и Э. Адерса ("Хеншель и сын АГ") получили ТЗ на разработку танка с бронёй, толще чем у "Тигра", и расположенной под большими углами наклона, как у Т-34. Вооружение танка должна была составлять 88-мм пушка KwK 43 L/71 с длиной ствола 71 калибр.

По итогам испытаний прототип Порше вновь был отклонён, и снова из-за сложной и дорогой электрической трансмиссии танка. Был одобрен проект Адерса с предложением учесть удачные конструктивные решения, применённые фирмой MAN в разрабатывавшемся параллельно проекте танка "Пантера II". Доработки затянулись, и первый опытный экземпляр TV1 сошёл с конвейера только в октябре 1943 г. Серийное производство началось в марте 1944 г.

"Тигр II" имел классическую компоновку (отделение управления - в лобовой, боевое - в средней, моторное - в кормовой части танка) с передним расположением трансмиссии. Танк имел круговое противоснарядное бронирование и пушечно-пулемётное (смешанное) вооружение с расположением артиллерийского вооружения в башне кругового вращения. Экипаж "Тигра II" состоял из пяти человек: механика-водителя и стрелка-радиста, находившихся в отделении управления, командира, наводчика и заряжающего, размещавшихся в трёхместной башне.

Для изготовления корпуса использовались шесть бронеплит толщиной от 18 до 25 мм, при этом все броневые листы были сварены с использованием сложных способов их соединения (шпиль, «ласточкин хвост» и т. п.). Эффективность бронирования повышалась за счёт установки бронеплит верхней части корпуса и башни под большими углами наклона. Верхний лобовой лист толщиной 150 мм устанавливался под углом 50° к вертикали, что давало по ходу бронебойного снаряда толщину основной бронеплиты в 233 мм, 120-мм нижний лобовой лист — под таким же, но обратным углом. Верхние боковые (25°), нижние (вертикальные) боковые и кормовой (30°) листы имели одинаковую толщину - 80 мм. Дно и крыша корпуса - 40...42 мм.

Башня модели Адерса имела толщину лобовой детали до 180 мм (10°). В лобовом листе башни на цапфах устанавливалось 88-мм орудие KwK 43 L/71. Пушка прикрывалась маской, бронирование которой составляло от 65 до 100 мм. Чтобы уравновесить переднюю часть башни в задней части башни, имелась крупная кормовая ниша с боеукладкой на 22 выстрела. Основное вооружение танка - 88-мм нарезная танковая пушка 8.8 KwK 43 L/71, созданная на базе 88-мм зенитной пушки обр. 1941 года была самой длинноствольной танковой пушкой у немцев. Длина ствола составляла 71 калибр, то есть 6248 мм (с дульным тормозом — 6592 мм). Начальная скорость бронебойного калиберного снаряда составляла 1000 м/с. Бронепробиваемость орудия на дистанции 1500 м при угле встречи 60° составляла 148 мм. Даже на дистанции 4000 метров снаряд орудия всё ещё был способен пробить 80-мм вертикальную бронеплиту.

Вспомогательное вооружение танка составляли два-три 7,92-мм пулемёта и мортира калибром 26 мм с боекомплектом из дымовых, осколочных и осколочно-зажигательных снарядов для защиты от вражеской пехоты.

"Тигр II" оснащался V-образным 12-цилиндровым четырёхтактным карбюраторным двигателем жидкостного охлаждения, производства фирмы "Майбах", модели HL 230 P30. Двигатель рабочим объёмом 23 л развивал номинальную максимальную мощность 700 л. с. при 3000 об/мин. Скорость по шоссе составляла 38 км/ч, а по пересечённой местности - 13 км/ч. Ёмкость топливных баков 860 л обеспечивала запас хода по шоссе 150 км, а по пересечённой местности 70 км.

