Двигатель

Научно-технический журнал

№ 6 (96 + 244) 2014

Это было в проходящем году...

Причал?
Перрон?
Рулёжка?

стр. 11

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"
Иноземцев А.А., д.т.н.,
ген. конструктор ОАО "Авиадвигатель"
Каблов Е.Н., академик РАН,
ген. директор ГНЦ "ВИАМ"
Каторгин Б.И., академик РАН
Коржов М.А., к.т.н.,
руководитель проекта "Двигатель" ОАО "АвтоВАЗ"
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
Кухаренок Г.М., к.т.н.,
зав. каф. ДВС Белорусского национального ТУ
Лобач Н.И.,
ген. директор ПО "Минский моторный завод"
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.,
ген. конструктор, ген. директор ФГУП "КБ Химавтоматики"
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"
Скибин В.А., д.т.н.,
научный руководитель ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"
Смирнов И.А., к.т.н.,
ген. конструктор КБХМ - филиала ФГУП "ГКНПЦ им. М.В. Хруничева"
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"
Зайков Г.В.,
ген. директор ГП "НПК газотурбостроения "ЗОРЯ"-"МАШПРОЕКТ"

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
Иван Петрович Сидоров
Художественные редакторы:
Александр Николаевич Медведь
Владимир Николаевич Романов
Техническая поддержка
Ольга Владимировна Лысенкова, к.пед.н.
В номере использованы фотографии, эскизы и рисунки:
А.В. Артамонова, А.И. Бажанова, Д.А. Боева, 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 (2006-2014 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 информации 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 экспертными советами ВАК по техническим наукам, по истории, экономике, философии, социологии и культурологии в числе журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Индекс 747 в общероссийском каталоге 2012 г.

Научно-технический журнал "Двигатель"©
зарегистрирован в ГК РФ по печати.
Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.
16-й (108-й) год издания.
Отпечатано
ЗАО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.
Тираж 5 000 экз.
Периодичность: 6 выпусков в год.
Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

2 ***Расчетно-экспериментальная оценка надежности цилиндропоршневой и кривошипно-шатунной групп авиационного поршневого двигателя***
Л.А. Финкельберг

8 ***Многотопливная ГТУ с повышенными эксплуатационными характеристиками***
В.П. Сизов

11 ***Гидроавиасалон 2014***

14 ***Физика для нелюбознательных***
А.И. Касьян, А.Н. Медведь, И.А. Нестеров

18 ***Системы управления и регулирования тяги и соотношения компонентов топлива современных ЖРД производства ОАО "НПО ЭНЕРГОМАШ"***
Д.С. Пушкарёв

22 ***Турбулентность. Вектор Навье-Стокса***
Ю.М. Кочетков

26 ***Пять осей точности и производительности***

27 ***Информация***

28 ***Некоторые проблемы формирования неустойчивой молодежной занятости в контексте изменяющегося российского социума***
С.Ю. Иванов, А.С. Иванов

34 ***Железная дорога на монетах мира чеканки 2010-2015 годов***
А.В. Барановский

38 ***Танки от и до***
О.Н. Брылёв

44 ***Ледоколы России. Атомный ледокол "Россия"***
В.С. Шитарёв

УДК 621.436

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ И КРИВОШИПНО-ШАТУННОЙ ГРУПП АВИАЦИОННОГО ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ

ФГУП ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова":
Лев Аронович Финкельберг, начальник отдела, к.т.н.

В работе рассмотрены задачи численного моделирования нестационарного локального теплообмена и теплонапряженного состояния в сопряжениях цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма авиационного поршневого двигателя на основании экспериментально установленных граничных условий, предусматривавших определение толщин масляного слоя поршней с различными радиальными зазорами в жаровом поясе. Расчетные и экспериментальные исследования позволили разработать конструкцию поршня, выбрать диаметральные зазоры по головке поршня в сопряжении. Даются рекомендации по изменению конструкции поршня авиационного поршневого двигателя.

In paper there are considered the problems of simulation of non-steady local heat transfer and heat stress condition in coupling of piston-cylinder unit and crank mechanism with usage of experimental determined boundary conditions. The experimental researches provided the determination of oil layer thickness for pistons with different radial clearance over piston heads. The experiment-calculated researches allowed creating a construction of piston and selecting of diameter clearance over piston head. On the base of experiment results there are given the recommendation of changing of piston construction.

Ключевые слова: *авиационный поршневой двигатель, расчетно-экспериментальные исследования, толщина масляного слоя*
Keywords: *aircraft piston engine, experiment-calculated research, oil layer thickness*

Базовыми сопряжениями, определяющими основные параметры авиационного поршневого двигателя, являются цилиндропоршневая группа (ЦПГ) и кривошипно-шатунный механизм (КШМ). В определении полного жизненного цикла поршневого двигателя именно надежность деталей этих сопряжений играет ведущую роль.

Однако моделирование нестационарного локального теплообмена и теплонапряженного состояния в сопряжениях ЦПГ и КШМ без экспериментального определения граничных условий является задачей чрезвычайно сложной, так как требуется учет нестационарных процессов переноса количества движения, энергии, массы, концентрации, а также турбулентного сгорания в цилиндре двигателя.

Теплонапряженное состояние поршня зависит, прежде всего, от уровня и характера изменения нестационарных тепловых нагрузок со стороны камеры сгорания, в которой за короткий интервал времени в процессе турбулентного сгорания возникают локальные нестационарные тепловые потоки, действующие на поверхность огневого днища поршня. Нестационарные тепловые нагрузки в виде плотности теплового потока или коэффициента теплоотдачи и температуры газа представляют собой термические граничные условия, необходимые для расчета теплового и напряженного состояния поршня. Определение термических граничных условий требует расчета рабочего процесса, в частности, расчета нестационарных процессов турбулентного сгорания и теплопередачи в камере сгорания (КС) [1].

Трехмерная модель поршня должна быть максимально приближена к реальной конструкции. Учет конструктивных факторов, особенно в зоне камеры сгорания, требует моделирования сложных гидродинамических и теплофизических процессов, протекающих в цилиндре двигателя. Задача исследования локального теплообмена и теплонапряженного состояния поршня специфичной конструкции в такой постановке в теории двигателей решается впервые. Заметим также, что решение указанных задач особенно важно в процессе проектирования и создания новых, а также при доводке существующих двигателей, так как они сокращают сроки и материальные затраты, характерные для экспериментальных исследований[2].

Прочностная надежность подшипникового узла зачастую предопределяла допустимые значения параметров рабочего процесса в частности, величину максимального давления горячих газов в цилиндре и сил инерции. При этом, более нагруженным, зачастую, является шатунный подшипник, который создает особые трудности при доводке двигателя[3].

Современные вкладыши подшипников коленчатого вала являются многослойными при стальной основе, на которую наносится антифрикционный слой и приработочное покрытие. Они подвержены суммарному воздействию монтажных (при сборке), рабочих (давление газов в цилиндре, силы инерции), температурных и остаточных напряжений. Наличие биметаллического эффекта в связи с различием коэффициентов линейного расширения, модулей упругости и пределов текучести материалов отдельных слоев предопределяют всю сложность взаимодействия отдельных слоев вкладыша друг с другом и стальной основой.

Экспериментальное определение характера трения в сопряжениях ЦПГ и КШМ[4,5,6] позволит задать реальные запасы надежности работы сопряжений. В задачу включается определение коэффициентов теплоотдачи отдельных зон поршня, оценка гидродинамических характеристик подшипника, температуры начала контактирования поверхностей трения и режимов, в которых проходит срабатывание приработочного покрытия. Необходимо также определить продолжительность устойчивого контакта поверхностей трения при лавинном процессе задира и схватывания с вырывом антифрикционного слоя. Суммарные окружные напряжения сжатия в антифрикционном слое часто достигают предела текучести материала. Это приводит к пластическим деформациям и образованию в антифрикционном слое остаточных напряжений, вызывающих изменение геометрических параметров вкладыша. Из всего этого следует задать граничные условия расчета ТНДС кривошипной головки шатуна с учетом гидроупругих параметров подшипников коленчатого вала.

Краткая характеристика двигателя-демонстратора и исследуемых моделей поршня

Для определения граничных условий (ГУ) расчета ТНДС деталей ЦПГ и КШМ объектом исследования был выбран четырехтактный, двухцилиндровый авиационный двигатель, с оппозитным расположением цилиндров, с искровым зажиганием и воздушным охлаждением (головка цилиндров охлаждается маслом). В качестве топлива используется автомобильный бензин с октановым числом не менее 92. Масло - всесезонное, 100% синтетическое. Основные технические данные двигателя приведены в таблице 1.

Исследования проводились для двух основных режимов работы: взлетный режим (режим максимально допустимой частоты вращения) и крейсерский режим (см. таблицу 1). Конструкция поршня (рис. 1) была разработана с учетом существующих тен-

Таблица 1
Технические данные авиационного двигателя

Параметр	Значение
Диаметр цилиндра, D, мм	85
Ход поршня, S, мм	60
Степень сжатия (геометрическая), e, -	11,3
Взлетная мощность, Ne, кВт, / при частоте вращения, n, мин$^{-1}$	44,7/6200
Максимальная крейсерская мощность, Ne, кВт,/ при частоте вращения, n, мин$^{-1}$	41,7/5800
Частота вращения холостого хода, n, мин$^{-1}$	1400

денций развития современных авиационных бензиновых двигателей с внешним смесеобразованием и принудительным зажиганием, и имеет на огневом днище вытеснитель прямоугольной формы с округлениями. Поршень изготовлен из алюминиевого сплава, имеющего следующие теплофизические свойства: теплопроводность λ=220 Вт/м·К, плотность ρ=2700 кг/м^3, удельная теплоёмкость c=930 Дж/кг·К.

На рис.1 приведены две трехмерные твердотельные модели поршня. Первый, упрощенный вариант (рис.1,а), имеет плоское огневое днище с вытеснителем с высотой 1,9 мм. Во втором, реальном варианте, учитываются 4 выточки (2 под впускными и 2 под выпускными клапанами) (рис.1,б). Следует подчеркнуть, что при определении термических граничных условий наличие выточек обычно не учитывается. Трехмерная модель внутрицилиндрового процесса позволяет отойти от такого традиционного подхода и оценить влияние как выточек (в случае исследуемого поршня их максимальная глубина составляет 4 мм), так и самого вытеснителя на формировании тепловых нагрузок от высокотемпературного рабочего тела на огневом днище поршня. Очевидно, что причиной перераспределения локальных тепловых нагрузок на поверхности огневого днища поршня в целом, и на поверхностях выточек и у кромок вытеснителя в частности, являются локальные скорости движения газа, генерированные неровностями указанных поверхностей.

а) *б)*

Рис. 1. Трехмерные модели поршня авиационного двигателя: а) упрощенный вариант с вытеснителем; б) реальный вариант с выточками под впускными и выпускными клапанами

Моделирование нестационарных процессов переноса количества движения, энергии, массы, концентрации и турбулентного сгорания в цилиндре двигателя. Уточнение граничных условий локального теплообмена и определение коэффициентов теплоотдачи

Использование математического моделирования на текущем этапе работы заключается в детальном анализе внутрицилиндровых процессов в двигателе-демонстраторе. Следует подчеркнуть, что широко распространенные на сегодняшний день термодинамические, так называемые "нульмерные", модели расчета рабочего процесса не позволяют исследовать влияние трехмерного нестационарного движения воздушного потока во впускной системе, величины зазоров на жаровом поясе, и двухточечного зажигания на параметры рабочего цикла и характеристики двигателя в целом. Как следствие, реальную картину распределения тепловых потоков на теплонапряженных деталях камеры сгорания при учете ее геометрии (формы и размеров вытеснителя, а также формы камеры в головке цилиндра) можно получить только при использовании трехмерного моделирования процессов.

В работе используется математическая модель нестационарных турбулентных процессов переноса в системе "впускной канал-цилиндр", основанная на трехмерных уравнениях количества движения (Навье-Стокса), энергии (Фурье-Кирхгофа), диффузии (Фика) и сохранения массы [7,8,9]. Данная система уравнений после осреднения по Фавру замыкается с помощью новой k-ζ-f модели турбулентности, предложенной К. Ханиаличем (K.Hanjalic) и др., уже находившей практическое применение в современных 3D-CFD-кодах [10]. Для описания профилей скорости и температуры в пристеночных областях, данная математическая модель дополняется гибридными пристеночными функциями.

На первом этапе расчета производится разбиение расчетной области, представляющей собой внутренний объем цилиндра двигателя, а также его впускные и выпускные коллекторы (рис.2), на конечное число контрольных объемов (КО). При этом осуществляется генерация расчетной сетки с несколькими подвижными элементами - поршнем, впускными и выпускными клапанами. Законы движения в этой системе задаются в виде перемещения как функции от угла поворота φ коленчатого вала (ПКВ) двигателя. В процессе движения поршня и впускного клапана расчетная область подвергается многократному переразбиению на КО (обычно, через каждые 10° угла поворота φ). Разбиения для промежуточных значений углов осуществляются деформированием (сжатием-расширением) КО в направлении оси цилиндра, впускных и выпускных клапанов. Результирующая сетка состоит преимущественно из гексагональных объемов-ячеек. Максимальный размер ячеек изменяется от 0,4 мм (область клапанной щели) до 3,2 мм. Для сетки с каналами количество ячеек составляет приблизительно 360 000 при положении поршня в ВМТ.

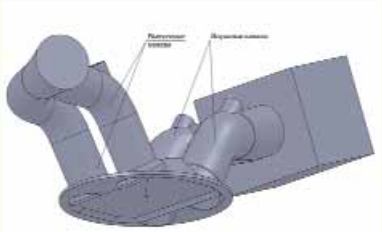


Рис.2. Внутренний объем цилиндра и впускных (выпускных) коллекторов АПД при положении поршня в ВМТ

Начальные условия (температура и давление в расчетном объеме), а также граничные условия (температуры на поверхностях впускного трубопровода, клапана, огневого днища поршня, внутренней поверхности гильзы и на головке цилиндра, давление на впуске и выпуске, температура воздуха на входе во впускной трубопровод) для расчета рабочего процесса задавались по экспериментальным данным. Поля скоростей, полученные при расчете процесса наполнения в момент закрытия впускного клапана, а также коэффициент избытка воздуха используются для определения параметров процесса сгорания в цилиндре исследуемого двигателя.

При этом индикаторные диаграммы работы двигателя на различных режимах также используются для верификации моделей сгорания и теплообмена в камере сгорания (КС) двигателя. Из сравнения индикаторных диаграмм исследуемого авиационного двигателя на режиме n = 5800 мин$^{-1}$, полученных в результате эксперимента и расчета по трехмерной модели, были определены значения констант в модели сгорания Магнуссена-Хартагера[11]: B=17, C=1. В результате использования этих значений погрешность в определении максимального давления цикла на режиме максимальной продолжительной мощности (Ne = 45л.с., n = 5800 мин$^{-1}$) не превышала 0,5%, при этом несовпадение по углу максимального давления достигает 1° угла ПКВ, что является приемлемой величиной.

Результатом моделирования являются значения скоростей и температур во всех точках КС (рис.3) и локальных тепловых потоков в стенки камеры (рис.4). Очевидно, что высокие скорости перетекания рабочего тела из периферийной области КС в ее центральную часть обуславливают повышенные значения тепловых потоков в области выточек под выпускные клапаны в поршне. Зная локальные значения тепловых потоков можно оценить их ос-

редненные значения.

Имеется также возможность получения коэффициентов теплоотдачи на огневом днище поршня для дальнейшего анализа его

Таблица 2

Термические граничные условия на огневом днище поршня

№ зоны	Ne=42,05 кВт, n=5800 мин$^{-1}$		Ne=44,97 кВт, n=6200 мин$^{-1}$	
	$\bar{a}$, Вт/(м^{2}K)	$T_{рез}$, K	$\bar{a}$, Вт/(м^{2}K)	$T_{рез}$, K
1	500	1700	530	1683
2	460	1700	490	1683
3	420	1700	430	1683

теплонапряженного состояния в пакетах конечно-элементного моделирования (ANSYS, Nastran, ABAQUS).

Исходя из особенностей конструкции поршня, в частности формы тепловоспринимающей поверхности огневого днища, на этой поверхности выделяются 3 характерные зоны (рис. 5 а), на которых задаются полученные значения средних коэффициентов теплоотдачи и результирующих температур рабочего тела. Эти значения приведены в таблицах 2 и 3. Для задания граничных условий на боковой поверхности поршня для различных зон (рис. 5 б), представленных в таблице 3, были использованы рекомендации и экспериментальные данные.

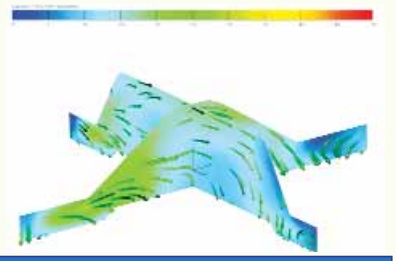


Рис. 3. Распределение скоростей в сечениях камеры сгорания АПД при работе на режиме n = 5800 мин$^{-1}$ (φ = 377° ПКВ)

Известно также, что наиболее сложным участком для задания граничных условий является поверхность канавки верхнего компрессионного кольца (участок 4 на рис. 5б), для которой данные по коэффициенту теплоотдачи сильно отличаются друг от друга. В связи с этим были проведены численные эксперименты при существенно измененных значениях коэффициента теплоотдачи в этой зоне (таблица 3, зона 4, варианты а и б).

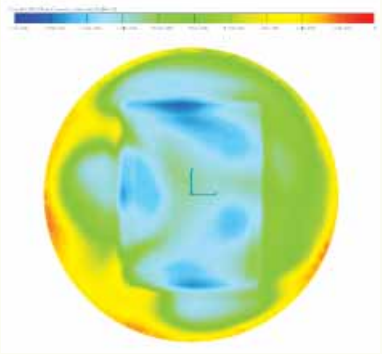


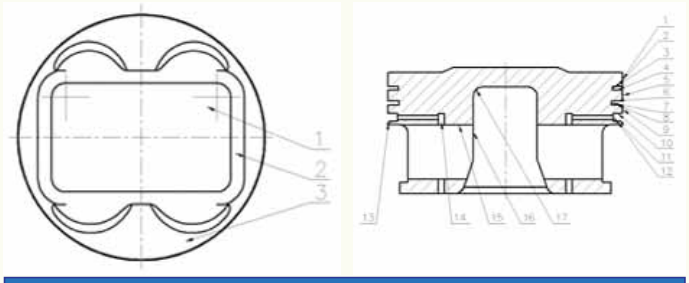
Рис. 4. Локальные значения тепловых потоков на огневом днище поршня АПД при работе на режиме n = 5800 мин$^{-1}$ (φ = 377° ПКВ)

Наряду с сопряжением цилиндропоршневой группы не менее важным является сопряжение кривошипно-шатунного механизма. Рассмотренные особенности, связанные с работой подшипников коленчатого вала, требуют углубленного анализа теплового и напряженно-деформированного состояния всех элементов подшипникового узла при учете их взаимодействия с применением трехмерных конечно-элементных математических моделей. Следует заметить, что двумерные модели (плоская задача) не позволяют учесть изменение параметров, характеризующих работоспособность подшипников по его ширине.

Таблица 3

Термические граничные условия на отдельных участках поверхности поршня

№	a, Вт/(м^{2}K)	$T_{рез}$, K	№	$\bar{a}$, Вт/(м^{2}K)	$T_{рез}$, K
1	0	533	10	2000	428
2	2000	463	11	0	420
3	0	463	12	15 000	410
4	а)15 000 б) 80 000	458	13	3000	400
5	500	455	14	300	358
6	2000	451	15	2000	358
7	0	448	16	170	358
8	15000	443	17	800	358
9	500	433			



а) б)

Рис. 5. Выделение характерных зон огневого днища (а), боковой и внутренней поверхности (б) поршня для задания термических граничных условий при расчете стационарной теплопроводности

Наличие современных программных комплексов и вычислительной техники позволяет при расчете напряженно-деформированного состояния деталей КШМ современных двигателей использовать трехмерные конечно-элементные модели с большим числом (сотни тысяч и более) элементов. Эти модели можно отнести к моделям третьего уровня. При их реализации естественно следует использовать твердотельное моделирование с автоматическим построением конечно-элементной сетки. При этом интегрированная конечно-элементная модель помимо расчета НДС, используется и для определения собственных частот колебаний коленчатого вала двигателя, массы деталей, координат центра масс и др.

Для реализации поставленных целей предлагается алгоритм выполнения расчетов, позволяющий эффективно проводить исследования на основе метода конечных элементов в сопряженной постановке.

Для вычисления минимального зазора в шатунном подшипнике с учетом упругости коленчатого вала и шатуна необходимо решить задачу гидродинамики и теплообмена в масляном слое подшипника в эласто-гидродинамической постановке. Данная задача при использовании численного моделирования реализуется средствами, так называемого, жидкостно-структурного взаимодействия или анализа - FSI (FluidStructureInteraction) [12].

В программном комплексе ANSYS есть несколько модулей, позволяющих воспользоваться технологией FSI, при этом, для расчета гидродинамики и теплообмена возможно использование пакетов FLOTRAN, CFX или FLUENT, а для моделирования напряженно-деформированного состояния доступен только решатель MechanicalAPDL. Для данной работы выбрана связка FLUENT-MechanicalAPDL, как наиболее современная, эффективная и обладающая широкими расчетными возможностями.

Описание методики численного моделирования подшипников скольжения в упруго - гидравлической постановке

Сопряженный анализ (учитывающий взаимовлияние параметров двух или более инженерных дисциплин, изучающих различные физические процессы, происходящие в исследуемом объекте) востребован, например, при решении задач, связанных - как в нашем случае - с камерами давления. Это анализ теплонапряжения. Также это применимо при изучении сужений потока - жидкостно-структурный анализ, индукционном нагреве - магнитно-тепловой анализ, работе с ультразвуковыми измерительными преобразователями - пьезоэлектрический анализ, магнитными формовками - магнитно-структурный анализ и др.

Процедура сопряженного анализа зависит от физики сопрягаемых областей, могут быть сформулированы два основных ме-

тода: последовательный [13,14,15]и прямой [16].

При прямом методе решение сопряженной задачи осуществляется одним решателем, например анализ теплонапряженного состояния в ANSYS MechanicalAPDL, анализ гидродинамики и сопряженного теплообмена в ANSYS CFX, однако, упруго-гидродинамический анализ при помощи прямого метода в ANSYS не реализован по причине вычислительных сложностей.

Последовательный метод анализа, в зависимости от степени взаимного влияния рассматриваемых явлений, подразделяют на слабосопряженный (малые деформации) и сильносопряженный (податливые детали - большие деформации, как следствие, сильно влияние на поле течений).

Слабосопряженный алгоритм решает уравнения для жидкости и твердого тела независимо друг от друга. Алгоритм передает силы жидкости, плотности тепловых потоков, смещения твердого тела, скорости и температуры через границу раздела. Алгоритм выполняет итерации между анализом НДС твердого тела и анализом течения жидкости до тех пор, пока не будет достигнута сходимость для текущего временного шага (или до тех пор, пока не будет достигнуто максимальное количество итераций).

В большинстве задач конечно - элементные сетки жидкости и твердого тела не совпадают вдоль границы раздела вследствие

Таблица 4

Интерполяционные методы передачи нагрузки

Интерполяционный метод	Передача нагрузки от жидкости к твердому телу	Передача нагрузки от твердого тела к жидкости
Консервативный	Сила по трем направлениям координат Тепловая мощность	Смещение Скорость к/э сетки Температуры
Неконсервативный	Плотность силы по трем направлениям координат Плотность теплового потока	Смещение Скорость к/э сетки Температуры

того, что они к ним предъявляют разные требования по разрешающей способности. Последовательный слабо сопряженный метод поддерживает передачу нагрузки через несходную сетку. Алгоритм слабого сопряжения использует алгоритм линейного поиска узлов, принадлежащих конечно-элементной сетке. В таблице 4 приведены два интерполяционных метода передачи нагрузки. Интерполяционный метод определяет параметры, передаваемые через границу раздела сред.

Схема консервативного метода передачи данных через интерфейс при использовании методики GGI (GeneralGridInterface - общий сеточный интерфейс) изображена на рис. 6. При таком алгоритме каждый элемент поверхности как с отправляющей, так и с принимающей стороны разделен на n точек интегрирования (IP), где n - число узлов сетки с каждой конкретной стороны. Трехмерные поверхности преобразуются в двумерную прямоугольную сетку. Узлы этих сеток с каждой стороны интерфейса при пересечении образуют так называемую контрольную поверхность, через которую и происходит обмен данными между расчетными модулями. Например, как показано на рис.6 , IPс идентификаторами S1 и S2 на отправляющей стороне пересекаются с IPс идентификаторами R1 и R2 на принимающей стороне. При этом создаются области A1, A2 и A3 на контрольной поверхности.

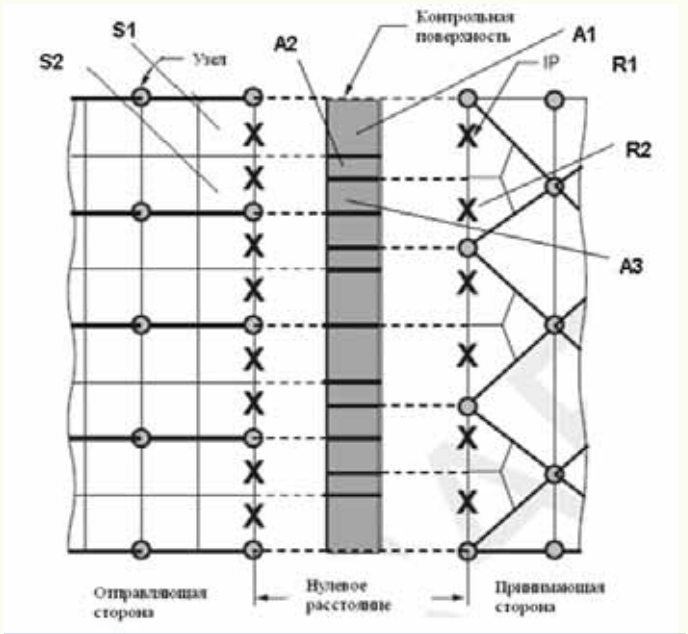


Рис. 6. Схема интерполяции при обмене данными через границу раздела сред

Использование численных методов исключает возможность построения обобщенного решения. Поэтому практическая реализация упругогидродинамических задач рассматривается на конкретных примерах коренных и шатунных подшипников двигателей внутреннего сгорания. Вместе с тем применимость метода не ограничивается рассматриваемыми типами подшипниковых узлов.

По результатам расчета можно сделать вывод о работоспособности шатунных подшипников. Величина минимального зазора на кромке вкладыша составила 3,8 мкм (рис. 7, 8, 9).

Однако данный вывод не характеризует запас надежности подшипникового узла, который определяется надежностью и долговечностью приработочного 20 мкм покрытия. Расчетные гидродинамические характеристики комплексные по всему подшипниковому узлу не в полной мере отражают особенности работы в

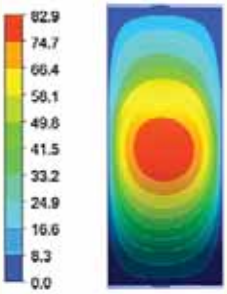


Рис. 7.Распределение гидродинамического давления, МПа

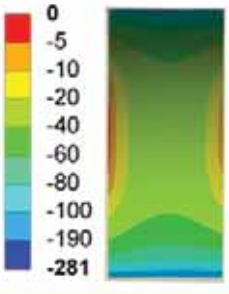


Рис. 8. Зазор в подшипнике, мкм

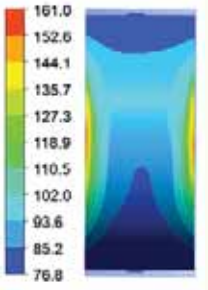


Рис. 9. Распределение температуры в подшипнике, °С

зонах преобладающего действия газовых и инерционных сил на вкладыш, если подшипниковый узел работает в экстремальных режимах. В связи с этим без экспериментальных данных по непосредственному изменению толщины масляного слоя в характерных нагрузочных зонах при различных режимах работы двигателя, включая экстремальные, оценить запас надежности сопряжения чрезвычайно сложно.

Для уточнения граничных условий ТНДС проводятся экспериментальные исследования по измерению толщины масляного слоя в указанных сопряжениях.

Методика измерения толщины масляного слоя в сопряжении КШМ

Для измерения толщины масляного слоя (ТМС) в ЦПГ и КШМ используется ёмкостной метод [17], позволяющий с высокой разрешающей способностью измерять малые зазоры в сопряжении, рабочие деформации деталей сопряжения и автоколебания.

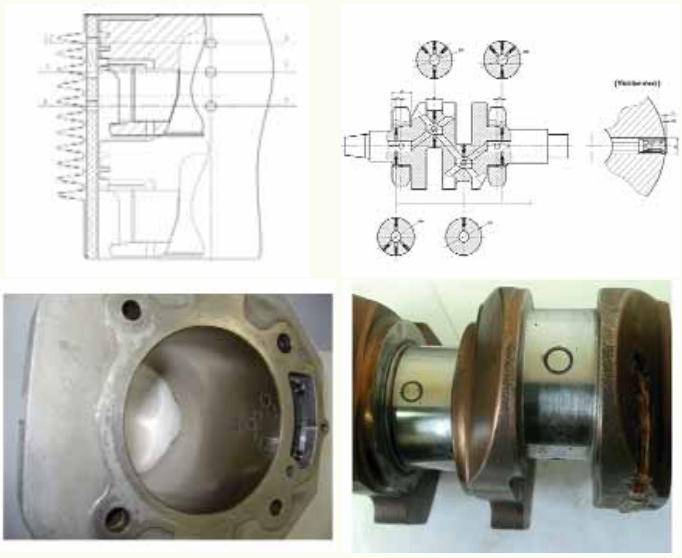
Изменение ёмкости датчика, включенного в контур генератора высокочастотных колебаний, вызывает соответствующие отклонения частоты генератора от номинальной. Величина ёмкости датчика зависит от толщины слоя диэлектрика, заполняющего пространство между электродом, вмонтированным в цилиндр и поршнем, или шейками коленчатого вала и подшипниками. Характер изменения частоты генерируемого напряжения определяется исследуемым параметром, т.е. толщиной масляного слоя в цилиндре при прохождении через датчики поршня, поршневых колец и подшипниках коленчатого вала. Датчики толщины масляно-

го слоя устанавливались в диаметрально расположенных зонах максимального действия газовых и инерционных сил. Схема расположения датчиков показана на рис.10 а, б.

