



Двигатель

Научно-технический журнал № 5 (125 + 244) 2019



**ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ
МАЛОЛИТРАЖНОГО АВТОМОБИЛЯ
"МОСКВИЧ-412"**

СТР. 12-13



2007 2005 2004



Научно-техническое издание по освещению проблем в промышленности

2016

2010



Памятная медаль к 100-летию Г.М. Бериева

Медаль АМКЭС "Преодоление"



Редакционный совет

- Агульник А.Б., д.т.н.,** заведующий кафедрой "Теория воздушно-реактивных двигателей" МАИ
- Бабкин В.И., к.т.н.,** первый зам. ген. директора 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
- Гейкин В.А., д.т.н.,** заместитель генерального директора - руководитель приоритетного технологического направления "Технологии двигателестроения" АО "ОДК", директор филиала НИИД АО "НПЦ газотурбостроения "Салют"
- Дмитриев В.Г., член-корр. РАН,** главный научный сотрудник ГНЦ "ЦАГИ"
- Драгунов В.К., д.т.н.,** проректор по научной работе НИУ "МЭИ"
- Жердев А.А., д.т.н.,** Декан факультета "Энергомашиностроение", руководитель Научно-учебного комплекса МГТУ им. Н.Э. Баумана
- Зрелов В.А., д.т.н.,** профессор кафедры конструкции и проектирования двигателей ЛА СГАУ им. С.П. Королёва
- Иноземцев А.А., д.т.н.,** ген. конструктор ОАО "Авиадвигатель"
- Каторгин Б.И., академик РАН**
- Кравченко И.Ф., д.т.н.,** ген. конструктор ГП "ИВЧЕНКО-ПРОГРЕСС"
- Кутнев В.Ф., д.т.н.,** зам. ген. директора ГНЦ "НАМИ" по научной работе
- Ланшин А.И., д.т.н.,** научный руководитель - заместитель Генерального директора ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"
- Марчуков Е.Ю., д.т.н.,** генеральный конструктор - директор ОКБ им. А. Лялька
- Пустовгаров Ю.Л.,** генеральный директор ПАО «Казанский вертолетный завод»
- Равикович Ю.А., д.т.н.,** проректор по научной работе МАИ
- Рачук В.С., д.т.н.,** председатель НТС АО "НПО Энергомаш"
- Рогалёв Н. Д., д.т.н.,** ректор НИУ "МЭИ"
- Ружьев В.Ю.,** первый зам. ген. директора Российского Речного Регистра
- Рыжов В.А., д.т.н.,** главный конструктор ОАО "Коломенский завод"
- Ситнов А.П.,** президент, председатель совета директоров ЗАО "Двигатели "ВК-МС"
- Смирнов И.А., к.т.н.,** ген. конструктор КБХМ - филиала ФГУП "ГКНПЦ им. М.В. Хруничева"
- Соколов В.П., д.т.н.,** Директор Российского учебно-научно-инновационного комплекса авиакосмической промышленности
- Троицкий Н.И., к.т.н.,** доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана
- Фаворский О.Н., академик РАН,** член президиума РАН
- Чуйко В.М., д.т.н.,** президент Ассоциации "Союз авиационного двигателестроения"

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор

Александр Иванович Бажанов
академик Международной инженерной академии

Заместитель главного редактора

Дмитрий Александрович Боев

Ответственный секретарь

Александр Николаевич Медведь, к.т.н.

Финансовый директор

Юлия Валерьевна Дамбис

Редакторы:

Александр Григорьевич Лиознов,

Андрей Иванович Касьян, к.т.н.

Юрий Романович Сергей, к.т.н.

Максим Анатольевич Розсыпало

Литературный редактор

Эрнст Галсанович Намсараев

Художественные редакторы:

Александр Николаевич Медведь

Владимир Николаевич Романов

Техническая поддержка

Ольга Владимировна Шаронова, к.пед.н.

В номере использованы

фотографии, эскизы и рисунки:

А.И. Бажанова, Д.А. Боева, А.В. Ефимова, А.Н. Медведя, И.М. Ивановой, В.Н. Романова и др.

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111250, Россия, Москва,

ул. Красноказарменная, 14.

Тел./факс: +7(495) 362-7891

boeff@yandex.ru, aib50@yandex.ru

dvigatell@yandex.ru

www.dvigately.ru

Электронная версия журнала (2006-2019 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, механике, машиностроению и машиноведению, энергетическому, металлургическому, транспортному, химическому, горному и строительному машиностроению, авиационной и ракетно-космической технике в числе журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Индекс 1400 в общероссийском Перечне 2015 г.

Научно-технический журнал "Двигатель" © зарегистрирован в ГК РФ по печати Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.

21-й (112-й) год издания

Отпечатано

ООО "Фабрика Офсетной Печати" Москва
Тираж 3 000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год

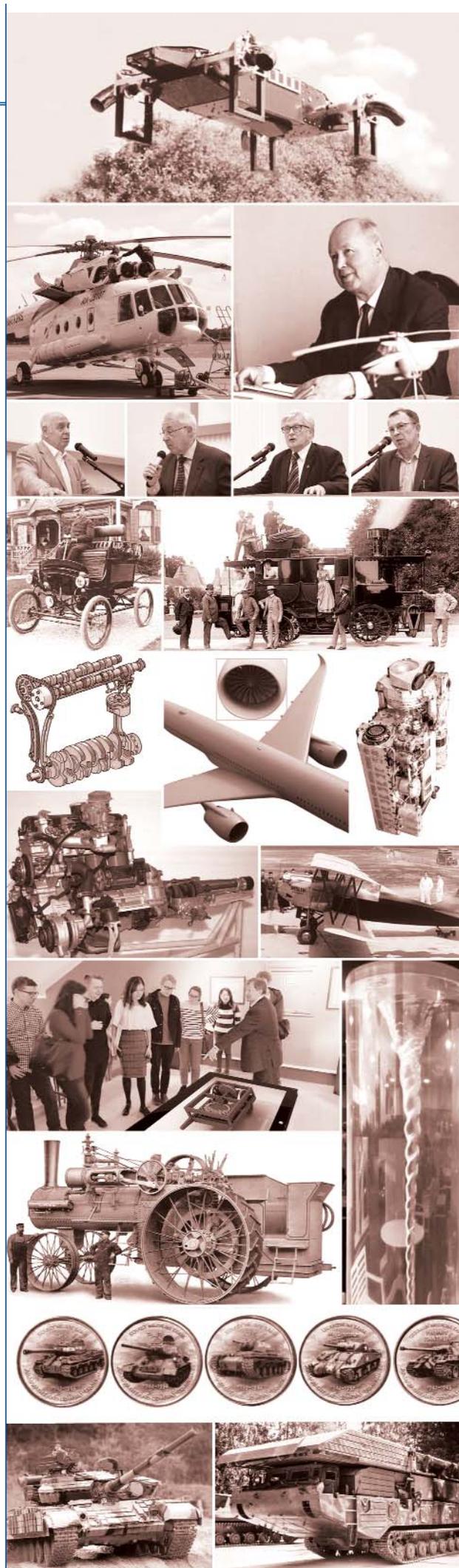
Цена свободная

1907-2019



СОДЕРЖАНИЕ

- 2 Юбилей корифеев**
По мотивам статьи Т.Е. Семеновой в газете "Энергетик" НИУ "МЭИ" №10(3420) от ноября 2019 г. и материалам архивов сотрудников МЭИ
- 4 Обоснование целевой себестоимости ГТД**
И.И. Ицкович, О.В. Камакина
- 6 Новые подходы к формированию проектно-исследовательского и инженерного мышления молодежи**
Ю.С. Воронков, С.В. Кувшинов, К.В. Харин
- 12 История создания двигателя малолитражного автомобиля "Москвич-412"**
В.Г. Иванов
- 14 Турбулентность. Генерация вихря в трубе.**
Ю.М. Кочетков
- 16 Реактивный квадрокоптер американской компании FusionFlight**
- 18 М.Л. Милу - 110.**
По материалам холдинга "Вертолёты России"
- 20 Раньше начнешь - позже состаришься**
В.И. Гуров
- 23 Об аммиачно-паровом двигателе**
Ю.В. Макаров
- 25 Стандартизация и сертификация авиационной техники в России**
А.Ю. Бурова
- 26 Критерий автоматической оценки исправности турбореактивного двухконтурного двигателя по частотам вращения его роторов в полёте**
В.М. Новичков, А.Ю. Бурова
- 27 Автоматическая оценка качества работы турбореактивных двигателей**
А.Ю. Бурова
- 28 Системы регулирования фаз газораспределения двигателей: принцип действия и диагностирование по внешним признакам**
Л.В. Мадорский
- 34 Танки на монетах мира чеканки 2015-2019 гг.**
А.В. Барановский
- 36 Танки от и до**
О.Н. Брилёв
- 42 Космические модели и космические технологии**
Кира Шмид



ЮБИЛЕИ КОРИФЕЕВ



Открытие совместного заседания НТС. На экране - В.А. Григорьев (слева) и Д.А. Лабунцов

22 октября в малом актовом зале МЭИ состоялось расширенное совместное заседание ученых советов ИТАЭ и ИПЭЭФ, посвященное 90-летию сразу двух блистательных сотрудников института, оставивших по себе долгую добрую память и множество друзей, учеников и последователей: д.т.н., профессора, член-корреспондента АН СССР, лауреата Государственной премии СССР, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, ректора МЭИ с 1976 по 1985 годы - Григорьева Валентина Александровича и выдающегося российского ученого-теплофизика, д.т.н., профессора - Лабунцова Дмитрия Александровича.

Оба этих человека немало сделали такого, что продолжают развивать их последователи до сих пор. Они, каждый в своей области, открыли новые направления исследований, обосновали оригинальные подходы к рассмотрению различных сторон изучаемых ими проблем.



В середине первого ряда Николай Иосифович Тимошенко, ветеран ВОВ, д.т.н., профессор, старше 90 лет

В наше время в редкой организации можно встретить столь реально прочувствованное отношение к своим корням и отдалённому и недавнему прошлому. И, нормальное для любого живого человеческого коллектива внимание к людям, составившим в недавнем прошлом его честь и славу - свидетельство того, что коллектив жив, развивается и способен ещё на множество славных свершений. То, что было принято и совершенно обычным и нормальным в научной и учебной среде нашей страны, теперь сделалось редкостью. Но именно это - показатель перспективности данной организации.



Сергей Владимирович Серебряников - д.т.н., профессор, ректор МЭИ в 2005-2018 гг.



Виктор Владимирович Ягов, д.т.н., профессор, в прошлом - аспирант Д.А. Лабунцова



Евгений Викторович Аметистов, д.т.н., проф., чл-корр РАН, ректор МЭИ (до 2005) в прошлом - аспирант В.А. Григорьева



Михаил Александрович Слепцов - д.т.н., профессор. При Григорьеве - проректор по международным делам, затем - нач. главка МинВУЗа СССР



Александр Викторович Клименко, академик РАН. В прошлом - аспирант В.А. Григорьева. Профессор, проректор МЭИ по научной работе (до 2005), зам директора ВТИ

Всем из-

По мотивам статьи Т.Е. Семеновой в газете "Энергетик" НИУ "МЭИ" №10(3420) от ноября 2019 г. и материалам архивов сотрудников МЭИ



Алексей Павлович Крюков, д.т.н., профессор, в прошлом - декан факультета повышения квалификации, ученик Д.А. Лабунцова

вестно, что научная и учебная области - зоны высокой конкурентности. Люди, являющиеся коллегами и сотрудниками, в то же время, в ареалах своей работы непременно будут ощущать друг друга конкурентами по отношению к предмету работы в научной среде и ученикам в области научной.

И это закономерно и неизбежно, ибо лишь в преодолении этих противоречий - путь к развитию. И только прекращение деятельности или самой жизни, позволяет коллегам высказать без поправок на разницу взглядов честно высказать о значимости ушедшего, его вкладе в общую казну науки и образовательного процесса.

С этой точки зрения очень интересно было мнение о юбилярах людей, работавших с ними, или учившихся под их началом, которые сами уже достигли изрядных вершин в своей профессиональной деятельности и которых уже самих давно считают мэтрами. Наверное, дорогого стоит так прожить жизнь, чтобы и после твоего ухода тебя вспоминали с уважением и благодарностью.



Валерий Дмитриевич Буров, к.т.н., профессор. При Григорьеве - председатель профкома студентов, зав. кафедрой тепловых электростанций



Крайний справа на переднем ряду А.В. Григорьев, директор музея МЭИ, сын одного из юбиляров и соавтор статьи



**ЭНЕРГИЯ - СИЛА!
ЭНЕРГИЯ - МОЩЬ!
ЭНЕРГИЯ - ЖИЗНЬ!**

**Телефон/Факс: +7 (495) 362-7891
E-mail: boeff@yandex.ru,
aib50@yandex.ru, dvigatell@yandex.ru
http://www.dvigately.ru
111250, Москва, Красноказарменная, 14**

Двигатель
Научно-технический журнал

**Старейший отечественный научно-технический журнал
(первоначальный запуск - 1907 г.).**



С 1999 года выходит полноцветным, в формате А4, 6 номеров в год.

В популярной форме освещает вопросы по энергоприводам, преобразователям энергии и всем процессам, связанным с производством и использованием разнообразных двигателей в различных отраслях промышленности.

Рассылается по подписке частным лицам, на производственные предприятия, учебные заведения, в сферах контроля и управления России и ряда зарубежных стран (СНГ, Франции, Англии, Германии, Чехии, США, Китая, Кореи). Открыто распространяется на всех крупнейших технических выставках в Москве и некоторых других экспозициях России и зарубежных стран.

Аудитория журнала - научные сотрудники и инженерно-технические работники различных отраслей, студенты и школьники старших классов, любители истории и техники.

Состоит в общероссийском каталоге ВАК 2015 г. под № 1400 среди журналов, рекомендованных для опубликования материалов исследований, выполненных на соискание степени кандидата и доктора наук.

В каталоге подписного агентства «Роспечать» http://www.rospech.ru номер журнала 69385

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕВОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ ГТД

ФГБОУ ВО Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева:
Игорь Исаакович Ицкович, к.т.н, доцент кафедры экономики, менеджмента и экономических информационных систем
Ольга Владимировна Камакина, к.э.н., доцент, зав. кафедрой экономики, менеджмента и экономических информационных систем

Предложено расчетное обоснование целевой себестоимости промышленного газотурбинного двигателя на основе рыночного уровня цены на аналогичное оборудование и целевого значения рентабельности производства. Settlement justification of target prime cost of the industrial gas-turbine engine on the basis of the market level of the price of the similar equipment and target value of profitability of production is offered.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, целевая себестоимость двигателя.
Keywords: gas-turbine engine, target prime cost of the engine.

Постановка на производство промышленного двигателя в условиях конкуренции предполагает, что желаемая цена поставки изделия заранее известна по аналогам и требованиям потребителей. Необходимо рассчитать плановую рентабельность производства изделия и его целевую себестоимость для предприятия.

Назовем целевой себестоимостью ГТД его полную себестоимость, обеспечивающую обоснованную рентабельность производства при заданной цене продажи двигателя. Запишем условие достижения целевой себестоимости ГТД в виде:

$$S_{\text{цел.}} = C / (1 + r_{\text{мин.}} + r_{\text{доп.}}), \quad (1)$$

где:

- C - заданная цена изделия, без НДС;

- $r_{\text{мин.}}$ - минимальная рентабельность производства изделия, обеспечивающая покрытие обязательных платежей процентов банку за привлекаемые оборотные средства и косвенных налогов (НДС и НП);

- $r_{\text{доп.}}$ - дополнительная рентабельность производства изделия, обеспечивающая покрытие инвестиций в технологическую подготовку производства при заданных сроках окупаемости и годовой программе производства $n_{\text{год.}}$.

Минимальную рентабельность производства рассчитываем по полученной нами формуле для годового цикла производства изделия:

$$r_{\text{мин.}} = (0,625 \times Y \times (1 - K) + (ДС / S) \times НДС) / (1 - НДС - НП), \quad (2)$$

где:

- Y - цена привлекаемого банковского капитала на пополнение оборотных средств производства (десятичная дробь);

- K - доля авансирования заказчиком в ежеквартальных затратах незавершенного производства;

- (ДС / S) - доля добавленной стоимости в полной себестоимости изделия;

- НДС и НП - ставки налогов на добавленную стоимость и на прибыль (если НП начисляются от прибыли по итогам работы предприятия, то обычно принимается НП=0).

Дополнительную рентабельность производства рассчитываем по полученной нами ранее формуле:

$$r_{\text{доп.}} = \text{Инв.} \times (1 - (T_{\text{ок.}} \times T_{\text{ам.}})) / (S \times T_{\text{ок.}} \times n_{\text{в год}}), \quad (3)$$

где:

- Инв. - сумма инвестиций в технологическую подготовку производства;

- $T_{\text{ок.}}$ - планируемый срок окупаемости инвестиций в технологическую подготовку производства, например, 5 лет;

- $T_{\text{ам.}}$ - принятый период амортизации основных средств, приобретенных за инвестиции, например, 10 лет;

- S - полная себестоимость изделия по предварительной калькуляции в стандартном составе затрат. S включает в себя следующие статьи затрат: Затраты на основные материалы, Основная заработная плата, Отчисления в страховые фонды, Цеховые накладные расходы, Общехозяйственные накладные расходы, Коммерческие накладные расходы;

- $n_{\text{год.}}$ - средняя годовая программа производ-ва изделия, шт. в год.