Ближе к концу войны был готов к производству новый двигатель "Майбах" объёмом 23 л и мощностью около 1000 л.с. Предпринимались попытки адаптировать для танка двигатели других фирм: "Аргус" представил двигатель H-образной формы, "Штейер-Даймлер-Пух" - V-образной, а "Клокнер-Гумбольд-Дойч верке" предложила использовать дизель. Фирма БМВ предложила звездообразный двигатель, однако для него не хватило места в моторном отсеке. Всего выпущено 489 танков

Некоторый технический интерес представляла созданная в 1943 г. самоходная установка "Фердинанд" ("Элефант") с тяжёлым бронированием, 88-мм пушкой (как у "Тигра II") и электрической трансмиссией. Но таких машин было выпущено всего 91 (с использованием базы непринятого на вооружение танка).

САУ «Фердинанд»



САУ "Фердинанд" (другое название "Элефант") разрабатывалась в 1942-1943 годах на базе шасси непринятого на вооружение тяжёлого танка "Tiger (P)" разработки Фердинанда Порше. Поскольку новое орудие имело значительную длину ствола, бронированную рубку с пушкой было решено установить в кормовой части корпуса, ранее занятой двигателями и генераторами, которые, в свою очередь, были перемещены в середину корпуса. В декабре 1942 года проект САУ был рассмотрен и в целом одобрен. В конце февраля 1943 года первые машины начали поступать на фронт. В боевом отделении, размещённом в кормовой части САУ, размещались орудие, боекомплект и большая часть экипажа; под боевым отделением размещались тяговые электродвигатели. В центральной части машины размещались двигатели, генераторы и топливные баки. В передней части корпуса находились места механика-водителя и радиста.

Броневой корпус САУ был собран из листов катаной поверхности закалённой брони толщиной 100 мм (лоб), 80 мм (верхняя часть борта и корма) и 60 мм (нижняя часть борта). В лобовой части бронирование было усилено дополнительным 100-мм листом, крепившемся на болтах. Таким образом бронирование в лобовой части корпуса достигало 200 мм. Броня не имела рациональных углов наклона. Броневая рубка собиралась из 200-мм (лоб) и 80-мм (борта и корма) броневых листов, расположенных под наклоном для увеличения снарядостойкости. Для бронирования лба рубки была использована кованая броня из запасов немецкого флота. Броневые плиты соединялись «в шип» и сваривались. Масса САУ 65 т.

Основным вооружением САУ являлась специально приспособленная для установки на "Фердинанд" 88-мм пушка StuK 43 (длина ствола 71 калибр).

Орудие массой 2200 кг оснащалось мощным двухкамерным дульным тормозом и устанавливалось в специальной шаровой маске.

Пушка Pak. 43 имела весьма мощную баллистику и на момент своего появления являлось сильнейшим среди танковых и самоходных орудий. Только лобовая броня тяжёлых танков ИС-2 и М26 "Першинг" противостояла этому орудью, да и то на определённых дистанциях и курсовых углах.

Боекомплект орудия состоял из 50-55 выстрелов, включавших в себя бронейно-трассирующие, подкалиберные и осколочно-фугасные снаряды.

В ходе модернизации на САУ был установлен пулемёт MG-34.

Силовая установка "Фердинанда" имела весьма оригинальную конструкцию - вращающий момент от двигателей к ведущим колёсам передавался электрически. Благодаря этому в машине отсутствовали такие узлы, как коробка перемены передач и главный фрикцион. Самоходка имела два V-

образных 12-цилиндровых карбюраторных двигателя водяного охлаждения "Майбах" HL 120 TRM, установленных параллельно, мощностью по 265 л.с. (при 2600 об/мин). Двигатели приводили в действие два электрогенератора Siemens-Schuckert Typ aGV напряжением 365 В. Тяговые электродвигатели Siemens-Schuckert D149aAC мощностью по 230 кВт были расположены в корме корпуса и приводили в действие каждое своё колесо через понижающий редуктор, выполненный по планетарной схеме.

Двигательная установка обеспечивала скорость по шоссе 20 км/ч, а по пересечённой местности 10...15 км/ч.

1080 л топлива, размещённых в двух топливных баках, позволяли преодолеть по шоссе 150 км, а по пересечённой местности 90 км.

Всего было выпущено 91 САУ "Фердинанд"



Компоновка САУ "Фердинанд"

В связи с большими потерями танков в Курской битве и переходом немецкой армии к стратегической обороне резко возрос выпуск самоходных артиллерийских установок (САУ). При этом решались две задачи. С одной стороны, это был способ создать машины с более мощным вооружением для борьбы с советскими танками. Для этого использовались базы новых танков "Пантера" и "Тигр". С другой стороны, это был способ использования базы устаревших танков (TII, TIII) для пополнения неуклонно снижавшейся численности танкового парка.