На погрешность измерения ТМС могут оказывать влияние следующие факторы:

- пробой масляной пленки и ее поляризация:

экспериментально установлено, что подаваемое на датчик напряжение 6,8 В при частоте 800 кГц не пробивает толщину слоя



а) б)

Рис. 10. Схема установки датчиков толщины масляного слоя в цилиндре (а) и коренных и шатунных шейках (б) двигателя демонстратора

более 1 мкм и не приводит к поляризации масла;

- несовпадение поверхностей трения датчика:

несовпадение этих поверхностей может вызвать искажение результатов замера толщины масляного слоя, но результаты измерения с помощью двойного микроскопа показали, что величина не превышает доли микрона;

- погрешность статической тарировки:

к погрешности метода тарировки относится погрешность в определении начала отсчета толщины масляного слоя в момент наступления электрического пробоя, и, как уже указывалось, составляет доли микрона;

- влияние температуры:

изменение температуры масла в процессе работы влечет за собой изменение диэлектрической постоянной масла, так с изменением температуры масла от 20 до 122°С диэлектрическая проницаемость масла изменяется на 4%, что приводит к погрешности 0,5 - 1,0 мкм;

- влияние перемещений и вибрации токонесущих проводов:

изменение положения коаксиального кабеля, соединяющего ёмкостной датчик с измерительным преобразователем, вызывает изменение ёмкости электрической цепи, что компенсируется подстройкой прибора;

- влияние пузырьков воздуха в масле:

диэлектрическая постоянная воздуха почти в три раза меньше диэлектрической постоянной масла, но при измерениях носит случайный характер.

Суммарная относительная погрешность измерений ТМС составляет не более ± 5,0%.

Изменение величины ёмкости датчика преобразуется измерительным преобразователем в электрический аналоговый сигнал, который после дополнительного усиления преобразуется аналого-цифровым преобразователем (АЦП) в цифровой код и вводится в память персонального компьютера.

В качестве АЦП использован внешний модуль USB-6251 фирмы "NationalInstruments" (16 бит, 8/16 кан, ± 0.1...10 В, 1.25 МГц), связь с ПК осуществляется через интерфейс USB 2.0.

Сбор, обработка и визуализация данных осуществляется программой, разработанной в среде "Labview", позволяющей наблюдать осциллограмму в процессе записи сигнала в режиме реального времени. Имеется возможность экспорта записанных данных в файлы различных форматов.

Тарировка аппаратуры

Тарировочное приспособление состоит из двух стальных брусков (рис.11) с выполненными в них углублениями - пазами глубиной 0,006...0,3 мм. Геометрические размеры приспособления и чистота обработки эталонных углублений выдерживались в соответствии с требованиями к поверхностям исследуемых пар трения. Имитируемые при тарировке зазоры получались наложением на плиту с датчиком брусков с углублениями. Геометрические параметры поверхностей, чистота обработки и абсолютная величина углублений определялись по профиллограммам, снятым с точностью 0,0002 мм.

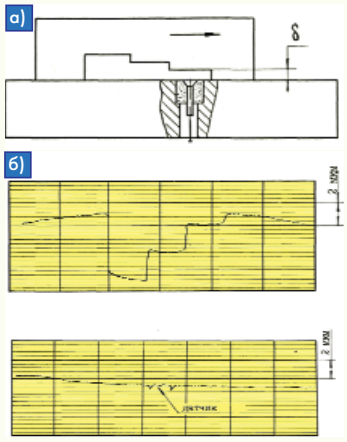


Рис.11. Схема тарировочного устройства (а) и профилограммы рабочих поверхностей плиток (б)

Результаты исследований

Оценочными критериями характера трения в сопряжениях ЦПГ и КШМ являются:

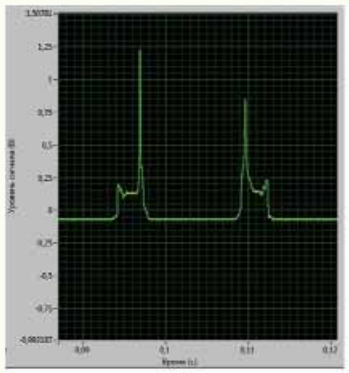


Рис.12. Изменение толщины масляного слоя по углу поворота коленчатого вала датчика в зоне газовых составляющих сил

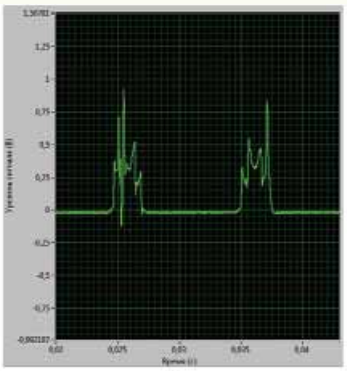


Рис.13. Изменение толщины масляного слоя по углу поворота коленчатого вала датчика в зоне инерционных составляющих сил

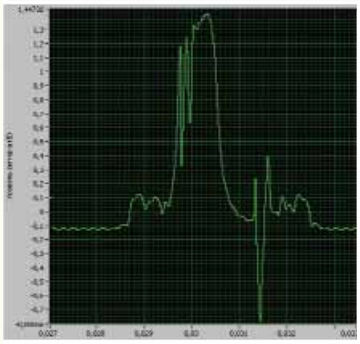


Рис.14. Изменение толщины масляного слоя по углу поворота коленчатого вала датчика в зоне газовых составляющих сил в режиме контактирования поверхностей трения

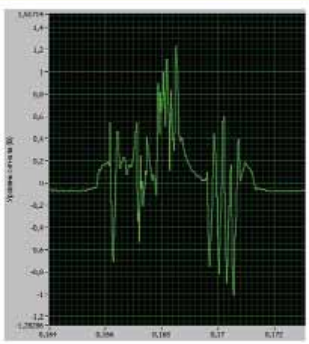


Рис.15. Изменение толщины масляного слоя по углу поворота коленчатого вала датчика в зоне инерционных составляющих сил в режиме контактирования поверхностей трения

- наличие контактирования поверхностей трения на уровне микронеровностей рис.12, 13, 14;

- фиксация устойчивого контакта, сопровождающегося сни-

жением чистоты обработки поверхностей трения и их свариванием рис.15;

- классификация поврежденных поверхностей трения по продолжительности устойчивого контакта и возможности приработки на благоприятных режимах работы и добавкой молибденовых присадок в масло;

- задание минимального диаметрального зазора в сопряжении, при котором продолжительность контакта поверхностей трения не приводит к лавинным процессам задира и схватывания.

Система сбора и обработки экспериментальных данных

Использование математического моделирования на текущем этапе работы заключается в детальном анализе внутрицилиндровых процессов в двигателе - демонстраторе. При этом экспериментальные данные (индикаторные диаграммы работы двигателя на различных режимах со стандартным и экспериментальным поршнем, величины толщин масляного слоя в зазоре поршень-гильза цилиндра) используются для верификации моделей сгорания и теплообмена в камере сгорания (КС) двигателя. Результатом моделирования являются значения температур во всех точках КС и тепловых потоков на ее стенках. Имеется также возможность получения коэффициентов теплоотдачи на огневом днище поршня для дальнейшего анализа его теплонапряженного состояния в пакетах конечно-элементного моделирования (ANSYS, Nastran, ABAQUS).

На следующем этапе работы предполагается использование уже апробированных математических моделей для предварительного анализа требуемых конструктивных параметров перспективного поршня с уменьшенным зазором по жаровому поясу, обеспечивающих высокую эффективность работы двигателя-демонстратора без превышения предельно допустимых показателей по ТНДС деталей ЦПГ. Полученные значения конструктивных параметров предполагается использовать в качестве первого приближения при разработке экспериментального поршня с увеличенной степенью сжатия, что позволит сократить затраты и время на его создание.

Как указывалось ранее, наиболее сложным участком для задания граничных условий является поверхность канавки верхнего компрессионного кольца (участок 4 на рис. 5 б), для которой данные по коэффициенту теплоотдачи сильно отличаются друг от друга. В связи с этим были проведены экспериментальные исследования ТМС экспериментальных поршней с различными радиальными зазорами в жаровом поясе и численные эксперименты при существенно измененных значениях коэффициента теплоотдачи в этой зоне (таблица 3, зона 4, варианты а и б).

Расчетные и экспериментальные исследования позволили разработать конструкцию поршня, выбрать диаметральные зазоры по головке поршня в сопряжении. Применение изотермической штамповки позволило уменьшить вес поршня на 20 г. На основании экспериментальных исследований по измерению толщины масляного слоя удалось уменьшить на 8 мм высоту поршня, радиальный зазор в зоне жарового пояса уменьшить по головке поршня на 0,15 мм.

Экспериментальное определение характера трения в сопряжении КШМ позволит задать реальные запасы надежности работы сопряжения. Оценить гидродинамические характеристики подшипника, температуры начала контактирования поверхностей трения и режимы при которых происходит срабатывание приработочного покрытия, определить продолжительность устойчивого контакта поверхностей трения при лавинном процессе задира и схватывания с выровом антифрикционного слоя. Суммарные окружные напряжения сжатия в антифрикционном слое часто достигают предела текучести материала, что приводит к пластическим деформациям и образованию в антифрикционном слое остаточных напряжений, влияющих на изменение геометрических параметров вкладыша. А также задать граничные условия расчета ТНДС шатуна с учетом гидроупругих параметров подшипника поршневого авиационного двигателя.

Литература:

1. Кавтарадзе Р.З. Локальный теплообмен в поршневых двигателях. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. - 472с.

2. Кавтарадзе Р.З., Зеленцов А.А., Кавтарадзе З.Р., Никитин Ю.Н., Финкельберг Л.А. Моделирование локального нестационарного теплообмена в камере сгорания и теплонапряженного состояния поршня авиационного двигателя // Изв. РАН. Энергетика, 2010. №2. с.26.

3. Захаров С.М., Тарсис Ю.Л., Шорох Е.А. Совместный расчет многоопорного коленчатого вала и подшипников скольжения // Вестник машиностроения. -1985. - №1. - С. 5-7.

4. Пат. № 2391642 "Способ оценки режимов трения в сопряжениях цилиндропоршневой и кривошипно-шатунной групп поршневого двигателя и устройство для его осуществления". Никитин Ю.Н., Финкельберг Л.А., Костюченков А.Н., Астахов А.А. -2010

5. Пат. RU 2037802 CJ 6 G 01 M 15/00. Способ оптимизации профиля боковой поверхности поршня, положения поршневых колец и минимального зазора между поршнем и цилиндром двигателя в холодном состоянии и устройство для его осуществления // Никитин Ю.Н., Коротеев С.В. - 1995.

6. Пат. № 2235216. Композитный поршень с антифрикционным покрытием для двигателей внутреннего сгорания / Никитин Ю.Н., Финкельберг Л.А., Костюченков А.Н., Вершинин А.В. - 2004.

7. KavtaradzeR.Z., Onishchenko D.O., Zelentsov A.A., Sergeev S. S. The influence of rotational charge motion intensity on nitric oxide formation in gas-engine cylinder. Int. J. Heatand Mass Transfer, Vol. 52, 2009. P 4308-4316.

8. Финкельберг Л.А. Методология оценки характера трения в сопряжении цилиндропоршневой группы с целью оптимизации параметров технического уровня авиационного поршневого двигателя // 66-я Междунар. науч.-технич. конф. "Автомобиль и окружающая среда": Ассоциация автомобильных инженеров НИЦИАМТ ФГУП "НАМИ" - 2009.

9. Кавтарадзе Р.З., Зеленцов А.А., Кавтарадзе З.Р., Никитин Ю.Н., Финкельберг Л.А. Расчетно - экспериментальное исследование нестационарного локального теплообмена в камере сгорания и теплонапряженного состояния поршня авиационного поршневого авиационного двигателя // 66-я Междунар. науч.-технич. конф. "Автомобиль и окружающая среда": Ассоциация автомобильных инженеров НИЦИАМТ ФГУП "НАМИ" - 2009.

10.Кавтарадзе Р.З., Зеленцов А.А., Онищенко Д.О., Финкельберг Л.А., Костюченков А.Н. Моделирование процессов в системе "впускной коллектор-цилиндр" авиационного поршневого двигателя с распределенным впрыскиванием топлива / Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение. 2012. № 4. С. 3-15.

11. MagnussenB.F., HjertagerB.H. On mathematical model soft turbulent combustion with special emphasisons on formation and combustion. 16-th International Symposiumon Combustion. Cambrige, 1976. Pp. 719-729.

12. Hos C., TrieszP.,Nyers T. An FSI Study Of The Dynamic Behaviour Of Planar Journal Bearing // The 14th International Conference on Fluid Flow Technologies. 2009.

13. D. Benasciutti, M. Gallina, M. Gh. Munteanu. Numerical Approach for Static and Dynamic Analysis of Deformable Journal Bearings // World Academy of Science, Engineering and Technology. Vol.6, 2012.

14.Makino T., Koga T. Crank Bearing Design Based on 3-D Elasto-hydrodynamic Lubrication Theory // Technical Review Vol.39 No.1 / Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. 2002

15. Shenoy B., Pai R., Rao D. Elasto-hydrodynamic lubrication analysis of full 360 journal bearing using CFD and FSI techniques // World Journal of Modelling and Simulation / Vol. 5, No. 4. 2009. pp. 315-320.

16. Rozhdestvensky Y, Khozenjuk N, Mylnikov A and et al. Modeling of a multi supporting cran ckshaft tribo-system of internal combustion engine. // Proceedings of the 15th Nordic Symposium on Tribology "NORDTRIB 2012", Trondheim, Norway, 12-15 June 2012. CD - P. 163.

17. Л.А. Финкельберг, Ю.Н. Никитин, В.И. Фронтов Экспериментальное исследование характера трения в сопряжениях цилиндропоршневой группы на авиационном поршневом двигателе Труды ЦИАМ №1343 Москва 2010 с.304.

Связь с авторами: piston@ciam.ru

МНОГОТОПЛИВНАЯ ГТУ
С ПОВЫШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Владимир Петрович Сизов, к.т.н

В природе существует не ограниченное количество бросового углеводородного сырья. Мусор, сельскохозяйственные отходы, зелёная масса, низкосортный уголь и пр. Возможна переработка данного сырья в топливо. *[К этой теме наш журнал обращался неоднократно* - Ред.] Так, например, из 5,72 кг рисовой шелухи возможно получить 1 кг экологически чистого высокооктанового бензина, затратив на это 4,73 кВт/час электроэнергии. Получение такого синтетического бензина, экономически невыгодно. При стоимости электроэнергии 7 руб/кВт.час., только себестоимость 1 кг бензина составит более 43 рублей. Однако, если у вас есть дешёвая высокоэффективная энергоустановка с большим моторесурсом и без эксплуатационных расходов, вы сможете снизить себестоимость электроэнергии до 1 руб/кВт.час. В этом случае себестоимость бензина составит 4 руб. 73 коп.

Целью нашей работы и явилось исследование возможностей разработки такой высокоэффективной и дешёвой ПГТУ, использующей в качестве топлива синтезгаз, с моторесурсом 100.000 часов и определение её облика. Разработанное устройство мощностью 5 МВт должно обеспечивать чистоту выбросов NO_x не более 16 мг/м^3 и обладать электрическим КПД не ниже 45%. По нашему замыслу, такая ПГТУ должна работать без расхода масла, но при изготовлении её следует по возможности использовать типовые материалы и технологии.

В мире существует много ГТУ работающих с впрыском воды. При этом, в зависимости от погоды (!) она может работать по разной схеме. Представим такую электростанцию установленную на побережье где наличествуют устойчивые сезонные муссонные ветра. Когда ветер уносит продукты горения в море, сжигание топлива происходит в обычном режиме, КПД энергоустановки составляет 30-35%. Но при смене сезона ветер меняется, и выбросы идут на населённую сушу. Тогда в ГТУ организовывают впрыск специально подготовленной воды из расчёта 2 кг воды на 1 кг топлива. При впрыске КПД можно поднять до 51% и значительно сократить количество вредных выбросов. Однако, электроэнергия при этом становится в 3 раза дороже, так как впрыскиваемая вода по стоимости равна самому топливу.

В предлагаемой схеме ПГТУ отсутствует внешний источник впрыскиваемой воды. Вся необходимая вода выделяется из самих продуктов горения. Выделяется воды намного больше, чем требуется её вводить в цикл. Появляются, следовательно, излишки воды, которая может быть использована ПГТУ без всякой подготовки и на внешние цели.

В качестве топлива ГТУ обычно используют различные типы углеводородов, водород, синтезгаз, метанол-сырец. При сгорании любого углеводорода в идеале получаются только два вещества: углекислый газ и вода. Это видно, например при рассмотрении сжигания метана (природного газа).

$$CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O$$

"Белый дым", который идёт из труб котельных при сжигании метана на самом деле это - водяной пар. Из продуктов горения выделить образовавшуюся воду нетрудно. При охлаждении продуктов горения метана ниже 600°С вода начинает выпадать в виде конденсата. При сжигании 1м^3 метана можно получить до 1 кг воды близкой к дистиллированной.

Получаемая вода по некоторым характеристикам даже лучше, чем дистиллированная. Водородный показатель pH можно повысить до 5-6 отчистив из сжигаемого топлива добавляемую в газ "отдушку" - меркаптан (его крайне немного, но он содержит серу). При сгорании меркаптана образуется серная кислота понижающая показатель pH. Полученную воду возможно использовать в качестве впрыска в ГТУ и перевод её в режим ПГТУ.

Для улучшения характеристик ПГТУ впрыск воды проводится только в компрессор. При этом рабочая характеристика компрессора будет ближе к изотермическому сжатию чем к адиабатному: эффективность работы повышается. При сжатии воздуха в компрессоре вода испаряется и понижает температуру процесса сжатия. На выходе из компрессора смесь воздуха и паров воды. Максимальное содержание воды (пара) не должно превышать 20% от общей массы. При таком ограничении по содержанию пара, возможно сжать воздух до $\pi_к$= 60.

В камеру сгорания добавляется пар. Он вырабатывается в парогенераторе, работающем на тепле отходящих из ГТУ выхлопных газов. Соответственно, как я уже указывал, из продуктов горения воды выделяется больше, чем мы ввели в ПГТУ.

Для первоначального запуска ПГТУ необходимо 70 литров дистиллированной воды. В процессе работы ПГТУ избытки воды могут составить 1кг на 1м^3 потреблённого газа (для метана). Конденсация воды в продуктах горения происходит при температуре близкой к 800С. Выделяемое при конденсации воды тепло можно пустить на отопление или генерацию горячей воды.

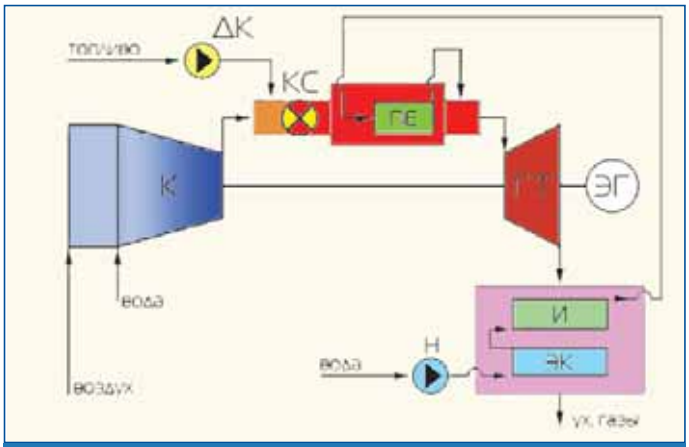


Рисунок №1. Общая схема. ДК - дожимной компрессор; КС - камера сгорания;. ПЕ - пароперегреватель; К - компрессор; ГТ - газовая турбина; ЭГ - электрогенератор; И - испаритель; ЭК - экономайзер; Н - насос.

Расчёты приведены для работы на синтез-газе (H_2:CO=0,8:1). Наша ПГТУ во время работы не использует масло. Вся смазка производится той же водой, что впрыскивается. Все подшипники используемые в ПГТУ - керамические (возможна охлаждение и смазка водой). Моторесурс ПГТУ 100000 часов. Межремонтный интервал 25000 часов. Содержание оксидов азота в продуктах горения не более 16 мг/м^3.

Кроме того, имея "безлимитное" потребление воды возможно сжигать топливо в обогащённом кислородом воздухе. Предварительно воздух сжимается в компрессоре до 1 бар. Далее воздух поступает на газоразделительную мембрану. На газоразделительной мембране избыточное давление воздуха падает до нуля и происходит обогащение кислородом с 21% до 45%. Обогащённый воздух сжимается винтовым компрессором с впрыском воды до необходимого $\pi_к$. Однако габариты такой газоразделительной мембраны могут превысить габариты всей установки ПГТУ.

С точке зрения автора, для данной ПГТУ основным топливом должен служить природный газ и синтез газ. Это означает, что использовать её возможно только в стационарном режиме. Такая ПГТУ не может работать без внешнего охладителя. Утилизируемое от ПГТУ тепло имеет температуру около 800°С, следовательно,

Таблица №1 Расчётные характеристики ПГТУ

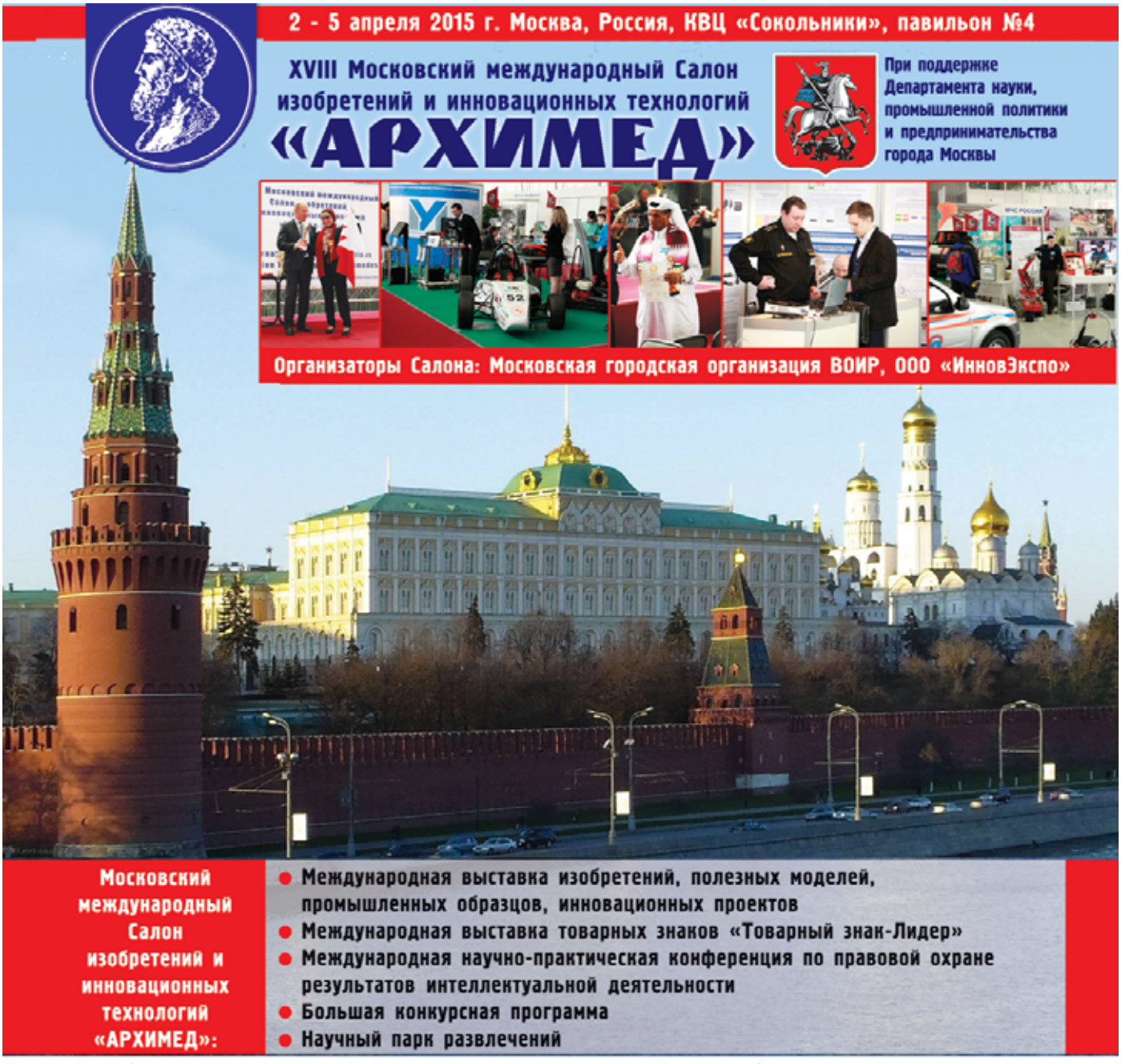
Наименование параметра	Единица измер.	Значение
Электрическая мощность	МВт	5
Расход газообразного топлива	кг/с	0,66
Коэффициент полезного действия, не менее		44
Расход воздуха на входе	кг/с	2,87
Расход воды на входе	кг/с	0,35
Степень повышения полного давления		30
Температура парогазовой смеси перед турбиной	°С	1303
Расход парогазовой смеси на входе в турбину	кг/с	5,54
Степень расширения в турбине		27,82
Частота вращения ротора газогенератора	об/мин	3600
Расход газов на выходе	кг/с	5,54
Температура газов на выходе	°С	100

может быть использовано для отопления или нагрева системы горячего водоснабжения. Для генерации топливного синтез-газа и биогаза можно использовать мусор, сельскохозяйственные отходы или низкосортный уголь. Естественно, как я уже указывал, всё топливо должно пройти газификацию и быть отчищенным от серы. У автора есть предложения и по использовании такой схемы ПГТУ в мобильном режиме: на больших транспортных машинах: кораблях, железнодорожном составе, карьерных самосвалах. Для работы в таком мобильном качестве в качестве топлива удобно применять газообразное топливо, либо метанол - сырец.

Литература.

1. Арсеньев Л.В. Тарышкин В.Г. Комбинированные установки с газовыми турбинами. Машиностроение 1982 г.

Связь с автором: sizovperm@mail.ru



Заявки на участие в XVIII Московском международном Салоне изобретений и инновационных технологий «Архимед-2015» принимаются до 25 февраля 2015 г. по адресу: **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

ОАО «Объединенная
двигателестроительная корпорация»
Россия, 105118, г. Москва, пр-кт Буденного, д. 16
www.uecrus.com info@uecrus.com

Объединенная
двигателестроительная
корпорация

гидроавиасалон 2014

Использованы фотографии автора статьи, ТАНТК им. Бериева, а также Дмитрия Дрозденко, Марины Лысцовой, Андрея Артамонова и др.

Дмитрий Александрович Боев

В этом, 2014 году, Геленджикский гидроавиасалон проводился уже в десятый раз. Оттенок юбилейности изначально чувствовался во всём: и в расширенной программе выставочной экспозиции (расположенной на площади 130 тысяч квадратных метров), и в увеличенной широте охвата конференции, и в существенно большем, чем обычно числе гостей и посетителей. Правда, в этот раз международная выставка предстала с несколько другим лицом, хотя проходила в те же дни - с 4 по 7 сентября. Всё должно было вообще быть сплошным праздником, если бы не авария вертолёта в один из первых дней работы, что несколько снизило общий настрой.

Выставка организовывалась соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации 2013 года, Министерством промышленности и торговли Российской Федерации. Непосредственный устроитель выставки ОАО "ТНТК им. Г.М. Бериева". Устроитель конгрессной программы - ООО "Русские Выставочные Системы".

Церемония открытия завершилась торжественным награждением победителей вертолетной гонки "Кубок КБ Миля", организованной "Русскими Вертолетными Системами" и ОАО "Вертолеты России". Старт гонке был дан 2 сентября с нового вертодрома "Барвиха". Среди профессиональных экипажей победу одержал экипаж новейшего российского многоцелевого вертолета "Ансат". Летчикам-испытателям

Казанского вертолетного завода Сергею Голотенко и Михаилу Михайлову Кубок "КБ Миля" лично вручил Министр промышленности и торговли Денис Мантуров.

Гидроавиасалон в Геленджике - это единственное в мире объединенное шоу авиационной и морской техники, позволяющее продемонстрировать представляемые технологии на суше, в воздухе и в морской стихии в удивительно красивой бухте на испытательно - экспериментальной базе ТАНТК им. Бериева и это очень удобно для демонстрации в действии достижений судостроения. Причём, в отличии от всех авиашоу мира, здесь демонстрация возможностей крылатых машин происходит в непосредственной близости от зрителей, её не заслоняют ни аэродромные постройки ни детали пейзажа. И только здесь демонстрируются в работе гидросамолёты, экранопланы, амфибии. И - единственный в своём роде реактивный пожарник, спасатель и связной гидроплан - мощный Бе-200.

В экспозиции 2014 году на выставке стало заметно больше экспонатов кораблестроителей и тех, кто занимается приморскими территориями - в производственном и туристическом отношении, а также рациональным использованием и охране прибрежных акваторий. Устроители выставки считают, что участие в ней представителей органов власти приморских территориальных образований, как хозяйствующих субъектов, совместно с производителями техники и технологий, а также представителей науки позволит комплексно подойти к решению проблем, связанных с развитием транспортных коммуникаций, контролем за экологической обстановкой, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера, а также климатическими наблюдениями.

В развитие данной темы в рамках Конгресса на Гидроавиасалоне-2014 добавились вопросы, связанные с перспективами использования авиационно-амфибийного транспорта в приморских регионах, и отдельно - решениями транспортной обеспеченности для регионов, имеющих выход к морским акваториям. Затронуты были и вопросы использования биологических, минеральных и энергетических ресурсов морских водоемов, рационального управления прибрежными зонами в интересах населения приморских регионов, контроль состояния морской среды и поддержание ее экологического равновесия. По этой тематике проводились конференции и Круглые столы обсуждений.