Запишем выражение (1) с учетом (2) и (3), получим целевую себестоимость:

$$S_{\text{цел.}} = C / (1 + r_{\text{мин.}} + \text{Инв.} \times (1 - (T_{\text{ок.}} / T_{\text{ам.}})) / (S \times T_{\text{ок.}} \times n_{\text{в год}})). \quad (4)$$

Обычно, целевая себестоимость $S_{\text{цел.}}$ изделия меньше предварительно рассчитанной плановой калькуляции его себестоимости S

в условиях реального производства. Для сближения целевой себестоимости изделия и плановой калькуляции необходимо уменьшать отдельные составляющие в плановой калькуляции себестоимости S или (и) обоснованно по формуле (2) и (3) изменять рентабельность производства $r_{\text{мин.}}$.

Пример расчета целевой себестоимости ГТД:

1) рассчитаем минимальную рентабельность производства данного ГТД, при условиях: Y = 0,15; K = 0,5; (ДС / S) = 0,4; НДС = 0,2; НП = 0 (т.к. каждое изделие не облагается налогом на прибыль, им облагается итог деятельности всего предприятия), Получим, по формуле (2):

$$r_{\text{мин.}} = (0,625 \times 0,15 \times (1 - 0,5) + (0,4) \times 0,2) / (1 - 0,2 - 0) = 0,158;$$

2) рассчитаем дополнительную рентабельность производства изделия по формуле (3), где предварительная калькуляция себестоимости S = 42 млн. руб., инвестиции на технологическую подготовку производства составляли 1000 млн. руб., принят простой срок окупаемости инвестиций Кок. = 5 лет; амортизационный период инвестиций в технологическую подготовку производства принят $T_{\text{ам.}} = 10$ лет; годовая программа производства изделия $n_{\text{год.}} = 20$ штук.

Тогда, по выражению (3) получим дополнительную рентабельность производства:

$$r_{\text{доп.}} = 1000 \times (1 - (5/10)) / (42 \times 5 \times 0) = 0,120;$$

3) рассчитаем целевую себестоимость изделия $S_{\text{цел.}}$ при заданной конкурентной цене C = 40 млн. руб., по выражению (1):

$$S_{\text{цел.}} = 40 / (1 + 0,158 + 0,120) = 31,30 \text{ млн. руб.}$$

4) решаем обратную задачу: расчет целевых статей калькуляции при заданной целевой себестоимости изделия (таблица), начиная от строки 8 и вверх по таблице.

Таблица Пример обратного расчета целевых статей калькуляции при заданной целевой себестоимости изделия

Строка	Статья затрат	База расчета	Формула	Пример расчета
1	Основные материалы (30% от строки 6)	Доля в нормативной части калькуляции	$C.6 \times 0,3$	$30,39 \times 0,3 = 9,117$
2	Основная зарплата, норматив (100%)		$(C.6 - c.1) / \text{норматив} (c.2 + c.3 + c.4 + c.5)$	$(30,39 - 9,11) / (1 + 0,3 + 4 + 3) = 2,56$
3	Соц. отчисления на осн. зарплату, принят норматив (30% от строки 2)		$C.2 \times \text{норматив} c.3$	$2,56 \times 0,3 = 0,77$
4	Цеховые накладные расходы, принят норматив (400% от строки 2)		$C.2 \times \text{норматив} c.4$	$2,56 \times 4 = 10,24$
5	Общехозяйственные накладные расходы, принят норматив (300% от строки 2)		$C.2 \times \text{норматив} c.5$	$2,56 \times 3 = 7,68$
6	Итого, производственная себестоимость		$C.8 / (1 + \text{норматив} c.7)$	$31,30 / 1,03 = 30,39$
7	Коммерческие накладные расходы, норматив (3% от строки 6)	Процент к производственной себестоимости	$C.6 \times \text{норматив} c.7$	$30,39 \times 0,03 = 0,95$
8	Итого, полная целевая себестоимость		Начало расчета	31,30 млн. руб.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ПРОЕКТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО И ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ МОЛОДЕЖИ

Международный институт новых образовательных технологий, РГГУ, РФ:
Юрий Сергеевич Воронков, к.т.н., профессор
Сергей Викторович Кувшинов, к.т.н., доцент,
Константин Викторович Харин

Подходит к концу год 500-летия памяти одного из величайших гениев человечества - "универсального гения" Леонардо да Винчи (1452-1519). За 500 лет мира без Леонардо память о нём, отношение к нему неоднократно менялись, иногда принимая гротескные формы, как, например, у З. Фрейда. Прошедшую половину тысячелетия можно периодизировать по-разному. Так, несомненным рубежом будет открытие наряду с известным Леонардо-художником, Леонардо - мыслителя и инженера, а потом попытки соединить "разных Леонардо" в одном универсальном гении. Трагическая судьба творческого наследия Леонардо как художественного, так, особенно, научного и инженерно-технологического, хорошо известна, и, тем не менее, усилиями тысяч исследователей собран, насколько возможно, учитывая творческий стиль Леонардо, систематизирован, описан, проанализирован и издан огромный материал. После Дж.Вазари менялись концепции и подходы в мировом леонардоведении. Достаточно произвольно, не желая кого-нибудь обидеть, отметим только несколько авторов: Это В.П. Зубов, В.И. Рутенбург, К. Кларк, К. Педретти, П.Д. Волкова ... У всех этих авторов присутствует оригинальная и очень важная для понимания творчества Леонардо мысль. Возможно, наиболее ярко она выражена Паолой Волковой: Леонардо-художник не повествователь, не иллюстратор, он - исследователь. Из этого следует, что при всей важности успеха, признания, вознаграждения, наконец, для Леонардо смыслом жизни был поиск истины. А поскольку, как мы знаем, этот поиск бесконечен, Леонардо был в постоянном поиске, каждый результат (для него - законченная работа), ему не нравился, он постоянно его исправлял, экспериментировал (увы, далеко не всегда успешно). Причём это было характерно не только для художественных, но и для инженерных работ.

Конечно, научиться творить как Мастер, вряд ли у кого получится, да и сама постановка такой задачи не совсем разумна. Вместе с тем, изучение творчества Леонардо (а он не скрывал свои творческие находки и они во множестве разбросаны в его

рукописях) позволяет глубоко понять как творчество Леонардо, так и его самого, и, самое главное, глубоко понять каждому самого себя, расширить свои возможности и глубину восприятия мира. Для приобщения к творчеству Леонардо в Российском государственном гуманитарном университете используются два основных и очень эффективных инструмента. Первый - современные цифровые технологии как для создания информационных ресурсов, так и для физического воплощения многих инженерных идей Леонардо (по схеме: сканирование - 3D моделирование - 3D печать). Второй инструмент, теснейшим образом связанный с первым, - создание в РГГУ уникального Музея-лаборатории "3Da Vinci". Музей постоянно развивается, часто посещаем учащимися и учителями, решает основную задачу - создание творческой, проектной среды Леонардо, где большие информационные потоки (различных форм представления) концентрируются вокруг отдельных физических трехмерных моделей, выполненных по рисункам Мастера.

Музей-мастерская "3DaVinci" - не совсем обычное образовательное пространство. Во-первых, он создан и находится в ведении Международного института новых образовательных технологий (МИНОТ РГГУ), но дело не в административной структуре. Все, кого увлечёт концепция музея, могут прийти в университет и через свою творческую деятельность, стать полноправными участниками активной музей-мастерской. Во-вторых, музей-мастерская предоставляет посетителям обширнейший электронный информационный ресурс - почти всё о Леонардо да Винчи, его жизни и деятельности [1]. Важно подчеркнуть, что информация предоставляется через самые разнообразные устройства её передачи: большие плазменные панели, 8-дюймовые мультимедийные планшеты перед каждым экспонатом, интерактивные столы, системы трёхмерной визуализации и др. [2]. В музее-мастерской также установлена распределённая аудиосистема качественного воспроизведения аутентичных аудиофрагментов. В-третьих, экспонаты музея нельзя отнести к классическим: прекрасные рисунки Леонардо да Винчи в превосходных факсимильных репродукциях, великолепные модели машин, механизмов и устройств, выполненные методом трёхмерной печати. Все модели были изготовлены с использованием цифровых производственных технологий учащимися, студентами и аспирантами (это были их персональные творческие проекты) в МИНОТ - и это четвёртая особенность музея.

Для того, чтобы более полно представить концепцию музея-мастерской, необходимо совершить небольшой экскурс в историю освоения научно-инженерного наследия Леонардо да Винчи, которое является смысловой исходной базой деятельности музея-мастерской. Широко известна нетривиальная и трагическая судьба этого наследия. Сегодня мы знаем о немногим больше семи тысяч сохранившихся текстов, рисунков, набросков Леонардо. Огромное достижение последних лет - в первую очередь это заслуга итальянских исследователей - публикация в одном многотомном издании всех известных рукописей Леонардо, хранящихся в разных местах мира. Но трагическая судьба рукописей только подчёркивает куда более значимую трагедию (но вместе с тем и грандиозное величие) всего творчества непревзойдённого мастера высокого Возрождения. Сложно найти критерии для сравне-



Рис. 1 Реконструкция механизма "Походный барабан" по рисунку Леонардо да Винчи из экспозиции музея-мастерской

ния, но рукописи да Винчи, по крайней мере, не менее важны, чем широко известные его живописные произведения. Он всё собирался их упорядочить и опубликовать, однако этого не произошло. И в этом подлинная трагедия Мастера. Нелепы упреки его работодателей, да и некоторых историков в необязательности, неумении работать, чуть ли не в лени. Стоит просто полистать рукописи Леонардо, чтобы понять всю глубину и масштаб его трудолюбия. Но это иной тип трудолюбия, отличный от трудолюбия Микеланджело, например. Заметки и зарисовки Леонардо невозможно систематизировать. Первым, кто это понял, был Франческо Мельци, готовивший к изданию "Трактат о живописи". Рукописи Леонардо да Винчи - это следы постоянного и непрерывного диалога с собой, постоянного поиска истины и гармонии, и этот процесс Леонардо не мог остановить, собственно он сам и был этим процессом, процессом жизни, творчества. Такое понимание позволяет объяснить многое в поведении да Винчи, в его непростых взаимоотношениях с окружающими и понять никчёмность фрейдовского анализа творчества Леонардо.

Очевидная "дневниковость" и даже личный характер рукописей Леонардо да Винчи подчас забываются, и многие историки начинают судить о них, как если бы это были публикации, подготовленные самим автором. Иногда пишущие о Леонардо авторы, как о своём сенсационном открытии, сообщают о несамостоятельности Леонардо в тех или иных идеях, прямых заимствованиях (чуть ли не о плагиате), ошибках и т.п. Но это не так! В серьёзной историографии давно проведены документальные сопоставления по поводу того что, где и откуда взяты факты и данные в рукописях Леонардо. Правда, не ставятся вопросы: почему и для чего. Абсолютное большинство исследователей сосредоточены на описании и анализе результатов работ Леонардо и не рассматривают процесс его творчества, где результаты, пусть даже гениальные - всего лишь маркеры творческого пути.

Классический подход к исследованию творческого наследия личности начинается с анализа источниковой базы, в которой выделяются две основные составляющие: работы "героя" исследования и библиография - работы о нём [3]. С первой составляющей наследия Леонардо сегодня более или менее ясно. Они доступны на бумажном носителе, теперь и в переводах. Но многие остаются недоступны для изучения в электронном полнотекстовом виде. Со второй составляющей тоже как будто ясно - огромная библиография на множестве языков. (Кстати, музей-мастерская открывается очень достойной книжной экспозицией, посвящённой жизни и деятельности Леонардо да Винчи.) Кому под силу всё это освоить, и сколько времени это может занять? - Тому, кто решит посвятить Леонардо всю свою профессиональную жизнь. Но таких сегодня не так много. Как же остальным приобщиться к гениальному творчеству Леонардо да Винчи? Конечно, по возможности читать его работы, работы о нём, ходить на выставки, смотреть фильмы.

Но целесообразно в связи с этим высказать следующую мысль. У всех работ о Леонардо, даже таких выдающихся авторов как Дж. Вазари, В.П. Зубов, К. Педретти, есть (нет, не недостаток - они просто великолепны!) исторически и функционально обоснованная особенность - они нарративны и адресованы, в первую очередь специалистам. Поэтому для них характерно стремление к строгой научности, "объективности". Это безусловно хорошо. Но в этих работах, что тоже естественно, нет читателя, нет иного места его мыслительной активности, кроме как следовать за ходом рассуждений автора. В самом конце прошлого века появился новый тип литературы о Леонардо. Например, Майкл Дж. Гелб "Научитесь мыслить и рисовать как Леонардо да Винчи" [4]. Суть нового подхода: на хорошем фактическом материале о жизни и творчестве да Винчи конструируется новый предмет рассмотрения - особенности его творчества, что само по себе замечательно. Но автор идёт дальше - выделяя особенности творчества Леонардо, он соотносит их с базовыми закономерностями и условиями любого вида творчества и предлагает продуманные активности для личного приобщения к творчеству как таковому, то есть,

деятельностному саморазвитию, "опирающемуся" на Леонардо да Винчи. К такому новому подходу можно отнести и моделирование по научно-инженерным рисункам, наброскам машин и механизмов Леонардо. Интерактивные установки появились раньше подобной литературы. Имеют ли они какую-либо научную ценность? Несомненно, но это специальный разговор. Стоит отметить, что выставки интерактивных установок по рисункам Леонардо путешествуют по миру как коммерческие проекты, неизменно вызывая большой интерес, и по праву включаются в число культурных событий.

Основой же экспозиции Музея-мастерской "3DaVinci" служат инженерные разработки Леонардо да Винчи в трёх формах представления: трёхмерные модели в виде дополненной и виртуальной реальности, физические модели, выполненные методом трёхмерной печати, интерактивные модели-установки, выполненные из различных материалов вручную. Большая часть виртуальных и все физические модели, выполненные учащимися на цифровой технологической базе, были завершающей стадией разработки индивидуальных творческих проектов. Этой стадии предшествовали: знакомство с наследием Мастера, выбор темы творческого проекта, трёхмерное сканирование, 3D-моделирование, 3D-печать, дизайнерское оформление модели и, наконец, защита проекта. Рассмотрим некоторые программно-технологические аспекты организации учебно-образовательного пространства Музея-мастерской "3DaVinci".

Неотъемлемой частью современно музея является наличие аудиогидов по экспозиции. С этой целью все экспонаты музея снабжены QR кодами, считывание которых смартфонами посетителей перенаправляет на ресурс "Музей-мастерская 3DaVinci", созданный в сети Интернет с использованием сервиса izi.travel/ru. Этот ресурс даёт возможность создания мультимедийных путеводителей различных типов. Посетителям музея предоставляется возможность бесплатного подключения к сети в музей-мастерской по беспроводному доступу wi-fi. Мультимедийная поддержка экспозиции с развитой системой навигации позволяет получить более полную ин-

формацию уже после посещения музея и мотивировать посетителя ещё не раз для выявления нюансов достаточно объёмной экспозиции. Большую роль во всех музеях имеет входная зона, так как она является своеобразной визитной карточкой музея. Во входной зоне музея-мастерской 3DaVinci посетителей встречает виртуальный промоутер, выполненный в виде фигуры Леонардо да Винчи. Виртуальный промоутер представляет собой вырезанный из акрила силуэт человека, который сверху покрыт плёнкой обратной проекции. Для получения изображения используется

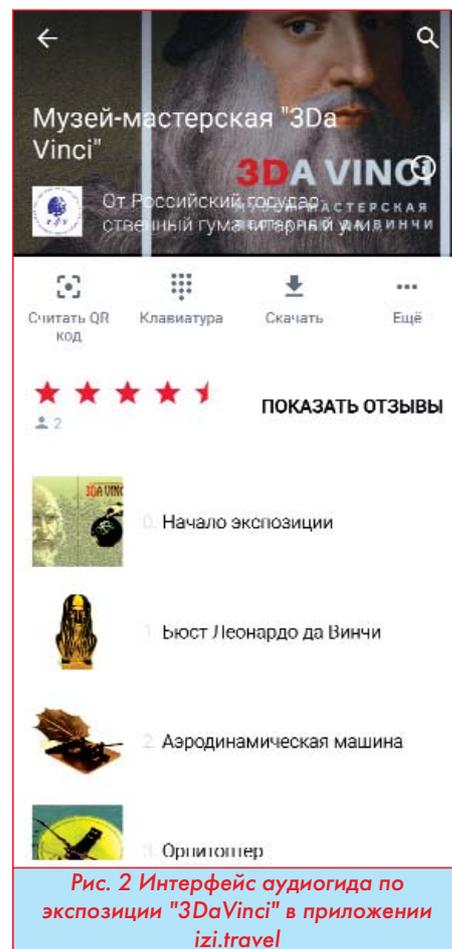




Рис. 3 Виртуальный промоутер в виде фигуры Леонардо да Винчи во входной зоне музея

ультракраткофокусный видеопроектор и компьютер для воспроизведения мультимедийного контента. Активируемое с помощью датчика движения приветственное обращение позволяет настроить посетителей на общение и задать эмоциональный тон интерактивного посещения музея-мастерской.