(Продолжение следует.)



«Ягдпантера» раннего типа

В августе 1942 года управление вооружений вермахта приняло решение об использовании базы танка "Пантера" для установки мощной 88-мм противотанковой пушки Pak 43. Сначала над проектом работала фирма "Крупп". По проекту боевая масса должна была быть около 30 т, толщина брони лба 80 мм, бортов - 60 мм; максимальная скорость 40 км/ч.

Предполагалось использование двигателя "Maybach" HL 90. К июню 1942 года на фирме "Крупп" было изготовлено три прототипа на базе танка Pz.IV. Затем проектирование было передано фирме "Даймлер-Бенц". В январе 1943 года специалистами "Даймлер-Бенц" были определены технические требования: толщина лобовой брони 100 мм - верх и 60 мм - низ, с наклоном 60 градусов, толщина верхней, задней и боковой брони 30 мм с таким же наклоном. Однако после этого фирма "Даймлер-Бенц" передала работу над этим проектом предприятию MIA G.

Окончательно было выбрано бронирование: лоб рубки из 80-мм бронелистов (угол наклона 55°), лоб корпуса - 60-мм (55°), борт рубки - 50-мм (30°), борт корпуса - 40-мм (0°), задняя часть рубки - 40-мм (35°), корма - 40-мм (25°), маска пушки имела толщину 100 мм. Экипаж САУ уменьшили до 5 человек.

В декабре 1943 года был сделан первый опытный образец. В феврале 1944 года были выпущены первые 7 машин.

"Ягдпантера" серийно выпускалась в трех модификациях:

Первая модификация (ранняя G1) - это первые машины, выпущенные с января по сентябрь 1944 года. Главный внешний признак - моноблочный ствол орудия Stu.K. 43. У второй модификации (поздняя G1) пушка Pak 43/3 имела составной ствол и новую маску. У третьей модификации из существенных изменений можно отметить новую конструкцию маски пушки.

На "Ягдпантеры" устанавливались мощные 88-мм пушки Pak.43/3 (L/71) (раннее обозначение пушек 8,8 cm Stu.K. 43), а также 7,9-мм пулемет MG.34 или MG.42. Боекомплект: 60 снарядов и 600 патронов.

Двигательное отделение и вся задняя часть корпуса полностью соответствовала серийной "Пантере". Двигатель "Maybach" HL230P30 - 12-цилиндровый V-образный (угол развала цилиндров 60 градусов) карбюраторный двигатель жидкостного охлаждения. Диаметр цилиндра 130 мм, ход поршня 145 мм, рабочий объем 23 л. Поршни чугунные, блок цилиндров алюминиевый. Мощность 700 л.с. при 3000 об./мин. Сухая масса двигателя 1280 кг. Длина 1310 мм, ширина 1000 мм, высота 1190 мм.

"Ягдпантера" имела максимальную скорость по шоссе 45 км/ч, а по пересеченной местности - 24 км/ч.

Шести топливных баков вмещали 720 л бензина OZ 74, которых хватало на 210 км движения по шоссе и на 140 км хода по пересеченной местности.



"Ягдпантера" позднего типа

Ходовая часть взята от танка PzKpfw V Ausf. G. Ширина гусеницы была увеличена до 660 мм, что при боевой массе 45,5 т обеспечивало удельное давление на грунт всего 0,9 кг/см².

Всего было выпущено от 413 до 428 боевых машин

"Штурмтигр"



По первоначальному проекту новая САУ, получившая неофициальное название "Штурмтигр", должна была вооружаться 210-мм гаубицей, однако она не была готова. Замену нашли в 380-мм реактивном корабельном бомбомёте Raketenwerfer 61. В августе 1943 года был готов окончательный проект "Штурмтигра". В качестве шасси "Штурмтигров" было решено использовать шасси поступавших на капитальный ремонт "Тигров". Первый прототип с рубкой из неброневой стали был переоборудован фирмой Alkett и представлен заказчику 20 октября 1943 года.