На выставке в этом году зарегист-

2014 гидроавиасалон

рировано более 200 участников. Помимо отечественных организаций и компаний в "Гидроавиасалоне-2014" участвовали фирмы из США, Нидерландов, Китайской Народной республики, Литвы, Германии, Украины, Швейцарии, Израиля. Интерес как российских, так и зарубежных участников к выставке остался на высоком уровне, несмотря на непростую международную обстановку.

В полете и на земле демонстрировались более 50 летательных аппаратов различных типов, в том числе, многоцелевой самолет-амфибия Бе-200ЧС, легкий самолет-амфибия Бе-103, самолеты-амфибии СК-12 "Орион", Че-29 и Л-42М, летающая лаборатория Ил-114, вертолеты "Ансат", Ми-8МСБ, "Eurocopter EC-130" и Р-30. Клуб "Ротор" из Кумертау представил оснащенные поплавками 2-местный легкий вертолет RotorflyP-30 и 2-местный микросамолет "Птенец-2". Мастерство пилотажа продемонстрировали летчики пилотажных групп "Стрижи" на истребителях МиГ-29. Впервые в летной программе "Гидроавиасалона" участвовали пилотажные группы "Соколы России" на самолетах Су-27 и Су-30СМ, а также пилотажная группа "Беркуты" на вертолетах Ми-28.

В ходе "Гидроавиасалона-2014" 6 сентября на самолете-амфибии Бе-200ЧС (21512) были установлены 12 мировых рекордов в классе С-2 (гидросамолеты) - время набора высоты 3000, 6000 и 9000 метров, без груза и с коммерческой нагрузкой в 1000, 2000, 5000 кг.На выставке были так же представлен экраноплан "Орион-14", а также боевые корабли Черноморского флота. Кроме того, на "Гидроавиасалоне" демонстрировалась широкая экспозиция катеров и морских яхт.

На выставке были представлены разработки новозеландских судостроителей. Катера-амфибии Sealegs - высокотехнологичная разработка, не имеющая аналогов в мире. С 2014 года катера комплектуются на территории России. Амфибийные катера успешно применяются службами специального назначения разных стран мира.

Впервые специалистам была представлена экспозиция сейсмологической техники от компании "Морские инновации": донные сейсмостанции - кабельная, автономная и самовсплывающая, которые демонстрируются впервые на этой площадке.

Обсуждения в шале фирм зачастую происходило на весьма высоком уровне, учитывая участие в Салоне представителей профильных министерств и ведомств России.

2014
гидроавиасалон

УДК 372.853

ФИЗИКА ДЛЯ НЕЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Мудрость - это роса, которая незаметно просачивается в нас, поит нас и способствует нашему росту. Знание - сильная струя воды, пущенная в нас из пожарного шланга. Она грозит подмыть наши корни.
О. Генри. "Прагматизм чистейшей воды".

Андрей Иванович Касьян,
к.т.н., доцент, МФПУ "Синергия"
Александр Николаевич Медведь,
к.т.н., с.н.с., Московский университет МВД
Игорь Александрович Нестеров,
к.т.н., доцент, МФПУ "Синергия"

Изучение математики и физики в техническом вузе сопряжено с рядом проблем, важнейшей из которых является недостаточная заинтересованность студентов. Сложнейшие науки воспринимаются как обуза, не имеющая отношение к практике. Предложена математическая модель, выявляющая зависимость успеваемости от времени, уделяемого студентов на самоподготовку, и эффективности усвоения материала на лекции.
The study of mathematics and physics at the technical college is associated with a number of problems, most important of which is the lack of interest of the students. Complex science are seen as a burden, not relevant to the practice. The article discusses a mathematical model that reveals the dependence of performance on the time given to students on self-study, and the effectiveness of learning material in a lecture.
Ключевые слова: физико-математические дисциплины, математическое моделирование, эффективность обучения.
Keywords: physical and mathematical disciplines, mathematical modeling, learning efficiency.

Изучение курсов математики, общей физики и других естественных дисциплин в техническом вузе, ориентированном на подготовку специалистов по эксплуатации разного рода совершенных систем и устройств (например, двигателей), как правило, не вызывает энтузиазма у большинства современных студентов, которые воспринимают эти науки как обузу, практически неприменимую в их дальнейшей деятельности. Увы, это факт, и от него, как говорится, нельзя отмахнуться.

Причин у сложившейся ситуации немало и среди них можно назвать несколько наиболее важных:

- серьезное падение уровня физико-математических знаний у выпускников среднеобразовательных школ и колледжей;

- психологическая неготовность (со школьной скамьи) многих студентов к напряженной самостоятельной работе со сложным материалом, требующим больших временных затрат и интеллектуальных усилий;

- сложившееся предубеждение у многих молодых людей в отношении целесообразности изучения этих дисциплин (их, как говорится, нужно "столкнуть"), а также в собственных способностях усвоить материал (обычно это связано с печальным опытом изучения физики и математики в школе);

- несоответствие программы курса представлениям студента о том, что ему действительно понадобится знать в будущем.

Что касается первой из указанных причин, то об этом прежде не говорил только ленивый - проблема снижения уровня школьного образования становится от года к году все острее, и благоприятных сдвигов пока не видно, несмотря на поголовную компьютеризацию и внедрение новейших школьных методик преподавания физики и математики, в том числе. С точки зрения вузовского преподавателя такое положение приводит к дилемме: либо посвятить "освежению" материалов школьной программы некоторое время, сократив вузовский курс, либо начитывать его без оглядки на степень освоения материала. В любом случае происходит существенное сокращение объема получаемых студентами знаний. Собственно, если добавить к обычной человеческой лени старинный монолог работодателя - *"забудьте все то, чему вас учили в вузе"*, получаем вторую, третью и четвертую причины невысокого интереса к физике.

Остановимся на тех "управляющих воздействиях", которые доступны преподавателю физики технического вуза для повышения качества обучения. К первой группе воздействий типа "кнут" можно отнести повышение требовательности к студентам. Раздосадованный неудовлетворительным усвоением материала преподаватель начинает внедрять разнообразные "летучки", тесты, домашние задания, организует поголовный опрос на семинарах, ведет "электронный журнал" успеваемости и т.п. В необходимых по его мнению случаях он даже апеллирует к администрации вуза и пытается *"построить"* оболтусов. Но его ресурсы ограничены. Во-первых, разработка всяческих "дополнительных" средств контроля никак не учитывается в его оплачиваемой нагрузке, как и время, необходимое для проверки результатов летучек и тестов. Во-вторых, сегодня во многих случаях даже исключительно нерадивого студента затруднительно *"попросить"* из вуза по причине полного отсутствия знаний (а это был сильнейший ресурс в арсенале преподавателей младших курсов в те далекие советские времена, когда была популярна шутка *"три двойки в зачетке - два дня рождения в пилотке"*). Как в негосударственном, так и в госвузе "средней руки" изгнание большого числа двоечников для администрации учреждения сегодня по ряду причин является нежелательным.

Рассмотрим теперь группу воздействий типа "пряник". Прежде всего следует указать на искусство лектора, умение преподнести материал в той форме, которая обеспечит максимальную степень усвоения основных положений и закономерностей студентами непосредственно в процессе занятия. Сколько великолепных знатоков, отлично разбирающихся в тонкостях сложных явлений, не обладало необходимыми навыками или хотя бы зачатками красноречия и артистизма, скатываясь к чтению по бумажке или с экрана проектора! К неминуемым последствиям скучной лекции можно отнести переключение студента на альтернативные занятия и даже на сон. Так было всегда, и в памяти автора застряло шутливое стихотворение из его студенческой поры:

"И не беда, что лекцию проспал
Зато две истины усвоены навечно:
От сна еще никто не умирал,
Жизнь коротка, наука бесконечна..."

Большинство преподавателей вузов считает наиболее значимыми сильными качествами своих коллег [1]:

- отличное знание своего предмета (К.Д. Ушинский говорил: *"Знай свой предмет и излагай его ясно"*);

- увлеченность предметом и умение увлечь им студентов;

- владение практикой предмета (решение задач, организация лабораторных и экспериментальных работ);

- широкий научный кругозор и здравый смысл.

При наличии у преподавателя этих качеств в разумном соотношении от студентов требуется добрая воля (не прогуливать занятия), трудолюбие и терпение (получение новых знаний - разновидность работы, иногда очень непростой), а также выделение определенного времени для самостоятельной переработки и углубления знаний.

Как известно, метод обучения в вузе - это технология представления (подачи) информации студенту в ходе его познавательной деятельности. Обычно выделяют пять методов обучения:

- объяснительно-иллюстративный метод, когда студенты получают знания на лекции, из учебной или методической литературы, с использованием презентации. В вузе данный метод находит самое широкое применение для передачи большого массива информации;

- репродуктивный метод, предполагающий выполнение определенных действий на основе образца или правила в аналогичных, сходных с показанным образцом ситуациях;

- метод погружения в проблему, когда преподаватель, прежде чем излагать материал, формулирует познавательную задачу, а затем, раскрывая систему доказательств, сравнивая точки зрения, различные подходы, показывает способ решения поставленной задачи. Студенты как бы становятся свидетелями и соучастниками научного поиска;

- частично-поисковый метод, предполагающий организацию активного поиска решения выдвинутых познавательных задач либо под руководством педагога, либо на основе эвристических программ и указаний, не являющихся, однако, "жесткими алгоритмами" и требующих творческого подхода;

- исследовательский метод, когда после анализа материала, постановки проблем и задач обучаемые самостоятельно изучают литературу, источники, ведут наблюдения и измерения, выполняют другие действия поискового характера. Инициатива, самостоятельность, творческий поиск проявляются при использовании этого метода наиболее полно.

С сожалением приходится констатировать, что высокая насыщенность изучаемого предмета (физики) математическими приемами, в недостаточной мере освоенными студентами, серьезно затрудняет возможность использования двух последних методов. Если повторить вывод сравнительно сложной физической формулы большинство обучаемых, потратив некоторое время на усвоение материала, как правило, все же сможет, то ожидать, что студент самостоятельно найдет цепочку порой неочевидных умозаключений, да еще в условиях цейтнота, не стоит.

Итак, преподаватель вуза, который обязан действовать в рамках учебной программы, предопределяющей объем и последовательность изучения материала, а также количество выделяемых часов "в сетке расписания", вынужден в основном прибегать к объяснительно-иллюстративным (на лекции) и репродуктивным (на практическом и лабораторном занятии) методам. Лишь изредка (на семинаре) он может позволить себе и студентам подойти к изучаемой проблеме шире, исследовать ее с нескольких сторон, например, заранее сформулировав темы сообщений и докладов.

Теперь попытаемся проанализировать, какие элементы образовательного процесса влияют на выходной продукт - качество знаний студентов - наиболее сильно. Для этого построим относительно простую математическую модель процесса обучения с использованием идей теории массового обслуживания [2, 3, 4]. Интерпретируем студента как трехканальную систему, на вход которой поступают запросы на обработку заявок трех типов:

- проработка прослушанной лекции;

- подготовка к семинару (практическому занятию, лабораторной работе);

- выполнение домашнего задания.

Каждая из групп заявок характеризуется интенсивностями λ_1, λ_2, λ_3, соответственно. Получив заявку на обработку, студент "обслуживает" каждую из них с интенсивностями $\mu_1(t)$, $\mu_2(t)$, $\mu 3(t)$, соответственно. В зависимости от времени, отпущенного на обработку, на "выходе" получаются вероятности обслуживания заявок $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$ с определенным качеством (степенью усвоения материала). Рассмотренную ситуацию иллюстрирует рисунок 1.

Рисунок 1 - Модель системы обработки заявок

Уравнения для вероятностей обслуживания заявок запишем в виде:

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = (\mu_1(t) - \lambda_1)\frac{N_{\hat{I}\,\ddot{E}}}{N_{\tilde{N}\ddot{I}}};$$

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = (\mu_2(t) - \lambda_2)\frac{N_{\ddot{I}\,\tilde{N}}}{N_{\tilde{N}\ddot{I}}};$$

$$\frac{dP_3(t)}{dt} = (\mu_3(t) - \lambda_3)\frac{N_{\ddot{A}\tilde{C}}}{N_{\tilde{N}\ddot{I}}},$$

при начальных условиях $P_1(0) = P_{10}$, $P_2(0) = P_{20}$, $P_3(0) = 0$.

Здесь под P_{10} понимается "доля" освоенного материала лекции после ее завершения, а под P_{20} - вероятностная характеристика готовности студента к семинару после завершения лекции, зависящая, очевидно, от P_{10}. К моменту завершения лекции "доля" выполненного домашнего задания равна нулю. Под $N_{СП}$ понимается число часов, выделяемых на самоподготовку студента, и в том числе: $N_{ОЛ}$ - число часов на обработку лекций, $N_{ПС}$ - число часов на подготовку к семинарам, $N_{ДЗ}$ - число часов на выполнение домашних заданий.

В выражении для интенсивности обслуживания заявки i-го типа будем учитывать два процесса: освоение материала по мере "обслуживания заявки" и постепенное его забывание студентом со временем:

$$\mu_i(t) = (a_i - b_i \cdot t) \cdot exp(-c_i \cdot t),$$

где a_i, b_i, c_i - некоторые коэффициенты.

Вероятность получения студентом оценки "отлично" свяжем с вероятностями выполнения всех трех видов заявок

$$P(5) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t).$$

Предположим, что оценку "не ниже хорошо" студент получит, если освоит материал лекции и либо подготовится к семинару, либо выполнит домашнее задание

$$P(\geq 4) = 1 - (1 - P_1(t) \cdot P_2(t))(1 - P_1(t) \cdot P_3(t)).$$

Вероятность получения оценки "хорошо" определим по формуле

$$P(4) = P(\geq 4) - P(5).$$

По аналогии, для получения оценки "не ниже удовлетворительно" будем считать достаточными либо подготовку к семинару, либо выполнение домашнего задания (авторы прекрасно понимают условность использования таких градаций, они выбраны только из соображений простоты, но, положа руку на сердце, недалеки от реально применяемых)

$$P(\geq 3) = 1 - (1 - P_2(t))(1 - P_3(t)).$$

Вероятность получения оценки "удовлетворительно" определим по формуле

$$P(3) = P(\geq 3) - P(\geq 4).$$

Рассмотрим две "стратегии" поведения студента. Первая подразумевает, что студент либо не посещает лекции, либо занимается на них посторонними вещами, например, готовится к семинару по другому предмету. В этом случае можно полагать, что вероятности P_{10} и P_{20}, отражающие степень усвоения материала в ходе лекции и степень готовности к очередному семинару по этой теме, равны нулю. Графики рисунка 2 иллюстрируют зависимости вероятностей получения студентом соответствующих оценок по четырехбалльной системе в зависимости от относительного времени, затрачиваемого на самоподготовку.

Эту характеристику определим по формуле

$$\overline{T}_{\hat{n}\varsigma} = t / T_{\Sigma},$$

где t - реально затраченное студентом время на самоподготовку за определенный период (например, за неделю);

T - время, выделенное на самоподготовку в соответствии с учебной программой изучения дисциплины за этот же период (надо сказать, что сердца авторов всегда переполнялись гордостью за составителей учебных программ, способных с точностью до часа

Рисунок 2 - Графики вероятностей оценок для студента, игнорирующего лекции

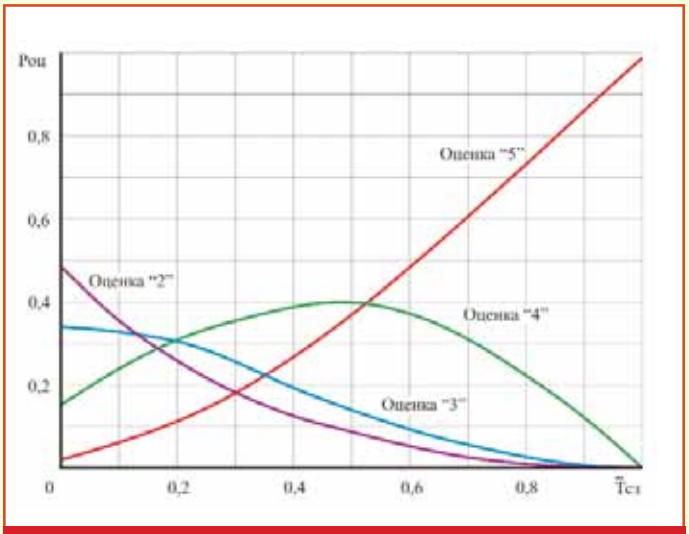


Рисунок 3 - Графики вероятностей оценок для студента, осваивающего материал на лекции с $P_{10} = 0,3$

определить время, необходимое для изучения темы, а также обосновать перечень необходимых тем и потребную глубину их изучения - и безошибочно сделать это для десятков ФГОС, предусматривающих изучение физики в технических вузах, для специалистов самых разных направлений; вот только сами программы оказываются удивительно похожими друг на друга...).

Однако вернемся к рисунку 2. Следует подчеркнуть, что изображенные на нем графики претендуют пока лишь на качественное отображение процесса усвоения знаний, поскольку они построены с использованием значений коэффициентов a_i, b_i, c_i, полученных путем опроса ряда экспертов (преподавателей вуза), а отнюдь не на основе обработки какого-то экспериментального материала. В связи с этим предполагалось, что T и в самом деле является тем "граничным" временем, которое достаточно для обработки среднестатистическим студентом заявок всех трех типов. Любопытный результат заключается в том, что если студент использует хотя бы половину из отпущенного ему времени на самоподготовку, то с вероятностью порядка 0,6 он получит оценку "хорошо" или "отлично".

Теперь рассмотрим другую стратегию поведения студента: он не пренебрегает лекциями, вникает в смысл сказанного преподавателем и как результат степень освоения материала после завершения лекции в среднем оценивается значениями $P_{10} = P_{20} = 0,3$. Графики рисунка 3 иллюстрируют зависимости вероятностей получения студентом соответствующих оценок по четырехбалльной системе в предположении, что все остальные параметры (a_i, b_i, c_i) не изменялись.

Сразу видно, что даже при полном отсутствии времени на самоподготовку вероятность оценки "неудовлетворительно" снижается вдвое. Далее, оказывается, что усвоение материала лекции примерно на одну треть в процессе самого занятия способствует заметному росту вероятности хороших и отличных оценок. В частности, при использовании половины отведенного ресурса времени на самоподготовку суммарная вероятность получения оценки "хорошо" и "отлично" достигает значения 0,75. Если же студент окажется столь трудолюбивым, что затратит 80 % предусмотренного на самоподготовку времени, то оценка "отлично" у него в кармане с вероятностью 0,73.

Какие же выводы можно сделать, основываясь на результатах проведенного моделирования? Помимо вполне традиционных рекомендаций, предлагаемых студентам на протяжении многих веков (лекции нужно слушать и стараться усваивать материал; к занятиям надо готовиться), при желании можно обнаружить и несколько менее тривиальные вещи:

- если сильно ограничить предоставляемое студентам время на самоподготовку (скажем, втрое по сравнению с рекомендованным), переключив их на некие "более важные" мероприятия, то при отсутствии заинтересованности на лекции наиболее вероятными итоговыми оценками становятся "неудовлетворительно" и "удовлетворительно";

- неоднородность потока заявок по различным дисциплинам (преподаватели которых из лучших побуждений стараются *"научить студентов глубже понимать предмет"* и потому дают им сложные домашние задания, требующие значительного времени для выполнения - большие μ_i) может оказать негативное влияние на качество знаний обучаемых по другим предметам;

- если при построении графиков (аналогичных приведенным на рисунках 2 и 3) использовать не экспертные оценки значений коэффициентов a_i, b_i, c_i, а величины, полученные путем статистической обработки экспериментальных данных, то впоследствии по распределению полученных студентами итоговых оценок можно будет судить о том, насколько полно удалось студентам использовать ресурс времени, выделенный на самоподготовку;

- полученные результаты еще раз убедительно иллюстрируют закон перехода количественных изменений в качественные. И гордый ответ студента на вопрос о причинах неудовлетворительного знания им определенного материала - *"я работаю"*, рассматриваемый "де-факто" в качестве уважительной причины, на самом деле свидетельствует об огромной проблеме и ставит под вопрос саму возможность эффективного совмещения работы и учебы.

Главный вывод состоит в том, что на сегодня важнейшей проблемой при обучении физико-математическими дисциплинам в вузе являются налаживание эффективной самостоятельной работы студентов и организация постоянного контроля за этим процессом, для чего требуется существенное перераспределение временных ресурсов преподавательского состава (как вариант - создание института индивидуального кураторства над тремя-пятью студентами со стороны одного преподавателя, еженедельно встречающегося с "подопечными", выявляющего проблемы и способствующего их устранению; при этом трудозатраты на выполнение этой работы должны учитываться наравне с другими видами учебной нагрузки).

Литература

1. Жукова Г.С., Комарова Е.В., Никитина Н.И. Технологии профессионально-ориентированного обучения. Учебное пособие. М.: РГСУ, 2012

2. Сыготина М.В. Моделирование процесса обучения в высшем учебном заведении. Диссертация канд. техн. наук. - М., 2005

3. Дровникова И.Г. Микровременная модель процесса обучения. // Информация и информационная безопасность правоохранительных органов. Сб. трудов XVIII междунар. конф. 19-20 мая 2009 г.

4. Петров Ю.И. Некоторые подходы к моделированию обучаемого. // Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем. Выпуск 7. Иркутск, 2009

Связь с авторами: bearam08@mail.ru

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

УДК 621.45.026.2

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЯГИ И СООТНОШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ТОПЛИВА СОВРЕМЕННЫХ ЖРД ПРОИЗВОДСТВА ОАО "НПО ЭНЕРГОМАШ"

Дмитрий Сергеевич Пушкарёв, инженер-конструктор ОАО "НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко"

В статье освещено совершенствование систем управления и регулирования тяги и соотношения компонентов топлива двигателей семейства РД170 (РД170, РД171, РД171М, РД180, РД191). К настоящему времени разработаны алгоритмы управления и регулирования двигателями, которые учитывают влияние нескольких внешних факторов (температуры, плотности и входные давления компонентов топлива) на точность обеспечения режима по тяге и соотношению расходов компонентов топлива.

The modernization of control systems of the RD170 engine family (RD170, RD171, RD171M, RD180, RD191) is showed in this article. The JSC "NPO Energomash" has developed algorithms of control that include the influence of several external factors (temperatures, densities and input pressures of components) on the thrust and the mixture ratio.

Ключевые слова: ***управление, регулирование, внешние факторы, тяга, соотношение расходов компонентов топлива.***

Keywords: ***engine control, external factor, thrust, mixture ratio.***

Настоящая статья является результатом более чем тридцатилетнего опыта отработки мощных кислородно-керосиновых ЖРД РД170 (РД171) и РД171М для ракет-носителей (РН) "Энергия" и РН "Зенит", РД180 для РН "Atlas", РД191 для РН "Ангара".

Создание в 80-х годах прошлого века мощных маршевых двигателей РД170 и РД171 для РН "Энергия" и РН "Зенит", с высоким уровнем энергетических характеристик (тяга в пустоте - 806,4 тс; давление в камере сгорания - 250 кгс/см^2) потребовало высокой точности настройки и регулирования - погрешность обеспечения режимов по тяге и соотношению компонентов не должна была превышать по техническому заданию (ТЗ) 2...3 %. Для обеспечения таких требований была разработана уникальная система регулирования с внутридвигательными обратными связями, замкнутыми на своеобразный "гидравлический компьютер" - регулятор командных давлений, который по командам системы управления (СУ) РН или стендовой СУ управлял режимом работы двигателя по тяге и соотношению компонентов (подробно описано в [1]).

Отличительной особенностью системы регулирования двигателей РД170 (РД171) являлось наличие внутридвигательных гидромеханических обратных связей по давлению перед смесительной головкой одной из четырёх камер (характеризует уровень тяги двигателя) и по перепаду давления на мерном устройстве в магистрали горючего (поз. 12 рис. 1) (характеризует расход горючего через камеры двигателя). На рис. 1 представлена пневмогидравлическая схема двигателя РД171.

Основными агрегатами системы регулирования являлись:

- регулятор расхода горючего на магистрали питания газогенератора со следящим приводом (поз. *15* и *17* рис. 1);
- дроссель горючего на магистрали питания камеры со следящим приводом (поз. *13* и *18* рис. 1);
- регулятор командных давлений с двумя цифровыми приводами (поз. *16*, *22* и *23* рис. 1);
- мерное устройство;
- два дросселя окислителя с цифровыми приводами (поз. *6*, *20* и *21* рис. 1).

Разработанная система регулирования двигателей РД170 (РД171) показала высокую эффективность по воспроизведению значений тяги и соотношения компонентов топлива с требуемой в

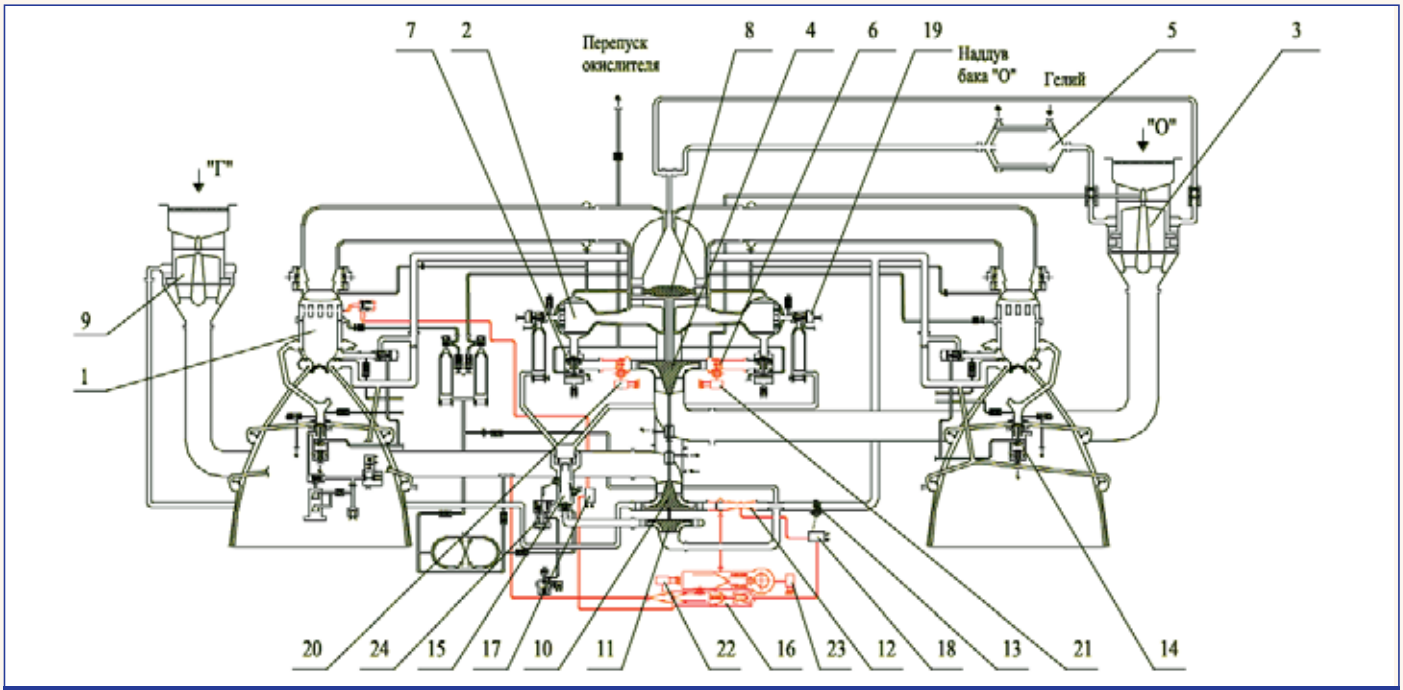


Рис. 1 Пневмогидравлическая схема двигателя РД171: 1 - камера сгорания, 2 - газогенератор, 3 - бустерный насосный агрегат (БНА) окислителя, 4 - насос окислителя, 5 - теплообменник, 6 - дроссель окислителя, 7 - клапан, 8 - турбина, 9 - БНА горючего, 10 - I ступень насоса горючего, 11 - II ступень насоса горючего, 12 - мерное устройство, 13 - дроссель горючего, 14 - клапан, 15 - регулятор расхода, 16 - регулятор командных давлений, 17 - привод регулятора тяги, 18 - привод дросселя горючего, 19 - клапан, 20, 21 - привод дросселя окислителя, 22, 23 - привод регулятора командных давлений, 24 - пневмопривод

ТЗ точностью. Однако следует отметить, что, несмотря на эффективное управление двигателем, система характеризуется сложностью задействованных агрегатов и, как следствие, привносит повышенные требования к обеспечению надежного функционирования всех составляющих элементов. Высокой сложностью характеризуется и алгоритм управления двигателем.

Для повышения надежности двигателя, уменьшения количества агрегатов системы управления и регулирования двигателя и, как следствие, снижения его массы была предложена новая схема управления и регулирования двигателем без внутридвигательных гидравлических обратных связей (рис. 2) (на рис. 1 красным цветом выделены исключенные составляющие системы управления и регулирования).

В процессе отработки усовершенствованного двигателя РД171М было подтверждено, что запуск и останов двигателя, а также его работа на всех предусматриваемых режимах характеризуется устойчивой работой всех агрегатов и систем. При этом обеспечивался заданный в ТЗ закон изменения тяги при запуске и останове. Упрощение системы (управляющие и регулирующие органы двигателя РД171М: регулятор тяги (поз *1* на рис. 2) и дроссель горючего (поз. *2* на рис. 2), безусловно, увеличило надежность двигателя, но в тоже время потребовалось разработать новый алгоритм настройки двигателя, отвечающий требованиям ТЗ по точности управления и регулирования.

Наиболее полно алгоритм управления и регулирования двигателем, основные положения которого используются в алгоритмах управления и регулирования других двигателей (РД171М и РД191), был отработан на двигателях РД180. В нем предусмотрены решения, обеспечивающие максимальное приближение задаваемых СУ РН и реализуемых системой управления и регулирования двигателя значений тяги и соотношения расходов компонентов топлива, а также снижение риска выхода на нерасчетные режимы работы в результате случайных отклонений в системе управления и регулирования.