Особое место в экспозиции занимает визионариум трёхмерной визуализации, где посетители имеют возможность "погрузиться" в виртуальное пространство и активно взаимодействовать с объектами, не представленными в основной экспозиции. Здесь следует сделать несколько комментариев по поводу применения технологий виртуальной реальности. В первую очередь, виртуальное образовательное пространство может рассматриваться как учебная среда принципиально нового типа, предназначенная для моделирования процессов и ситуаций в широком спектре изучаемых дисциплин. Думается, что с точки зрения дидактики это может претендовать на очередной уровень освоения предметного и операционального полей. По сути своей системной интеграции такая виртуальная среда представляет собой новый тип учебно-исследовательской лаборатории, моделирующей самые сложные и разнообразные ситуации, начиная с экспозиций музеев и до сложных технических объектов. Сегодня подготовка будущих специалистов в учебных центрах и вузах, как

правило, проводится в аудиториях, оборудованных компьютерной, проекционной, аудио- и видеотехникой, устройствами интерактивной визуализации, поэтому применение технологий виртуальной (VR-virtual reality), дополненной реальности (ar-augmented reality) [5] уже не становится чем-то экзотичным, а представляется логическим продолжением внедрения высоких технологий в культурно-образовательное пространство [6]. Демонстрация в визионариуме реконструированных машин и механизмов Леонардо да Винчи позволяет в первую очередь познакомить молодых людей, будущих специалистов со спецификой восприятия нового образовательного пространства и дать начальные практические навыки построения подобных сред. В настоящее время во многих мировых музеях активно применяются технологии виртуальной и дополненной реальности не только для улучшения информативности экспозиции, но и для привлечения посетителей wow-эффектом, что имеет определенный коммерческий успех. Встает вопрос, какие же дополнительные возможности восприятия дают технологии виртуальной и дополненной реальности? Во-первых, это "сближение" с объектом (погружение) через технологии 3D, VR. Усиливает эффект помещенные в исторический или иной контекст, когда прорабатывается не только сам артефакт, но и историческое окружение, что гармонирует с современным философским подходом к изучению не только произведения, но и набора смыслов, которые привели к его созданию. Во-вторых, отображение невидимого (например, того, что находится сбоку от картины (экспоната) или внутренних структур объекта). И если в художественной экспозиции это скорее попытка реконструкции или доработка замысла автора, то в инженерных инсталляциях - это неотъемлемая часть конструкции, которая показывает принципы работы. В-третьих, визуальная интерактивность, например, сборка/разборка, демонстрация принципов функционирования или использования той или иной машины или механизма.

В музее-мастерской посетители имеют возможность знакомиться с виртуальными объектами творчества Леонардо да Винчи в шлеме VR cinemizer; осматривать представленную в виртуальной реальности экспозицию музея на проекционной системе в форматах 2D/3D-стерео. Интерактивное перемещение в виртуальном пространстве осуществляется при помощи манипулятора с 6-ю степенями свободы 3D connexion. Следует отметить, что в ходе реализации технологии виртуальной реальности в музее-мастерской были выявлены следующие проблемы: в современных шлемах VR сложно выводить большие блоки текстовой информации (например, легенды объектов) из-за недостаточного разрешения. Однако легенды хорошо читаются при просмотре на проекционной системе. Навигация в виртуальном пространстве требует привыкания. Если молодые геймеры обычно быстро адаптируются, то взрослые люди не всегда. Отдельного обсуждения заслуживает вопрос удобства навигации в шлеме VR, когда пользователь не видит своих рук. Для получения новых свойств музейного пространства требуется глубокая проработка как информации, так и контекста, сценариев, иначе отличие от обычного музея не столь ощутимо. Для эффективного использования свойств виртуальной реальности требуется специальная проработка музейного пространства для создания аутентичности, а также подбор артефактов и сценариев.

Дополненная реальность в музее-мастерской была реализована с использованием приложения "3DaVinci_AR" [7], размещённого в App Store и Google Play. Суть технологии заключается в том, что, вооружившись смартфонами и установив данное приложение, посетители имеют возможность, подведя камеру смартфона к изображениям машин и механизмов да Винчи, увидеть на экране анимированные трёхмерные модели. Для облегчения навигации по музею-мастерской был выпущен каталог экспонатов с факсимильными рисунками Леонардо, которые "оживают" на экранах смартфонов.

Для расширения возможностей посетителей музея-мастерской в одном из холлов размещён "голографический стол" рос-



Рис. 4 Демонстрация трёхмерной модели "Танк" на трёхмерной установке

сиейской компании Nettle, созданный по технологии motionparallax3D [8]. Термин "голографический" используется здесь для обозначения того, что предлагаемые технологии визуализации позволяют точно и реалистично для человека передавать изображения трёхмерных объектов Леонардо да Винчи с разных ракурсов по аналогии со ставшей уже традиционной для специалистов голографией, где для записи и воспроизведения изображения используется высокостабильное лазерное излучение. [9]. В некотором смысле виртуальные отображения на motion parallax 3D дисплея близки к мультиплексным голограммам, предложенным Ллойдом Кроссом [10], но намного полнее представляют демонстрируемый объект, что позволяет рассматривать их как полноценные голограммы в прямом смысле значения этого слова, как полную оптическую информацию об объекте. В итоге посетители музея-мастерской имеют возможность изучать устройства да Винчи с высокой степенью детализации моделей, использовать функцию масштабирования, производить декомпозицию объекта, сборку/разборку на элементы. И имеют возможность посмотреть на механизм в процессе его работы, в том числе визуально "погрузившись" в его внутренние области.

Проекция виртуальных объектов машин и механизмов да Винчи на "голографическом" столе рассчитывается таким образом, что изображение, которое видит посетитель, полностью совпадает с изображением, которое он увидел бы, если бы виртуальный объект был реальным и находился в соответствующей точке реального пространства. Для построения и отображения корректных проекций виртуальных объектов системе виртуальной реальности требуются актуальные координаты, из которых осуществляется наблюдение виртуального мира (положение глаз пользователя). Для просмотра используются специализированные затворные 3D очки с активными трекерами, по которым система с высокой точностью отслеживает положение пользователя в пространстве. На основе данных о положении глаз зрителя система рассчитывает проекцию виртуального объекта на плоскость экрана. В отличие от стереодисплеев, задействующих только бинокулярное зрение [11], motion parallax 3D столы и дисплеи задействуют такой механизм восприятия объёма, как параллакс движения, т.е. смещение частей изображения друг относительно друга с угловой скоростью, пропорциональной разнице расстояния между ними и наблюдателем, при изменении их взаимного расположения. Этот механизм восприятия объёма задействуется путём постоянного перестроения изображения, исходя из актуальных координат глаз пользователя. Благодаря этому, виртуальные объекты смещаются друг относительно друга и относительно видимых реальных объектов по тем же законам и принципам, что и объекты реального мира. Это позволяет мозгу выстраивать целостную картину, содержащую одновременно реальные и виртуальные объекты с визуальной неотличимостью поведением. Но за счёт перестроения проекции в режиме реального времени в данном случае объекты воспринимаются как имеющие определённую форму, объём, и расстояние от глаз пользователя и, тем самым, реалистичными со всех ракурсов. При этом управление положением и масштабом изображения на экране осуществляется с помощью: традиционной компьютерной "мыши"; беспроводной сенсорной панели (тачпада), планшетов и смартфонов под управлением различных мобильных ОС. В системе трекинга используются уникальные камеры российской разработки с частотой считывания в штатном режиме до 900 кадров в секунду. Система из четырёх камер гарантирует миллиметровую точность и устойчивость работы даже в агрессивных условиях по освещённости. Практический опыт применения данной технологии в музее-мастерской "3DaVinci" позволяет сделать заключение о том, что у учащихся (посетителей экспозиции) достаточно быстро формируется "объёмное" мышление, весьма полезное для дальнейшей проектно-исследовательской деятельности.

Одна из главных задач, которую ставили перед собой создатели музея-мастерской "3DaVinci", это мотивация молодых людей к проектной деятельности с использованием новейших цифровых

производственных технологий.

Для поддержки такого рода работы был создан образовательный видеокурс "Леонардо да Винчи в 3D" [12], который можно было бы позиционировать как интеллектуальный познавательный квест, шаг к более глубокому изучению культурологических проблем, к расширению своих знаний в исторической, научно-технической и культурной области.

Кроме того, видеокурс нацелен на то, чтобы возбудить интерес молодых людей, прийти в "мастерскую да Винчи" - в Центр технологической поддержки образования (ЦТПО) РГУ [13] и реализовать свой творческий проект, придуманный по мотивам впечатлений от посещения музея и просмотра видео материала. Образовательный курс "Леонардо да Винчи в 3D", снят в 2D и в стерео формате. По структуре он состоит из четырёх модулей: "Зарождение идеи", "От идеи к проектированию", "От проекта к конструкции" и "От чертежей к цифровому производству". Авторы так определили цель курса: "Попытайтесь "поговорить" с Леонардо, попытайтесь понять его, его целостность как великого Мастера, его величие и его трагедию. Узнайте о том, как с помощью 3D-сканеров, 3D-принтеров, лазерных каттеров можно создавать, реконструировать сложные объекты, придуманные в далёком прошлом". Необходимый уровень подготовки для обучения по данному курсу - это знания и навыки, приобретённые в рамках усвоения общеобразовательных программ: мировая художественная культура, физика, математика, история, черчение и рисование. Авторы призывают уйти от стереотипов, не бояться задавать "детские" вопросы и делать собственные выводы. Результатом изучения курса - понимание связи исторических научных изобретений с современностью. Понимание, а возможно и постижение, связи личного, индивидуального с наукой, искусством и культурой в целом. Изучение видеокурса предполагается в ЦТПО в течение 8 недель и включает в себя не только просмотр в стерео формате, но и выполнение тестов, задач, домашних заданий, при достаточно строгом графике. Занятия проходят в стерео визионариуме, где после каждой видео лекции учащихся ждёт группа тестов на внимание и понимание материала. В курсе "Леонардо да Винчи в 3D" были использованы задания для тестов, ответы на которые надо искать не только в просмотренных видеоматериалах, но и привлекать информацию со специального Интернет ресурса <http://www.vinci.ru> [1] и справочно-информационной системы о жизни и творчестве гения эпохи Возрождения на DVD-ROM [3]. Таким образом, главная задача - проверить не внимательность слушателя, а его понимание обсуждаемого материала. Такой подход оказался совсем непривычным для молодых людей, имеющих опыт работы с подобными курсами. Один из важнейших компонентов - это возможность практической работы с материалом. Каждому учащемуся приходится работать с большим объёмом дополнительной информации. Конечно, большую помощь в осмыслении и эмоциональном закреплении материала оказывает и музейная экспозиция, концептуально связанная с видеокурсом.

В качестве практической части освоения материала учащиеся в цифровых производственных мастерских с использованием 3D принтеров, машин лазерной резки и гравировки, 3D сканеров и станков с ЧПУ создают свой материальный трёхмерный объект, связанный с творчеством Леонардо да Винчи. Часть молодых исследователей идёт дальше. "Опираясь на Леонардо", они не только проходят инженерный путь, который да Винчи не



Рис. 5 Фотография посетителя экспозиции с объектом дополненной реальности (сделана в приложении "3DaVinciAR")

проходил в своих проектах, но и предлагают новые решения, в которых присутствует "дух Леонардо" и современные идеи. Одна из выставленных в музее-мастерской моделей - модель идеального города - как раз относится к такому удивительному соединению прошлого и будущего, великого Мастера и Ученика. Таким образом, работа в экспозиции музея-мастерской "трёхмерное стерео освоение" теоретического материала, тесным образом сопрягаются с практической деятельностью по формированию трёхмерного материального объекта, и тем самым делается существенный шаг к формированию творческого проектно-исследовательского мышления.

Очередной "ступенью" развития аудиовизуального музейно-образовательного пространства Леонардо да Винчи в РРГУ станет видеографическая инсталляция хронологии жизни и деятельности Мастера. Метод давно известен и очень нагляден, позволяет буквально с первого взгляда устанавливать совсем нетривиальные связи имён, событий, различных взаимодействий, в том

вать целостность мира, как в историческом, так и в логическом измерениях.

Разработчики Музея-мастерской "3DaVinci" работают в общеобразовательной и просветительской парадигме с соответствующими целевыми установками, задачами, методическим обеспечением и формами подачи материалов. Это позволяет широко использовать музей-мастерскую в педагогическом процессе профессионального образования.

Оценка применения технологий визуализации на примере музея-мастерской "3DaVinci" свидетельствует об эффективности данного подхода, по крайней мере, в двух главных направлениях. Первое - более глубокое, системное, причинно-следственное восприятие значения научно-инженерных работ Леонардо да Винчи в широком социокультурном контексте. Второе - освоение цифровых технологий не как самоцели, а как эффективного средства, позволяющего глубоко и всесторонне исследовать сложнейшие процессы научно-инженерного творчества и убедительно представлять полученные результаты. **П**

Рис. 6 Демонстрация виртуальных голографических изображений трёхмерных моделей машин и механизмов на столе по технологии MotionParallax3D



числе и весьма отдалённых, как во времени, так и в пространстве. Новым в разрабатываемой инсталляции являются два обстоятельства. Первое - центром хронологии является, естественно, линия жизни и деятельности Леонардо. Затем выделяется "ближний круг" тех, кто непосредственно был знаком с Леонардо и мог оказывать на него (как и он на них) творческое воздействие (Вероккио, Микеланджело, Браманте, Альберти, Макиавелли и др.) Затем идёт более отдалённый круг, в который попадают художники и инженеры непосредственно с да Винчи не связанные, как, например, Брунелески, Дюрер, Рафаэль, миланские, венецианские, римские и другие создатели культуры Возрождения. Инсталляция "Хронология" позволяет представить и совсем уж экзотические связи. Так, "война" Леонардо с турками в период его пребывания в Венеции может подтолкнуть к размышлению о "восточных мотивах" в творчестве Леонардо, связать его со Святой Софией времён Юстиниана, и совсем за дальними пределами хронологии - с Синаном, Сулеймание, Голубой мечетью. Инсталляция "Хронология" будет размещаться на большой стене в фойе перед входом в музей. Второе обстоятельство - "хронология" будет "привязана" к обширному электронному ресурсу, что позволит устанавливать, детализировать и анализировать любые связи между людьми и событиями в границах хронологии, в том числе и не прямые. По мысли разработчиков у посетителей появится ещё одна возможность пробудить свою познавательную мотивацию, попробовать применить и развить свои навыки стратегического мышления и аналитического подхода и, самое главное, ещё и ещё раз почувство-

образований в кинематографе и других областях: VI Международная конференция, Москва, 17-18 апреля 2014 г.: Материалы и доклады. - М.: ВГИК, 2014, с. 239-245.

7. Кувшинов С.В., Харин К.В. Применение технологии дополненной реальности в образовательной и культурно-экспозиционной деятельности / Инновационные технологии в кинематографе и образовании: IV Международная научно-практическая конференция, Москва, 26-29 сентября 2017 г.: Материалы и доклады. - М.: ВГИК, 2017. С. 224-235.

8. MotionParallax3D [эл. ресурс] <https://ru.wikipedia.org/wiki/MotionParallax3D>

9. Голография [эл. ресурс] <https://ru.wikipedia.org/wiki/Голография>

10. Кувшинов С.В., Харин К.В. Образование XXI века: от трёхмерного восприятия к трёхмерному мышлению / Миртехники кино, № 2 (10), 2016, с. 15-21.

11. Кувшинов С.В., Усков Г.Н. Применение технологий виртуальной реальности и комплексных стереоскопических 3D-систем в образовательных процессах / Международный научный журнал, № 4, 2013, с. 57-64.

12. Леонардо да Винчи в 3D.HD и 3D стереоверсия. DVD- ROM, МИНОТ, Российский государственный гуманитарный университет, 2018.

13. Концепция центра технологической поддержки образования/РРГУ.Институт новых образовательных технологий и информатизации. М.: РРГУ, 2013.

Связь с автором: kuvshinovs58@mail.ru

Литература:

1. Образовательный портал "Леонардо да Винчи: жизнь и творчество" [Эл. ресурс] <http://vinci.ru>

2. Кувшинов С.В. EduBrication - инновационный тренд европейского образования / Инновационные технологии в кинематографе и образовании: Научно-практическая конференция. Москва, 29-31 октября 2014 г. : Материалы и доклады. - М.: ВГИК, 2014, с. 178-184.