Боевая масса "Штурмтигра" достигла 66 т.

Из-за того, что для переоборудования годились только "Тигры" поздних выпусков (с внутренней амортизацией катков и двигателем модели HL 230 P45), темп выпуска "Штурмтигров" был низким. Выпуск первой партии из 12 "Штурмтигров" шёл с 13 августа по 21 сентября 1944 года. Значительно отставал от плана и выпуск боеприпасов к ним: из 1400 заказанных 380-мм ракет к марту 1945 года были выпущены лишь 397.

Переоборудованию подвергалось лишь боевое отделение танка и отчасти — лобовое бронирование корпуса, прочие же узлы оставались практически неизменными. Экипаж "Штурмтигра" состоял из пяти человек — механика-водителя, стрелка-радиста, командира, выполнявшего также функции наводчика, и двух заряжающих; участие в зарядании орудия, впрочем, принимал весь экипаж, за исключением водителя, поскольку управляться с 345-килограммовыми снарядами можно было только четвером.

Для загрузки 380-мм ракет в САУ служил двухстворчатый люк в крыше рубки.

Основным вооружением "Штурмтигра" являлся 380-мм корабельный реактивный бомбомёт Raketenwerfer 61 с длиной ствола в 5,4 калибра.

Бомбомёт устанавливался в лобовом листе рубки в шаровой установке, позволявшей его наводку в вертикальной плоскости в пределах 0...+85° и в горизонтальной — в пределах ±10°.

Бомбомёт вёл огонь ракетами с твердотопливным двигателем, стабилизировавшимися в полёте вращением, достигавшимся благодаря наклонному расположению сопел её двигателя, а также входящих выступов на корпусе ракеты в каналы нарезки ствола орудия.

Начальная скорость ракеты на выходе из ствола составляла 300 м/с. Газы ракетного двигателя отводились в пространство между стволом и его внешним кожухом, выходясь через отверстия в передней части ствола; таким образом удавалось погасить значительную часть стартовой отдачи.

Фугасные ракеты Raketen Sprenggranate массой 351 кг содержали 125 кг тротила. Велась разработка кумулятивной ракеты Raketen Hohladungsgranate, предназначенной для поражения особо прочных долговременных укреплений и способной пробить до 2,5 м железобетона.

Зарядка орудия занимала более 10 минут. Другим недостатком бомбомёта являлась сравнительно низкая точность — на максимальной дистанции стрельбы в 5700 метров разброс попаданий составлял около 230 метров (4 % от дистанции стрельбы).

Однако в городских условиях при стрельбе на 1000 м разброс на 5 метров вполне устраивал.

В качестве вспомогательного оружия использовался 7,92-мм пулемёт MG-34, устанавливаемый в шаровой установке в правой части лобового листа рубки (боекомплект пулемёта составлял 600 патронов), а на крыше рубки — 90-мм гранатомёт NbK 39 с боекомплектом из осколочных и дымовых мин.

Двигатель "Штурмтигра" Maybach HL 210 P30, 12-цилиндровый, карбюраторный, V-образный, жидкостного охлаждения, мощность 650 л.с. при 2600 об./мин., рабочий объём 23 л.

Максимальная скорость по шоссе 37,5 км/ч. Четыре топливных бака, общей ёмкостью 534 л обеспечивали запас хода в 120 км.

Всего же с октября 1943 по декабрь 1944 г. было изготовлено 18 "Штурмтигров"



Бомбомёт и укладка ракет в "Штурмтигре"



Загрузка ракеты в "Штурмтигр"



Компоновка "Ягдпантеры" позднего типа

Sodick



39000 линейных электроискровых станков в эксплуатации

(свыше **700** в России, Украине и др. государствах
бывшего СССР; на 12.2015 г.)

Единственный в мире изготовитель электроискровых (электроэрозионных) станков с проверенными временем плоскопараллельными линейными двигателями (ЛД).

Производство электроискровых линейных станков (станков с ЛД) с 1998 г.

Все линейные станки Sodick, включая самые первые 1998-1999 гг., по настоящий момент сохраняют неизменную точность позиционирования!