Применительно к товарным двигателям РД180 положение усложняется тем, что огневое приемо-сдаточное испытание (контрольно-технологическое (КТИ) двигателей проводится на горючем РГ-1, а последующая эксплуатация на горючем RP-1, отличающемся от РГ-1 по плотности и по характеру влияния температуры на тягу и соотношение расходов компонентов.

В этой связи была разработана программа испытаний, в частности, двигателей РД180 по определению зависимостей, учитывающих влияние температур компонентов на входе в двигатель и плотностей компонентов на точность обеспечения требуемых значений тяги и соотношения расходов компонентов.

Для двигателя требуется определить зависимости, по которым СУ должны задаваться положения регулирующих органов в зависимости от заданных уровней режима по тяге и соотношению компонентов топлива. На эти зависимости значительно влияют внутренние факторы, такие как особенности изготовления агрегатов двигателя. Поэтому каждый экземпляр двигателя имеет свои собственные зависимости величин тяги и соотношения компонентов от положения исполнительных механизмов агрегатов системы управления и регулирования. Однако кроме внутренних факторов на положения регулирующих органов существенно влияют внешние факторы, такие как температуры компонентов и их плотности.

В процессе КТИ происходит, так называемая, настройка двигателя, в процессе которой определяются коэффициенты полиномов A_i, B_i, C_i, D_i, учитывающие влияние внутренних факторов.

Методика определения влияния внешних факторов заключается в следующем: для установления зависимостей, учитывающих влияние внешних факторов, используется один из двигателей РД180, прошедший огневое испытание (ОИ). Исходными данными для расчета влияния, например, температур являются значения температур окислителя t_{O_1} и горючего $t_{Г_1}$ на входе в двигатель и положения валов приводов регулятора и дросселя горючего, при которых в процессе испытания на определенных режимах R обеспечивалось номинальное значение соотношения компонентов ($Km_{ном}$). Проводятся два ОИ, отличающиеся от первого ОИ температурами компонентов: t_{O_2}, $t_{Г_2}$ и t_{O_3}, $t_{Г_3}$. В каждом из испытаний двигатель выводится на режимы, которые определяются установкой положений приводов регулятора тяги и дросселя горючего, идентичным положениям на КТИ, на которых обеспечивались указанные выше режимы и $Km = Km_{ном}$.

По результатам испытаний по представленной ниже методике определяются коэффициенты, учитывающие влияние температур компонентов топлива.

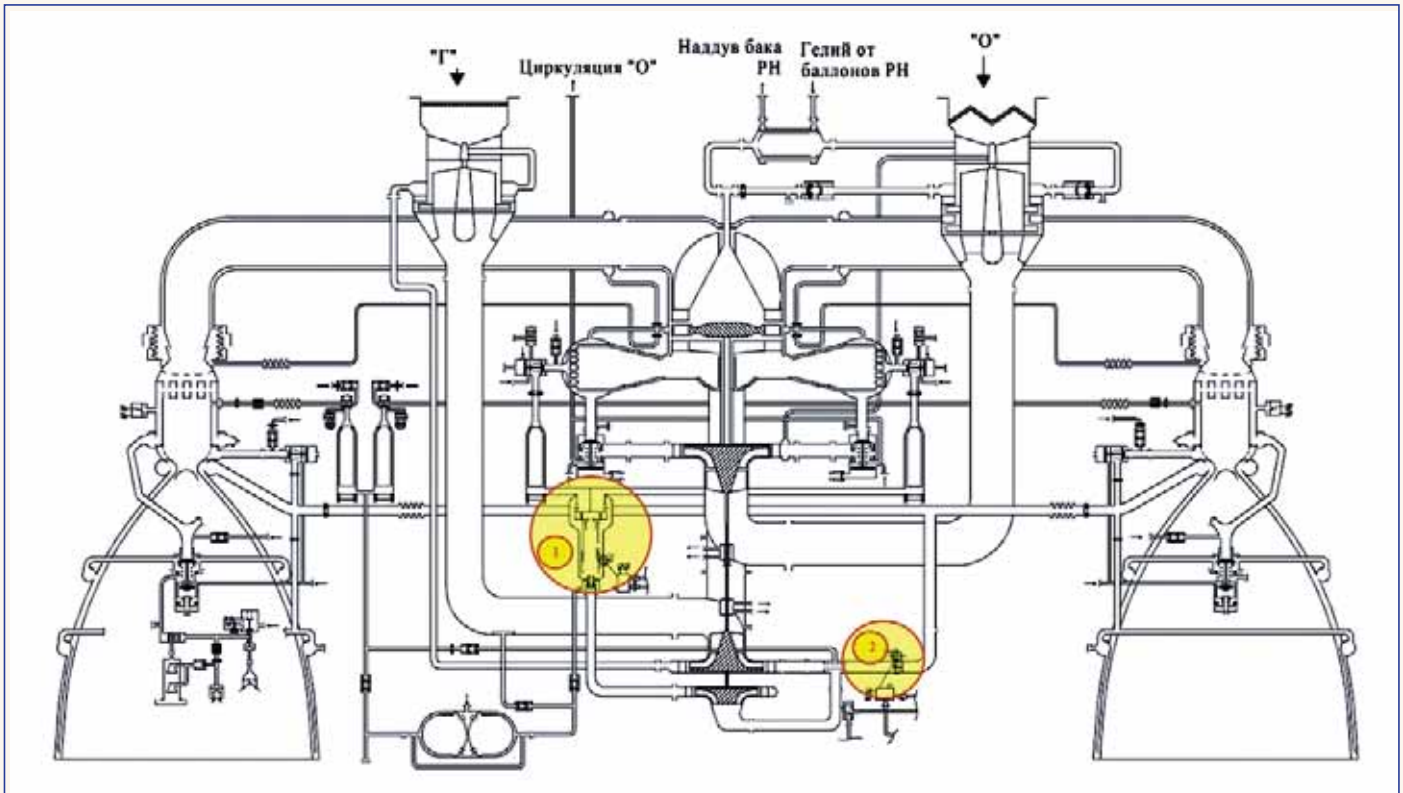


Рис. 2 Пневмогидравлическая схема двигателя РД171М

$$\beta_1 = \frac{\partial R}{\partial t_O} = \frac{\Delta R_{t_1} \cdot \Delta t_{\Gamma_2} - \Delta R_{t_2} \cdot \Delta t_{\Gamma_1}}{\Delta t_{O_1} \cdot \Delta t_{\Gamma_2} - \Delta t_{O_2} \cdot \Delta t_{\Gamma_1}};$$

$$\beta_2 = \frac{\partial R}{\partial t_\Gamma} = \frac{\Delta R_{t_2} \cdot \Delta t_{O_1} - \Delta R_{t_1} \cdot \Delta t_{O_2}}{\Delta t_{O_1} \cdot \Delta t_{\Gamma_2} - \Delta t_{O_2} \cdot \Delta t_{\Gamma_1}};$$

$$\beta_3 = \frac{\partial Km}{\partial t_O} = \frac{\Delta Km_{t_1} \cdot \Delta t_{\Gamma_2} - \Delta Km_{t_2} \cdot \Delta t_{\Gamma_1}}{\Delta t_{O_1} \cdot \Delta t_{\Gamma_2} - \Delta t_{O_2} \cdot \Delta t_{\Gamma_1}};$$

$$\beta_4 = \frac{\partial Km}{\partial t_\Gamma} = \frac{\Delta Km_{t_2} \cdot \Delta t_{O_1} - \Delta Km_{t_1} \cdot \Delta t_{O_2}}{\Delta t_{O_1} \cdot \Delta t_{\Gamma_2} - \Delta t_{O_2} \cdot \Delta t_{\Gamma_1}};$$

где:

$$\Delta t_{O_1} = t_{O_2} - t_{O_1}; \quad \Delta t_{O_2} = t_{O_3} - t_{O_1};$$

$$\Delta t_{\Gamma_1} = t_{\Gamma_2} - t_{\Gamma_1}; \quad \Delta t_{\Gamma_2} = t_{\Gamma_3} - t_{\Gamma_1};$$

$$\Delta R_{t_1} = R_{t_2} - R_{t_1}; \quad \Delta R_{t_2} = R_{t_3} - R_{t_1};$$

$$\Delta Km_{t_1} = Km_{t_2} - Km_{t_1}; \quad \Delta Km_{t_2} = Km_{t_3} - Km_{t_1};$$

По данным значениям β_i, полученных для различных режимов, определяются полиномы второй степени, аппроксимирующие эти значения в зависимости от уровня режима тяги двигателя

$$\beta_1(R) = \sum_{i=0}^{2} E_i \cdot R^i; \quad \beta_2(R) = \sum_{i=0}^{2} F_i \cdot R^i;$$

$$\beta_3(R) = \sum_{i=0}^{2} G_i \cdot R^i; \quad \beta_4(R) = \sum_{i=0}^{2} H_i \cdot R^i;$$

где E_i, F_i, G_i, H_i - коэффициенты, принимаемые постоянными для всех двигателей РД180.

Данные зависимости позволяют вводить температурные поправки на положение валов приводов регулятора и дросселя горючего для всех двигателей данной конструкции (в данном случае, двигателей РД180) и далее используются в алгоритме управления и регулирования двигателем в полете и при проведении последующих испытаний.

Методика учета влияния плотности практически аналогична методике учета влияния температур.

Также был разработан новый алгоритм управления и регулирования двигателем в полете, который учитывал влияние температур и плотностей компонентов и обеспечил требуемую точность, заданную в ТЗ

$\Delta Km = Km - Km_{ном}$;
$\Delta t_\Gamma = t_\Gamma = t_{\Gamma ном}$;
$\Delta t_O = t_O = t_{Oном}$;
$\Delta R_1 = \beta_1 \Delta t_\Gamma + \beta_3 \Delta t_O + \varepsilon_1 \Delta \rho_\Gamma$;
$\Delta Km_1 = \beta_2 \Delta t_\Gamma + \beta_4 \Delta t_O + \varepsilon_2 \Delta \rho_\Gamma$;
$R_1 = R - \Delta R_1$;

$$\alpha_1 = \sum_{i=0}^{2} A_i \cdot R_1{}^i + (\Delta Km - \Delta Km_1) \cdot \sum_{i=0}^{2} C_i \cdot R_1{}^i;$$

$$\alpha_2 = \sum_{i=0}^{2} B_i \cdot R_1{}^i + (\Delta Km - \Delta Km_1) \cdot \sum_{i=0}^{2} D_i \cdot R_1{}^i.$$

Обозначения:
Km - задаваемое СУ РН соотношение компонентов;
$Km_{ном} = 2{,}72$;
$t_{\Gamma ном} = 20$ °С; $t_{O ном} = -179$ °С;
ε_1, ε_2 - полиномы учитывающие влияние плотности горючего;
R - уровень тяги, задаваемый СУ РН или стендовой СУ;
α_1, α_2 - угол положения вала привода регулятора тяги и дросселя горючего.

Найденные в процессе расчета углы α_1 и α_2 позволяют выводить двигатель на заданные режимы с высокой точностью, погрешность составляет до ~ ±1 %.

При разработке двигателя РД191 для РН "Ангара" в качестве приводов регулятора и дросселя используются не цифровые приводы (установленные на двигателях РД171М, РД180), а шаговые электрогидроприводы (разработчик ОАО "ЦНИИАГ"), которые существенно упростили конструкцию двигателя и уменьшили его массу на 38 кг (масса шагового привода 3 кг, цифрового привода 22 кг). При их использовании в алгоритме управления и регулирования двигателем использованы зависимости кодов команд от задаваемых уровней режимов по тяге и соотношению расходов компонентов топлива. В шаговых электрогидроприводах используется шаговый двигатель, который обеспечивает 241 дискретное положение выходного вала привода. Каждому положению присвоен код N от 0 до 241 [2].

Двигатель РД191 по требованию ТЗ должен работать в широком диапазоне режимов по тяге 30...105 %. В результате отработки конструкции двигателя было установлено, что на режимах

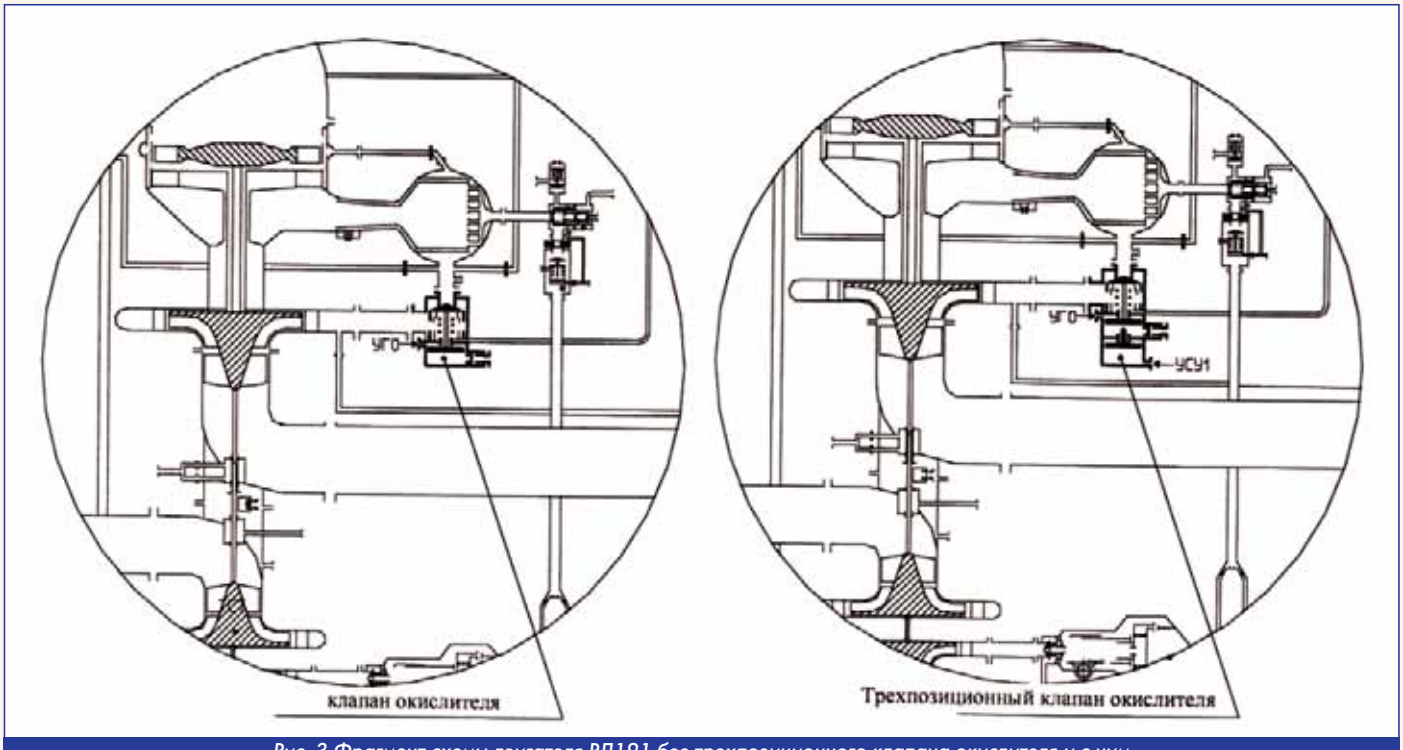


Рис. 3 Фрагмент схемы двигателя РД191 без трехпозиционного клапана окислителя и с ним

менее 38 % по тяге проявились низкочастотные колебания параметров и необходимым оказалось введение в конструкцию трехпозиционного клапана окислителя (рис. 3), который должен прикрываться на низких режимах, увеличивая гидросопротивление по тракту окислителя, повышая тем самым режим работы турбонасосного агрегата и газогенератора, приводящий к снижению амплитуды колебаний [1, 3].

В процессе дальнейшей отработки двигателя было замечено, что на режимах 30 % и ниже на тягу и соотношение компонентов топлива существенное влияние оказывают величины входных давлений компонентов топлива, в этой связи возникла задача учета их влияния в алгоритме управления и регулирования двигателем. Эта задача была успешно решена. Скорректированный алгоритм управления и регулирования двигателем в полете, учитывающий влияние температур и входных давлений компонентов топлива, который обеспечивает требуемую в ТЗ точность воспроизведения режима, представлен ниже:

$\Delta Km = Km - Km_{ном}$;

$\Delta t_Г = t_Г = t_{Гном}$;

$\Delta t_О = t_О = t_{Оном}$;

$\Delta R_t = \beta_1 \Delta t_Г + \beta_3 \Delta t_О$;

$\Delta Km_t = \beta_2 \Delta t_Г + \beta_4 \Delta t_О$;

$R_t = R - \Delta R_t$;

При $R > 0{,}3$:

$\Delta Km_p = 0$.

При $R \leq 0{,}3$:

$\Delta p_{вхО} = p_{вхО} - p_{вх\ Оном[F1]}$;

$\Delta p_{вхГ} = p_{вхГ} - p_{вх\ Гном}$;

$\Delta Km_p = \beta_5 \Delta p_{вхО} + \beta_6 \Delta p_{вхГ}$.

Обозначения:

Km - задаваемое СУ РН соотношение компонентов;

$Km_{ном} = 2{,}75$;

$t_{Гном} = -5$ °С; $t_{Оном} = -182{,}5$ °С;

R - уровень тяги, задаваемый СУ РН;

ΔKm_p - поправка, учитывающая влияние входных давлений окислителя и горючего;

β_5, β_6 - значения коэффициентов, определяющие степень влияния входных давлений окислителя и горючего на соотношение компонентов топлива для режима R = 30 %;

$$N_1 = \sum_{i=0}^{2} A_i \cdot R_t^i + (\Delta Km - \Delta Km_t) \cdot \sum_{i=0}^{2} C_i \cdot R_t^i ;$$

$$N_2 = \sum_{i=0}^{2} B_i \cdot R_t^i + (\Delta Km - \Delta Km_t - \Delta Km_p) \cdot \sum_{i=0}^{2} D_i \cdot R_t^i + \Delta N_2 \cdot z,$$

где: z = 1 при R ≤ 0,38, z = 0 при R > 0,38;

N_1, N_2 - коды, выдаваемые на приводы регулятора и дросселя;

ΔN_2 - поправка кода команды на привод дросселя, учитывающая прикрытие клапана окислителя на режимах 38 % и ниже.

Выводы

1. Разработаны алгоритмы управления и регулирования двигателями, позволяющие в широком диапазоне изменения тяги и соотношения расходов компонентов топлива, с высокой точностью выводить двигатель на заданные режимы работы, варьируя при этом величинами входных давлений с учетом фактических значений температур компонентов топлива и плотности используемого горючего.

2. Созданная и внедренная в ОАО "НПО Энергомаш" технология проведения стендовой отработки двигателя и его автоматической настройки в процессе КТИ не имеет аналогов в отечественной и мировой практике.

3. При проведении КТИ эта технология гарантирует воспроизводимость индивидуальных характеристик двигателя при его работе по полетному алгоритму, что непосредственно влияет на повышение эффективности системы управления РН.

4. Предложен алгоритм управления двигателем непосредственно по кодам, выдаваемым СУ РН на цифровые приводы органов управления двигателем, который может быть использован для любых двигателей ОАО "НПО Энергомаш". Эффективность настройки и использование полиномиальных уравнений управления по кодам подтверждена в процессе отработки и эксплуатации двигателя РД191.

5. Эффективность разработанных метода настройки ЖРД в процессе КТИ и алгоритмов управления и регулирования при штатной эксплуатации ЖРД подтверждены результатами доводочных и сертификационных испытаний двигателей РД171М, РД180, РД191 и штатной эксплуатацией в составе РН "Зенит" (РД171М), РН семейства "Atlas" (РД180), РН "KSLV-1" (РД191), РН семейства "Ангара" (рис. 4).

Литература

1. Сёмина Е.Н. Обеспечение высокой точности управления и регулирования многорежимных маршевых ЖРД: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук - Химки, "НПО Энергомаш", 2009 - 129 с.

2. Григоренко Д.И., Семина Е.Н. Управление ЖРД с помощью шаговых электрогидроприводов. Сборник трудов НПО Энергомаш №24 - 2006, с. 130-139.

3. Гемранова Е.А., Колбасенков А.И., Кошелев И.М. Способы подавления низкочастотных колебаний в ЖРД на режимах глубокого дросселирования. Сборник трудов НПО Энергомаш №30 - 2013, с. 104-110.

Связь с автором: e-mail: pushcarev@hotmail.com

Рис. 4 Старт РН «Ангара-А5»

УДК 532.2

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ.

ВЕКТОР НАВЬЕ-СТОКСА

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

Сформулировано новое понятие в газодинамической науке – вектор Навье–Стокса (ВНС). Показана с помощью дисперсионного уравнения (дисперсионного турбулентного вектора), являющегося одной из форм представления ВНС, возможность расчета чисто турбулентных течений.

A new conception in gas dynamic science is formulated, namely Navier–Stocks vector (NSV). It is shown a possibility of calculation of pure turbulent flows with a help of dispersion equation (dispersion turbulent vector), which is one of the forms of NSV representation.

Ключевые слова: *турбулентность, вихрь, волна.*

Keywords: *turbulence, vortex, wave.*

В первой статье автора [1], посвященной проблеме турбулентного движения реальных жидкостей, газов и плазмы, утверждалось, что турбулентность отнюдь не хаос, но тонкоорганизованная структура, была ссылка на концепцию Ландау, согласно которой утверждалось, что турбулентность сводится к постадийному усложнению исходного движения путем развития соответствующих неустойчивостей. При этом каждая стадия завершается насыщением наблюдаемого возмущения. В соответствии с этой схемой некое возмущение, возникающее первоначально в силу неустойчивости ламинарного стационарного течения, развивается вначале по линейным законам, а затем, во всех точках пространства одновременно переходит в нелинейную стадию насыщения и таким образом возникает новое ламинарное, но уже не стационарное движение. Это последнее движение, в свою очередь, начиная с некоторых чисел Рейнольдса, также теряет устойчивость, возникает новое возмущение, которое пройдя также стадию насыщения, приводит к появлению нового, более сложного нестационарного ламинарного течения и так далее, до тех пор, пока не появится очень сложное нестационарное ламинарное течение, которое и отождествляется с турбулентным. Такая интерпретация концепции Ландау и конкретизация В.Н. Жигулевым в работе [2] путем оценок масштабов некоторых устойчивых зон, тем не менее, не позволила ему развить эту концепцию в части понимания локальных высокодифференцированных нелинейных процессов. Это непонимание началось после области волн Толмина-Шлихтинга, в момент, когда начались рассуждения о пятнах Эмондса. Строгая математика закончилась после линейного уравнения Орра-Зоммерфельда и еще более простого уравнения Релея, которыми в свое время пользовались как инструментами Толмин и Шлихтинг. Дальнейшие упрощенные математические выкладки из данной работы, к сожалению, не дали нового практического качества. Уж очень сильно представленные соотношения в виде рядов и интегралов отошли от фундаментального уравнения Навье-Стокса. Кстати, и гипотеза Ландау об изменении квадрата амплитуды возмущения является весьма умозрительной и страдает недостатком опоры ее на эмпиризм. И еще! Непонятно "кто возмущается": поток или пульсация? Тем не менее, размышления Ландау о структуре течения просто великолепны. Академик очень логично и философски последовательно доказывает идею о том, что поток всегда ламинарный. Он, может быть, очень сложный для понимания, так как зачастую изменения в нем весьма скоротечны и мелкомасштабны. Никакой прибор, тем более глаз, порой не различит в потоке ту гармонию ламинарных движений, которую можно назвать путаницей, образованной линиями тока, что совершенно противоположно понятию "рейнольдсовская турбулентность".

Вильям Мак-Фадден Орр, ирландский математик

Арнольд Иоганнес Вильгельм Зоммерфельд, немецкий физик

Итак, мы пришли к "парадоксальному" выводу, когда два величайших ученых своего времени Осборн Рейнольдс и Лев Давыдович Ландау об одном и том же явлении утверждали совершенно противоположное. Рейнольдс говорил, что турбулентность случайна, и подчиняется статистическим законам, а Ландау - что этот процесс предсказуемый, и даже пытался описать его с помощью уравнений математической физики.

К сожалению, в настоящее время все больше и больше программных продуктов, разработанных как на Западе, так и в России, опираются на концепцию Рейнольдса. Разработчики говорят, что уравнения Рейнольдса, описывающие турбулентность, являются и осредненными, и приближенными [3], и по ним можно считать, но... они неправильные. Неправильные в силу своей основной посылки - представления суммы векторной величины в виде обыкновенного алгебраического сложения. Второстепенным, но весьма существенным является то, что процесс выделения уравнений Рейнольдса из уравнений Навье-Стокса пестрит многочисленными предположениями и допущениями (линейная зависимость тензора перемещений от тензора рейнольдсовских напряжений в реологическом уравнении, волюнтаризм при выборе для расчетов эмпирических "плосковоздушных холодных" моделей турбулентности, декларирование правил осреднения Рейнольдсом и т.д.).

В сложившейся ситуации остается один путь достижения истины. Это изучение того бесценного, хотя и весьма ограниченного багажа эмпирических фактов (нетленные экспериментальные факты Тейлора и Гертлера, великолепные работы Толмина и Шлихтинга, замечательные научные находки Кельвина и Гельмгольца, потрясающие воображение тороидальные вихри Бенара и т.д.), а также кропотливый систематический и скрупулезный анализ основополагающих фундаментальных уравнений, среди которых первое место занимает векторное уравнение Навье-Стокса, описывающее как ламинарное, так и турбулентное течения.

Основополагающие теоремы газовой динамики

В результате систематического целенаправленного исследования уравнения Навье-Стокса удалось доказать несколько теорем, которые легли в основание новой торсионно-волновой парадигмы, являющейся альтернативой традиционной рейнольдсовской парадигмы турбулентности.

Теорема 1 (об элементарных движениях)

Любое сложное турбулентное течение можно представить как комбинацию элементарных движений жидкости и газа: волнового, поступательного, вращательного и торсионного [4].

Данная теорема является расширением теоремы Гельмгольца путем перехода к рассмотрению не кинематических, а динамических характеристик потока. Конкретизируется понятие "деформационная скорость", и взамен ей вводится понятие "кручение" (торсионное движение). Теорема доказывается путем преобразования уравнения Навье-Стокса и выделения членов, содержащих элементарные движения

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial \tau} + \left(\frac{1}{\rho} \operatorname{grad} P + \operatorname{grad} \frac{\vec{V}^2}{2} - \frac{4}{3} \nu \operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{V} \right) + [\operatorname{rot} \vec{V} \times \vec{V}] + \nu \operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{V} = 0.$$

Действительно, здесь первый член характеризует волновое движение, и является второй производной по координате. Второй член в виде суммы, заключенной в круглые скобки, содержит операцию градиент. Это - характеристика поступательного движения. Третий член в квадратных скобках содержит операцию $\operatorname{rot} \vec{V}$ и является характеристикой вращательного движения. Четвертый член $\operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{V}$ характеризует кручение. Это торсионный член.

Теорема 2 (о соотношении элементарных движений)

Скалярное произведение вектора скорости $\vec{V}$ *и кручения* $\operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{V}$ *равно квадрату вектора* $\operatorname{rot} \vec{V}$

$$\vec{V} \operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{V} = \operatorname{rot}^2 \vec{V} \text{ [5].}$$

Теорема 3 (о кинетической энергии)

Значение кинетической энергии вязкого несжимаемого газового потока представляет собой интеграл от произведения его скорости на лапласиан скорости

$$E_к = \mu \int_0^{\tau_к} V \Delta V \, d\tau \quad \text{[5].}$$

Теорема 4 (о возникновении автоколебаний)

Автоколебания в турбулентном потоке возникнут в случае выполнения необходимого и достаточного условий. Необходимым условием возникновения колебаний в подвижной сплошной среде является выполнение неравенства Филина-Зенина [6]

$$ФZ > 1/4 .$$

Достаточным условием является постоянство произведения

$$\rho \omega^4 = \text{const},$$

где ρ - плотность потока; ω - угловая скорость турбулентных вихрей.

Теорема 5 (о ламинарности сверхзвукового потока)

В сверхзвуковом потоке турбулентность отсутствует. Течение в сверхзвуке всегда ламинарное [7].

В работе [7] было также показано, что в диапазоне коэффициентов адиабаты к = 1,12...1,4 и углах наклона контура на входе в профилированную часть сопла больше 12° пограничный слой также является ламинарным. При этом изолиния чисел Маха М = 1 тонет внутри ламинарного подслоя. Ее расстояние до стенки на порядок меньше, чем толщина ламинарного подслоя.

Доказанные теоремы позволили решить ряд практически важных задач для ЖРД и РДТТ. Если вернуться к рассмотрению проблемы газовой динамики по-крупному, без незначительных нюансов, то можно определенно сказать, что для ЖРД сопловых газодинамических проблем в настоящее время нет. Все сверхзвуковые проблемы снимаются техническим образом - с помощью использования регенерационного охлаждения, и сопло при работе не меняет своей геометрии. В ЖРД актуальной остается проблема ВЧ, которая на сегодняшний день в традиционном подходе если и не решена, то решена на примитивном уровне.

В РДТТ все наоборот. Там проблем в дозвуке нет. Задача разгара зарядов решена весьма квалифицированно и однозначно. Но! В сверхзвуковых соплах РДТТ проблема остается очень острой из-за разгаров внутренней стенки сопла. Традиционно используемые газодинамические программы и программы выбора контуров в свете этой проблемы оставляют желать лучшего. Все эти программы либо базируются на уравнениях Рейнольдса, либо на уравнениях Эйлера. Причем последние уравнения применяют для расчета сверхзвуковых течений ошибочно. Ведь они не учитывают не только вязкость, но и основное свойство сверхзвукового потока - сжимаемость.

Почему всё так происходит? Почему хорошие подчас специалисты не решают задачу Навье-Стокса? Потому что все успокоились и превратились в решалки и считалки уравнений Рейнольдса. Смирились с тем, что предшественники сделали все правильно. Но это не так. Не всё в теории они сделали правильно, и поэтому сейчас как никогда необходимо вернуть уважение к аналитическому мышлению. Пора прекратить относиться к программным продуктам, особенно западным, как к иконам. Это не иконы, а скорее наоборот - территория заблуждений. В любом случае, расчетным способом проводить исследования некорректно, так как в расчетных программах их разработчиками заложены не всегда правильные решения.