3. 3Da Vinci - "Гений, неподвластный времени".DVD-ROM, Российский государственный гуманитарный университет, 2017.

4. Гелб Майкл Дж. Научитесь мыслить и рисовать как Леонардо да Винчи. М.: Попурри, 2004.

5. Дополненная реальность [Эл. ресурс] https://ru.wikipedia.org/wiki/Дополненная_реальность

6. Кувшинов С.В. Технологии трёхмерной визуализации для преподавания гуманитарных дисциплин / Запись и воспроизведение объёмных

2020 годъ.



ДВУХМЬСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛЪ

ДВИГАТЕЛЬ

DVIGATEL

XXI

ГОДЪ ИЗДАНІЯ

CXIII

DVIGATEL

Fieri faciundo opere

Дело делается делющими дело

Business is doing business

La seule revue technique „Le Moteur“

Die einzige technische Zeitschrift „Der Motor“

The sole technical review „The Motor“

РЕДАКЦИЯ: Москва, Лесоротоно, Красноказарменная, 14 тел. 8 495 362 7891

ДВИГАТЕЛЬ

двухнедельный научно-технический журнал

Уважаемые коллеги!

Старейший отечественный научно-технический журнал "Двигатель" (первый номер вышел в 1907 г.) продолжает выполнять непростую задачу по информационной поддержке предприятий, организаций и отдельных коллективов, занимающихся решением различных проблем отечественной промышленности и реальным созданием техники будущего. Благодаря активной 20-летней работе редакции, редакционного совета и авторов с 1999 года, журнал стал популярным и авторитетным среди как профессиональных инженеров и учёных, так и тех, кто только встает на этот путь.

Мы знаем свою аудиторию. Наш журнал читают не только двигателисты, но и специалисты различных отраслей промышленности: ученые отраслевых и академических институтов, разработчики ракетно-космической, авиационной, автомобильной, корабельной, железнодорожной, энергетической и другой техники, инженеры промышленных предприятий и эксплуатирующих организаций, студенты и аспиранты ВУЗов, старшекласники.

Создание новой техники невозможно без совершенствования технологий, поэтому значительное место на страницах журнала уделяется производственным и информационным технологиям, измерительному и испытательному оборудованию. В журнале публикуются материалы и для тех, кому интересна история развития машин и механизмов, техники в целом, интересуется судьбой компаний, фирм и предприятий, а также людей, которыми всё это развитие движется.

Мы выпускаем 6 номеров в год (выход из печати в конце чётного месяца). Тираж - от одной до семи тысяч экземпляров.

Журнал с 2002 года включён в Перечень ВАК (сейчас - № 1400 в общероссийском Перечне 2015 г.) по тематикам 05.05.00 (Транспортное, горное и строительное машиностроение), 05.07.00 (Авиационная и ракетно-космическая техника) и 05.14.00 (Энергетика) комиссий ВАК; индексируется в базах данных РИНЦ (НЭБ eLIBRARY.RU). Все статьи выкладываются на сайте журнала www.dvigately.ru одновременно с выходом журнала из печати или даже несколько опережая появление типографского варианта. Все статьи, заявленные как соискательские, попадают в библиотеку eLibrary. Публикация статей осуществляется в кратчайшие сроки. Стоимость опубликования статей по тематикам ВАК с 2020 года составляет 7 тыс. руб. за одну журнальную полосу и предназначена только на покрытие типографских расходов (печать и бумага).

Стоимость размещения рекламно-информационных материалов на 2019-2020 гг. составляет: 25 тыс. руб. за одну страницу рекламного модуля и 10 тыс. руб. за одну полосу рекламно-информационной статьи. Возможны скидки при регулярных публикациях.

Если тема Ваших публикаций укладывается в наши ВАКовские тематики, размещайте Ваши научные статьи в нашем старейшем отечественном научно-техническом журнале России. Это надёжно, солидно, красиво и не накладно. И Вас заметят.

Уверен, что наша совместная работа будет способствовать укреплению научно-технической мощи России.



С глубоким уважением и наилучшими пожеланиями,
Главный редактор журнала "Двигатель"
Александр Иванович Бажанов
академик МИА

www.dvigately.ru

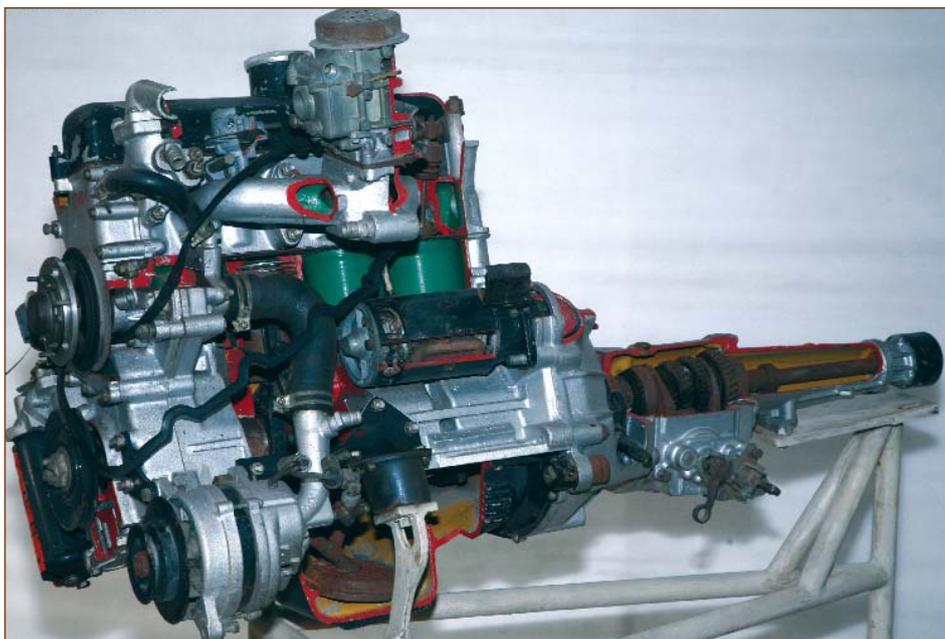


ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ МАЛОЛИТРАЖНОГО

АВТОМОБИЛЯ "МОСКВИЧ-412"

Валентин Георгиевич Иванов,

старший научный сотрудник Политехнического музея



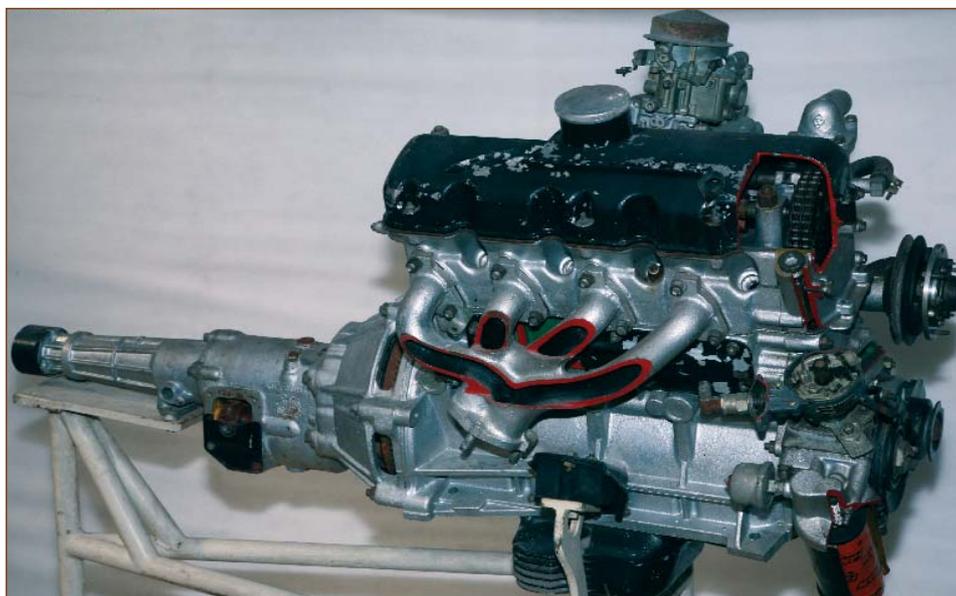
В фондах Политехнического музея хранится силовой агрегат автомобиля "Москвич-412". Двигатель в сборе с узлом сцепления и коробкой передач приведён в экспозиционное состояние: для показа устройства в основных узлах сделаны вырезы с контрастной окраской разрезанных стенок. В сопроводительной документации указано, что экспонат передан Музею заводом малолитражных автомобилей, изготовлен Уфимским моторным заводом. Но каким образом УЗАМ, специализирующийся с 1946 года на производстве газотурбинных и реактивных двигателей для летательных аппаратов различного назначения, освоил производство карбюраторных моторов для малолитражных автомобилей? Осветим эту историю.

В августе 1966 года мой сокурсник по кафедре "Машины и технология литейного производства им. Н.Н. Рубцова" МВТУ им. Баумана Валентин Николаевич Ларионов, впоследствии видный специалист по литью лопаток газотурбинных двигателей, Главный металлург "НПО "Сатурн", пригласил меня в помощники. Он вёл интересную новую работу: исследование процесса изготовления стержня для литья охлаждаемой турбинной лопатки на пескострельных машинах. Ему был необходим помощник по разработке оснастки для контроля кинокамерой сверхскоростной съёмки процесса заполнения формы материалом стержня: алюмосиликатом. Стержень оформляет при литье внутреннюю поверхность лопатки. При малейшей рыхлости в теле стержня заливаемый металл размывает её. В теле лопатки нарушается равномерность толщин стенок, появляются тепловые узлы, изменяющие процесс охлаждения, от которого зависит структура металла и связанные с ней прочностные характеристики изделия. Сверхскоростная киносъёмка помогает выявить недостатки техпроцесса изготовления стержня. Так я попал на работу в Научный институт авиационной технологии (НИАТ). Правда, в трудовой книжке запись была другая: предприятие п/я 990. И принят я был

в специально созданный в НИАТ отдел по запуску в массовое производство деталей двигателя проектируемого современного автомобиля "Москвич-412", в котором и работал Ларионов, ведя работу по лопаткам параллельно основному направлению отдела. Так что, дальнейшее изложение событий будет опираться на воспоминания непосредственного участника событий.

По институту ходила версия, что Внешторг СССР поставил в некую капиталистическую страну партию автомобилей "Москвич". Экспортное исполнение автомобилей во времена СССР отличалось особой тщательностью в отделке внутреннего интерьера, в соблюдении технологии сборки, окраски, установке дополнительного оборудования и т.д. И когда партия доведённых с особым старанием автомобилей прибыла к заказчику, ряд фирм предъявил массу претензий

по нарушению патентного законодательства. Вплоть до формы дверных ручек. Контракт был расторгнут, продукция вернулась в Союз, некоторое количество автолюбителей было осчастливлено покупкой машины такого качества, о котором даже не мечталось. А государство потерпело убытки. Но кто тогда об этом думал! Поэтому при принятии решения о выпуске новой версии "Москвича" было обращено особое внимание к патентной чистоте и повышенному качеству изготовления продукции. Тогда и родилось решение строить автомобиль на заводах оборонных отраслей. Двигатель был поручен Миновиапрому, кузов и общая сборка Миноборонпрому. На заводах оборонных отраслей за качеством продукции, за соответствием её утверждённой чертёжной и технологической документации следило особое Представительство Заказчика. Разумеется, сложная кооперация была утверждена Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР. Так как в нём расписывалась ответственность многих предприятий, принадлежность которых к оборонным министерствам составляла гостайну, документ носил закрытый характер. Отыскать пока его не удалось.



Разработкой двигателя и выпуском конструкторской документации занималось конструкторское бюро МЗМА ("Москвич", впоследствии - АЗЛК). Главный конструктор двигателя - Окунев Игорь Иванович. Википедия утверждает, что прототипом многих конструктивных решений финальной версии этого мотора является силовой агрегат BMW 10 варианта объёмом 1500 см³. Но ни копией, ни дальнейшей разработкой этого мотора двигатель Москвича-412 не является, имеет другую геометрию цилиндров, другое конструктивное решение большинства систем. Наклонение вправо по направлению движения на 20 угловых градусов оси блока цилиндров позволило уменьшить высоту мотора, вписать его в низкий существующий от предыдущей версии автомобиля моторный отсек, понизить центр масс, увеличив тем самым устойчивость машины при движении. Верхний распредвал с приводом пластинчатой цепью, приводимые коромыслами клапана, расположенные буквой V по обе стороны распредвала, - вот основные компоновочные решения мотора. Необычная полусферическая головка камеры сгорания позволила обеспечить лучшие условия горения смеси, повысить КПД. Технология изготовления корпусных деталей двигателя была получена по лицензии у фирмы Рено. Технология была отработана французами при подготовке производства двигателя автомобиля Рено-16. Заготовки блока цилиндров, головки блока цилиндров и картера сцепления изготавливались литьём под давлением из высокопрочного алюминиевого сплава АЛ-9. Крышка блока цилиндров, масляный картер - из сплава АЛ-2. Машины литья под давлением поставляла фирма Рено.

Главным предприятием по поставкам двигателей упомянутым Постановлением был прописан Уфимский моторный завод. Выпуск коробки скоростей должен был освоить Омский моторостроительный завод. По выпуску отливок для двигателя была распланирована широкая кооперация. Блок цилиндров и головка блока - Уфа. Картер сцепления - Киевский авиационный завод. Поршень - Московский завод "Красный Октябрь", в дальнейшем изготовление отливок поршня должен был освоить строившийся Центролит в Кинешме. Заготовки гильз, выхлопная труба и другие детали из чёрных сплавов также поставлялись по кооперации. Мелкое стальное литьё по выплавляемым моделям давало даже небольшое предприятие в самом центре Москвы, если я не путаю, на Пятницкой улице.

Мне было поручено выполнить чертежи отливок и в свободное от командировок в Казань время - а именно там, на Казанском заводе авиационных двигателей (завод №16), велась работа по лопаткам - согласовать эти чертежи с конструкторами завода "Москвич" и технологами заводов-изготовителей заготовок. Авторитет НИАТ в то время был высок, поэтому это согласование прошло без особых трудностей. Только однажды главный технолог Уфимского завода долго горячо упрекал меня в некомпетентности, доказывая, что на какой-то детали прилив в приведённой в чертеже форме необычайно усложнит конструкцию прессформы. Пришлось пересогласовывать чертёж отливки с конструкторами МЗМА. Вскоре мне предложили инженерную должность в проектно-конструкторском отделе по Лунной тематике в ЦКБ ЭМ (теперь это РКК "Энергия"). И теперь, проходя мимо экспоната, на крышке блока цилиндров которого видна дизайнерская надпись "Москвич-412", я вспоминаю свою недолгую, но такую плодотворную работу по запуску в массовое производство передового по тому времени отечественного автомобиля.

Вернёмся к музейному предмету. Пока шла подготовка массового выпуска, заготовки деталей

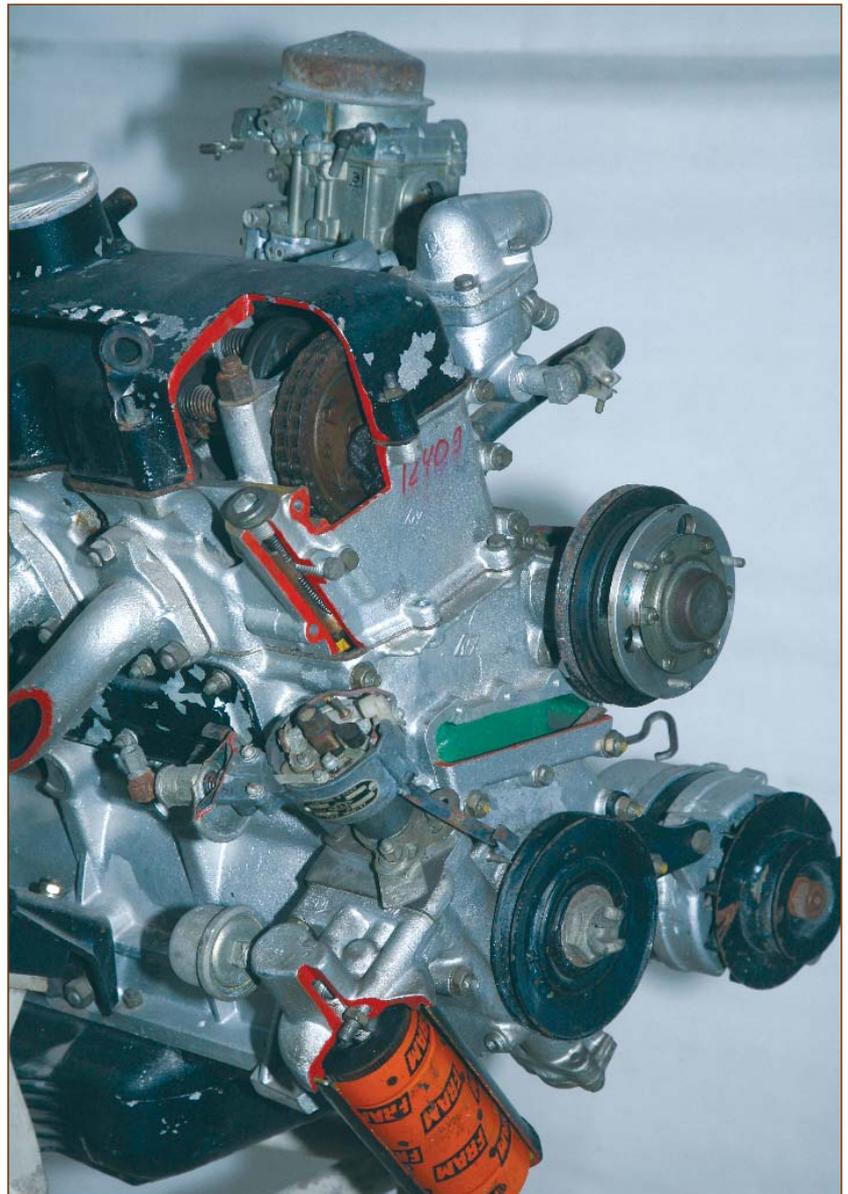
первых опытных партий двигателей выполнялись по упрощённой технологии, литьём в кокиль или в земляную форму. Именно такой опытный двигатель, судя по чистоте поверхности литых деталей, и был препарирован заводскими умельцами в демонстрационных целях. Естественно, комплектация двигателя неполная, какие-то части мешали показу внутреннего устройства, что-то потерялось при эксплуатации и передачах. Отсутствуют: воздушный фильтр, крышка распределителя, молоточек прерывателя, ротор прерывателя, высоковольтные провода с наконечниками, ремень, смотровое окно поплавковой камеры, поршень с манжетами. Необходима реставрация.