Испытанные пятнадцатью годами эксплуатации плоскопараллельные ЛД, разработанные для ЭИ станков, и ЭИ станки, сконструированные специально под плоскопараллельные ЛД. Собственная разработка, опытно-конструкторские работы, а также производство ЛД, Nd-Fe-B магнитов и систем управления для ЛД. Собственные системы компьютерных ЧПУ, ПО и CAD/CAM.



Точность позиционирования:

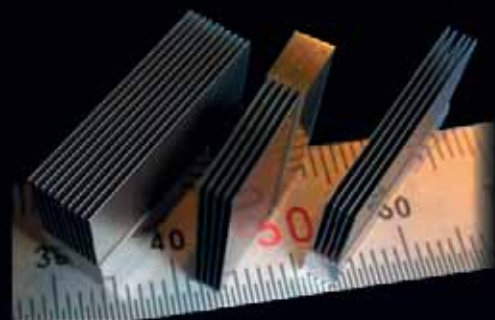
гарантия **10** лет

Впервые в отрасли!

60 лет опыта производства ЭИ станков!

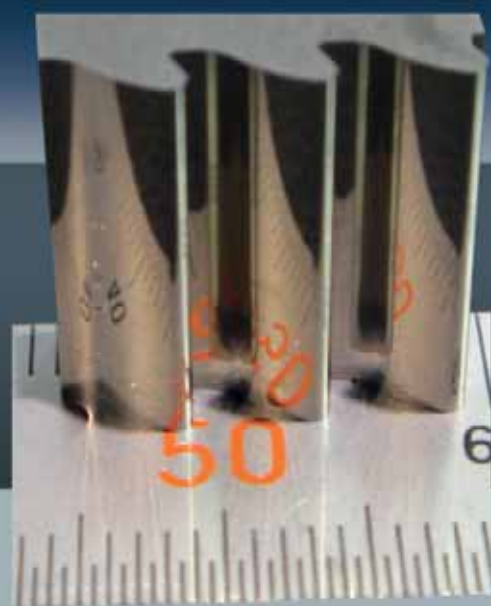
НАНОШЕРОХОВАТОСТЬ

**Шероховатость $Ra=0,006$ мкм
($Rz=50$ нано = 14-й класс!)
на серийном линейном
вырезном станке в масле!**



Sodick

www.sodicom.biz



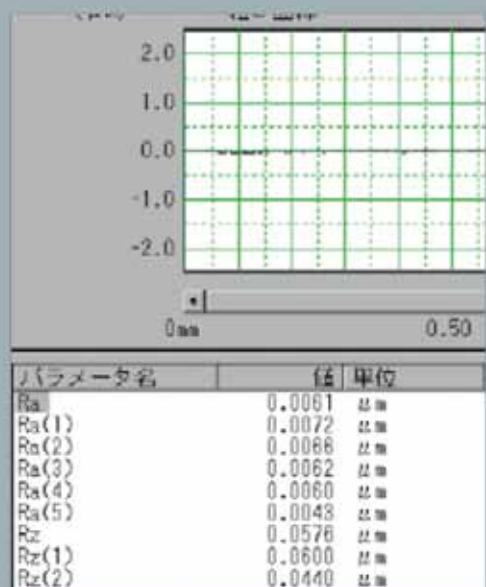
AP250L

**Рекордное зеркальное выхаживание
до уровня $Rz=50$ нанометров;**

**Сверхточная вырезка твердых сплавов
без выпадения кобальта;**

**Прецизионная вырезка тонкой проволокой
высоких пуансонов.**

**ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ В МАСЛЕ =
= ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ В ВОДЕ**



Рекорд отрасли!



Прецизионность.

Самолет считается надежным
транспортным средством.
В том числе, благодаря станкам Hermle.



Обработка центры Hermle - это чемпионы в микронной точности с длительным сроком службы. Выполняют пятиосевую обработку заготовок весом до 2500 килограмм - причем с точностью в несколько микрон. Для получения идеальных результатов.

Open House в Госхайме 20 - 23 апреля 2016 года

www.hermle.de

Машиненфабрик Бертольд Хермле АГ, Госхайм телефон: +49 7426/95-0 info@hermle.de