Вектор Навье-Стокса

Итак, в настоящее время наиболее адекватное природе газодинамических явлений является уравнение Навье-Стокса. Это уравнение наглядней всего можно записать в следующем виде

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial \tau} + \operatorname{grad} E + [\operatorname{rot} \vec{V} \times \vec{V}] + \nu \operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{V} = 0.$$

Здесь кроме известных членов уравнения появился grad *E*, который неявным образом зависит от потенциальной, кинетической и диссипативной энергии. По существу он является некоторой обобщенной механической энергией. Такой прием представления удобен для анализа векторного уравнения.

Очевидно, что каждый из четырех членов уравнения является вектором. Это означает, что их алгебраическая сумма - тоже вектор, вектор Навье-Стокса (ВНС). Поэтому для его нахождения возможно пользоваться правилами векторного анализа, в данном случае операцией геометрического сложения векторов. При этом следует учитывать, что каждый из представленных векторов в пространстве направлен по-разному. Первый член, инерционный, отвечающий за волновые движения, по сути, является ускорением потока. Причем направление этого вектора зависит от направления касательного и нормального ускорения. Касательное ускорение всегда направлено вдоль линии тока также как и абсолютная скорость потока. Нормальная составляющая абсолютного ускорения существенным образом зависит от кривизны линии тока, и направлена вдоль радиуса ее кривизны. Оно перпендикулярно касательному ускорению. Второй вектор grad *E* всегда направлен вдоль линии тока. Он генерирует основное, поступательное движение и следует за направлением скорости. Третий и четвертый векторы - кориолисова ускорения и кручения - существенным образом зависят от взаимного направления абсолютной скорости $\vec{V}$ и $\operatorname{rot} \vec{V}$. Покажем двумя способами, что операция rot меняет направление вектора строго на 90°.

Первый способ. Рассмотрим задачу нахождения плоскостей, перпендикулярных трубкам тока.

Элементарные (построенные на бесконечно малом контуре) трубки тока, каково бы ни было поле скоростей, допускают проведение нормальных к ним сечений, причем с точностью до малых высших порядков эти сечения могут рассматриваться как плоские. Иначе обстоит дело с трубками тока конечного размера. Для того чтобы такие трубки имели сечения, нормальные к линиям тока внутри трубок и на их поверхности, необходимо выполнение условия существования поверхностей, нормальных к линиям тока.

Рассмотрим семейство поверхностей $\varphi(x, y, z) = \text{const}$, пересекающих линии тока. Условием ортогональности линий тока этим поверхностям будет

$$\operatorname{grad} \varphi = \lambda \vec{V},$$

где λ - скалярная функция.

Взяв от обеих частей этого векторного равенства операцию ротор, слева получим нуль, а справа, согласно правилам векторного анализа соотношение

$$\operatorname{rot}(\lambda \vec{V}) = \lambda \operatorname{rot} \vec{V} + [\operatorname{grad} \lambda \times \vec{V}].$$

Умножая обе части, таким образом, полученного равенства

$$0 = \lambda \operatorname{rot} \vec{V} + [\operatorname{grad} \lambda \times \vec{V}]$$

скалярно на $\vec{V}$ и учитывая, что второе слагаемое справа перпендикулярно к вектору $\vec{V}$, убедимся, что условием существования ор-

тогональных к линиям тока поверхностей будет

$$\vec{V}\,\mathrm{rot}\,\vec{V} = 0.$$

Таково ограничение, накладываемое на поле скоростей, без выполнения которого невозможно существование поперечных сечений трубок тока, нормальных к линиям тока. В случае одной линии тока это равенство будет справедливо всегда, а значит скорость $\vec{V}$, которая всегда является касательной, к линии тока будет всегда перпендикулярна $\mathrm{rot}\,\vec{V}$.

Второй способ. Известно, что rot любой векторной величины можно представить в виде предела от интеграла [3]

$$\mathrm{rot}\,\vec{V} = \lim \frac{1}{v}\int_{\sigma}[\vec{n}\times\vec{V}]\mathrm{d}\sigma\,,$$

где v и σ - объем и поверхность его ограничивающая; $\vec{n}$ - орт внешней нормали к поверхности.

Если подынтегральную функцию представить как некоторую постоянную среднюю функцию, дающую в результате интегрирования такое же значение как и сама функция, то её среднее значение можно вынести за знак интеграла и независимо от того, какие локальные параметры ($\vec{n}\times\vec{V}$ или синус угла между ними) изменились, плоскость, которую они образуют, будет всегда перпендикулярна величине $\mathrm{rot}\,\vec{V}$. Таким образом, величина $\mathrm{rot}\,\vec{V}$ всегда перпендикулярна скорости $\vec{V}$.

Доказанные положения говорят также о том, что $\mathrm{rot}\,\mathrm{rot}\,\vec{V}$ всегда будет коллинеарен $\vec{V}$.

Таким образом, доказано перпендикулярное взаиморасположение вектора и его ротора. Тогда третий вектор, который является векторным произведением ротора скорости и скорости будет направлен по перпендикуляру в плоскости, в которой эти оба вектора находятся. Четвертый вектор - вектор кручения - всегда будет отслеживать направление абсолютной скорости.

В итоге после суммирования составляющих вектора Навье-Стокса путем построения пространственного четырехугольника можно определить результирующий вектор, который, как видим, получается равным нулю. Ну и что? Это было ясно с самого начала из вида векторного уравнения. Какой смысл в этом векторе-фантоме? Какое новое качество он вносит в понимание процессов турбулентных течений? Ответить на эти вопросы попробуем применив к этому вектору векторную операцию ротор, по аналогии с тем, как это делал Гельмгольц, доказывая свою замечательную теорему о сохранении вихревых линий. Тогда rotBHC = 0. После раскрытия слагаемых этого вектора [3] получим уравнение дисперсии (распространения) завихрённости вязкой жидкости

$$\frac{\mathrm{d}\,\mathrm{rot}\,\vec{V}}{\mathrm{d}\tau} - \mathrm{rot}\,\vec{V}\cdot\mathrm{grad}\,\vec{V} - \nu\,\mathrm{rot}\,\mathrm{rot}\,\mathrm{rot}\,\vec{V} = 0.$$

Вот и ответ: вектор Навье-Стокса преобразовался в другую форму - дисперсионный турбулентный вектор, где явно в качестве переменных присутствуют только члены, характеризующие турбулентное течение. Конечно, это уравнение не из простых, но видимо оно даст возможность предсказать линии тока самых замысловатых течений, наблюдаемых в повседневной жизни, примеры которые приведены на фотографиях в конце данной статьи.

Литература

1. Ю.М. Кочетков. Турбулентность - не хаос, а тонкоорганизованная структура // Двигатель № 6, 2004 г.
2. В.Н. Жигулев. Современное состояние проблемы устойчивости ламинарных течений. Механика турбулентных потоков // Наука, М., 1980 г.
3. Л.Г. Лойцянский. Механика жидкости и газа // Дрофа, М., 2005 г.
4. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Торсионно-волновая парадигма // Двигатель № 4, 2011 г.
5. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Вязкость и сжимаемость // Двигатель № 5, 2011 г.
6. Ю.М. Кочетков. Турбулентность и автоколебательный процесс // Двигатель № 3, 2012 г.
7. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Фундаментальные уравнения сверхзвуковой газовой динамики и новый метод профилирования сопел ЖРД // Двигатель № 3, 2013 г.

Связь с автором: swgeorgy@gmail.com

ОДК

ЕДИНСТВО ВО МНОЖЕСТВЕ

ПД-14

Перспективный двигатель для ближне- и среднемагистральных самолетов

ОАО «Объединенная двигателестроительная корпорация»
Россия, 105118, г. Москва, пр-кт Буденного, д. 16
www.uecrus.com info@uecrus.com

Объединенная двигателестроительная корпорация

ПЯТЬ ОСЕЙ ТОЧНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

"Точность и производительность на мировом рынке"- для Meissner AG из города Биденкопф-Фаллау это не просто слоган, но принцип существования. Такой подход сейчас весьма популярен, хотя, к сожалению, еще не стал всеобъемлющим принципом деятельности сотрудников всех акционерных обществ. Но это - начало истории успеха, конца которой не предвидится.

Сегодня у Meissner AG на предприятии в Биденкопф-Фаллау более 300 сотрудников, не считая обслуживающего персонала. Кроме того - ещё около 100 сотрудников в китайском филиале в Куншане. Предприятие ориентировано на комплексное решение технических вопросов в трех сегментах: производство инструментов, систем наддува и изготовление технологических оснасток. Весь спектр бизнес-процессов делится на услуги в области разработки и инжиниринга, быстрого прототипирования, изготовления пресс-форм и оснастки, контроля качества, смены инструментов и, наконец - сервис. Основная часть инструментальной оснастки производится для автомобильной промышленности. В этой области рынка всегда много платёжеспособных производителей, их технологических партнеров и дилеров различного уровня.

Задача: Крупные инструменты, рациональная подготовка

Райнхард Хаклер, начальник управления механического производства, некоторое время назад сказал: "Мы видим прогрессирующую тенденцию в изготовлении крупногабаритных изделий и инструмента больших размеров, обусловленную стремлением к экономии материалов и увеличению энергоэффективности производства, увеличению интеграции и комплексности узлов автомобиля".

На практике это вылилось в стремление использовать заготовки и, соответственно, обрабатывающий инструмент больших размеров. По этой причине всё большая часть компонентов машины требуется изготавливать из крупных интегрированных частей. С точки зрения психологии процесса купли-продажи достаточно нес-

C 60 U

ложно понять экономическую сторону - выгоду от дальнейшего вложения в производство крупных форм и инструмента, а также инвестирования в большие станки с ЧПУ, применяющих технологии для высокоскоростной пятиосевой обработки.

Процесс изготовления центробежной ступени компрессора

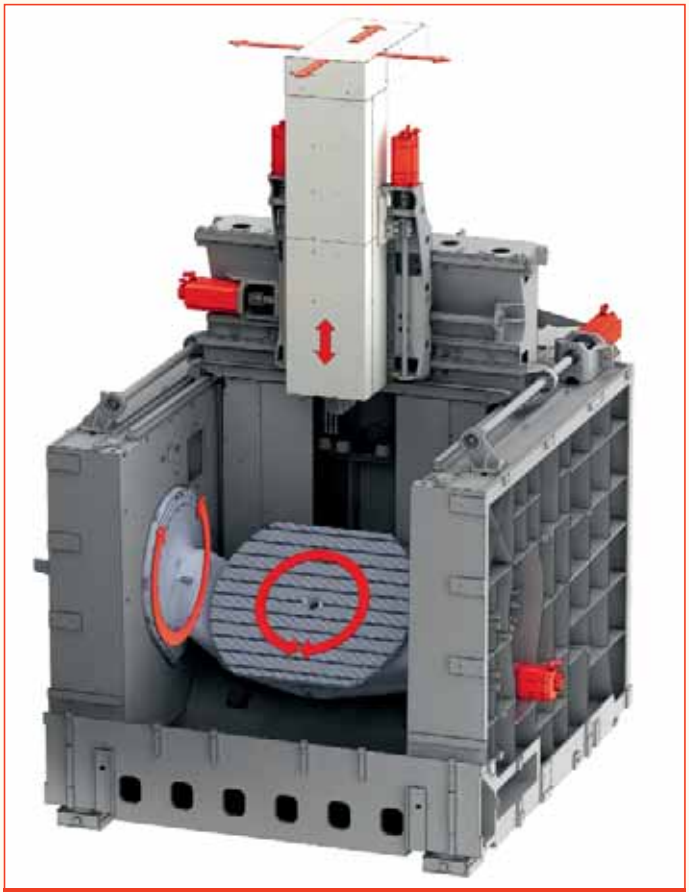
Решение: Высокоавтоматизированная обработка, полностью фрезерная, одновременно и подготовительная и окончательная

Данное решение Райнхард Хаклер прокомментировал следующими словами: "После краткой оценки для нас стало ясно, что у нас появилась возможность применить новые обрабатывающие центры типа C 60 U Hermle для производства крупногабаритных деталей, потому, что они идеально подходят для полной и окончательной обработки крупных деталей. Мы используем уже три C 60 U, что предпочтительнее для одновременного выполнения и подготовительной, и окончательной обработки с высоким уровнем автоматизации, поскольку доказана высокая производительность последовательной работы с заменой одного за другим сложных инструментов при одной установке детали, используя возможность обработки по 5 осям".

Резюме или: Больше, чем просто оправдавшиеся ожидания

И в заключении Райнхард Хаклер подвел итог: "Мы производим в год около 600 комплектов инструментов для механической обработки, позволяющих работать по 15 различным схемам применения. Пятиосевые высокопроизводительные обрабатывающие центры C 60 U Hermle у нас загружены на все 100 процентов. Мы видим, что все наши ожидания более чем оправданы. Прежде всего, мы полностью используем все возможности обработки - расточку, сверление и зенкерование в любом направлении по пяти осям - любых отверстий без перезакрепления заготовок, что исключает необходимость учета величины усилий крепления в новом её положении и трату времени на подготовительные операции.

И, наконец, точность и качество обработанных поверхностей, следовательно, и качество готовой продукции в результате применения совершенных инструментов, настолько высоки, что финишная доводка, на самом деле, сводится к минимуму.



Пять осей

ИНФОРМАЦИЯ

В начале ноября 2014 г. суммарная наработка энергоблоков ЭГЭС-12С, использующих попутный нефтяной газ как топливо, превысила 2 млн часов.

Энергоблоки ЭГЭС-12С были созданы совместно ОАО "НПО "Искра", ЗАО "Искра-Энергетика" и ОАО "Авиадвигатель". Конструкция ЭГЭС-12С позволяет использовать попутный нефтяной газ (ПНГ) различного состава из месторождений нефти и газа в качестве топлива, а не сжигать его в факельных установках, что обеспечивает предприятиям ТЭК выполнение жестких экологических норм.

ЭГЭС-12С, работающие на ПНГ, успешно эксплуатируются на объектах ОАО "Сургутнефтегаз", ООО "ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь", ООО "Газпромнефть-Хантос", ООО "СК "Русвьетпетро". На начало ноября 2014 года перечисленные нефтегазовые компании владеют 46 энергоблоками на базе газотурбинных установок ГТУ-12ПГ-2 разработки ОАО "Авиадвигатель". Суммарная мощность оборудования составляет 552 МВт.

Электроэнергия, которую вырабатывают пермские энергоблоки, на 30...40 % дешевле покупной. Это обеспечивает компаниям-владельцам ЭГЭС-12С снижение себестоимости выпускаемой продукции. Помимо очевидного экологического и экономического эффекта от внедрения в эксплуатацию ЭГЭС-12С, "Авиадвигатель" гарантирует поиск индивидуальных технических решений каждому потенциальному заказчику.

Пермские двигателестроители расширили и усовершенствовали практику послепродажного обслуживания от "Авиадвигателя" новой формой - фирменным техобслуживанием энергетических объектов в течение их жизненного цикла.

УДК 629.423.32

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ НЕУСТОЙЧИВОЙ МОЛОДЕЖНОЙ ЗАНЯТОСТИ В КОНТЕКСТЕ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ РОССИЙСКОГО СОЦИУМА

Академия труда и социальных отношений: **Сергей Юрьевич Иванов,** доцент
Андрей Сергеевич Иванов, научный сотрудник

Статья посвящена актуальным проблемам молодежной занятости в условиях изменяющегося российского общества. Особое значение придается механизмам социального партнерства как основному инструменту, обеспечивающему сбалансированный спрос и предложение на молодежном рынке труда. В работе раскрываются факторы способствующие повышению профессиональной мобильности молодежи в современном социуме.

The Article is devoted to topical problems of youth employment in a changing Russian society. Special attention is paid to mechanisms of social partnership as a key tool for ensuring a balanced supply and demand for youth labour market. The article explores the factors contributing to the occupational mobility of young people in modern society.

Ключевые слова: ***молодежь, рынок труда, социальные партнеры, социальная защита, занятость, безработица, мобильность, конкурентоспособность, достойный труд, работодатели, профсоюзы, бизнес-структуры.***

Keywords: ***youth, labour market, social partners, social protection, employment, unemployment, mobility, competitiveness and decent work, employers, trade unions, business structure.***

До недавнего времени рынок труда в нашей стране показывал свою гибкость в реагировании на происходившие системные потрясения, не порождая при этом сверхвысокой безработицы. И это свидетельствовало о наличии определенной политики институциональных издержек на формирование сбалансированного спроса на рабочую силу. В то же время прогнозируемый ресурс "относительно" низкой безработицы не может остаться без внимания, особенно в разрезе искусственного занижения многих социальных проблем, невысокой заработной платы, увеличения периода поиска работы, возрастание требований работодателей к качеству профессиональной подготовки кадров, заключению эффективных трудовых договоров. Новые тенденции в российской экономике обусловлены влиянием международных санкций, не могут не отразиться на состоянии рынка трудовых ресурсов, на адаптационных стратегиях различных социальных групп.

Государство в условиях нестабильной экономики взяло на себя инициативу по сбалансированному воздействию на состояние спроса и предложения на рабочую силу на региональных рынках труда. И все же условия формирования трудовых траекторий современного поколения "Y" за последнее время существенно не изменились. В течение длительного периода усилия государственных органов были направлены на обеспечение временной занятости молодежи, а не на реализацию долгосрочной политики устойчивой занятости молодых специалистов. Реализуемая стратегия модернизации системы профессионального образования ориентировалась скорее на обеспечение механических потребностей рынка труда, чем на формирование востребованных выпускников с необходимым уровнем профессиональных компетенций и образовательной мобильности.

Памятник сварщику в Кривом Роге

По-прежнему отмечаются диспропорции рынка труда и рынка образовательных услуг, разрывы между профессиональными притязаниями молодых и возможностью их удовлетворения, недальновидность многих организаций-работодателей в вопросах кадровой политики. Согласно данным официальной статистики только каждый третий выпускник высших учебных заведений оказывается востребованным на рынке труда [1]. В дополнение к сказанному обратимся к исследованию Института статистических исследований и экономики ГУ ВШЭ (2013 г.). Интерес представляет динамическая структура выпуска специалистов государственными муниципальными образовательными учреждениями за 2007-2012 гг. [2].

Как можно заметить, за исследуемый период стабильно держат первенство специальности гуманитарного блока: "экономики и управления" (34,2 %), "гуманитарных наук" (17,4 %), "образования и педагогики" (9,5 %).

По-прежнему низкий удельный вес составляют специалисты технического профиля и естественных наук, то есть те специальности, которые требуют существенных вложений в образовательную инфраструктуру. В силу инерционности системы профессиональной подготовки данная тенденция, как мы полагаем, будет доминировать еще довольно продолжительное время. К тому же востребованность выпускников определяется не только реальным сектором экономики. Неформальные заработки в негосударственных секторах позволяли сохранять относительную стабильность молодежной занятости. Запретительные меры здесь вряд ли помогут.

В сущности, выход видится в расширенной подготовке специалистов-универсалов по целому ряду актуальных направлений, связанных с развитием информационных технологий, техники и науки, природных ресурсов и др. Кроме того, необходимо снять дополнительные бюрократические барьеры, которые сдерживают перемещение обучающейся молодежи из одной специальности в другую при соответствующем базовом образовании. Современные реалии связаны с необходимостью постоянного инвестирования в непрерывную систему образования.

К сожалению, сегодня утрачена система среднего профессионального образования, количество техникумов, где ведется на должном уровне профессиональная подготовка молодежи - единицы. Полагаем, что эту нишу могли бы восполнить негосударственные образовательные учреждения, а спрос на специалистов данного направления мог быть обеспечен самими работодателями, которые могли бы спонсировать профильные учебные заведения.

Ориентир на инновационную экономику требует систематического обновления знаний с учетом формирования высокой профессиональной мобильности современной молодежи, конкурентоспособных кадров. Расширение сферы применения новых форм молодежной занятости связаны с увеличивающейся потребностью в активной рабочей силе, возможностью иметь временные зара-

ботки в условиях экономики риска, возможностью сочетать работу с учебой, усилением специализации производства и т.д.

Вполне понятно, что не у всех выпускников российских вузов имеются равные шансы на трудоустройство. В условиях ожидаемого дефицита рабочей силы важно использовать более гибкие формы для мотивации самих работодателей по привлечению молодежи. В то же время наличие неуменьшающихся альтернативных форм занятости молодежи свидетельствует о важности проблемы повышения профессиональной мотивации современного поколения на основе повышения качества и доступности профессионального образования и устройства на те предприятия, которые гарантируют необходимый уровень защиты трудовых прав и интересов.

Профессиональные ориентации молодежи в значительной мере моделируются конъюнктурными соображениями и экономической целесообразностью. Однако фактор личностно-ориентированной успешности молодых людей сбрасывается со счетов.

Низкий уровень квалификации, отсутствие базовых знаний, навыков и умений, опыта практической работы увеличивают для молодежи риск остаться на "периферии" рынка труда с низкой оплатой, неудовлетворительными условиями или вообще оказаться в числе безработных. Другими словами, в системе трудоустройства молодежи можно отметить серьезные проблемы, препятствующие эффективному развитию молодежного рынка труда, которые связаны как с недостатком специалистов-практиков, участвующих в профессиональной подготовке, так и целевых договоров с работодателями о последующем трудоустройстве молодых людей.

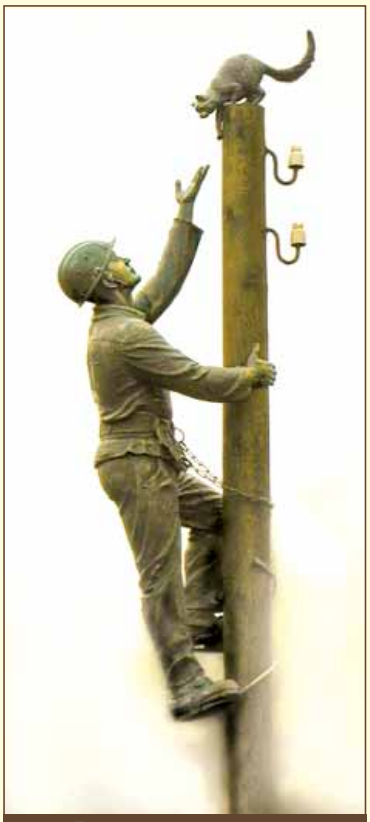
Указанное подтверждает наличие потребности именно в такой подготовке специалистов, которая была бы направлена на формирование практических компетенций в соответствии с запросами работодателей. Причем ориентир на подготовку узко квалифицированных специалистов-технологов является несостоятельным, т.к. существенно ограничивает возможности для молодежи в плане трудоустройства.

Так, например, бизнес-структуры, при приеме на работу соискателей (по программе MBA) оценивают не только наличие диплома престижного вуза, но и определенные личностные компетенции. Среди таковых особо выделяются: лидерство, способность работать в неопределенной ситуации, мотивация к эффективной деятельности. Для отбора выпускников используется достаточная жесткая система отсева. При этом работодатели сами устанавливают зарплату кандидатам в зависимости от их профессиональных навыков и умений. Думается, что данная практика могла быть использована и в других сферах экономической деятельности.

Фактом остается то, что молодежь не всегда оказывается оптимальным образом приспособленной к изменениям рыночной конъюнктуры. Гибкий рынок труда ориентируется на быструю адаптацию в изменяющихся социально-экономических условиях, новые формы профессиональной подготовки и занятости. Наблюдаемый по ряду видов инновационной деятельности (например, по it-индустрии) непропорциональный рост степени востребованности специалистов с высшим образованием свидетельствует о том, что инерционная система профессионального образования не в состоянии в полном объеме оперативно восполнить потребности рынка труда.

Вместе с тем сегодня более четко проявляется и другая тенденция - возрастает число тех, кто имеет хорошие шансы найти работу. Другое дело - наличие реальных возможностей ими воспользоваться, а также наличие работодателей, которые могут предоставить соответствующую работу. На примере рынка it-технологий можно отметить, к слову, отсутствие в достаточном количестве нормированных локализованных производителей продукции, которые могут обеспечить импортозамещение продукции. Понятно, что речь должна идти о централизованной бюджетной поддержке данных направлений.

Все это дает основание утверждать, что современная система профессиональной подготовки и распределения все в большей степени должна становиться ориентированной на специалистов, имеющих хорошие шансы трудоустроиться на рынке труда. Однако нельзя забывать, что непопулярные профессии и специальности, как правило, отдаются на откуп социальной политике, многие группы молодежи утрачивают свою профессиональную мобильность. Низкая престижность ряда профессий во многом видится в "размывании" рынка рабочих мест, потери ее социальной составляющей. Здесь приходится возвращаться к необходимости включения в заключаемые соглашения и коллективные договоры дополнительных мер, направленных на реализацию бизнесом целого ряда требований и стандартов социальной ответственности (GRI, SA 8000, ИСО 26000 и т.д.), обеспечению полной занятости молодежи, впервые вступающей на рынок труда.



Памятник электромонтёру в Великом Новгороде

Безусловно, гибкость молодежной занятости достигается не благодаря, а вопреки действующим правовым нормам. Использование различных форм неустойчивой занятости применяют как ответ на многие вызовы, связанные со складывающимися условиями нестабильной экономики, разбалансировкой существующей институциональной системы. Однако не всегда данные практики носят легитимный характер.

И здесь роль социальных партнеров в обеспечении гарантий права молодежи на труд является существенной. Так, согласно ст. 82 ТК РФ профсоюзы представляют и защищают права и интересы не только членов профсоюза по вопросам трудовых и связанных с ними отношений, но и интересы иных работников, в случае наделения их полномочиями на представительство [3]. Профсоюзы при этом используют механизмы социального партнерства, выступают с законодательной инициативой по вопросам занятости молодежи.

Среди основных ориентиров проводимой сегодня профсоюзами политики в области молодежной занятости является концепция достойного труда: наличие рабочих мест, достойная заработная плата, безопасные условия труда, социальная защита, социальный диалог. При этом российскими профсоюзами рассматриваются гарантии права молодежи на труд, которые включают в себя как общие (экономические, организационные, социальные), таки специальные гарантии, связанные с защитой прав и интересов конкретного человека.

Памятник токарю в Мелитополе

Безусловно, право молодежи на достойный труд должно быть по максимуму гарантироваться социальными партнерами. И сделать это возможно путем установления и реализации целого комплекса социально-трудовых гарантий, совершенствование нормативно-правовой базы.

За отчетный период по инициативе профсоюзов Государственная Дума РФ приняла Федеральный закон от 05.05.2014 № 116-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодатель-

ные акты Российской Федерации" (далее - Закон № 116-ФЗ) [4]. И это определенный шаг вперед.

Закон № 116-ФЗ вводит определение заемного труда и предполагает запрет на его использования. Прежде всего, изменения касаются трудового права в вопросе использования работодателем работников сторонней организации. Закон позволит преодолеть трудности в области "аренды" персонала. В частности, повышается социальная защищенность работников, направляемых для выполнения вредных и (или) опасных работ, за выполнение которых действующим законодательством РФ предусмотрены гарантии и компенсации. Кроме того, разъясняются нормативно-правовые аспекты процесса предоставления работников. Своевременная реакция законодателей на постоянно меняющиеся формы и виды экономических отношений со временем позволит избежать каких-либо ущемлений прав работников или финансовых злоупотреблений [5].

Следует отметить также, что активное участие российских профсоюзов в разработке антисанкционных мер, и, в конечном счете, поддержка мер, предложенных Правительством РФ, отражает общую тенденцию развития профсоюзного движения. Тем не менее, актуальным является совершенствование законодательной базы по обеспечению эффективной занятости молодежи, потребностью в трудоустройстве отдельных ее групп, для которых полная или постоянная занятость затруднена.

Приоритет здесь видится в доминанте норм международного права и его интеграции в национальное законодательство. Несмотря на ратифицированные в нашей стране 70 конвенций МОТ, социальный блок и вопросы обеспечения достойного труда все же остаются и не теряют своей остроты. В свою очередь ратификация таких социально-значимых конвенций, как 102, 121, 130 и др., могла бы решить часть из них [6].

Сложности повышения конкурентоспособности молодежи вызывает и проблема безработицы. В рамках предмета нашего исследования обратимся к Конвенции МОТ № 168 "О содействии занятости и защите от безработицы" (1988 г.), которая определила направления дальнейшего совершенствования механизма регулирования молодежной занятости и защиты её от безработицы.

Несмотря на то, что нормы законодательства Российской Федерации о занятости во многом соответствуют основным принципам данной Конвенции, Россия все же ее не ратифицировала. Основную причину профильные эксперты видят в том, что в Конвенции предлагается использовать в качестве максимальной величины пособия по безработице сумму, составляющую не менее 50 % от заработной платы квалифицированного рабочего или от средней заработной платы трудящихся данного района. А в качестве минимальной величины пособия по безработице - сумму, составляющую не менее размера, обеспечивающего покрытие расходов на минимальные основные жизненные нужды, что, по сути, является величиной прожиточного минимума трудоспособного населения. Мы разделяем точку зрения тех специалистов, которые считают, что ее ратификация могла бы способствовать преодолению в предельно короткие сроки отставания нашей страны от международных стандартов уровня обеспечения на случай безработицы, в частности - установления пособия по безработице в размере, достаточном для покрытия расходов на основные жизненные нужды, в том числе молодежи [7].

Памятник Левше в Челябинске

В отношении актов МОТ, регулирующих вопросы занятости отдельных категорий лиц, в рамках данного исследования считаем возможным выделить следующие акты, которые также нуждаются в отдельной проработке [8, 9, 10, 11]:

- Резолюция "О занятости молодежи" (1998 г.),
- Рекомендации № 45 "О безработице среди молодежи" (1935 г.), № 136 "О специальных программах обеспечения занятости и подготовки молодежи в целях развития" (1970 г.),
- Конвенция № 182 "О запрещении и немедленных мерах по искоренению наихудших форм детского труда",
- Рекомендация № 190 Международной организации труда "О запрещении и немедленных мерах по искоренению наихудших форм детского труда".