Подробные данные по автомобилю и техническую характеристику двигателя заинтересованный читатель может найти на стр. 6 - 14 в источнике [1]. Меня там удивила цифра: расход бензина А-93 на 100 км пробега равен аж 11 литрам! Это - для передового малолитражного автомобиля, успешно экспортировавшегося в Германию, Великобританию, в десяток других индустриально развитых стран и государств - участниц Варшавского договора.

Интересен альбом иллюстративного материала [2].

Литература:

1. Автомобиль "Москвич-412" издание второе, под редакцией проф. А.Ф. Андропова "Машиностроение" 1973, М;
2. Ю.А. Хальфан. Автомобиль "Москвич-412". "Машиностроение" 1976, М;



ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

ГЕНЕРАЦИЯ ВИХРЯ В ТРУБЕ

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

Изложены результаты экспериментальных исследований по вихреобразованию в трубе. Показано, что первоначально дискретная пузырьковая масса, полученная в результате кавитации, превращается в сплошной вихрь, распространяющийся от доньшка трубы к верхней части. Образовавшийся трехмерный вихрь имеет строго структурированную форму и всегда состоит из трех непреременных элементов: ножки, тела и воронки. Вихрь представляет собой устойчивую, практически неизменяющуюся во времени субстанцию.

The results of experimental studies on vortex formation in a pipe are presented. It is shown that the initially discrete bubble mass obtained as a result of cavitation turns into a continuous vortex propagating from the bottom of the tube to the top. The resulting three-dimensional vortex has a strictly structured form and always consists of three indispensable elements: the legs, the body and the funnel. The vortex is a stable, practically unchanged substance in time.

Ключевые слова: турбулентность, вихрь, труба, эффект.
Keywords: turbulence, vortex, trumpet, effect.

Труба является самой популярной в гидрогазодинамике конструкцией. И это не случайно, так как она является наиболее простым каналом и определяет внутреннее течение в критических условиях. Критических потому, что поток при этом не испытывает изменяющегося градиента давления. Он является постоянной величиной. Часто при разработке расчетных методов этот факт используют, чтобы затем с его помощью и с помощью экспериментальных поправок решить поставленную задачу.

В трубе было получено много великолепных эффектов, которые всегда давали опорную точку отсчета, являясь эталоном для сопоставления процессов между собой в чистых "незамутненных" условиях.

Всегда вновь открытые эффекты в трубах приводили к грандиозному всплеску научной активности и являлись источником вдохновения естествоиспытателей. Часто эти открытия позволяли разрешить сложнейшие, порой противоречивые представления о процессах, приводили их к логическому осознанию и давали им вразумительные объяснения. Так, например, опыты О. Рейнольдса на трубе разрешили спор между Даламбером в союзе с Эйлером и пароходостроителем Робертом Фултоном [1]. При этом была открыта турбулентность. Опыты Д.И. Тейлора тоже на трубе вдохновили целую плеяду великодушных ученых, занимавшихся вихревыми течениями, на новые исследования. Открытый им эффект имел гносеологическое значение. Он лег в основу прочного, монолитного фундамента знаний всей гидро- и газодинамики и особенно феноменологической теории турбулентности. Большую практическую значимость для ракетной техники имело изобретение Ивана Федоровича Шебеко газодинамической трубы, трубы Шебеко, которое решило проблему высотных испытаний ПВРД. Изобретение было основано на эжекционном трубном эффекте. Абсолютно ошеломляющий эффект произвели опыты Рийке на гудящей трубе. Им была открыта тепловая генерация акустических колебаний. Этот эффект лег в основу понимания процессов возникновения высокочастотной неустойчивости в ЖРД. Современники сразу по достоинству оценили открытие эффекта тепловой сепарации в вихревой трубе Ранка. Труба Ранка-Хилша на сегодняшний день является самым дешевым способом добычи холода.

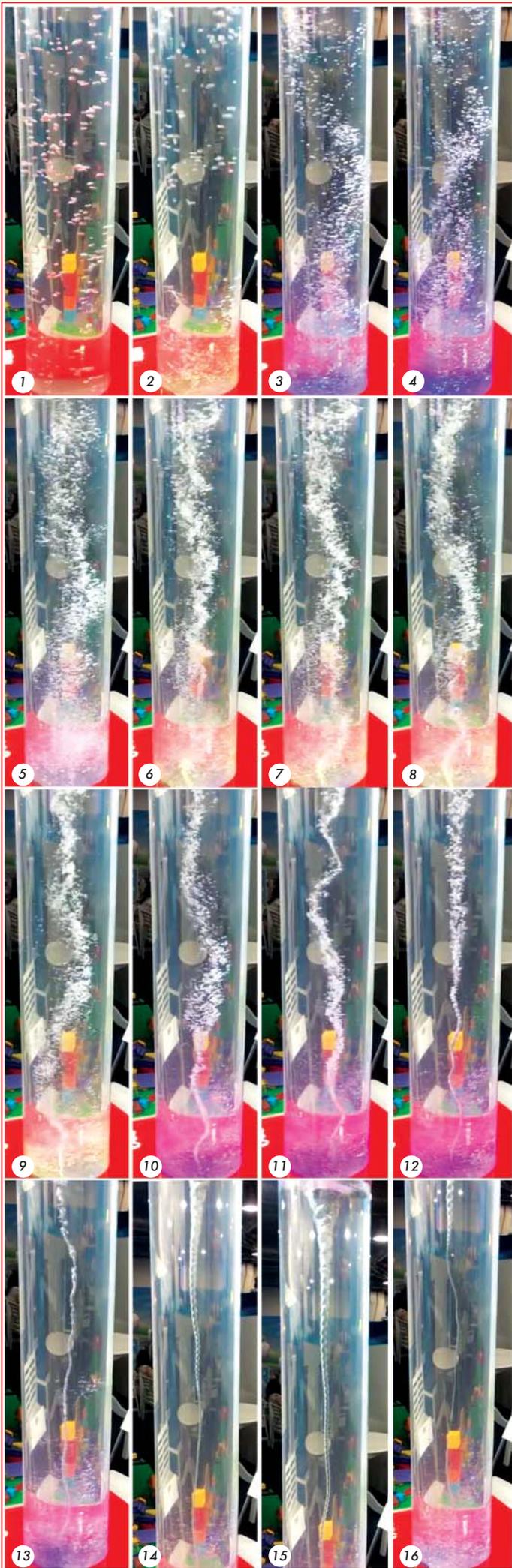
Люди, открывшие эти эффекты, были первыми. За ними шли последователи, которые совершенствовались, воплощали в жизнь конструкции, основанные на этих эффектах, расширяли диапазоны параметров их применения. Но начало было всегда за эффектами, первыми результатами, неизвестными до их открытия.

Одним из важных фактов, установленных при открытии эффектов был факт присутствия почти во всех эффектах, а если подробнее разбираться, то во всех эффектах - это факт присутствия турбулентности, то есть факт присутствия вихревых течений. И пространственная газовая динамика, и акустика, и тепловые процессы всегда сопровождалась и сопровождаются вихревыми, циклическими

течениями. Поэтому понятие вихрь в этих процессах занимает ключевое положение. Требуется разобраться с этим понятием - вихрь, хотя на неискушенный взгляд, кажется, уже все давно понятно.

Понятие - "ВИХРЬ"

Внешне вихрь представляет собой вращающийся поток и самая привычная его конфигурация - это тороидальное газодинамическое образование, имеющее угловую скорость перемещения частиц. Но вихревыми могут быть и локальные участки, например, течения на изгибах линий тока, на поворотах и пр. Получается так, что вихри могут быть и не замкнутые, например, спиралеобразные. Поэтому вихрь принято рассматривать в точке поля. Вихрь - это полевая функция точки и математически она выражается через полевой оператор, ротор: ротор от вектора скорости есть вихрь. Каждый вихрь можно представить как удвоенную угловую скорость. Другими словами, получив в каждой точке газовое поле скоростей, то есть зависимость скорости от координат и времени, можно аналогично получить газовое поле угловых скоростей. Вроде бы и все. Все логично, но как резонно заявляет профессор Института проблем механики имени А.Ю. Ишлинского Ю.Д. Чашечкин - это не так: *"Идентифицируемость элемента жидкости позволяет проследить за траекторией движения его центра"*. В своих работах Юлий Дмитриевич предлагает в качестве основного параметра поля использовать импульс, формальное произведение плотности потока на скорость. Такого же мнения придерживается и Владимир Андреевич Князев: *"Использование модели сплошной среды предполагает, что переменными теории могут быть только полевые переменные, то есть функции точки непрерывного пространства. Такой переменной, например, является динамический тензор, поток которого на некоторую замкнутую поверхность сплошной среды равен импульсу тела, ограниченного этой поверхностью."* [3]. Другими словами, и в том и в другом случае проводится мысль о том, что уравнения движения должны записываться в зависимости от импульса. И этот факт понятен. Ведь импульс, характеризуя удельный расход, тем самым характеризует среднemasсовую скорость потока, которую можно реально определить из эксперимента. Таким образом, актуально рассматривать при изучении движения поля импульсов, а значит векторные операторы должны быть взяты от импульса. В связи с этим, приходим к новому качественному выводу о том, что вихрь должен вычисляться как ротор от импульса [4]. Что это означает и какую нагрузку несет на себе этот символ? Становится ясным, что если мы берем ротор от вектора скорости, то получается чисто математическая символика. Если же мы делаем то же самое с импульсом, то мы придаем этому символу материальность. Символ становится материальным объектом, например, смерчем, торнадо, сливным водопроводным вихрем и т.д. Новый вихрь приобретает форму, границы и даже имеет массу. Представим себе спокойную воду водоема, имеющего определенную мас-



су. Здесь вода мирно покоится, не изменяя своей формы. Но вдруг, по каким-то причинам, давление окружающей среды резко изменяется, появляется профиль (градиент) и вода в водоеме приобретает форму смерча. Масса смерча осталась такой же, как и была масса воды в водоеме. Форма этого смерча при постоянном профиле давления также меняться не будет. Вот в чем материальность вихря. И тогда появляется новый параметр турбулентности - произведение плотности на вектор угловой скорости. Это - угловой импульс. Его размерность - килограмм массы, деленный на метр кубический и секунду. В работе [4] этот вектор был назван материальной угловой скоростью и было показано, что для воронкообразного вихря $rotj = 3\rho\omega$.

Для обычного тороидального вихря $rotj = 2\rho\omega$, а для простого сдвигового течения у стенки $rotj = \rho\omega$.

В частном случае, для тороидального вихря с постоянной плотностью рабочего тела получаем классическое соотношение для ротора скорости: $rotv = 2\omega$.

Когда возникают вихри

Наличие вихрей в потоке однозначно определяет поток как турбулентный. И наоборот, поток является турбулентным только тогда, когда он вихревой, то есть он (поток) должен математически описываться векторным оператором ротор. Так когда же возникает вихрь? Очевидно, что он возникает в трех случаях, именно тех случаях, когда на пути потока возникает препятствие. Оно может быть в виде:

1. Физической преграды, и тогда поток получает обратное движение, движение в противоположную сторону.

2. В виде силы вязкого трения, которая всегда направлена в сторону против потока.

3. В виде положительного градиента давления $gradP > 0$. Последнее выражение равносильно замедлению потока.

Положительный градиент давления может возникнуть по разным причинам. Это может произойти чисто по газодинамическим причинам, по причинам воздействия внешних сил (электромагнитных, гравитационных, центробежных и пр., а также в результате организации специальных мероприятий).

Особой причиной возникновения вихрей является попадание числа Маха в область трансзвукового течения, то есть в область, находящуюся между единицей и двойкой. Это утверждение впервые было озвучено в работе [5] и подлежит тщательному анализу в целях объяснения причин возникновения турбулентности в этой области. По-существу, прослеживается сильная зависимость от числа Маха и практически отсутствует зависимость от показателя адиабаты, что говорит о том, что процесс не зависит от природы рабочего тела.

Вихри также можно получить, специально организовав вращательное движение. Например, течение в турбине, или течение при сливе воды в ванной, или вращение потока за вентилятором. Все это есть приемы, которые предусматривают организацию вынужденных тангенциальных потоков. Вихревая картина в этих случаях получается, как правило, трехмерной и имеет вид, похожий на смерч. Но, как показывают опыты - это более сложная конфигурация, чем просто гладкая воронка. Это - тонкоорганизованное, высокодифференцированное образование, имеющее сложную ограничивающую поверхность со следами локальных вращательных и торсионных движений.

Опыты на трубе

В торгово-развлекательном центре "Метрополис" в Москве рядом со станцией МЦК "Балтийская", а именно, в секции MOTOR CITY GRAND, где резвятся внуки счастливых бабушек и дедушек, есть один очень увлекательный аттракцион. Это - гидравлическая установка, на которой демонстрируется искусственно создаваемый вихрь, имеющий очень замысловатые формы. Наблюдаемая картина просто завораживает. Любой посетитель с помощью этой установки может "запелести" такую экзотическую косичку, которая даже не снилась Аленушке из сказки "Три медведя".



Автор перед началом эксперимента

Установка предельно проста. Стекло́нная труба диаметром 200 мм и высотой 1 м заполнена водой. Снизу у трубы доньшко, которое приводится во вращение с помощью передаточного устройства. Само вращение осуществляется с помощью штурвала, приводящегося в движение вручную. Нижние слои жидкости, "прилипшие" к доньску, также начинают вращаться, вовлекая при этом в движение последующие слои, и, тем самым, закручивая весь объём. Со временем выстраивается стройная динамика зарождения вихревого течения.

Но это по существу - детское развлечение. При серьёзном научном подходе открываются хорошие возможности изучить нюансы сложнейшего процесса формирования вихря, а значит - турбулентности. И в то время, пока внук с бабушкой катался на "Мерседесах" и строил грандиозные средневековые замки из поролоновых кирпичей, дедушка проводил систематические опыты по изучению структуры и образованию вихрей.

Динамику образования и существование вихрей лучше всего наблюдать при просмотре видеофильма. Но статью пришлось проиллюстрировать наиболее яркими кадрами из него. На рисунках с первого по шестнадцатый представлены фрагменты этого фильма.

В самом начале, после раскрутки, покоящаяся жидкость начала вращаться и было заметно, что снизу, со стороны доньшка, начали появляться и подниматься вверх по спирали отдельные пузыри (рис. 1 - 2). Видимо, из-за очень больших скоростей вращения создавались локальные зоны разрежения, и жидкость начинала кавитировать. При дальнейшей раскрутке кавитация усиливалась, количество пузырей увеличивалось, образуя весьма ощутимую дискретную массу (3 - 6). Эта масса постепенно приобретала более понятную сплошную форму в виде тела, формирующегося вблизи оси вращения. Далее эта масса приобретала все более четкие очертания и собиралась в компактную спиралевидную трубку с переменной площадью поперечного сечения (7 - 11). Трубка в виде ножки снизу и в виде шляпки сверху постепенно из дискретной превращалась в сплошную непрерывную (12 - 13). Парогазовая смесь из отдельных дискретных пузырьков сливалась в одну единственную, образуя монолитный вихрь (14). Образование сплошного вихря происходило снизу по направлению от доньшка установки вверх. Все большие и большие высоты покорял этот вихрь. Из фотографий видно, как он поднимается вверх, вытесняя дискретную субстанцию (13). В конце концов этот вихрь

сформировался и приобрел совершенно четкие очертания. Он стал спиралевидный, как танцующая кобра (15): подобие хвоста снизу и расширяющаяся очкастая голова сверху. Ну это для впечатления, а по существу, верх вихря представлял из себя воронку с гиперболической образующей. Воронка постоянно вращалась, но существенно медленнее скорости вращения основного потока. Она постоянно медленно поворачивалась, позволяя рассмотреть ее особенности. Начиная с определенного момента, но уже в обратном направлении сверху вниз, начинался процесс образования плетенки. Поток из условно гладкого превращался в закрученный сложным образом канат (16). Периодические, регулярные структуры распространялись сверху вниз достаточно быстро, заполняя всю массу новообразования следами вихревых и торсионных движений.

Сформированный вихрь был очень устойчив. Он прочно держался на ножке на протяжении долгого времени, не меняя своей формы. Вихрь имел четкие, регулярные, рельефные и очень впечатляющие очертания. Циклическая структура его локальных особенностей просто завораживает. Его стабильность и неразрушаемость вселяли уверенность в надежность, постоянство и крепость законов мироздания. Его красота вселяет оптимизм и желание познания.

Итак! Какие выводы можно сделать из сказанного?

1. Динамика возникновения, формирования и существования вихря является процессом универсальным. Его трехмерная структура всегда будет иметь три условные элемента: ножка, тело и воронка.
2. Двумерный вихрь будет иметь тороидальную форму.

Литература

1. Г.В. Смирнов. Рожденные вихрем // М. изд. Знание, 1982 г.
2. Ю.Д. Чашечкин. Структуры и динамика природных течений: теоретическое и лабораторное моделирование. Юбилейный сборник "50лет институту проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН", М. Наука, 2015 г.
3. В.А. Князев. Гидромеханика без гипотезы псевдоотвердения жидкой точки, изд. LAP LAMBERT Academic Publishing, Германия, 2014 г.
4. Ю.М. Кочетков. Турбулентность газовых гигантов // Двигатель №6, 2016 г.
5. Ю.М. Кочетков, Т.Н. Кравчик, О.А. Подымова. Пять теорем турбулентности и их практические приложения // Вестник машиностроения №7, 2019 г.

Связь с автором: swgeorgiy@gmail.com

ИНФОРМАЦИЯ - "Реактивный квадрокоптер"

Американская компания FusionFlight представила беспилотник AB5 JetQuad - первый в мире реактивный квадрокоптер, у которого вместо четырех электродвигателей с пропеллерами установлены четыре микротурбинных реактивных двигателя, суммарной мощностью 200 л.с. (149 кВт) на максимальных оборотах. Система управления вектором тяги двигателей позволяет этому беспилотнику вертикально взлетать и садиться, зависать и осуществлять горизонтальный полёт. Скорость горизонтального полёта более 300 миль в час (почти 500 км/ч).

Собственная масса летательного аппарата

составляет 23 кг, а с полным баком топлива - 41 кг. 19 литров дизельного топлива хватает на 30 минут для взлёта и висения на одном месте или на 15 минут для взлёта и горизонтального полёта на максимальной скорости. Преимущество перед электрическими квадрокоптерами с пропеллерами - высокая скорость полёта и, соответственно, быстрая доставка полезной нагрузки (как гражданского, так и военного назначения).

Максимальная масса полезной нагрузки составляет 18 кг, причём она может крепиться как на корпусе беспилотника, так и подвешиваться снизу на тросах. Реактивные



струи от реактивных двигателей сориентированы так, что они не могут повредить подвешенный снизу груз.

Ожидается, что AB5 JetQuad появится на рынке в 2021 году, а его стоимость будет \$200-250 тыс. в зависимости от модели и устанавливаемого оборудования.



МОТОРЫ
ПОБЕДЫ



РЕКЛАМА

ВЫСТАВКА СТАРИННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

КВЦ «СОКОЛЬНИКИ» ★ 6-9 МАРТА ★ 29.OLDTIMER.RU

JAZZ
89.1 FM

ТЕЛЕКАНАЛ
АВТО
ПЛЮС



Аукционный дом
ЕГОРОВЫХ

★ WAR ★
THUNDER

М.Л. МИЛЮ - 110

По материалам холдинга "Вертолёты России"

22 ноября 2019 года исполнилось 110 лет со дня рождения всемирно известного авиаконструктора Михаила Леонтьевича Милья. Коллектив конструкторов и инженеров под его началом создал уникальные машины, вертолеты типа "Ми", работающие на всех континентах земного шара. Общее количество выпущенных машин этого большого семейства превышает 30 тысяч единиц.

вался на достигнутом.

"У главного конструктора две задачи: найти решение, обеспечивающее высокие тактические данные при заданном весе

полезной нагрузки и хорошие летные данные с точки зрения управляемости, построить машину, хорошую для летчика; создать машину, хорошую в эксплуатации - простую, надежную, с высоким ресурсом", - говорил Михаил Леонтьевич Миль о своей работе.



М.Л. Миль в рабочем кабинете в Москве



Памятный знак по рисунку М.Л. Милья, установленный на территории МВЗ

Вертолеты, созданные инженерно-конструкторским коллективом под началом М.Л. Милья, знают и любят во всем мире. Самое известное детище Михаила Леонтьевича - вертолет Ми-8, настоящий шедевр нашего авиастроения. Количество выпущенных за все время вертолетов семейства Ми-8/17 превышает

12 тысяч единиц, а число его модификаций насчитывает более 120.

Михаил Миль родился 22 ноября 1909 года в Иркутске, в семье железнодорожного служащего. С детства увлекался авиамоделизмом. Учился в Томском технологическом и Донском политехническом институтах. Там он начал заниматься авиаконструированием.

С 1931 года Михаил Миль работал в бригаде Николая Камова. Он принимал участие в испытаниях первого советского автожира КАСКР-1, работал над другими винтокрылыми машинами. В 1941 году он в качестве старшего группы отправился на фронт, где боевое крещение приняли советские автожиры А-7.

После войны М.Л. Миль возглавил опытно-конструкторское бюро. Он создал вертолет Ми-1, который стано-

вится классикой вертолетостроения. На Ми-1 поставлено 27 мировых рекордов. За ним последовали первый отечественный десантно-транспортный вертолет Ми-4 и тяжелый вертолет Ми-6. Легкий Ми-2 и летающий кран Ми-10, опытный сверхтяжелый винтокрыл Ми-12 и, конечно же, мировой бестселлер - Ми-8. Михаил Леонтьевич всегда был полон новых идей и не останавли-



М.Л. Миль на фоне вертолёта В-12



Создатели и испытатели автожира А-7. Третий справа - М.Л. Миль, далее - Н.К. Скрижинский, Н.И. Камов

бежные СМИ писали, что "в области вертолетостроения Михаил Миль завоевал пальмовую ветвь первенства".

Скончался Михаил Леонтьевич 31 января 1970 года, через несколько месяцев после того, как летные испытания начал опытный образец Ми-24. "Вертолетная боевая машина пехоты" - называл его Миль - автор идеи летающей машины огневой поддержки. Его дело продолжили соратники и ученики Михаила Милья, развивая и совершенствуя его решения.

Сейчас Московский вертолетный завод имени М.Л. Милья (МВЗ) холдинга "Вертолеты России" входит в Госкорпорацию Ростех - здесь ведется модернизация милевских вертолетов и разработка новых.

Вертолеты марки "Ми" выпускаются на серийных предприятиях "Вертолетов России" - "Роствертоле", Улан-Удэнском и Казанском заводах.



Ми-2



Ми-1

Ми-8, установленный в августе 2012 года в МВЗ как памятник самому себе в честь 50-летия эксплуатации этой машины



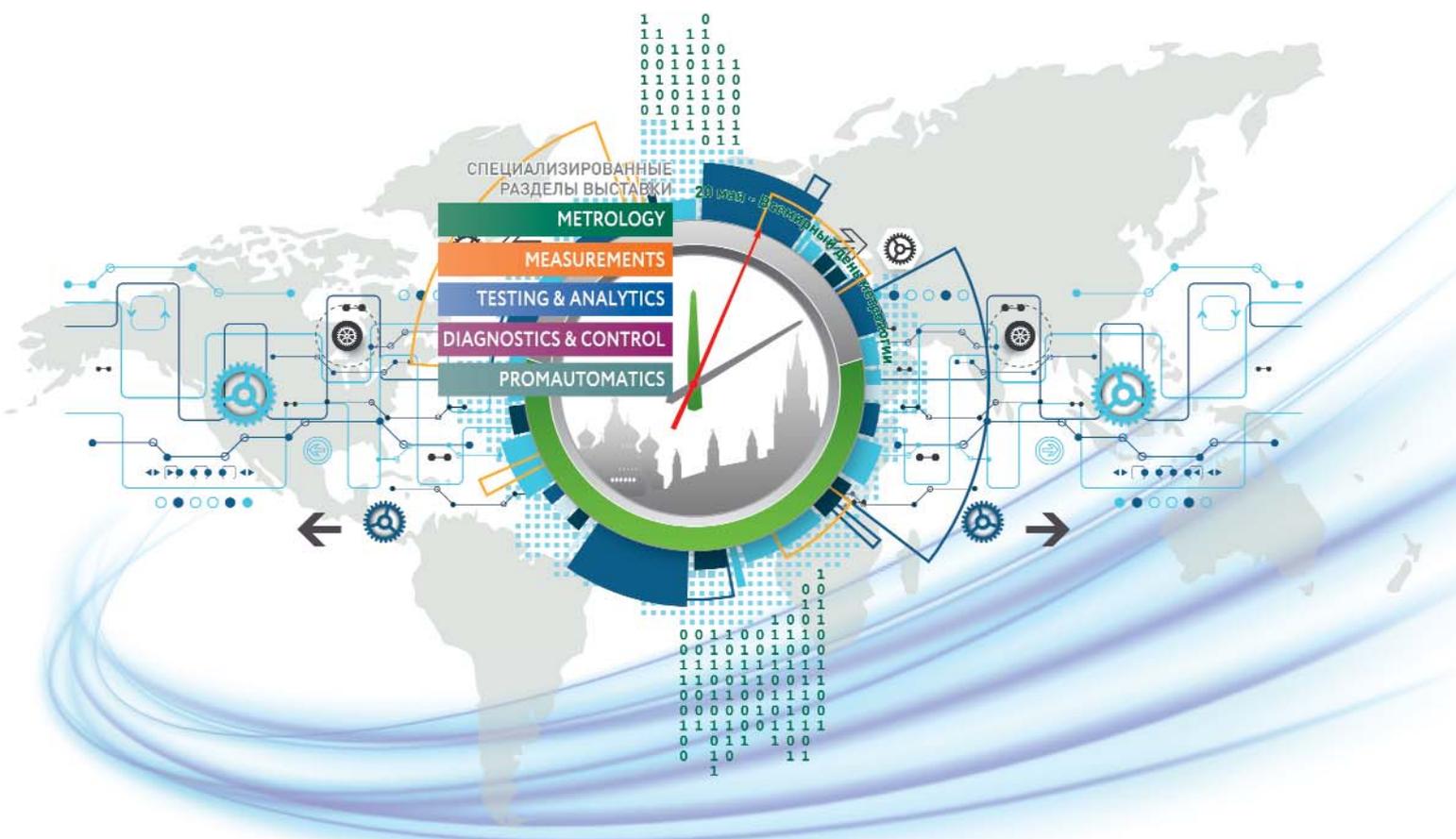
вается классикой вертолетостроения. На Ми-1 поставлено 27 мировых рекордов. За ним последовали первый отечественный десантно-транспортный вертолет Ми-4 и тяжелый вертолет Ми-6. Легкий Ми-2 и летающий кран Ми-10, опытный сверхтяжелый винтокрыл Ми-12 и, конечно же, мировой бестселлер - Ми-8. Михаил Леонтьевич всегда был полон новых идей и не останавли-

16-й МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ И ВЫСТАВКА

ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ –
ОСНОВА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ

MetrolExpo'2020

Москва, 2-4 июня
ВДНХ, павильон 75



ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:



МЕТРОЛОГИЯ
METROLOGY



ИЗМЕРЕНИЯ
MEASUREMENTS



ИСПЫТАНИЯ и АНАЛИТИКА
TESTING & ANALYTICS

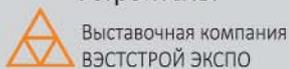


ДИАГНОСТИКА и КОНТРОЛЬ
DIAGNOSTICS & CONTROL



АВТОМАТИЗАЦИЯ
PROMAUTOMATICS

Устроитель:



Выставочная компания
ВЭСТСТРОЙ ЭКСПО
+7 (495) 937-40-23
metrol@expoprom.ru

ПРИГЛАШАЕМ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ

www.metrol.expoprom.ru

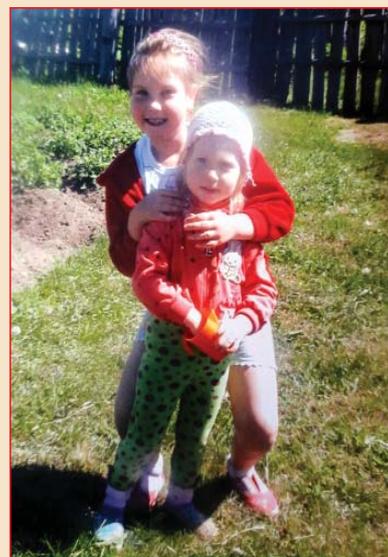


РАНЬШЕ НАЧНЕШЬ - ПОЗЖЕ СОСТАРИШЬСЯ

Валерий Игнатьевич Гуров, доктор технических наук, начальник сектора ГНЦ РФ ЦИАМ



Каждый человек мечтает о счастье. Но спроси каждого, что такое счастье и начинается разногласица. Задал вопрос шестилетней резвой светоносной девчужке. Она, не раздумывая - буквально на бегу и со смехом - ответила: "Счастье - это когда весело и вкусно!" Старше четырьмя годами ее двоюродная сестрица ответила более продумано: "Счастье - это хорошая здоровая семья!" Ее понять можно - живет в неполной семье с мечтой о братике. Ее мама поступила достаточно мудро, подарив дочурке собачку, резвую и веселую, как ее сестричка. Теперь родственный союз двух сестричек закрепился еще больше общей заботой о чет-



вероногом "братике". А что же говорят взрослые о счастье? Вполне ожидаемо: сколько людей столько и мнений, вплоть до сугубо философских. Мол, счастье это такое комфортное состояние тела и души, к которому нечего добавить. Но насколько долговечно такое состояние - вот в чем вопрос? Ведь устойчивость состояния зависит от нескольких факторов, гармония которых продлевает устойчивость. Каковы эти факторы? При этом нельзя исключать из рассмотрения и временной фактор. Беру на себя смелость утверждать, что истинное счастье в гармонии искренней любви, неустанного творчества и правильного выбора в зависимости от возраста человека. Есть, к примеру, дедушкино счастье. В нём утверждается необходимость, прежде всего, бережного отношения к хрупкой психике внучат.



Мы рождены для вдохновенья

Итак, рассмотрим представленную формулу счастья по составляющим. Как говорят математики - возьмем сложный интеграл по частям. Утверждение Пушкина, вынесенное в подзаголовок, в наибольшей степени проявляется в любви и в творчестве.

Проявлений искренней любви - множество и только истинная любовь - одна. Она - основа Православия. Множественность искренней любви реализуется по-разному. Пожалуй, самая высокая с непостижимой жертвенностью любовь - любовь материнская. С ней - по Пушкину - может по сердечности и душевности сравниться только любовь к родному пепелищу и любовь к отеческим гробам. Но самые причудливые формы приобретает двуполая любовь, причем женская любовь зла - полюбишь и козла, а мужская - отрадна: она постепенно преобразует эгоцентриста в альтруиста. Женская любовь подобна извержению вулкана: она максимально безрассудна и пик этой безрассудности реализуется в неодолимом желании родить от любимого. Нет выше любви, чем любовь Материнства. Беспрецедентный подвиг, совершаемый Женщинами во имя жизни на Земле! Боль, страдание, жертвенность и высшее наслаждение, испытываемое Матерью в единстве с чудом

новорожденного, должно нас - мужчин - чувствовать себя бесконечно обязанными своим матерям и женам!

Очевидно, что любовь необычайно украшает жизнь человека отрешенностью его от самого себя ради блага субъекта или объекта любви. Самоотрешенность, пожалуй, единственное общее свойство и женской, и мужской любви. Однако такое эмоциональное свойство не обладает длительной стабильностью и необходимы иные составляющие, позволяющие неустанно закреплять и развивать состояние влюбленного человека. Творческие способности и способности к правильному выбору, несущие в своей основе разумные элементы восприятия жизни, играют важную роль в формировании гармонии устойчивого счастья.

Для меня примером устойчивого женского счастья на основе правильного выбора творческого человека явились откровения Мисс Вселенной - русской красавицы Оксаны Федоровой. Доктор юридических наук, успешная бизнес леди она в интервью в 2018 году публично призналась: "Только после 30 поняла, что предназначение женщины быть женой и матерью". По ее мнению важной стороной женского счастья является постоянное ощущение защищенности семейного быта.