Указанные документы предлагают государствам предусмотреть для молодежи ряд льгот и преимуществ, позволяющих улучшить их возможности трудоустройства, повысить доходы и обеспечить необходимый уровень социальной защиты. Одним из актуальных для мировой практики средств, способствующих снижению молодежной безработицы, является организация оплачиваемых общественных работ, которые разделяются по своей трудоемкости (дорожное строительство, строительство жилья, ремонт школ, больниц и т.д.) и социальному характеру (уход за детьми, помощь в обслуживании инвалидов, работа волонтерами и т.д.). Успехом пользуется использование программ перепрофилирования безработных граждан, реализация принципов адресности в работе центров содействия занятости.

Исходя из доминанты социальной защиты молодежи от неустойчивой занятости, приоритет должен отдаваться активной политике создания рабочих мест. Среди ее основных ориентиров в контексте партнерского взаимодействия выделяются следующие: совершенствование структуры занятости, инвестиционные возможности, повышение квалификации, создание рабочих мест и обеспечение устойчивого дохода, расширение предпринимательства, защите прав на организацию и ведение переговоров.

Решение проблемы нестандартной занятости молодежи видится в развитии системы коллективных договоров и соглашений. Показательно, что в контексте колдоговорного процесса социальными партнерами были выделены основополагающие, на наш взгляд, принципы.

Так, Генеральным соглашением на 2014-2016 гг. в рамках обеспечения эффективной занятости и достойного труда были существенно расширены разделы по обеспечению территориальной мобильности рабочей силы, а также внутрипроизводственному обучению [12].

Стандарты достойного труда нашли отражение во многих заключенных региональных и отраслевых соглашениях. Однако не все социальные партнеры рассматривают их как руководство к действию.

Каковы же проблемы? Проведённый нами контент-анализ 79 региональных соглашений, заключенных за 2013-2014 гг., показал, что в числе основных особое значение социальные партнеры придают мерам по квотированию рабочих мест для выпускников профессиональных учебных заведений [13]. И все же данная мера носит скорее ограничительный характер и распространяется только на локальные группы молодежи. Не во всех соглашениях и коллективных договорах прописывается данный механизм.

Альтернативой практике квотирования может стать реализация условий, при которых было бы выгоднее брать на работу выпускников, в частности, благодаря введению на муниципальном уровне налоговых льгот для работодателей. Также целесообразным было бы, на наш взгляд, установление налоговых льгот для работодателей на оплату обучения и переподготовку молодежи, регламенти-

ровав эти меры соответствующими поправками в Налоговом кодексе РФ.

Заслуживает интереса позиция работодателей в отношении использования нестандартной формы занятости [14].

Как можно заметить, работодатели определяют достаточно широкий спектр причин использования нестандартной занятости. Всех их объединяет ориентация на снижение затрат и повышение экономической эффективности предприятия. Нередко уменьшение издержек связано с экономией на человеческих ресурсах. Не секрет, что здесь работодатели в рамках переговорного процесса могут использовать самые разнообразные варианты: уход от налогов, минимизация социальных выплат, снижение социальной защищенности работников, экономии на мероприятиях по охране труда, избегание всякой социальной ответственности. Используя комплекс различных мер, работодатели могут преследовать и цель по снижению коллективного влияния на уровень заработной платы и социальную защиту работников.

Вполне понятно, почему такие формы работодатель с успехом "апробирует" на слабо защищенных группах молодежи. Контент-анализ 42 коллективных договоров (по состоянию на I квартал 2014 г.) показал, что за редким исключением администрация идет на принятие комплексных мер по формированию профессиональных траекторий молодежи с учетом анализа её трудовой мотивации [13].

Специалисты и практики в области трудового права подтверждают, что расчет только на добросовестное выполнение работодателем установленных требований, регламентированных трудовым законодательством, не оправдывает себя. Несмотря на законодательные ограничения, индустрия заемного труда показывает свой рост (по данным экспертов в среднем на 20...30 %). Подтверждением тому является распространение различных видов дистанционной занятости молодежи в различных регионах страны. Успехом у молодежи пользуются сетевые организации труда. Такие формы предполагают передачу заказов по информационной сети, устную договоренность о предоставлении квалифицированных услуг в рамках определенной области деятельности.

Среди часто встречаемых сегодня форм нестандартной занятости отдельно выделим аутсорсинговое направление (вывод персонала за штат, привлечение стороннего предприятия для выполнения работы, которую раньше выполняли свои постоянные работники и др.). Привносимая форма занятости посредством кадровых агентств во многом позволяет избежать молодежной безработицы.

Тем не менее это является временным решением проблем на рынке труда. По сути, в существующем трудовом законодательстве размыто применение аутсорсинговых схем найма, что нередко создает прецедент для использования работодателем неправовых практик, в том числе повышение интенсификации труда и обезличивание механизмов социальной защиты работников. Условия такого неустойчивого найма могут существенно отличаться от гарантированных условий занятости постоянных работников. Используя труд незащищенных категорий населения, в том числе молодежи, работодатель стремится избегать схемы бессрочного найма. При этом последствия такой занятости для молодежи негативны.

Используемая практика неустойчивого найма зачастую предполагает наиболее худшие условия, чем для основных работников, состоящих в штате. Как правило, для нештатников игнорируются элементарные нормы охраны труда, снижается безопасность труда, регламентированный режим труда и отдыха, а также обоснованность различных форм стимулирования труда. Даже несмотря на заключаемый срочный трудовой договор, который может быть расторгнут в любое время. Особенности неустойчивого найма исключают также возможность отстаивания молодыми работниками своих трудовых прав. Единственный выход из создавшегося положения, по мнению, к сожалению, многих работодателей, - сокращение и увольнение персонала [14].

В рамках нестандартной занятости происходит обезличивание работников. Наблюдаемая "свобода" при приеме и увольнении молодых специалистов позволяет работодателю экономить на рабочей силе - не платить ни компенсаций за простой, ни за сверхурочную работу. Ситуация обостряется тем, что как таковой контроль за такими формами занятости сводится на нет. Сверхнапряженная работа, систематические переработки, нестабильный доход не могут не сказаться на дезорганизации жизни молодого работника. В сфере услуг наиболее часто встречаются случаи, когда социально-трудовые отношения не закрепляются формально, отсутствуют трудовые книжки.

Серьезным фактором, сопутствующим нестандартным формам занятости, является то, что молодым работникам становится все труднее отстаивать свои коллективные интересы. Дробление предприятия на мелкие подразделения снижает их возможность по отстаиванию сообща своих прав и интересов. Практически агентства занятости, субподрядные организации, временные компании исключают какое-либо профсоюзное участие. К тому же на данный момент отсутствует ассоциирование молодежи по данным формам неустойчивой занятости.

Ограничение прав нестандартно занятой молодежи проявляется в контексте понижения социальных гарантий и сокращения доступа к ним, наконец, в ненормированном рабочем времени. Обратимся к данным общероссийского обследования (опрошено 5 тыс. домохозяйств) социально-экономического положения населения, проведенного Московским центром Карнеги (МЦК) в ноябре 2000 г.

По данным обследования МЦК, медианное значение числа рабочих дней в неделю составило 6 дней для формалов и неформалов. При этом средняя продолжительность рабочего дня составляет 9 часов для тех, кто имеет основную регулярную или вторичную неформальную занятость, и 6 часов для тех, кто занят эпизодически [15].

У формально и неформально занятых наблюдается также существенное расхождение по уровню предоставляемых социальных гарантий. Так, они проявляются по следующим социальным гарантиям:

- оплата больничного листа (57 %);
- оплачиваемый отпуск (49 %);
- санаторное лечение (19 %);
- оплата медицинских услуг (14 %);
- образование, обучение за счет предприятия (12 %).

Заметим, что государственные органы осознают остроту проблемы молодежной безработицы и направляют немалые финансовые средства на адаптацию молодых работников к рынку труда. Затраты на содействие занятости молодежи осуществляются в ряде случаев в целях совершенствования качественного состава рабочей силы и носят в основном долгосрочный характер. Однако редко когда рассчитывается как таковая эффективность этих затрат.

Памятник кузнецу в Выксе

Очевидно, что сегодня потребность возникает в более гибких программах, приносящих реальный, а не отложенный - долгосрочный эффект. При этом особо подчеркнем, что проблема неустойчивой занятости молодежи во многом видится в отсутствии в реальном секторе эко-

номики рабочих мест, отвечающих современным требованиям. В этой связи актуальность представляет разработка социальными партнерами комплекса мероприятий по увеличению престижности и привлекательности работы, широкому использованию института коучинга и наставничества.

Подводя итог, следует отметить, что, несмотря на наличие международных актов, направленных на гармонизацию правовых норм, регулирующих сферу занятости и защиты молодежи, наблюдается тенденция расхождения в нормативно-правовом поле национального законодательства. Нашей стране, как подписавшей Европейскую хартию, а также в силу ч. 2 ст. 15 Конституции РФ, необходимо разработать более детальную программу действий, предусматривающую обеспечение государством возможности реализации права на труд и его гарантии, в том числе для молодежи с учетом расширения коллективной социальной ответственности, демократизации управления трудом и человеческими ресурсами.

Особый вопрос здесь видится в содействии применению основных трудовых норм, которые поддерживают процессы модернизации экономики в целом и рабочих мест для молодежи. Актуальность приобретает усиление различных форм профсоюзного контроля за соблюдением норм трудового законодательства в аспекте молодежной занятости, оценки рабочих мест. Это возможно на основе использования как традиционных, так и нетрадиционных форм мониторингового контроля.

Следующая проблема - формирование востребованного трудового потенциала. Её решение определяется конкурентоспособностью человеческих ресурсов.

В этой связи установление дополнительных мер по расширению возможностей молодежи в области трудоустройства должно вестись социальными партнерами в рамках профессионального обучения, внедрения программы в сфере гибких форм занятости в интересах молодежи, а также путем стимулирования работодателей принимать на работу молодежь, например, посредством снижения взносов в систему социального обеспечения.

В то же время, несмотря на наличие разнообразных программ переобучения, повышения квалификации, проблема видится в отсутствии эффективного взаимодействия между государственными структурами и бизнесом. Например, те производства, которые есть в России, почти никак не связаны с центрами переобучения. Практически система профобразования оказалась не готова к потребностям быстроизменяющейся модернизируемой экономики. В этой связи речь должна идти о разработке государством мер по гибкому планированию системы подготовки специалистов ее качественного обновления. Важно как на региональном, так и на федеральном уровне службам занятости, департаментам общего и профессионального образования обеспечить согласование объемов и профилей подготовки учебных заведений профессионального образования. В том числе рассмотреть вопрос о лицензировании негосударственных учебных заведений профессионального образования с учетом потребностей рынка.

Есть такая профессия - Родину защищать. Памятник Рихарду Зорге в Москве

Несомненно, положительной оценки заслуживает использование опыта ряда развитых стран по интеграции образования и профессиональной подготовки. Так, например, для того чтобы получить профессиональное образование, скажем, в Швейцарии, молодой человек должен пройти несколько ступенек обучения. В том числе пройти курс в рамках профессионального самоопределения. При этом бизнес-образование отделяется от классического университетского.

Литература

1. Экономическая теория перед вызовами XXI века / Отв. ред. В.И. Гришина, Г.П. Журавлева. - М., 2010. - С. 348.

2. Институт статистических исследований и экономики знаний Государственного университета - Высшей школы экономики. Индикаторы образования. - 2013. - [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://www.hse.ru/primarydata/io2013.

3. Трудовой кодекс РФ с учетом изменений, внесенных в 2014 г. [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://kodeks.systecs.ru/ /tk_rf/tk_glava13/tk_st82.html.

4. Система ГАРАНТ. - [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://base.garant.ru/70648974/#ixzz3DkR4RLAv.

5. Закон о запрете заемного труда/ - [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://www.buhgalteria.ru/article/n130523.

6. Конвенция МОТ №102 - Конвенция 1952 года "О минимальных нормах социального обеспечения"; № 121 - Конвенция 1964 года о пособиях в случаях производственного травматизма; № 130 - Конвенция 1969 года о медицинской помощи и пособиях по болезни. - [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://www.obl-prof.ru/dc_f/konven.htm.

7. Ярошенко, Д. Н. Право на труд в современной России: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук. 12.00.05 - трудовое право, право социального обеспечения / Д. Н. Ярошенко; науч. рук. О. Н. Волкова; науч. конс. А. В. Корнев. - М., 2014. - 28 с.

8. Конвенции и рекомендации, принятые Международной конференцией труда. 1919 - 1956. Т. I.- Женева: Международное бюро труда, 1991. - С. 374 - 380.

9. Конвенции и рекомендации, принятые Международной конференцией труда. 1957 - 1990. Т. II.- Женева: Международное бюро труда, 1991. - С. 1613 - 1621.

10. Резолюция Международной организации труда "О занятости молодежи" (Принята в г. Женеве 16.06.1998 на 86-ой сессии Генеральной конференции МОТ) // Консультант Плюс. Конвенция № 182 Международной организации труда "О запрещении и немедленных мерах по искоренению наихудших форм детского труда" (Принята в г. Женеве 17.06.1999 на 87-ой сессии Генеральной конференции МОТ) // Бюллетень международных договоров. 2004. № 8. - С. 3 - 11.

11. Рекомендация № 190 Международной организации труда "О запрещении и немедленных мерах по искоренению наихудших форм детского труда" (Принята в г. Женеве 17.06.1999 на 87-ой сессии Генеральной конференции МОТ) // Основные права человека в сфере труда и их защита. Библиотечка "Российской газеты". Вып. 22 - 23.- М., 1999. - С. 171 - 174.

12. Генеральное соглашение на 2014-2016 гг. - [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://www.trudsud.ru/ru/docs/publications/generalnoe-soglashenie-na-2014-2016-gg.

13. Контент-анализ итогов переговорной кампании в контексте обеспечения социально-трудовых прав и законных интересов трудящихся (12 волна) // Информационно-аналитический материал / В.С. Гончаров, С.Ю. Иванов, А.С. Иванов. - ИПД ОУП ВПО "АТиСО", 2014.

14. Бизюков, П.В. Заемный труд: последствия для работников [Текст] / П.В. Бизюков, Е.С. Герасимова, С.А. Саурин. - М.: АНО "Центр социально-трудовых прав", 2012. - 184 с.

15. Синявская, О.В. Неформальная занятость в современной России: измерение, масштабы, динамика. - М.: Поматур, 2005.

Связь с автором: enwalker@bk.ru

ВСЕГДА НА ВЫСОТЕ
MAKS
2015
МЕЖДУНАРОДНЫЙ
АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИЙ
САЛОН
www.aviasalon.com
МОСКВА ● ЖУКОВСКИЙ ● 25-30 АВГУСТА

ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА НА МОНЕТАХ МИРА

ЧЕКАНКИ 2010-2015 ГОДОВ

Андрей Викторович Барановский

К железнодорожной тематике наш автор статей по нумизматике обращается не первый раз. Мир, однако, постоянно изменяется. И среди новых выпущенных нумизматических знаков, почти сразу же переходящих в состояние раритетов, постоянно появляется что-то новое и, как всегда, интересное и познавательное.

Редакция

Изображение железных дорог и локомотивов, особенно старинных паровозов (вроде тех, что водили составы типа "Восточный экспресс") и современных локомотивов присутствует на памятных и юбилейных монетах многих стран мира. В 2010-2015 годах такие монеты отчеканили 18 стран и многие из них посвящены круглым датам строительства первой железной дороги страны-эмитента монеты.

Начнем с России. В честь 40-летия начала строительства Байкало-Амурской магистрали Банк России в 2014 году выпустил в обращение памятные золотую и серебряную монеты номиналом 50 и 25 рублей. На реверсе золотой монеты находятся рельефные изображения профилей юноши и девушки - молодых строителей Байкало-Амурской магистрали - на фоне сопок и железнодорожного моста через реку. На реверсе серебряной монеты находятся рельефные изображения рабочих, занятых укладкой рельсов на фоне очертаний леса. Внизу расположена схема Байкало-Амурской магистрали, на которой обозначена надпись - "БАМ". Слева указана дата - "1974". Внизу по окружности выгравирована надпись - "НАЧАЛО СТРОИТЕЛЬСТВА".

Белоруссия в 2012 г. выпустила две монеты с одинаковым рисунком, посвященные 150-летию белорусской железной дороги. Одна номиналом 10 рублей выполнена из серебра, вторая номиналом 1 рубль - из медно-никелевого сплава. На аверсе монет на фоне здания железнодорожного вокзала на станции "Минск-Пассажирский" размещен электропоезд серии "ЭП". На реверсе в центре на фоне здания железнодорожного вокзала в Гродно, построенного в начале 60-х годов XIX века, показан товарно-пассажирский паровоз серии "Г". Он был изготовлен в Англии в 1860-1865 гг. для Санкт-Петербургско-Варшавской железной дороги, проходившей через территорию Белоруссии. Первым железнодорожным участком, проложенным по белорусской земле, был Поречье-Гродно. Ввод в эксплуатацию всей железнодорожной магистрали Петербург-Варшава, состоялся (15) 27 декабря 1862 года.

Банк Латвии увековечил 150-летие открытия своей первой железной дороги Рига - выпуском - "Железная дорога в Латвии". На одной стороне монеты изображен локомотив, на другой - его колесо. Кстати, первый коллекционный лат на индустриальную тему, выпущенный Банком Латвии до этого 15 лет назад, также был посвящен латвийской железной дороге. И на нём - именно колесо паровоза.

Открывал работы по строительству Риго-Динабургской железной дороги тогдашний лифляндский генерал-губернатор князь Александр Суворов. Именно он 8 мая 1858 года на торжественной церемонии копнул земли и отвез ее на место, с которого началось строительство 217 км железного пути.

Королевский монетный двор Великобритании по случаю 150-летнего юбилея старейшего в мире лондонского метро выпустил в 2012 г. серию монет под общим названием "150-летие Лондонского метро". Все монеты имеют номинал 2 фунта.

Выпуск данных монет имеет свою предысторию: дело в том, что заказчик, Лондонское метро, так и не смог выбрать лучший вариант дизайна, поэтому было решено отчеканить монеты с разным дизайном. Одна монета ("Поезд") артистично обыгрывает биметаллическую составляющую монеты. На реверсе ее изображен поезд, выезжающий из тоннеля линии "Виктория" (линия открыта в 1967 г.).

Вторая монета под названием "Рондо" - сюрреалистический плакат Мэна Рея 1938 года "London Underground - Keeps London Going". Рондо (Roundel) - под таким названием стал известен символ лондонской подземки, разработанный Эдвардом Джонстоном в 1913 году и представляющий собой круг с горизонтальной полосой посередине.

Лондонский метрополитен - старейший в мире, первые станции которого открылись 10 января 1863 года. В настоящее время метрополитен включает в себя 270 станций, пассажиропоток - более 3 млн. человек в день: третье место в Европе после Московского и Парижского метро (которые оба его моложе, однако).

Монетный двор Канады в 2011 году выпустил памятную золотую монету номиналом 100 канадских долларов,

посвященную 175-летию первой железной дороги Канады, открытой в июле 1836 года.

На реверсе монеты изображены восторженные люди, приветствующие локомотив Дорчестер, который первым прошёл по Канадской железной дороге. Локомотив Дорчестер имел 4 ведущих колеса, высокий центр тяжести и короткую колесную базу. Из-за своего капризного поведения он получил прозвище "Котенок". Дизайн монеты выполнен на основе картины канадского художника J. D. Kelly (1862 - 1958).

Монетный двор Швейцарии выпустил серебряную монету номиналом 20 франков, посвященную 100-летию железной дороги "Юнгфрау". На аверсе отчеканены изображения двух поездов этой железной дороги на фоне Альп.

Железная дорога "Юнгфрау" (Jungfraubahn) - зубчатая дорога в Бернских Альпах кантона Берн в Швейцарии. Она начинается в Кляйне-Шайдег и поднимается в туннеле, пробитом в скалах, через Эйгер и Менх на перевал Юнгфрауйох. Протяженность железной дороги составляет 9 км. Более 7 км пути проходят по туннелю. Она строилась 16 лет и предназначалась быть туристическим аттракционом для привилегированной публики. На железной дороге на высоте 3454 м. находилась самая высокогорная железнодорожная на момент окончания строительства станция Европы. Удовольствие прокатиться по "Юнгфрау" сейчас обходится в 112 швейцарских франков. Подъем занимает около часа. Затраты на строительство составили 14,9 млн. тогдашних швейцарских франков и ввод в строй дороги состоялся 1 августа 1912 года.

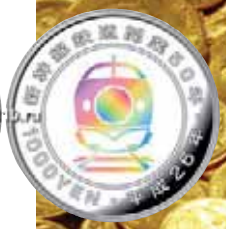
Монетный двор Побджой (Великобритания) в 2013 г. для Британских Виргинских островов выпустил монету, посвященную 130-летию прославленного "Восточного экспресса". Монета выпущена в двух вариантах: номиналом 10 долларов и 1 доллар. Монета достоинством 10 долларов отчеканена из серебра, номиналом 1 доллар - из медно-никелевого сплава.

На реверс монет вынесен "Восточный экспресс" в виде, который он имел 130 лет назад. Также там имеется стилизованная карта маршрута поезда, изображены Базилика Сакре-Кер (Париж) и Собор Святой Софии (Стамбул) - символы начальной и конечной точки маршрута. В верхней части монеты полукругом выгравирована надпись - "THE ORIENT-EXPRESS". Внизу показаны две ленты - символы французского и турецкого флагов.

"Восточный экспресс" (фр. - "Orient-Express") - пассажирский поезд класса "люкс", с 1883 года курсирующий между Парижем и Стамбулом. Одно- и двухместные купе поезда отделаны в стиле арт-деко, в каждом купе есть горячая и холодная вода.

Монетный двор Японии в 2014 г. выпустил в обращение памятную монету, посвященную 50-летию открытия первой линии высокоскоростной сети железных дорог "Синкансэн". Номинал серебряной монеты - 1000 иен. На аверсе её в цвете показан поезд нулевой серии (в настоящее время он является символом "Синкансэна") на фоне изображений распустившихся цветов вишни и заснеженной Фудзиямы.

На реверсе находится стилизованное изображение "поезда-пули". В верхней части полукругом выгравирована памятная надпись "50-летие "Синкансэна" на японском языке. В нижней части указан номинал - "1000 YEN" и год чеканки (период Хэйсэй - "26" - соответствует в григорианском календаре 2014 году).



"Синкансэн" (яп. - "Новая магистраль") предназначена для перевозки пассажиров между крупными городами страны и первая линия с 17 станциями была открыта между Осакой и Токио в октябре 1964 года - специально к летней Олимпиаде в Токио. Поезд "Синкансэн" называют еще "поезд-пуля". За 50 лет поездами данной сети было перевезено свыше 5 млрд. пассажиров.

Еще одна альпийская страна - Австрия - в прошлом году выпустила монету "Строительство туннеля", которая стала победителем двух международных конкурсов. На первом из них - восьмом московском Международном конкурсе памятных монет "Монетное созвездие-2014" эта монета заняла второе место в номинации "Монета года". А на конкурсе, проведенном одним из крупнейших в мире издательств, специализирующихся на выпуске ежегодных справочников по монетам - "Краузе Паблик-кейшнз", "Строительство туннеля" названа Монетой Года в номинации "Наилучшая биметаллическая монета".

Биметаллическая монета номиналом 25 евро выполнена из серебра и ниобия. На аверсе ее на голубом ядре из ниобия изображен современный бурильный агрегат для прокладки тоннеля. Его вращательное движение символизируется тремя стрелками, которые идут вверх и по кругу, справа налево - наружный край тоннельного отверстия. Сдвоенный набор из трех прямых линий представляет собой схематическое изображение доступа воздуха в тоннель. Внешнее серебряное кольцо аверса изображает горы, в которых прорыт тоннель. На реверсе монеты использовано то же ядро из ниобия, чтобы изобразить двойную дорогу в тоннель, похожую на многие другие, которыми пестрят австрийские и альпийские пейзажи. В серебряном кольце представлено изображение рабочего с отбойным молотком в спецодежде, которая была распространена в конце XIX и начале XX века.

Сам рисунок аверса посвящен "австрийскому методу прокладки тоннеля" (NATM), который начал использоваться в 1957 году. Инженеры теперь постоянно следят за горным массивом, пока бурильная машина проходит через различные массы горных пород. В зависимости от реакции горной толщи на прокладку тоннеля вносятся корректировки в процесс бурения, так что давление и коэффициент нагрузки на горные породы становятся частью законченного инженерного дизайна. Таким образом, использование силы окружающей породы для укрепления тоннеля и дополнение его опорами добавляют поддержку местам нагрузки на скалу.

Южно-Африканская республика (ЮАР) в серии монет "Поезда Южной Африки" выпустила серебряную монету номиналом 2 рэнда "ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА ГАУТРАЙН". На реверсе монеты изображен скоростной состав, который курсирует по железной дороге Йоханнесбург- аэропорт

имени О.Р. Тамбо, построенной к чемпионату мира по футболу 2010 года. *Строительство этой железнодорожной линии позволило на 20% сократить количество автомобилей, которые использовались на шоссе между городом и аэропортом.*

Парижский монетный двор в рассматриваемый период продолжал чеканить серию золотых и серебряных монет, посвященных вокзалам Франции. Очередная посвящена одному из самых известных железнодорожных вокзалов страны - "Лион-Сент-Экзюпери ТЖВ" (Lyon-Saint-Exupery TGV). Номинал серебряных монет - 10, 20 и 50 евро. Номинал золотых - 50 и 200 евро. Дизайн всех монет идентичен. На аверсе отчеканено изображение здания вокзала Лион-Сент-Экзюпери. На реверсе изображены два стоящих на рельсах локомотива. В нижней части выгравирована надпись - "TGV SUD-EST".

Вокзал Лион-Сент-Экзюпери находится в зоне одноименного аэропорта и обслуживает международные и междугородние поезда дальнего следования Он был построен в 1994 году по проекту испанского архитектора Сантьяго Калатравы. Архитектура вокзала напоминает взлетающую птицу.

Столетнему юбилею нью-йоркского вокзала "GRAND CENTRAL TERMINAL" посвящена серебряная монета номиналом $10, отчеканенная от имени островов Кука, входящая в серию "Окна истории". Поэтому не удивительно, что она имеет "окошко" из стекла этого вокзала, обрамленную золотым ободком. (*Рисунок - в заголовке статьи*)

Монетный двор Мексики в 2012 году выпустил памятную биметаллическую монету (центр из серебра, внешнее кольцо - алюминиевая бронза) номиналом 100 песо в честь открытия Юго-Восточной железной дороги. Юго-Восточная железная дорога, связавшая полуостров Юкатан с остальной частью страны была вступила в эксплуатацию в 1950 году.

Реверс монеты повторяет изображение реверса памятной монеты в 5 песо 1950 года, отчеканенной в честь открытия этой железной дороги. Та монета считается одной из самых красивых монет Мексики XX века.

Одну из самых больших серий монет, посвященных истории железных дорог мира, продолжает Либерия. В 2011 году она представила несколько 5-долларовых серебряных монет серии "История железных дорог" с цветными изображениями легендарных поездов. Аверс всех монет одинаковый - герб Либерии. На реверсе помещены изображенные в цвете сами эти поезда.

Первая монета - "Голубой экспресс" (Blue Train). *Это поезд, ходящий по Южной Африке между городами Претория и Кейптаун. Путешествие занимает по времени 27 часов, за это время поезд проезжает более 1600 километров.*

Железнодорожное направление ЮАР, названное Union Express (северное), и Union Limited (южное), было создано в 1923 году с целью обеспечить транспортировку золота с приисков городов Кейптаун и Претория. Изначально, вагоны поезда были деревянные. Они были заменены в 1937 году стальными, синего цвета, построенными в Бирмингеме. После этого поезд среди пассажиров стал называться Blue Train и в 1946 году это название было закреплено за ним официально. Вагоны, которые используются сегодня, были созданы в 1972.

Вторая монета - "Императорский поезд", *на реверсе которой изображен Императорский поезд kkStB 310, построенный в 1890 году для императора Франца-Иосифа I и его фаворитов. Для любителей железнодорожного транспорта прокатиться на этом поезде - уникальный шанс окунуться в ту забытую, но очаровательную эпоху.*

На сегодняшний день шесть вагонов поезда полностью отреставрированы и оборудованы самой новейшей техникой. Маршрут императорского поезда пролегает по территории Австрии и Германии. На императорском поезде туристы могут проехать через Вену, Мельк, Линц, Зальцбург, Инсбрук, Гармиш, Мюнхен и другие города.

Третья монета - "Адлер". *На реверсе ее изображен регулярный поезд, запущенный в 1835 году. С этого года берет начало история железой дороги в Германии, Дело было в Баварии и это был локомотив Адлер (нем. "Орёл"), курсировавший между городами Нюрнберг и Фюрт. Два раза в день горожанам предлагалось преодолеть путь в 6 км на паровозе, катание на котором из-за высокой стоимости билета было скорее аттракционом и роскошью, чем простой необходимостью. Кстати, в январе 2011 года локомотив "Адлер" был запечатлен и на немецкой монете "175-летие Немецкой железной дороги".*

Четвертая монета "Роял Хадсон" (Royal Hudson), пятая монета - "Flying Scotsman" (Летучий шотландец), шестая - "Union Pacific Big Boy", седьмая - "Экспресс Маллард" (Mallard), восьмая - "Транссибирская железная дорога", девятая - японский экспресс"Синкансэн" (о котором мы уже писали чуть выше).

Десятая монета - "Фломская железная дорога". *Эта железная дорога протяжённостью 20,2 км проходит на западе Норвегии и является веткой Бергенской железной дороги. Проходит через долину Фломс, соединяясь с Согне-фьордом. В настоящее время железная дорога используется, прежде всего, в туристических целях. Перепад высот ветки составляет 863 метра. Почти 80 % всей трассы имеет степень подъема в 55 тысячных долей, что соответствует подъему в один метр на каждые 18 метров пути. Железная дорога*

имеет 10 станций.