Творить - значит уметь увидеть необычное в обычном

Пробуждение творчества с младенчества позволяет интенсивно развивать данный Богом ум в разум (развитый ум). Психологами замечено, что до 70 процентов дошколят обладают смекалкой - одним из простейших элементов творческого освоения жизни. Однако к окончанию школы обозначенный процент снижается до 15...20.

Пробуждение в человеке элементов творчества с раннего возраста успешно способствует развитию ума. Творчество проявляется, прежде всего, в умении увидеть необычное в обычном и увиденное поставить на пользу людям, в том числе и самому себе. Видению необычного способствует интерес к субъекту или объекту, сопровождаемый напряжением разума и внимательностью.

Кстати, характерным тестом на интерес и внимательность может служить задача из газеты "Вашингтон Пост" за 1995 год - с тиражом более 500 тысяч экземпляров - о числе треугольников на рисунке. Правильный ответ (13) прислали только 7% читателей.

Достаточно развитая творческая способность обычно связывается в педагогике с девятилетним Карлушей Гауссом, который в три минуты представил правильный ответ на задачу, решаемую прилежными учениками в течение всего урока. Задача сводилась к определению суммы всех чисел и цифр от нуля до 100 включительно. У Карлуши была хорошая подготовка к творческому восприятию всего увиденного и услышанного: он знал, что в каждом



явлении необычное заложено в привычном. По своей подготовленности Карлуша - при поступлении в школу - был определен в третий класс и на первом же уроке математики удивил учителя быстрым решением поставленной перед учениками задачи: определить сумму всех цифр и чисел от 0 до ста включительно. Он всмотрелся в предложенный ряд и обнаружил следующее: $0+100=100$, $1+99=100$, $2+98=100$ и таких пар 50 при неучтенном числе 50. И в итоге - ответ: 5050.

Если применить прием Гаусса к 1000, 10000 и так далее, то обнаружится удивительная закономерность. Обнаруженный интерес к числовому ряду реализовался в разработке Карлом Гауссом уже в зрелом возрасте теории чисел.

Итак, творить - значит отступить хотя бы на время от стереотипного мышления. Большой творческий потенциал детей проявляется в их радостной реакции на необычные определения известных понятий. Например, они легко угадывают ответы в одно короткое слово, предложенное в форме шуточной загадки: гневное облако (туча), вешалка для лапши (уха), угроза от розы (шип), паляк для мухи (паук)... Интересный эпизод произошел у меня в аудитории, состоящей из внучат и бабушек. При затруднении всей аудитории с ответом на вопрос - без клюва, а клюет (рыба) - одна из бабушек со смущением ответила: теща! Своим ответом вызвала обвальную смех аудитории. Меня этот смех порадовал: значит - меня слушают. Интерес может вызвать и обратная задача. Задал вопрос с пожеланием получить шуточный ответ: как обозначить ромб? Ответ пришел незамедлительно - подвыпивший квадрат!!! Правды ради у меня был другой ответ.

Кстати, слова - благодатная почва для наращивания творческого потенциала. Чаще задумывайтесь над, казалось бы, привычными словами. Развитию ума способствует и проведение устного счета быстрее современного компьютера с использованием больших чисел, что достигается при условии запоминания таблицы умножения, умения рационального комбинирования цифр числа и знания правила королевы цифр - девятки, чему дано подробное пояснение в брошюре автора "Королевство десяти цифр". Смысл пояснения заключается в возможности исключения цифры 9 при сложении всех цифр в числе для определения кода числа, ибо де-

вятка - в силу своей особенности не влияет на результат сложения всех цифр многозначного числа. В наше время проводятся даже Международные олимпиады для выявления чемпионов устного счета. При этом одним из упражнений является последовательное сложение всех цифр, например, шестизначного числа с получением в итоге одной цифры, как бы, в качестве кода числа. Правило девяти позволяет исключать из числа все девятки или цифры, результатом сложения которых является девятка. Более того, код числа в виде девятки означает делимость этого числа на 9 без остатка. Возьмем, к примеру, число 285177. Для ускорения счета скомбинируем 1 с 8 с получением 9 и 2 с 5 с получением 7. В результате 9 исключаем из счета, а три семерки согласно таблице умножения дают в итоге искомое значение кода представленного шестизначного числа, равное трем. Таким образом, союз таблицы умножения, правила девяти и умения рационального комбинирования цифр в числе (МзФ - метод трех факторов) позволяют в наше время считать быстрее современного компьютера. С созданием компьютера, читающего мысли человека, метод МзФ утратит свою значимость, а пока набор числа на компьютере происходит медленнее устного счета тренированного школьника.

Благодатной основой для закрепления навыков быстрого счета являются шестизначные автомобильные номера Московского региона. К примеру, едешь в наземном транспорте, а мимо тебя мчатся машины с своими номерами и ты с ходу определяешь их коды. Три секунды и код номера 148750, равный 7, у тебя в голове, ибо $1+8=9$ и $4+5$ тоже девять. Закрепи в себе метод быстрого устного счета и смело становись участником Международных математических олимпиад, в которых большое внимание уделяется проведению счета без использования компьютера.

Вычисление кода числа не только укрепляет память, но и развивает ум путем творческого комбинирования разных цифр в заданном числе для ускорения счета. Полезна тренировка мозгов (подобно тренировке мышц тела) при использовании шестизначных - для московского региона - автомобильных номеров взамен упражнениям с мобильным телефоном. Вместе с запоминанием стихов такая мозговая тренировка помогает не замечать транспортного времени и помогает мозгам поддерживать творческий потенциал. Мне удалось своих внуков отучить от возни с мобильниками. При поездке в наземном транспорте предлагаю им соревнование на быстроту счета по автономерам проезжающих машин, причем не всех подряд, а только по моей команде. Соревновательный формат счета успешно делает свое благое дело: теперь внуки и без меня соревнуются.

Вообще замечено, что в процессе творчества - как и в процессе любви - человек медленнее стареет, ибо при этом время, как бы, замедляет свой ход. Поэтому: чем раньше начнешь замечать необычное в обычном (по примеру Карлуши Гаусса), тем позже состаришься.

Учиться не уставая любить, творить и выбирать - достаточно верный путь к замедлению старения и обретению счастливого состояния человеком вне зависимости от его возраста. Начинать надо с пробуждения и развития в себе творческого начала в сфере повседневного утомительного быта, причем для сохранения устойчивого семейного счастья очень важно женщинам ощущать свою защищенность со стороны супруга.



Связь с автором: dr.gurow2015@yandex.ru

ОБ АММИАЧНО-ПАРОВОМ ДВИГАТЕЛЕ

Юрий Васильевич Макаров, Государственный исследовательский университет "Московский авиационный институт" (МАИ)

Двигатель, о котором идёт речь в этой статье, относится к семейству двигателей с внешним сгоранием. Эта группа тепловых машин весьма и весьма многообразна. Прежде всего, конечно же это - разнообразие паровые машины, используемые как основные энергопреобразователи в течение конца XVIII и всего XIX века, а сейчас больше как стационарные машины, судовые приводы, да энергоузлы ядерных и солнечных электростанций - в том числе, применяемые и в космосе. Многочисленны также и двигатели - газотурбинные, шиберные, кулисные, коловратные и прочие - с вынесенной вне рабочей зоны камерой сгорания. В них часто предполагается применять внешний подогрев рабочего тела. Так должны были, например, работать ядерные авиационные двигатели (которые, по счастью, никогда не испытывались в полёте). В этой же коллекции и двигатели типа Стирлинга - также весьма разнообразный класс, но не столь широко распространённый. А вот, представляемый читателю представитель семейства аммиачно-паровых (или, иногда их называют "пароводяных") двигателей - пока, в основном, можно отнести к экзотике.



Рис. 1 Паровой дилижанс Amedee Bollee, 1885 г.



Рис. 2 Паровой автомобиль Toledo, 1902 г.

за больше, чем "Форден", причем, топлива, которое дорожке угля в 100 раз. Автомобиль КамАЗ-58212 грузоподъ-



Рис. 4 "Ракета" Стенли, 1906 г.

Паровые двигатели на автомобилях - первый тип транспортных тепловых машин, появившийся в конце ещё XVIII века и широко применявшийся до со-

ровых годов XX века. Выпуск паровых автомобилей и тракторов в двадцатых годах XX века, например, составлял десятки тысяч [1]. Интересно отметить, что восьмидесятилетний паровой автомобиль "Форден" 1908 г. грузоподъемностью шесть тонн на 100 км пути расходовал 10,7 кг угля ["Motcz Zanspcz" №6, 1930 г], а шеститонный автомобиль Зулли-ISO с карбюраторным двигателем на 100 км расходует 29 л бензина. Это в 2,5 ра-



Рис. 3 Дорожный локомотив, 1904 г.

емностью 8 тонн расходует 27 литров дизельного топлива при той же скорости. Это в 2,5 раза больше парового, а диз. топливо в 25 раз дороже угля.

Известны и авиационные паровые двигатели [2], которые успешно эксплуатировались на самолетах

(самолеты Беслер, Джонсон и т.д.). Паровые двигатели этих самолетов имели мощность 135 л.с. и 90 л.с. Удельный вес двигателя Беслер был 4,4 кг/л.с., т.е. ниже, чем у многих современных дизелей. А у двигателя Джонсон он достигал 2,2 кг/л.с., т.е. паровой Джонсон был легче карбюраторного двигателя "Жигулей". Указанные паровые двигатели были готовы к работе на максимальной мощности через 0,5 - 1,5 минуты с момента зажигания топки.

В 1934 году в МАИ на базе двигателя М-11 построили паровой мотор, с которым успешно летал серийный самолёт У-2.

Паровой двигатель можно усовершенствовать. Один из наиболее перспективных методов модернизации парового двигателя - применить в нём в качестве рабочего тела в замкнутом рабочем контуре аммиак (медицинский нашатырь), растворенный в воде. В 1984-86 гг. в МАИ был разработан аммиачно-паровой двигатель, признанный изобретением.

В обыкновенных паровых котлах температура воды повышается до точки кипения, а после этого остается постоянной, пока вся вода не превратится в пар. Потом, уже "сухой" пар нагревается до более высокой температуры, и этот перегретый пар подается на паровые турбины в качестве рабочего вещества. Смесь воды с аммиаком ведет себя иначе: во время нагревания смеси точка кипения не остается постоянной, а меняется и, когда вместо жидкой смеси, образуется газообразная смесь паров воды и аммиака, то общий итог затраченной на нагревание энергии значительно меньше, чем в случае нагревания одной воды. В результате, коэффициент полезного действия всей паровой установки увеличивается, по меньшей мере, на 10 %, а это для паровых электростанций означает многие миллионы долларов экономии.

В аммиачном паровом двигателе рабочим телом является аммиачный пар. Удельная теплота парообразования указанного рабочего тела в 539 раз меньше, чем у воды. Поэтому упрощается процесс утилизации тепла отработанного пара. А КПД аммиачного парового двигателя на 24 % выше, чем у традиционной паровой машины.

Аммиачный паровой процесс хорошо освоен в промышленности. Уже более 80 лет работают адсорбционные холодильники

Рис. 5 Паровой самолёт братьев Беслеров, 1933 г.

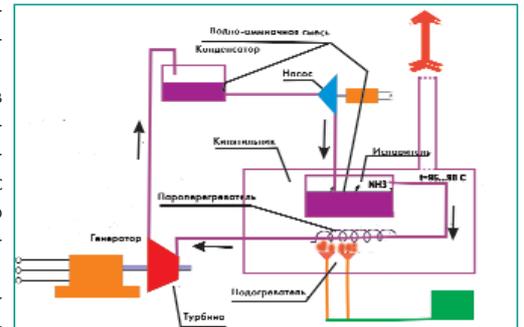


Рис. 6 Схема работы аммиачно-парового двигателя

Рис. 7 Патент автора на паро-аммиачный двигатель



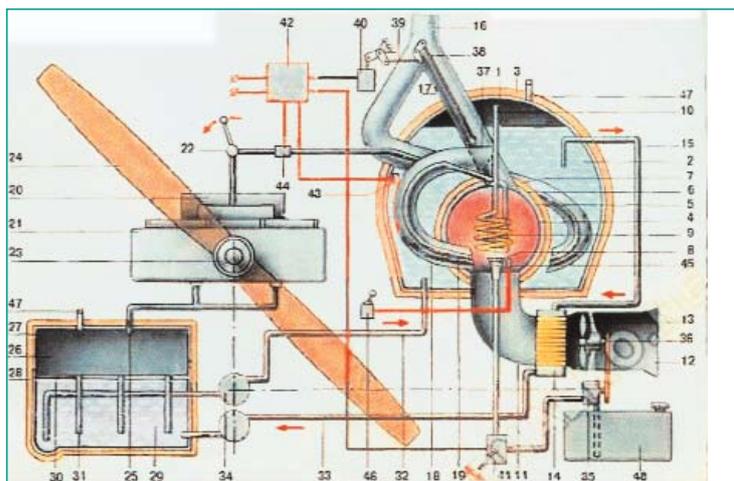


Рис. 8 Принципиальная схема аммиачно-парового двигателя по патенту на рис. 7

на аммиачных парах, бытовые холодильники этого типа выпускаются с 1928 г., как наиболее простые ("Север-2", "Иней", "Морозко" и т.д.). Но, как известно, в холодильниках процесс идет без преобразования тепловой энергии в механическую. В аммиачно-паровом двигателе использован процесс сжатия и расширения парообразного аммиака с получением механической энергии.

Растворимость аммиака (NH_3) в воде исключительно велика. При 0°C один объем воды при атмосферном давлении поглощает 1176 объемов NH_3 , при 12°C - 857, а при 100°C 98 объемов. Практически один литр воды поглощает 1,2 кубических метра аммиака при 0°C . Эти свойства аммиака и использованы при разработке предлагаемого аммиачно-парового двигателя, парового двигателя нового поколения.

Принципиальная схема аммиачно-парового двигателя показана на рис. 8. Двигатель имеет парогенератор 1 - герметичный резервуар, объемом 9 литров, заполненный водным раствором аммиака 2. Снаружи парогенератор снабжен теплоизоляцией 3. Внутри парогенератора расположен нагреватель (топка), состоящий из сферического экрана 4, с воздушным зазором 5, вокруг которого расположен зеркальный экран 6, имеющий герметичную теплоизоляцию 7. Экран 4 выполнен из жаропрочной тонколистовой стали. Экран 3 выполнен из тонкого листа нержавеющей стали с зеркальной внутренней поверхностью.

Внутри нагревателя - топке расположена горелка 8, работающая, например, на жидком топливе. В зоне факела горелки установлен змеевик 9 перегревателя парообразного аммиака. Заборник аммиака 10 установлен в верхней части парогенератора. Воздух в нагреватель - топку подается через воздушный патрубок 11, в кольцевом канале 12 которого установлен вентилятор 13, нагнетающий воздух. Перед вентилятором установлен радиатор 14 охлаждения бедного водного раствора аммиака, который поступает в радиатор из парогенератора по заборной трубке 15. От нагревателя топки в атмосферу выведена выхлопная труба 16, которая внутри парогенератора раздвоена на прямой канал 17 и петлю 18, погруженную в водный раствор аммиака. В петле выхлопной трубы по ее оси расположен паропровод 19 перегретого аммиачного пара от змеевика к двигателю. Паропровод выведен на наружную сторону парогенератора и подсоединен к золотнику 20 поршневого двигателя 21 через кран 22 регулирования подачи пара в двигатель. Двигатель состоит из цилиндров, кривошипно-поршневого группы и коленвала 23. В перегревателе пары аммиака перегреваются до температуры более 550°C и подаются в цилиндры парового двигателя через золотник.

Из цилиндров двигателя пары аммиака по паропроводу 25 поступают в расширитель 26, который имеет металлический герметический корпус 27, защищенный теплоизоляцией 28. Корпус расширителя объединен с абсорбером 29, с которым он разделен перегородкой 30 с трубками 31 для подачи в абсорбер аммиака. Абсорбер заполнен водой, которая служит для поглощения аммиака, охлажденного в расширителе. Температура стенок рас-

ширителя, абсорбера и воды в нем поддерживается на низком уровне (в пределах $-0^\circ\text{C} \dots +3^\circ\text{C}$). Абсорбер соединен с парогенератором трубопроводом 32, по которому в парогенератор подается насыщенный раствор аммиака.

Из парогенератора вода с низким содержанием аммиака подается в абсорбер по заборной трубке 15 через радиатор 14, а затем по трубопроводу 33 для насыщения ее аммиаком в абсорбере, для подачи воды по трубопроводам 32 и 33 установлен насос 34 двойного действия, имеющий общий вал для обеспечения равной производительности. Насос 34 соединен приводным валом с двигателем. Кроме того, приводным валом с двигателем связаны топливный насос 35 и шкив 36 вентилятора 13.