И последняя - одиннадцатая - монета либерийской серии, отчеканенная в 2011 году посвящена узкоколейке "Durango & Silverton Narrow Gauge Railroad" ("Дюранго энд Сильверстоун"). *Эта железная дорога представляет собой настоящее историческое наследие США, которое начинает свою историю с девятнадцатого века, а ныне является просто довольно популярным местом отдыха среди туристов.*

Построены колеи были всего лишь за девять месяцев 1881-го и 1882-го года. Изначально они предназначались для перевозки руды и рабочих из шахт в горах Сан-Хуан. Однако почти сразу после своего создания многие путешественники поезда заметили, что сам путь по всем этим скалам приносит им воистину эстетическое удовольствие. Отличные виды, чистый воздух, прекрасная атмосфера... Что еще надо шахтеру после темноты и затхлости его рабочего места (кроме кушанья, питья и общения, естественно)?

Проработал по назначению этот путь до 6 декабря 1968 года. А потом власти начали продвигать дорогу уже как туристический объект, что ничуть неудивительно. В наше время Узкоколейная железная дорога от Дюранго к Сильверстоуну работает круглый год, однако в зимние месяцы поезд проходит намного меньший путь.

И в заключении о монете, выпущенной по соседству и уже в 2015 году. Это туркменская серебряная номиналом в 50 манатов "Железная дорога Казахстан - Туркменистан - Иран"..

11-й 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

19-21 мая '2015
Москва Павильон ВДНХ №69

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ
MetrolExpo
Control&Diagnostic
ResMetering
LabTest
PromAutomatic

20 мая - Всемирный день метрологии

СИМПОЗИУМ «ТОЧНОСТЬ. КАЧЕСТВО. БЕЗОПАСНОСТЬ»

ОРГАНИЗАТОР
Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России) и Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

СОДЕЙСТВИЕ
Аппарат Правительства Российской Федерации

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПАРТНЕРЫ
The International Bureau of Weight and Measures (BIPM)
International Organization of Legal Metrology (OIML)
The International Committee for Non-Destructive Testing (ICNDT)
Euro-Asian Cooperation of National Metrology Institutions (COOMET)

С ЭКСПОЗИЦИОННЫМ УЧАСТИЕМ
Минпромторг России, Минэнерго России, Минобрнауки России, МВД России, Росстандарт, Ростехнадзор, Роскосмос, ГК «Росатом», ГК «Ростехнологии», ОАО «РОСНАНО», ОАО «РЖД», Фонд «Сколково»

КОНКУРСНАЯ КОМИССИЯ
ФБУ «Ростест-Москва»

УСТРОИТЕЛЬ И ВЫСТАВОЧНЫЙ ОПЕРАТОР
Компания «Вэстстрой Экспо»

ПРОГРАММА ФОРУМА
- 11-я выставка средств измерений и метрологического обеспечения «METROLEXPO-2015»
- 4-я выставка промышленного оборудования и приборов для технической диагностики и экспертизы «CONTROL&DIAGNOSTIC-2015»
- 4-я выставка технологического и коммерческого учета энергоресурсов «RESMETERING-2015»
- 3-я выставка лабораторного, испытательного и тестового оборудования «LABTEST-2015»
- 3-я выставка КИПиА и компонентов для промышленной автоматизации «PROMAUTOMATIC-2015»
- 7-й Всероссийский симпозиум метрологов «ТОЧНОСТЬ. КАЧЕСТВО. БЕЗОПАСНОСТЬ»
- Всероссийская выставочно-конкурсная программа «ЗА ЕДИНСТВО ИЗМЕРЕНИЙ»

ДИРЕКЦИЯ ФОРУМА
129223, Москва, а/я 35. ул. Сельскохозяйственная, д. 35, стр. 182
Тел./Факс: +7 (495) 937-40-23 (многоканальный)
E-mail: metrol@expoprom.ru • www.metrol.expoprom.ru

ТАНКИ
ОТ И ДО

Олег Никитич Брилёв,
д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки и техники РФ,
начальник кафедры танков ВАБТВ (1975-1987 гг.)

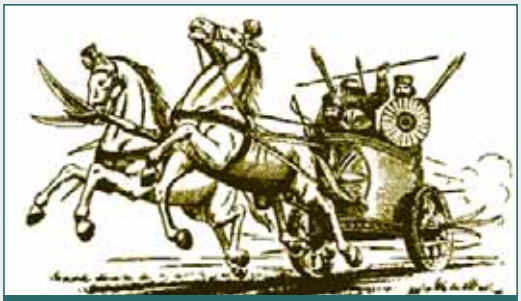
Во все времена истории человечества велась борьба за выживание. Только этим и была вызвана необходимость создания средств борьбы - от каменного топора, пращи, стрелы, копья, кинжала до сегодняшних ядерных бомб и ракет, могущественных авианосцев, подводных лодок, самолетов, танков.

Человек добывал себе пропитание нападением на животных, боролся и убивал себе подобных за право владения местами охоты, торговли, за "сферы влияния", за лучшие условия жизни.

Человек создавал себе оружие для нападения от пращи и дротика до современного автомата, пулемета, орудия. Но он всегда заботился и о средствах защиты для себя - от боевого шлема, лат, кольчуг, рыцарских панцирей до современнейших средств защиты в виде стальных касок, пуленепробиваемых жилетов, брони, защищенных убежищ. Человек всегда стремился найти сочетание наступательного и оборонительного средств, защитных свойств со средствами борьбы и нападения, что и привело в итоге к созданию такого вида оружия, как танк, БМП.

Проект танка Леонарда Да Винчи

Изображение боевой машины (повозки) историки обнаружили в барельефах ассирийских царей (865-860 гг. до нашей эры), но такие боевые повозки имели средства борьбы без средств защиты. Гораздо позже (в XV в.) появились проекты защищенных и вооруженных боевых повозок. И только в конце XIX - начале XX века при создании двигателя внутреннего сгорания, гусеничного движителя и использовании корабельной брони появилась возможность создать боевую гусеничную машину - танк.



Персидская боевая колесница

Проектов по созданию "сухопутных броненосцев" было множество: Менделеев (Россия, 1911 г.), Де Моль (Австралия, 1912 г.), Гебель (Австрия, 1913 г.), но воплощение в жизнь получили первые английские образцы, когда 2 февраля 1916 г. под Лондоном были проведены испытания первого танка. В том же году примененные впервые 32 английских танка в атаке на укрепленные позиции германских войск определили на многие годы те силы и средства, которые могут существенно влиять на исход сражения.

Танк стал тем самым оружием, которое всем предшествующим развитием военного дела было призвано решительно изменить веками сложившееся представление о вооруженной борьбе на суше.

В истории военного искусства открывалась новая страница: на поле боя началось господство бронированных машин. Уже в операциях Первой мировой войны боевой опыт применения танков оказал большое влияние на дальнейшее развитие всех сухопутных войск, тактики общевойскового боя, ведения операций всех масштабов.

Применение танков в ряде случаев позволило отказаться от длительной артиллерийской подготовки, что способствовало внезапности атаки. В то же время необходимость артиллерийского обеспечения действий танков поставила перед артиллерией задачу организации огневой поддержки танков на весь период боя.

Появление танка создавало реальные предпосылки для ведения безостановочного наступления на всю глубину обороны. В связи с этим возникла необходимость разработки и применения новых форм и способов подготовки и ведения боя. Особенно остро встала задача разработки вопросов взаимодействия танков с другими родами войск. Вместе с тем во всех родах войск начались поиски эффективных средств борьбы с танками. Уже в ходе Первой мировой войны появились противотанковые орудия и ружья, бронебойные пули, для борьбы с танками приспосабливались легкие минометы, создавались мины и различные инженерные заграждения. С 1917 г. оборона стала принимать противотанковый характер.

Борьба с танками начала рассматриваться как важнейшая задача артиллерии, авиации и других противотанковых средств. Это было обусловлено тем, что уже во Второй мировой войне танки стали главной ударной силой сухопутных войск, а их количество в армиях воюющих сторон достигло десятков тысяч.

Заложенные в танках боевые возможности оказали большое влияние на развитие тактики и оперативного искусства в период между первой и второй мировыми войнами, особенно в годы последней войны, когда танковые войска сделали гигантский скачок в своем развитии. Из тактического средства они превратились в фактор оперативного значения. Именно танки и авиация стали решающим средством изменения сначала материальной базы вооруженной борьбы, а затем и способов ее ведения.

Оценивая прошлое танков как рода войск и учитывая происшедшие в послевоенный период перемены в военном деле, можно смело говорить о дальнейшем повышении их роли. Тот факт, что именно танки позволяют, с одной стороны, в самые короткие сроки и наиболее полно использовать результаты огневых, в том числе ракетно-ядерных ударов по противнику, с другой - существенно уменьшить последствия таких ударов противника, дает право рассматривать их как одну из основных систем оружия сухопутных войск.

Именно в результате резкого возрастания роли танков в современной войне в последние годы им уделяется большое внимание на страницах как нашей, так и зарубежной печати. Почти все авторы признают и считают вполне закономерным, что танк становится важнейшим средством борьбы на суше. Отдельных военных теоретиков и практиков разделяет лишь различное обоснование путей развития самого танка как средства борьбы и организационных форм танковых войск.

Проект сверхтяжелого танка русского инженер В.Д. Менделеева

Проект танка австралийца Ланселота Элдин де Моля

ЗАРОЖДЕНИЕ ТАНКОВ. ИХ РАЗВИТИЕ В ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ МИРОВЫХ ВОЙНАХ

1. Танки - новое боевое средство

Танки, как и любая другая система оружия, могли появиться на вооружении войск лишь при наличии двух исторических условий. Во-первых, должна была возникнуть военная необходимость в таком средстве борьбы, во-вторых, должны были существовать технические предпосылки для его создания.

Военная необходимость в танках как новом средстве ведения боя остро проявилась в ходе первой мировой войны, когда после непродолжительного периода маневренных действий она приняла явно выраженный позиционный характер, ибо оборона оказалась "сильнее" наступления.

Массовый характер армий, основанных на всеобщей воинской повинности, привел к образованию сплошной линии фронта. При наступлении ее необходимо было прорывать. Артиллерия стала многочисленной (48 орудий в дивизии) и оснащалась достаточно скорострельными орудиями, что позволяло обеспечить высокую интенсивность огня. Широкое распространение получили пулеметы (до 48 единиц в дивизии), показавшие высокую эффективность в поражении живой силы. Огонь артиллерии и пулеметов наносил высокие потери открытым боевым порядкам пехоты и кавалерии, что затрудняло применение прежних форм наступления. Стремление уменьшить потери от огневого воздействия противника заставило войска "зарываться" в землю и широко использовать инженерное оборудование местности - многополосные системы траншей и различные заграждения, прежде всего многорядные полосы из колючей проволоки. Все это дало дополнительные преимущества обороне, которая даже при ограниченном количестве огневых средств была способна создать перед наступающими войсками зону сплошного огневого поражения (артиллерийский, пулеметный и винтовочный огонь). В то же время оборона оказалась практически неуязвимой от пулеметного и винтовочного огня наступающей стороны и относительно стойкой по отношению к воздействию артиллерии.

С целью обеспечить успех наступлению на участках прорыва создавались большие плотности артиллерии (70 - 85 стволов на 1 км фронта), которой ставилась задача уничтожить и подавить огневые средства обороны, разрушить заграждения и "расчистить" путь наступающей пехоте, которая должна была уничтожить остатки противника и овладеть местностью. Однако вследствие высокой стойкости обороны к артиллерийскому воздействию такой подход не давал желаемого результата. Артиллерийская подготовка длилась по нескольку суток (до 7-8), расходовалось огромное количество боеприпасов. Однако в обороне сохранялось достаточное количество огневых средств, кроме того, за это время обороняющаяся сторона успевала выдвинуть из глубины к обозначившемуся участку прорыва резервы.

Преодолев с большими потерями первую линию траншей, пехота зачастую была вынуждена прекращать наступление под воздействием огня уцелевших пулеметов, а также артиллерийского огня из глубины обороны противника и его подошедших резервов. Таким образом, артиллерия не могла обеспечить одновременное подавление обороны на всю ее глубину, непрерывно поддерживать и сопровождать атаку пехоты. Кроме того, она не могла перемещаться вслед за пехотой, поскольку поле боя было сплошь изрыто воронками, пересечено окопами и ходами сообщения.

Такое положение при попытках наступления обусловливало огромные потери в людях при ограниченных, главным образом тактических, успехах. Боевые действия пришли к позиционному тупику. Одним из наиболее ярких примеров краха принципа "артиллерия разрушает, а пехота занимает", стала Верденская операция (февраль-декабрь 1916 г.), в ходе которой немцы, имея первоначальное превосходство над французами по пехоте в три раза, а по артиллерии в 4,5, не сумели добиться выполнения поставленных наступательных боевых задач. За первые 70 суток германские войска продвинулись всего на 6...7 км, а затем операция приняла характер борьбы на истощение, то есть с обеих сторон вводились все новые и новые силы. Всего в сражении Германия потеряла около 600 тыс., Франция - 358 тыс. человек.

Требовалось новое боевое средство, способное проложить дорогу пехоте, помочь ей прорвать оборону и обеспечить развитие тактического успеха в оперативный. Этим боевым средством и явились танки. Основная идея создания нового оружия состояла в том, чтобы оно в ходе боя могло подавить уцелевшие после артиллерийской подготовки пулеметы (и другие огневые средства) противника, провести за собой атакующую пехоту через инженерные заграждения, создать условия для развития успеха. Для ее реализации потребовалось объединить в одном виде оружия огневую мощь, защиту, подвижность. Это органическое сочетание привело к принципиально новому качеству, как в свое время соединение серы, селитры и древесного угля дало дымный порох. Названное сочетание до наших дней является основным признаком танка, именно это обусловливает его высокую эффективность и широкий диапазон боевых возможностей.

В годы Первой мировой войны танки стали весьма эффективным средством преодоления обороны. Они были практически неуязвимы от ружейно-пулеметного огня и осколков. Артиллерия могла поразить танки только при прямом попадании снаряда, но она не была приспособлена для такой стрельбы.

Приблизившись на достаточно малое расстояние, танки могли поражать огнем или даже гусеницами уцелевшие пулеметы. Они легко преодолевали различные инженерные заграждения и обладали хорошей проходимостью по изрытому огнем и окопами полю боя. Танки не только прокладывали путь следовавшей непосредственно за ними пехоте, но и в известной мере укрывали ее своим корпусом.

Существовавшая оборона оказалась практически беззащитна против танков. Их единственными серьезными противниками были танконедоступная местность и низкое техническое совершенство: весьма малая надежность, плохие условия наблюдения (незащищенные щели в броне) и, как следствие, ограниченная дальность прицельного огня, плохие условия для работы экипажа (высокая температура, загазованность, шум).

Однако именно низкое техническое совершенство, определенное недоверие к боевым возможностям нового средства борьбы, преждевременное боевое использование первых малых партий машин привели к тому, что танки, хотя и были выпущены до конца войны в достаточно большом количестве (10 тыс. машин), не могли оказать решающего влияния на общий ход войны, сломать её позиционный характер. Тем не менее, они показали себя эффективным и, главное, перспективным средством преодоления обороны. Стало принципиально ясно, что на основе дальнейшего технического совершенствования боевые возможности танков могут быть существенно повышены, а недостатки в значительной мере устранены.

Следует подчеркнуть, что танки Первой мировой войны были в основном средством прорыва обороны (совместно с пехотой и артиллерией). Задача развития успеха только еще намечалась и предполагалось, что это будет делать конница. Возможная борьба танков с танками не принималась всерьез, хотя отдельные эпизоды такого противоборства в конце войны наблюдались. Необходимо отметить, что уже в то время начала решаться задача создания средств для борьбы с танками - бронебойные пули к винтовкам, противотанковые ружья, прицелы, позволяющие артиллерии вести огонь прямой наводкой. Эти меры принимались прежде всего в армии Германии.

Впервые танки были созданы в 1916 г. в Англии (подполковник Суинтон, лейтенант Вильсон и инженер Триттон) и Франции (полковник Эстьен, инженер Брилье), а уже 15 сентября того же года англичане впервые применили танки на поле боя в операции на реке Сомме.

Танк А.А. Пороховщикова

Германское командование первоначально недооценило значение танков, и время было упущено. До конца войны в Германии было выпущено всего около 100 машин, в то время как в Англии - около 3 тыс., во Франции - 6 тыс. единиц. Соединенные Штаты по заказу Англии и Франции и на базе конструкции их танков в конце войны организовали производство танков и выпустили около 1 тыс. машин.

В России не только были разработаны оригинальные проекты танков (В.Д. Менделеев, 1911 г.), но и построены опытные образцы (А.А. Пороховщиков в 1915 г., Н.Н. Лебеденко в 1917 г.). Несмотря на наличие определенной технической базы для создания танков боевые машины в России были построены лишь после Октябрьской революции.

Вторым историческим условием, необходимым для создания танков, являлось наличие определенных технических предпосылок: легкой скорострельной пушки (на основе введения унитарного выстрела, противооткатных устройств и быстродействующего затвора), прочной и относительно легкой брони (благодаря использованию легированной стали и введения проката), достаточно мощного, но компактного и экономического двигателя (на базе создания двигателей внутреннего сгорания - карбюраторного и дизеля), движителя, обеспечивающего высокую проходимость на местности (путём разработки гусеничного движителя, обладавшего приемлемыми КПД и долговечностью).

Для оснащения армии необходимым количеством боевой техники требовался определенный уровень развития машиностроительной промышленности.

Эти технические предпосылки были подготовлены бурным развитием техники в конце XIX - начале XX веков. В этот процесс большой вклад внесли многие выдающиеся русские ученые, изобретатели и инженеры. В частности, в создании артиллерийского вооружения важную роль сыграли В.С. Барановский, А.В. Гадолин, Н.В. Майевский; в области производства высококачественной брони широко известны имена П.П. Аносова, М.П. Обухова, В.С. Пятова, Д.К. Чернова; в совершенствование двигателей внутреннего сгорания внесли свою лепту Б.Г. Луцкий, Г.В. Тринклер, Я.В. Мамин, в разработку гусеничного движителя - Д. Загряжский, Ф.А. Блинов.

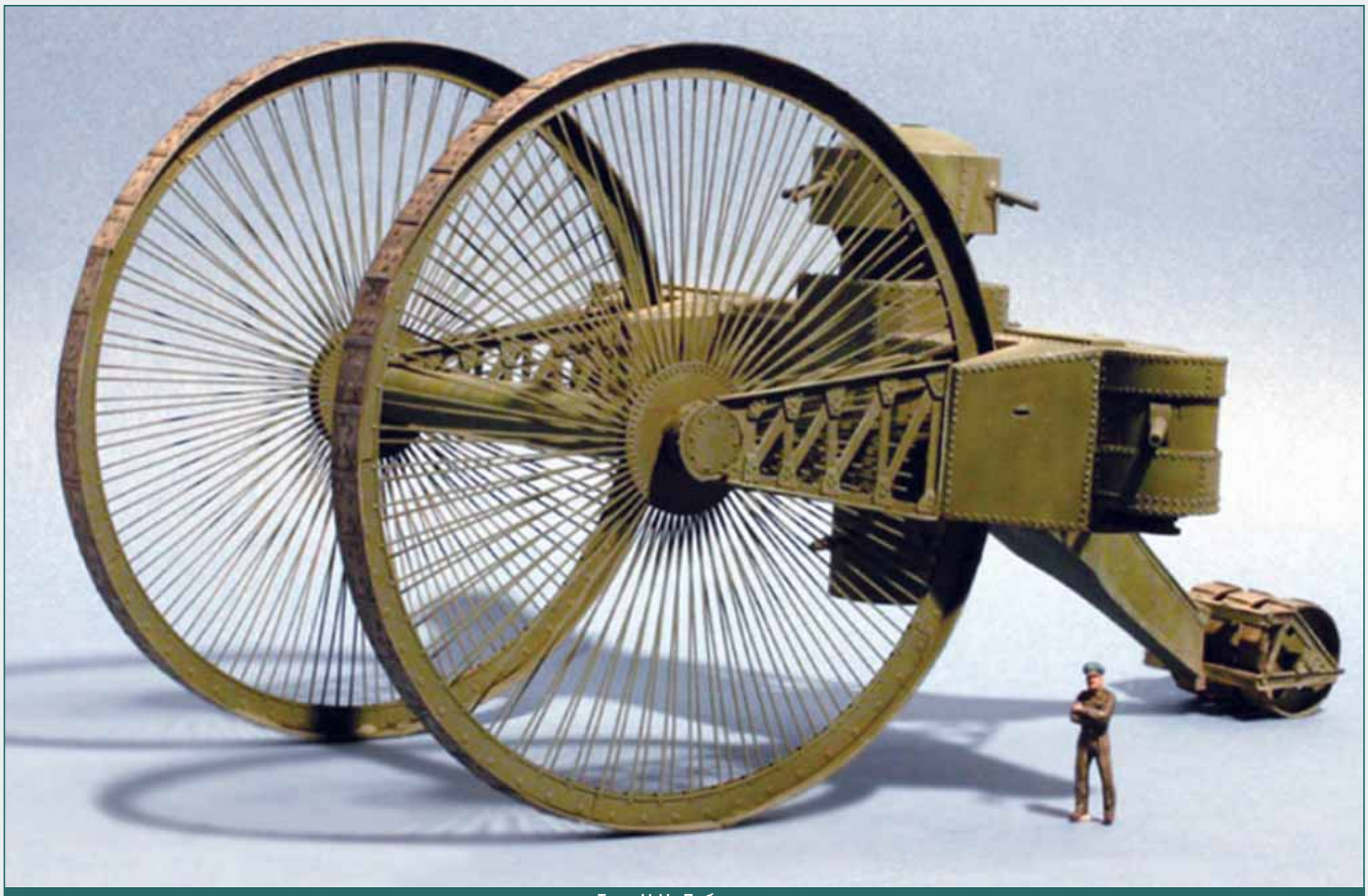
Следует отметить, что некоторые элементы танка имели прототипы в других областях. Пушка во вращающейся башне (или каземате) и броня - на кораблях, бронепоездах и появившихся незадолго до войны бронеавтомобилях; гусеничный движитель - на сельскохозяйственных тракторах и тягачах.

Таким образом, в результате сложившихся условий ведения боевых действий в ходе первой мировой войны на поле боя появилось новое боевое средство, получившее название "танк". Создание этого средства было подготовлено наличием к тому времени определенных научных и технических предпосылок.

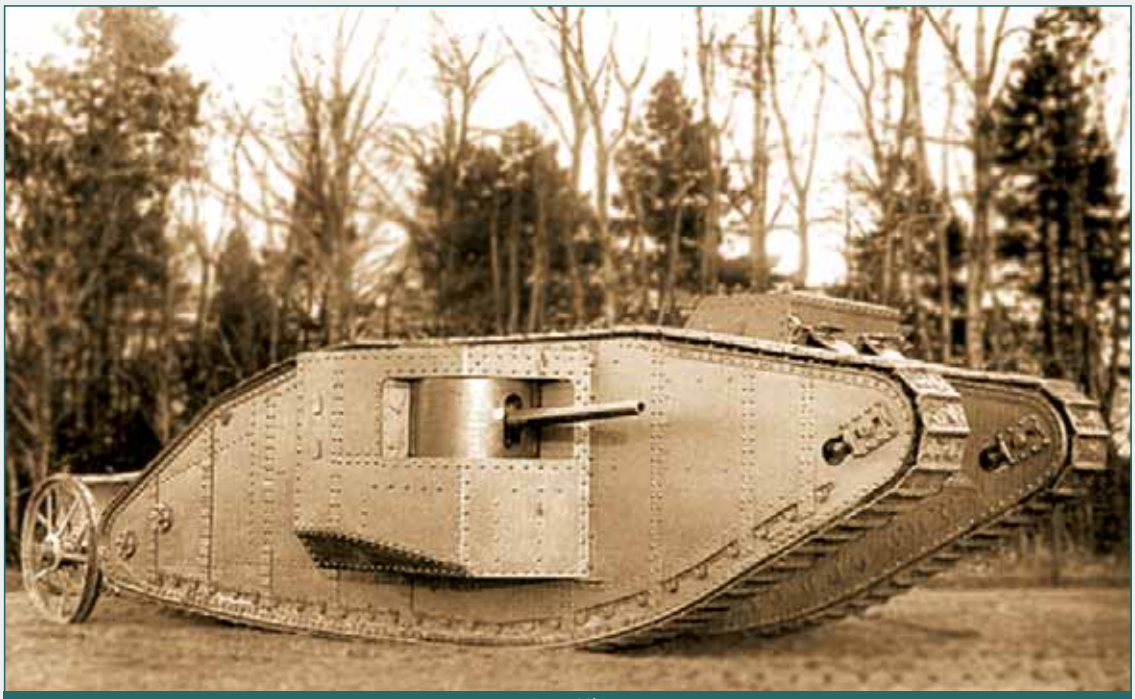
Танки Первой мировой войны

Первые танки, появившиеся на полях сражений, были весьма далеки от совершенства (табл. 1).

Английские образцы Mk1 имели своеобразную ромбовидную форму корпуса (вид сбоку) с проходящим по верху гусенич-



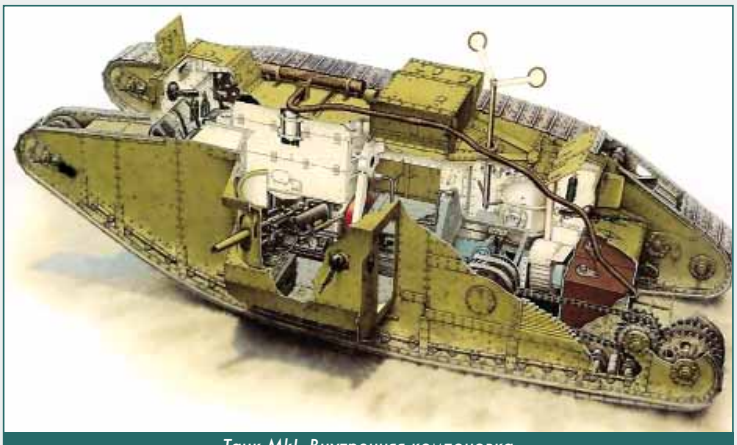
Танк Н.Н. Лебеденко



Танк MkI

ным обводом. Предполагалось, что это обеспечит успешное преодоление воронок, широких траншей, эскарпов и других препятствий. Вооружение было размещено в бортовых спонсонах-полубашнях, которые при транспортировке могли сниматься. Часть танков была вооружена двумя 57-мм орудиями и четырьмя пулеметами; такие машины предназначались для поражения огневых точек. Боекомплект составлял 207 выстрелов к пушкам и 5800 патронов к пулеметам. Другая часть танков была вооружена только шестью пулеметами (12 тыс. патронов), предназначавшимися для борьбы с живой силой противника. В дальнейшем на этих танках один из спонсонов стали вооружать орудием. Толщина брони составляла 5...10 мм и должна была обеспечить защиту от винтовочных пуль (небронебойных) и осколков. Корпус имел каркас из профильной стали, к которому прикреплялись на болтах броневые листы. Жесткость корпуса была недостаточной. Карбюраторный 6-цилиндровый бесклапанный двигатель жидкостного охлаждения имел мощность в 105 л.с. Его установка не была изолирована от обитаемого отделения. Топливные баки были вынесены наружу в кормовую часть в пространство между гусеницами. Для управления движением использовались три коробки передач - центральная и две бортовые, между которыми устанавливался дифференциал. Последний был дополнен двумя бортовыми тормозами. От трансмиссии на находящиеся в корме ведущие колеса мощность передавалась цепными передачами. В управлении танком участвовали три человека. Плавный поворот осуществлялся с помощью "хвоста" - колесной пары, установленной в кормовой части машины снаружи и имевшей тросовой привод. Впоследствии (на образцеMkV) от этого отказались, дифференциал был заменен двумя бортовыми планетарными одноступенчатыми механизмами и использовалась только одна планетарная центральная коробка передач с достаточным диапазоном - танком мог управлять один человек. В ходовой части подвеска отсутствовала. Скорость танков MkI - MkIV составляла 5,5 км/ч (на пересеченной местности не более 1...3 км/ч), запас хода по топливу 24 км, что не соответствовало в полной мере задаче непосредственного сопровождения пехоты и резко ограничивало другие возможности, прежде всего для маневра. Экипаж танка составлял 8 человек. Масса его достигала 26 т. В целом танк оказался громоздким, очень ненадежным и по техническим причинам зачастую еще до боя выходил из строя. Условия работы экипажа были совершенно неудовлетворительными из-за большой загазованности. Чрезвычайно высоким был уровень шума. Внутренняя и внешняя связь отсутствовала. Наблюдение из танка можно было вести только через незащищенные щели, что зачастую приводило к поражению глаз - основному виду ранения у танкистов того времени. Частичное улучшение данной конструкции было реализовано в последующих модификациях - MkII - MkV (толщина брони была доведена до 15 мм, скорость до 7,5 км/ч, запас хода до 70 км). Наиболее массовыми машинами стали MkIV и MkV - всего их было выпущено около 2500 единиц. Было создано также определенное количество удлиненных машин MkV (длина 10 м), способных перевозить до 20 пехотинцев. Это был прообраз современных бронетранспортеров. Были также созданы образцы и для перевозки орудий.

Стремясь создать своего рода "бронированную конницу" для развития тактического успеха в оперативный, англичане в 1917 г. разработали танк MkA "Уиппет". Этот танк имел массу 14 т, экипаж 3 человека, был вооружен четырьмя пулеметами. Скорость его составляла 13 км/ч, а запас хода достиг уже 130 км. Танк имел низкий (по сравнению с MkI - MkV) гусеничный движитель. В кормовой части корпуса находилась невращающаяся башня. Особенностью конструкции стала установка двух двигателей по 45 л.с., каждый со своей коробкой передач и приводом на соответствующую гусеницу. Плавный поворот осущес-



Танк MkI. Внутренняя компоновка

Танк MkI. Внутренняя компоновка

Танк MkV

Танк MkA "Уиппет"

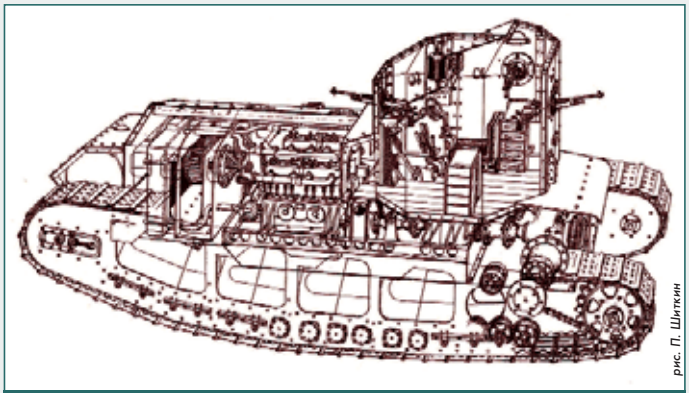


рис. П. Шиткин

Танк MkA "Уиппет" чертеж

твлялся за счет разницы в частоте вращения двух двигателей. Именно участие 96 подобных танков в Амьенской операции в августе 1918 г. позволило не только впервые осуществить полноценный прорыв, но и выполнить в сопровождении конницы своеобразный рейд по тылам немцев.

Во Франции танки получили боевое крещение в апреле 1917 г. в сражении под Краонном. Практически одновременно были разработаны два образца танков, существенно отличающиеся по конструкции: "Шнейдер" CAI и "Сен-Шамон" M16. В отличие от английских собратьев эти образцы имели низкий гусеничный движитель, содержащий подвеску, и корпус прямоугольной формы (вид сбоку) с выступающей вперед носовой частью, что весьма затрудняло преодоление препятствий. 75-мм орудия устанавливались в носовой части машин (у танка "Шнейдер" - справа) и имели ограниченный угол обстрела по горизонтали. Пулеметы устанавливались по бортам в шаровых установках, что не позволяло вести огонь по курсу. Особенностью танка "Сен-Шамон" было применение электрической трансмиссии - спаренного с двигателем генератора и двух бортовых тяговых электромоторов. Такая трансмиссия обеспечивала значительно более легкое управление машиной, в частности при повороте.

Французские танки имели те же принципиальные недостатки, что и английские образцы, кроме того, они значительно уступали английским в проходимости.

Недостатки рассмотренных образцов, главным образом их громоздкость, привели к форсированию создания легкого танка "Рено" FT17, который воплощал идею "бронированного пехотинца" - малой по размеру, легкой, дешевой массовой машины высокой проходимости, которая могла бы пройти повсюду, где

Танк "Шнейдер" CAI

Танк "Сен-Шамон" M16

Танк "Рено" FT17

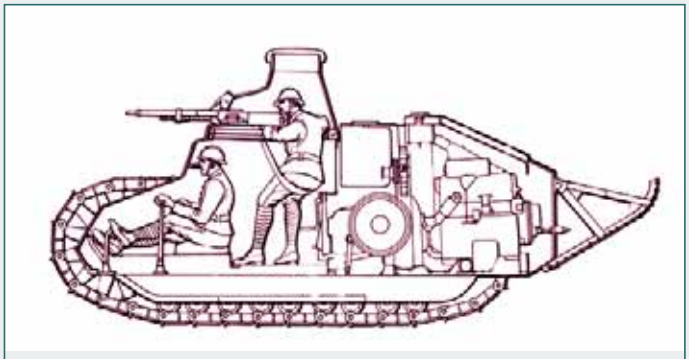


Чертёж танка "Рено" FT17

Транспортировка танка "Рено" FT17

действует пехота, и которую можно было бы доставлять к полю боя на грузовом автомобиле. Идея и конструкция танка оказались настолько удачными, что в дальнейшем производство других танков было прекращено, и данная машина стала основной во французской армии. Всего их было выпущено около 3200 штук. В послевоенное десятилетие этот танк служил образцом для создания легких танков.

В танке "Рено" FT17 впервые была реализована компоновка, названная впоследствии классической и используемая до настоящего времени в подавляющем большинстве современных образцов: моторно-трансмиссионная установка в кормовой части, водитель - в носовой части машины, боевое отделение с вращающейся башней - в средней. Вооружение танка - 37-мм пушка (на некоторых танках - пулемет) - размещалось во вращающейся башне, которая имела наверху прообраз современной командирской башенки с пятью смотровыми щелями. Боекомплект составлял 240 выстрелов к пушке (4800 патронов к пулемету). В башне размещался один член экипажа, стоя или полусидя в брезентовой петле (впоследствии было установлено сиденье). Корпус имел каркас из профильной стали, к которому на заклепках крепились броневые листы толщиной от 6 до 22 мм. Карбюраторный 4-цилиндровый двигатель жидкостного охлаждения имел мощность в 30 л.с. Для управления движением использовались коробка передач и бортовые фрикционы с тормозами. Моторно-трансмиссионное отделение было изолировано от обитаемого металлической перегородкой. Ходовая часть имела рессорную подвеску имеханизм натяжения гусеницы с упругим элементом. Скорость танка достигала 8 км/ч, запас хода по топливу - 60 км. Благодаря малому удельному давлению на грунт (около 0,6 кг/см^2) танк имел хорошую проходимость по слабым грунтам. Для преодоления рвов в кормовой части был предусмотрен съемный "хвост", который в транспортном положении откидывался на крышу моторного отделения. Повышению проходимости через препятствия способствовал большой диаметр направляющих колес. Экипаж танка составлял 2 человека, масса его достигала 6,7 т.

На базе танка "Рено" FT17 были созданы машина управления (с радиотелеграфом) и прообраз современной САУ с открыто расположенным 75-мм орудием.

Немцы спохватились поздно, они выпустить всего около 100 штук, и их танки не смогли переломить ход войны.

Кайзеровский A7V на железнодорожной платформе

Таким образом, создание танков как нового вида оружия стало логическим следствием развития форм и способов вооруженной борьбы, ускорения технического прогресса. "Родителями" танка следует считать военную необходимость (вследствие изменившихся условий на поле боя) и новые технические возможности (включая массовое производство).

(Продолженние следует.)

Танки Первой мировой войны

Показатель	Англия			Франция			Германия		США
	Mk1	MkV	"Уиппет"	"Сен-Шамон"	"Шнейдер"	"Рено" FT17	A7V	ЛК II	"Форд"
Масса, т	26	29	14	24	13,5	6,7	30	9,5	3
Экипаж, чел.	7	8	3	9	-	2	18	3	2
Калибр пушки, мм	2x57	2x57	-	75	75	37	57	57	-
Боекомплект пушки, выстр.	207	-	-	-	-	240	180	100	-
Количество пулеметов	5	4	4	4	2	1	6	2	1
Толщина брони, мм	5...11	6...15	6...14	5...11	5...11	6...22	15...30	6...14	6...13
Максимальная скорость, км/ч	5,5	7,7	13,5	9	4	8	15	13,5	12,5
Запас хода, км	24	72	120	60	60	60	35	70	70
Мощность двигателя, л.с.	105	150	2x45	85	55	39	2x100	60	34

ЛЕДОКОЛЫ РОССИИ

АТОМНЫЙ ЛЕДОКОЛ "РОССИЯ"

Виктор Сергеевич Шитарёв,
капитан дальнего плавания

(Продолжение. Начало в 1-5 - 2014)

В ноябре 1983 года, накануне 66 годовщины Великой Октябрьской социалистической революции, со стапелей Балтийского завода им. Серго Орджоникидзе сошёл на воду атомный серийный ледокол "Россия", третий в серии ледоколов типа "Арктика". Здесь требуется внести некоторую ясность. Головной в серии ледокол вступил в строй в 1974 году, а в 1977 году заказчик - Минморфлот СССР, получил однотипный, второй в серии, атомоход "Сибирь". Некоторым недоразумением послужило переименование в 1982 году атомохода "Арктика", получившего имя "Леонид Брежнев". Это вызвало некоторое замешательство. В чём смысл? На стапелях были заложены новые атомоходы, и переименовывать головной в серии ледокол не было никакого смысла. Но, как говориться - "начальству виднее". Тем более, что вскоре атомоход снова стал "Арктикой". Как говориться - "Всё вернулось "на круги своя", зато появились анекдоты типа "Как Вас теперь называть?..".

С выходом на трассы СЕВМОРПУТИ только двух атомоходов увеличилась продолжительность ледовой навигации в морях Советской Арктики до восьми-девяти месяцев, в её Восточном секторе, а в Западном секторе ледовая навигация была круглогодичной. Более чем в два раза возросла скорость проводки транспортных судов, эффективней заработали и дизель-электрические ледоколы. Иногда атомоход выводил из ледового плена дизель-электрический ледокол вместе с находящимся под его проводкой караваном. Надёжная, устойчивая работа атомоходов способствовала резкому повышению эффективности всей транспортной системы в Арктике. Сегодня можно утверждать, что достигнутый уровень транспортного обеспечения в арктическом бассейне, а также продление навигации на этом пути были бы невозможны без атомных ледоколов.

Высокие ледокольные качества атомоходов, надёжность работы их главных и вспомогательных механизмов и систем были убедительно продемонстрированы во всех высокоширотных плаваниях. В августе 1977 года атомоход "Арктика" впервые в мире за несколько суток автономного плавания достиг Северного полюса. Весной 1978 года атомоход "Сибирь" за 16 суток осуществил сквозную высокоширотную проводку с Запада на Восток транспортного судна "Капитан Мышевский". Успешная эксплуатация атомоходов на традиционных трассах СЕВМОРПУТИ, положительные результаты высокоширотных научно-практических походов предопределили целесообразность постройки атомоходов. Сегодня можно с полной уверенностью сказать, что на трассах СЕВМОРПУТИ альтернативы атомной энергетике нет.

За промежуток времени, прошедший после разработки проекта, по которому были построены первые два атомохода, изменились Правила Регистра СССР, вступили в действие новые международные

Ледокол "Россия" на чистой воде

конвенции, существенно обновился парк механизмов, оборудования, аппаратуры, поставляемых промышленностью (в основном это касается дальнейшего повышения надёжности и ремонтопригодности судового оборудования, улучшения условий его обслуживания); накоплен большой опыт эксплуатации атомоходов в условиях зимней навигации. Все эти факторы были учтены при корректировании каждого судна, что обусловило некоторые качественные отличия "России" от ранее построенных судов. Однако, основные элементы и характеристики, практически, не изменились. Приведём технические характеристики атомохода "Россия".

Длина наибольшая 150 м, по конструктивной ватерлинии (КВЛ) 136 м; ширина - 30 м, по КВЛ 28,0 м; высота борта до верхней палубы 17,2 м, осадка по КВЛ 11,0 м. Водоизмещение 20 480 т, наибольшее - 23 460 т. Мощность атомной энергетической установки (АЭУ) 55 000 кВт (74 728 л.с.). Максимальная скорость хода на чистой воде 20,5 узлов (38 км/ч). Экипаж (без медицинского персонала и авиаотряда) 142 человека, в общем, как на атомоходе "Арктика". Идентичность с прототипом главных размерений и мощности АЭУ обусловлены удачным опытом эксплуатации первых двух атомоходов на трассах СЕВМОРПУТИ.

Ранее обычные линейные ледоколы работали только весной, летом и осенью. Зимой из-за низких температур и тяжёлых льдов они уходили в более тёплые края или вставали в ремонт или на отстой. А вот когда "покорять" Арктические моря при сорокоградусных морозах стали атомоходы, тогда и обозначились их "детские болезни".

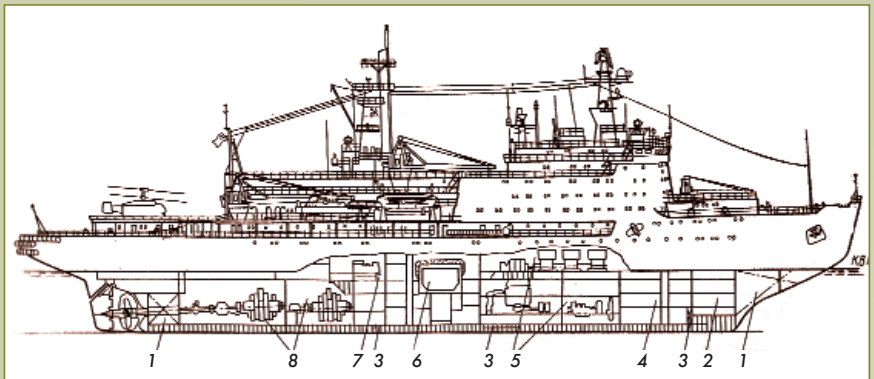
Корпус ледокола зимой охлаждается до температуры наружного воздуха (например, -30...40 °С). Морская вода при низких температурах тоже замерзает. Например, самое холодное Лабрадорское течение может иметь температуру воды -3,8 °С, и при соприкосновении с холодным корпусом ледокола на его бортах "вырастает "борода", которая сводит ледовую проходимость ледокола к нулю.

Вертолет Ка-32 над полетной палубой атомного ледокола "Россия"

Один ледовый капитан (не называю его имени - боюсь ошибиться, давно это было) мне рассказал такой случай... Форсируя 12-метровую перемычку, его ледокол с оголившимся почти на одну треть корпусом вылез на лёд, который под тяжестью ледокола не проломился. Ледокол моментально примёрз и застрял. Чтобы сойти на "чистую воду" морякам пришлось изрядно повозиться, создавая судну попеременно то крен, то дифферент с помощью водяного балласта. Эту "детскую болячку" удалось устранить с помощью разогрева корпуса атомохода в районе переменной ватерлинии, где корпус находится в постоянном контакте с водой и льдами. Причём сильный нагрев корпуса здесь не требуется. Вполне достаточно, чтобы его температура всегда была положительной.

На ледоколе установили оборудование для ведения круглосуточной ближней ледовой разведки с помощью судового вертолёта, дальняя разведка осуществлялась самолётами полярной авиации, обеспечивавшей безопасность судоходства по всей трассе СЕВМОРПУТИ. Ближняя ледовая разведка осуществлялась вертолётом Ка-32 специально приспособленным для проведения всепогодной ближней ледовой разведки. Для приёма информа-

У ледокола "Россия" носовая часть в районе переменной ватерлинии свободна от льда



Боковой вид ледокола «Россия»:
1 - дифферентная цистерна, 2 - помещение насосов системы дифферентовки, 3 - ледовый ящик, 4 - камбуз и провизионные кладовые, 5 - отделение главных турбогенераторов и вспомогательных механизмов, 6 - атомная паропроизводящая установка, 7 - кормовая электростанция, 8 - гребные электродвигатели

Внутреннее устройство атомного ледокола "Россия"

Установка винтов на атомный ледокол "Россия"

Установка первого блока надстройки на атомный ледокол "Россия"

Достройка атомного ледокола "Россия" у заводской стенки

ции о ледовой обстановке на большом от судна расстоянии на атомоходе "Россия" было установлено специальное оборудование, опытный образец которого испытывался на атомоходе "Сибирь". Надо сказать, что эти испытания успешно завершились. В приёме оперативной информации никаких сбоев не было. Комплекс новейших технических средств обеспечивал решение навигационных задач при плавании в высоких широтах, а также все виды оперативной связи с берегом и судами каравана. Этим, конечно же, не исчерпываются нововведения, принятые в проекте атомохода "Россия". Каждое устройство, система или конструктивное решение подергались критическому анализу с точки зрения опыта эксплуатации уже построенных атомоходов.

По своей архитектуре "Россия" представляет собой трёхвинтовой турбоэлектроход с избыточным надводным бортом, четырьмя палубами, и удлинённым баком и пятиярусной надстройкой. Семь главных поперечных водонепроницаемых переборок делят корпус судна на восемь отсеков. Хотя эти переборки доведены до главной палубы, в качестве расчётной при обеспечении двухотсечной непотопляемости принята вторая палуба, что позволило не устанавливать на её уровне клинкетные двери и ограничиться размещением навесных водонепроницаемых дверей, позволяющих в аварийных случаях существенно увеличить запас плавучести.

Атомная паропроизводящая установка (АППУ) размещена в отдельном отсеке в средней части судна. В нос от неё расположены отделение главных турбогенераторов и вспомогательных механизмов, главный распределительный щит № 1 (ГРЩ-1) и блок провизионных кладовых с камбузом. В корму от АППУ находятся кормовая электростанция, ГРЩ-2, отделения бортовых и среднего электродвигателей, блок мастерских и кладовых запчастей, цистерна авиатоплива. В оконечностях ледокола размещены дифферентные цистерны. Бортовые отсеки заняты креновыми и балластными цистернами, цистернами запаса пресной воды, дизельного топлива, турбинного масла, а также вспомогательными помещениями. Отсеки междудонного пространства отведены для приёма жидкого балласта.

Корпус ледокола изготовлен из высокопрочной стали. Набор корпуса изготовлен по поперечной системе с типичными деталями, со шпангоутами одинакового профиля. Здесь был учтён опыт, накопленный при эксплуатации ранее построенных атомоходов.

Источником энергии служит АППУ, состоящая из двух блоков, в каждый из которых входит реактор водо-водяного типа с соответствующим вспомогательным оборудованием. Установка размещена в отсеке, разделённом по высоте на два помещения: верхнее - аппаратное и нижнее - реакторное. Последнее, в свою очередь, разделено герметичной переборкой на два отсека - по блокам АППУ. Длительный опыт эксплуатации установок подобного типа на отечественных атомоходах подтвердил их высокую надёжность и безотказность в работе. Эти установки отличаются простотой в обслуживании, повышенной ремонтопригодностью и имеют высокие технико-экономические показатели.

Радиационная безопасность на атомоходе обеспечивается соответствующими конструктивными и организационными мероприятиями и контролируются комплексной автоматической системой по сигналам от датчиков дозиметрии и технологических

индикаторов, регулирующих протекающие в реакторах процессы и состояние активной зоны.

В состав паротурбинной установки (ПТУ) ледокола входят два главных турбогенератора мощностью по 27 500 кВт (37 364 л.с.). Пять вспомогательных турбогенераторов, турбопитательные, турбоциркуляционные и электроконденсатные насосы, ряд вспомогательных механизмов и агрегатов. Основные технические решения по ПТУ остались такими же, что и у предыдущих атомоходов, однако в составе установки заменены, практически, все вспомогательные механизмы. Внесён ряд конструктивных улучшений: в схемы на главных турбогенераторах изменена система масляной смазки, существенно улучшены акустические характеристики блока паровых клапанов и др. Большое внимание уделено повышению долговечности трубопроводов забортной воды: увеличены диаметры и толщина стенок труб, фасонные детали сварной конструкции заменены литыми и т.д.

Гребная электрическая установка атомохода "Россия" выполнена для работы на постоянном и переменном токе. Электрогенераторы вырабатывают переменный ток; гребные электродвигатели, через выпрямители, работают на постоянном токе. Выпрямительные установки представляют собой статические вентильные устройства, преобразующие трёхфазный переменный ток с частотой 110...125 Гц напряжением 780 В и постоянный ток напряжением 1000 В. Двухякорные гребные электродвигатели с воздушным охлаждением имеют мощность 2 х 8800.\ 8100 кВт при частоте вращения 130...185 оборотов в минуту. Электроэнергия к ним подаётся по медным шинопроводам, проложенным в специальных коридорах и закрытых кожухами. На ледоколе "Россия" конструкция гребных электродвигателей усилена, внесены изменения в систему вентиляции электродвигателей и главных генераторов, в системы охлаждения выпрямительных установок и щитов электродвижения.

Электростанция атомохода состоит из пяти вспомогательных турбогенераторов мощностью по 2000 кВт, одного резервного дизель-генератора мощностью 1000 кВт и двух аварийных дизель-генераторов мощностью по 200 кВт. Размещение источников электроэнергии выполнено с таким расчётом, чтобы в любых аварийных случаях было обеспечено бесперебойное питание основных ответственных потребителей. Два вспомогательных турбогенератора образуют носовую электростанцию, три других и резервный дизель генератор - кормовую. Все принятые технические решения по обеспечению потребителей электроэнергией полностью оправдали себя при эксплуатации первых серийных судов.

Состав средств автоматизации на атомоходе соответствует знаку А2 в символике класса Регистра СССР и обеспечивает управление техническими средствами из центрального поста управления без несения постоянной вахты в помещениях энергетической установки. Комплексная система автоматизации состоит из нескольких подсистем: автоматического регулирования, управления и защиты ПТУ, управления и защиты реакторов; дистанционного и автоматического управления судовыми системами; автоматизированного управления электроэнергетической установкой; сбора, обработки и предоставления информации. Система выполнена на основе современной элементной базы, отличающейся высокой надёжностью и работоспособностью.

Пульты управления реакторами и паротурбинными установками

Служба радиационной безопасности атомохода "Россия" использует переносные дозиметры

При корректировании проекта большое внимание было уделено вопросам дальнейшего повышения обитаемости судна. Основные усилия были направлены на снижение шума и вибрации. Хотя, как

Ходовая рубка атомного ледокола "Россия"

В клубе атомохода проходит пресс-конференция, посвященная успешному завершению экспедиции "Арктика-2011"...

...В президиуме слева Валерий Каминский - начальник экспедиции – директор ВНИИокеангеологии и Анатолий Орешко - капитан атомного ледокола

Каюта капитана ледокола "Россия"

Ледокол "Россия" в мобилизационном варианте

показали неоднократные измерения, акустическая обстановка на действующих атомоходах лучше, чем на любом другом судне аналогичного назначения, задача пока не теряет своей актуальности. Для улучшения акустической обстановки часть жилых помещений, располагавшихся ранее в кормовой части второй палубы (наиболее неблагоприятной зоны с точки зрения шума и вибрации), перенесена в надстройку. По этой же причине перенесён на второй мостик медицинский блок.

Существенно улучшена акустическая изоляция оставшихся на второй и верхней палубах кают, в которых применена "плавающая" зашивка более совершенной конструкции, улучшена виброизоляция узлов крепления трубопроводов, подводимых к каютам, установлены двери без вентиляционных решёток и выбивных филёнок, применено двойное остекление бортовых иллюминаторов. Эти и другие мероприятия, а также дальнейшее совершенствование акустических характеристик вентиляционных систем и систем кондиционирования воздуха обеспечили высокую комфортабельность для работы и отдыха экипажа ледокола "Россия".

Экипаж атомохода располагается в 149 каютах и в 11 блок-каютах, в 14 двухместных и в четырех шестиместных (предназначенных для временного персонала: практикантов, ремонтников и т.п.). Все одноместные каюты, включая блочные, оборудованы видеопросмотровыми устройствами центральной трансляции. Жилые помещения оборудуются мягкой и полумягкой мебелью по новым стандартам.

Общественные помещения включают в себя кают-компанию, столовую, библиотеку, салон отдыха, салон "Природа", шахматный салон, учебный класс и спортивный комплекс. Кают-компания площадью 112 м^2 расположена на палубе бака и рассчитана на размещение 56 человек; она используется также для проведения вечеров отдыха. С правого борта к кают-компании примыкают салон "Природа", в котором имеется аквариум, и выращиваются живые цветы. Композиционным центром салона является большое живописное панно на тему природы среднерусской полосы. С левого борта расположен салон отдыха. Столовая команды площадью 128 м^2 на 84 человека размещена на верхней палубе. На вто-

Тренажёрный зал

рой палубе находится клуб, рассчитанный на 100 человек. Там же организован просмотр фильмов. В вестибюле перед клубом размещены стенды и витрины судового музея. Большую роль в организации быта и отдыха экипажа играют такие помещения, как бытовая мастерская, парикмахерская, бытовая прачечная, фотокаюта.

Спортивный комплекс состоит из двух блоков-помещений. Первый включает в себя размещённый в кормовой надстройке двухъярусный спортивный зал площадью 53 м^2, зал тренажёров, кладовую спортинвентаря, раздевалку, душевую. Здесь можно играть в волейбол, баскетбол, настольный теннис, заниматься боксом, тяжёлой атлетикой, спортивной гимнастикой, тренироваться на вело- и гребных тренажёрах. Во втором блоке помещений находится бассейн размером 7,5 х 3 метра и сауна, при которой имеется комната отдыха.

Художественно-декоративное решение интерьеров жилых и служебных помещений выполнено по индивидуальному архитектурно-художественному проекту. В интерьерах общественных помещений широко применены живые цветы, предметы декоративно- прикладного и изобразительного искусства, набивные декоративные стеклоткани, современные ковровые покрытия.

Надо сказать, что среди отечественных, лучших в мире атомных богатырей ледокол "Россия" занял достойное место.

Так, помимо проводки судов, атомоход Россия в 1990 г. впервые в истории арктических путешествий совершил круизный рейс для иностранных туристов на Северный полюс. В 2007 г. обеспечил исследование континентального шельфа России на Северном полюсе с использованием глубоководных аппаратов "Мир" с борта судна "Академик Фёдоров".

Столовая

17 сентября 2011 г. атомоход вышел из Мурманска на Северный полюс с членами экспедиции "Арктика-2011" на борту.

В марте-апреле 2012 г. ледокол работал в Финском заливе и обеспечивал проводку танкеров к порту Приморск. В феврале-апреле 2013 г. ледокол работал в Финском заливе и обеспечивал проводку танкеров к порту Приморск.

Буксировка ледоколом танкера

Но уже в июне 2013 г. ледокол выведен из состава флота по причине отсутствия ядерного топлива для очередной кампании и из-за отказа в продлении ресурса реактора. В настоящее время находится в отстое и начат процесс выгрузки отработанного топлива. По планам, утилизация состоится после 2015 года, вместе с атомными ледоколами "Арктика" и "Сибирь".

(Продолжение следует.)

2013 год...

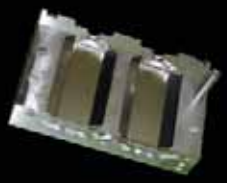
Sodick

37000 линейных электроискровых станков в эксплуатации

(свыше 700 в России, Украине и др. государствах бывшего СССР; на 12.2014 г.)

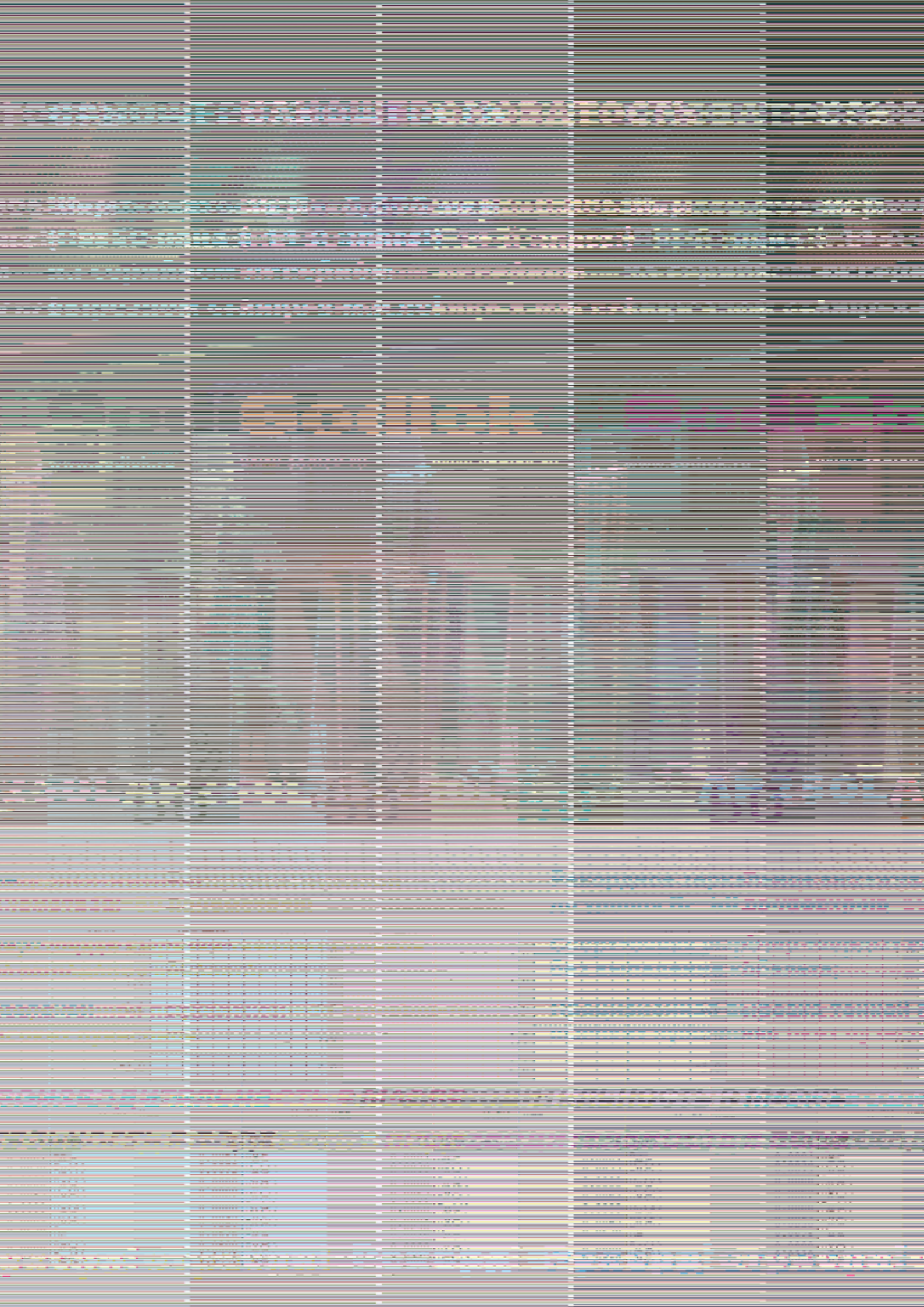
Единственный в мире изготовитель электроискровых (электроэрозионных) станков с проверенными временем плоскопараллельными линейными двигателями (ЛД). Производство электроискровых линейных станков (станков с ЛД) с 1998 г. Все линейные станки Sodick, включая самые первые 1998-1999 гг., по настоящий момент 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!



И как пример для подражания.

ISSN 999-02109

Чтобы стать **большим примером для подражания,** крупные размеры не требуются. Наоборот. Концепция нашего нового станка C 12 восхищает своей **компактностью,** чрезвычайной **малогабаритностью** конструкции – причем с наличием **встроенного инструментального магазина.** Он может быть оснащен **71 инструментом.** И все это в сочетании с широко известными **качеством, долговечностью и точностью** оборудования Hermle для самой современной **5-осевой технологии обработки.**

ООО Хермле Восток
ул. Полковая д. 1, стр. 6
127018 Москва, Россия
Тел.: +7 495 627 36 34 Факс: +7 495 627 36 35 E-mail: info@hermle-vostok.ru

HERMLE
Фрезеровать лучше