Для поддержания температуры воды в парогенераторе в пределах $90 \dots 95^\circ\text{C}$ служит створка 37, которая регулирует движение выхлопных газов по прямому каналу выхлопной трубы или по ее петле. Створка приводится в движение тягой 38 и рычагом 39 от тягового магнита 40. Температура воды ($90 \dots 95^\circ\text{C}$) и перегретого аммиака (до $600 \dots 650^\circ\text{C}$) поддерживается кроме того краном 41 подачи топлива в горелку.

Электрический приводной сигнал на электромагнит и кран 41 подается от реле 42 регулятора. Управляющий сигнал на реле регулятора поступает от датчика температуры воды 43 и датчика температуры пара 44 (аммиака).

Воспламеняют топливо запальной свечей 45 подачей электрического сигнала от замка зажигания 46. Вся система циркуляции водно-аммиачного раствора и парообразного аммиака выполнена замкнутой и герметичной. Заправка системы водой и аммиаком производится через заправочный патрубков 47, который в процессе эксплуатации двигателя запылен. Возможные потери аммиака и паров воды через поршневые кольца и через золотник компенсируется добавлением их через 10 000 - 50 000 часов работы двигателя через патрубков 47, который потом запаивается.

Паровой двигатель работает следующим образом. С помощью свечи воспламеняют топливо в горелке (например, газ, керосин), которые поступают от баллонов или из топливного бака 48. В случае жидкого топлива (мазут) его перед запуском подкачивают ручным насосом (не показан). Двигатель при соответствующем изменении горелки может работать на каменном угле или брикетированием торфе.

Перед запуском двигателя створкой 37 закрывают прямой канал 17 выхлопной трубы, и горячие выхлопные газы от горелки идут по петле 18 выхлопной трубы, погруженной в насыщенный водный раствор аммиака ($50 \dots 55$ -процентный раствор).

Температура воды в парогенераторе повышается и достигает $45 \dots 50^\circ\text{C}$, при этом аммиак начинает выделяться из водного раствора и через заборник 10 поступает в змеевик перегревателя. При температуре $40 \dots 50^\circ\text{C}$ давление насыщенных паров аммиака в парогенераторе равно $17 \dots 20$ атм. В перегревателе температура аммиака повышается до 650°C , и затем он подается через золотник в цилиндры парового двигателя. Двигатель начинает работать на холостых оборотах и приводит в движение вентилятор, который нагнетает воздух в нагреватель.

Температура доводится до $90 \dots 95^\circ\text{C}$, при этом давление насыщенных паров аммиака достигает 40 атм. Выше указанной, температура воды не поднимается и автоматически поддерживается на этом уровне. При этом горелка потребляет минимальное количество топлива, необходимое для перегрева паров аммиака и для компенсации тепловых потерь. Тепло в топке утилизируется тепловым экраном сферической формы, а также зеркальным сферическим экраном, установленным через воздушный промежуток. С помощью датчиков температуры воды и пара автоматически поддерживается указанный температурный режим. Сигнал от датчиков поступает на реле-регулятор, а затем на приводные механизмы створки 37 и кран подачи топлива 41. При повышении температуры в парогенераторе створка 37 открывает выход горячим газам из нагревателя через прямой канал 17 выхлопной трубы.

После прогрева парогенератора (через 1,5 - 3 минуты) двигатель готов к работе при максимальной нагрузке. В процессе ра-

боты двигателя перегретый пар аммиака под давлением 40 атм (и при 650 °С) поступает через золотниковый механизм в цилиндры двигателя, где, совершая работу, он охлаждается до температуры 20...20 °С и давление его падает до 5 атм.

Аммиак с указанными параметрами поступает в расширитель, где резко расширяясь до давления 1,8 атм, он охлаждается до температуры 18...15 °С. Аммиак отбирает тепло от стенок расширителя, абсорбера и воды в нем.

Таким образом, температура воды в абсорбере с учетом теплоизоляции находится в пределах -6 °С. Это типичный процесс для абсорбционного холодильника при тех же параметрах газа. При понижении температуры в абсорбере растворимость аммиака в воде резко возрастает.

Как известно, один объем воды при 0 °С поглощает 1176 объемов аммиака. Следовательно, 4 литра воды в абсорбере при -5 °С поглощают более 5 м³ аммиака (температура замерзания раствора -77 °С). Поэтому поступающий из двигателя аммиак поглощается водой в абсорбере, и вода в абсорбере насыщается по мере расхода аммиака из водного раствора в парогенераторе. Постепенно в парогенераторе происходит обеднение водного раствора аммиака, т.к. при температуре 98 °С вода может содержать только 98 объемов аммиака, при этом давление его насыщенных паров равно 40 атм. Следовательно, 8 литров воды в парогенераторе при повышении температуры до 93...98 °С способны отдавать (генерировать) более 9 м³ парообразного аммиака при давлении 40 атм. Таким образом, использование исключительной способности воды поглощать парообразный аммиак энергетически эффективнее его сжатия под давлением в 40 атм с использованием внешнего источника энергии.

Если для получения 1 кг водяного пара необходимо затратить 100 ккал для нагрева воды до 100 °С и еще 539 ккал для получения 1 кг пара (т.е. всего 639 ккал), то для получения 1 кг аммиачного пара требуется повысить температуру 1 кг воды с 0 °С до 95 °С, т.е. требуется 95 ккал, что в 5,3 раз меньше. Кроме того, утилизировать тепло водяного пара практически невозможно в поршневой машине, т.к. требуется конденсатор больших габаритов.

Если у известных двигателей расход пара на 1 л.с. в час находится в пределах 4...5 кг/л.с.ч, то у предложенного двигателя расход аммиачного пара составляет 1,6 кг/л.с.ч (расчет приведен ниже). Поэтому предложенный двигатель на имеющемся в парогенераторе аммиаке проработает в течение часа, развивая мощность 3 л.с., если в парогенераторе около 5 кг паров аммиака (плотность 0,77 кг/м³ при 0 °С), растворенных в воде. Если водный раствор будет полностью оборачиваться через абсорбер и вновь насыщаться аммиаком за 6 мин., то двигатель может развивать мощность 30 л.с. за любое время работы, двигатель может развивать мощность 90 л.с. в течение любого времени при кратности обогащения водного раствора аммиаком в абсорбере за 2 мин. Для циркуляции бедного аммиаком водного раствора он с помощью насоса из парогенератора через заборную трубку 15 и радиатор 14 подается в абсорбер. При этом бедный аммиаком раствор, имеющий температуру 95 °С, охлаждается в радиаторе до температуры 18...20 °С, а горячий воздух подается в горелку. При этом утилизируется тепло водного раствора. Обогащенный аммиаком водный раствор подается насосом вновь в парогенератор. Количество водно-аммиачного раствора, откачиваемого из парогенератора и поступающего в него, синхронизировано работой насоса, поэтому уровень воды в парогенераторе и в абсорбере остается постоянным. Для двигателя мощностью 180 л.с. в парогенераторе необходимо иметь 10 литров водного раствора аммиака.

Скорость вращения насоса синхронизирована со скоростью вращения вала двигателя, следовательно, скорость циркуляции обогащенного и бедного раствора аммиака соответствует скорости расхода пара через двигатель. Регулирование числа оборотов двигателя и его реверс осуществляются обычным для паровых двигателей образом.

Расчет основных параметров парового двигателя

Отнеся количество поданного в генератор раствора к 1 кг полученных паров аммиака, определим кратность циркуляции раствора (удельную циркуляцию) при данных 2 и 3 строк таблицы.

№№ п/п		Давление Р	t° C	ξ	i
1	Аммиачная вода насыщенная	5	0	0,967	1,2
2	Аммиачная вода бедная	20	60	0,706	32
3	Пары аммиака насыщенные	20	66	0,997	308,7
4	Пары аммиака перегреты	20	650	0,997	764,1
5	Пары аммиака отработанные	5	5	0,997	302,8

В генераторе:

$$f = (3 - 2)/(1 - 2) = (0,997 - 0,706)/(0,967 - 0,706) = 1,11$$

В абсорбере:

$$f - 1 = (3 - 1)/(1 - 2) = (0,997 - 0,967)/(0,967 - 0,706) = 0,11$$

При следующих параметрах паров аммиака и его водного раствора:

Баланс тепла парогенератора выражается уравнением

$$f i_1 + q - (f - 1) i_2 - i_3 - (i_4 - i_5) = 0$$

Определим количество тепла q, подведенного к генератору

$$q = (0,11 \times 32) + 308,7 + 455,4 - 1,2 = 765 \text{ ккал/кг}$$

ξ - коэффициент индикаторного давления.

$$P_i = P_k \xi, \text{ где } P_k - \text{давление в котле}$$

Определим энергию, преобразуемую в полезную работу для идеальной машины, исходя из теплового напора паров аммиака

$$W = (i_4 - i_5)/A = (764,1 - 302,8) / 427 = 197000 \text{ кг/м}$$

с учетом КПД машины 0,85 $W = 0,622 \text{ л.с.ч.}$

$$1/0,622 = 1,62 \text{ кг/л.с.ч.}$$

$$\text{Расход тепла на 1 л.с.: } 1,61 \times 765 = 1230 \text{ ккал/л.с.ч.}$$

$$\text{Расход топлива на 1 л.с.: } 124 \text{ гр/л.с.ч.}$$

$$1230/(11700 \times 0,85) = 214 \text{ г.л.с.ч}$$

при КПД генератора пара η=0,85 и теплотворной способности топлива - 11700 ккал/кг .

Экономический КПД двигателя: 652/1452 = 43.5 %.

Удельный расход топлива 124 г/л.с.ч у аммиачно-парового двигателя в два раза ниже, чем у карбюраторного мотора (250 г/л.с.ч) и на 35 % ниже, чем у дизеля (175 г/л.с.ч).

Масса аммиачного парового двигателя меньше чем у карбюраторного мотора. Ему не нужна коробка передач. Максимальный крутящий момент у него при минимальных оборотах. Расход топлива на 100 км для аммиачно-парового двигателя класса "Жигули" будет не более 2,5 кг, причем низкосортного (мазут), а для ЗиЛ-130 он будет меньше 10 кг. Аммиачно-паровой двигатель может работать на угле или на торфе.

Применение аммиачно-парового двигателя обеспечит ежегодную экономию до 10 млн тонн дизельного топлива на сумму 1 миллиард рублей.

Экономический КПД парового двигателя:

$$\eta_{\text{эк}} = \eta_k \eta_t \eta_q \eta_m;$$

η_к - КПД котельной установки;

η_т - термодинамический КПД;

η_q - относительный внутренний КПД;

η_м - механический КПД.

Если автомобильный двигатель требует в системе смазки от 4 до 30 литров моторного масла, то применение парового двигателя позволит сократить расход масла в 10 раз (до 0,4...3 л) в зависимости от мощности двигателя. Считая только первую заправку маслом, при снижении нормы расхода масла на автомобиль на 10 литров, экономия в год составит 30 000 000 литров, т.е. 30 млн, рублей в год.

Литература

1. Г. Гуляев. Паровые автомобили и тракторы. М., ОГИВ, 1931 г.
2. П. Дузь. Паровой двигатель в авиации. Л., Оборонгиз, 1935 г., с.239-273.



СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ В РОССИИ В КОНЦЕ XIX ВЕКА - НАЧАЛЕ XX ВЕКА

Аделя Юрьевна Бузова, старший преподаватель, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования (ФГБОУ ВО) "Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)" (МАИ)

Рассмотрены вопросы, связанные с историей стандартизации и сертификации авиационной техники в Российской империи и РСФСР. Описаны этапы развития стандартизации и сертификации авиационной техники до и после распада Российской империи. Приведены важнейшие события этого процесса.

The issues related to the history of standardization and certification of aviation equipment in the Russian Empire and the RSFSR are considered. The stages of development of standardization and certification of aviation equipment before and after the collapse of the Russian Empire are described. Their most important events are given.

Ключевые слова: авиационная техника, гражданская авиация, стандартизация, сертификация, безопасность полёта.

Keywords: aviation technology, civil aviation, standardization, certification, flight safety.

Исследование событий истории стандартизации и сертификации авиационной техники (АТ) в Российской империи и РСФСР с 1881 г. до 1923 г. позволяет выявить тенденцию развития стандартизации и сертификации отечественной АТ [1-6]. Учёт исторического опыта их развития может и должен обеспечить повышение качества и конкурентоспособности российской АТ на всех этапах её проектирования и производства [1].

Цель исследования - периодизация начальных событий в истории стандартизации и сертификации АТ в России до и после распада Российской империи выявление тенденции их развития перед "Великой депрессией" мировой экономики. Материалами исследования стали документы и материалы, содержащие сведения о стандартизации и сертификации АТ в Российской империи и РСФСР с 1881 г. до 1923 г. включительно. При проведении исследования использовались методы сравнительного анализа исторических событий и их последствий. В результате проведённого исследования предложено деление этой истории на три этапа и определены их важнейшие события.

Имперский этап (1881-1917 гг.). В 1881 г. русский офицер А.Ф. Можайский (при поддержке руководителя Палаты мер и весов, известного учёного Д.И. Менделеева) получил в Российской империи первый в мире патент на изобретенный им самолёт [3]. В 1896 г. профессор Н.Е. Жуковский восстановил траекторию трагически закончившегося полёта планера инженера О. Лилиенталя и дал первый в мировой истории научный анализ причин авиакатастрофы, положив начало научному подходу к обеспечению безопасности полёта [2]. В 1909 г. в Императорском Московском техническом училище создана аэродинамическая лаборатория. В 1912 г. все вопросы воздухоплавания и авиации изъяты из ведения Главного инженерного управления Военного министерства Российской империи и переданы в Воздухоплавательную часть Главного управления Генерального штаба.

Республиканский этап (1917-1922 гг.). После Февральской революции 1917 г. Временное правительство Российской империи провозгласило Российскую республику. После Октябрьской революции того же года Второй Всероссийский съезд Советов рабочих и солдатских депутатов провозгласил Российскую Советскую республику. В этом же году образован Комитет по военным и морским делам Российской Советской республики, переименованный вскоре в Совет народных комиссаров (Совнарком) по военным и морским делам и на его основе создан Народный комиссариат (Наркомат) по военным делам. По приказу Совнаркома по военным и морским делам образована Всероссийская коллегия по управлению Воздушным флотом Российской Советской республики. В 1918 г. Наркомат по военным делам Российской Советской республики заменил Всероссийскую коллегия по управлению Воздушным флотом, образовав Главное управление

Рабоче-Крестьянского Красного воздушного флота (Главвоздухфлот) [1, 4-5]. В этом же году Пятый Всероссийский съезд Советов рабочих, солдатских, крестьянских и казачьих депутатов принял Конституцию РСФСР, в которой было закреплено новое название республики. В том же году руководить авиационной отраслью республики стало Главное управление объединённых авиационных заводов Высшего совета народного хозяйства РСФСР. Для руководства Военно-воздушными силами непосредственно на фронте Гражданской войны в сентябре 1918 года создается Полевое управление авиации и воздухоплавания действующей армии (Авиадарм), а также аналогичные управления при штабах фронтов и армий. В 1921 г. принят Декрет Совнаркома РСФСР "О воздушных передвижениях", в котором впервые устанавливались правила полётов советских и иностранных самолётов и дирижаблей над всей территорией и территориальными водами республики. В этом же году Приказом Революционного военного совета РСФСР "О введении в действие Положения о Главном управлении Рабоче-Крестьянского Красного воздушного флота" определено и утверждено, что Главвоздухфлот ведает "...техническим освидетельствованием имущества и материалов, поступающих в распоряжение воздушного флота от производственных и довольствующих органов и наблюдением за выполнением заказов Главного управления воздушного флота на местах их производства, как в процессе самого производства, так и за выпускаемыми готовыми фабрикатами..." [6]. Согласно тому же Приказу, на Главвоздухфлот "...возлагается: а) рассмотрение всех теоретических, технических и практического применения воздушного флота вопросов и предположений и составление заключений по этим вопросам, б) рассмотрение проектов изобретений и усовершенствований по всем отраслям воздушного флота, в) рассмотрение и установление образцов и типов специального имущества воздушного флота, а также выработка технических условий применения последнего, г) рассмотрение специальных руководств и инструкций, наставлений, описаний и пособий по вопросам техническим и вопросам применения средств воздушного флота (тактики)..." [6]. В 1922 г. создана Главная инспекция Воздушного флота при Главвоздухфлоте (Инспекция Главвоздухфлота), призванная разрабатывать мероприятия по развитию гражданской авиации РСФСР и осуществлять контроль за деятельностью гражданской авиации на всей территории республики [1, 4-5]. Параллельно создаются Московский, Петроградский, Южный и другие окружные управления Воздушного флота.

Союзный этап (1922-1923 гг.). После создания СССР, 9 февраля 1923 года Совет труда и обороны принял постановление о возложении технического надзора за воздушными линиями на Главное управление воздушного флота и об организации Совета по гражданской авиации. Этот день стал считаться датой образования гражданской авиации СССР. В 1923 г. был создан Ко-

митет эталонов и стандартов (КЭС) при Главной палате мер и весов. КЭС разработал ряд стандартов на меры длины, резьбы, калибры; были разработаны проекты стандартов на систему допусков и посадок. Все ранее действующие эталоны и стандарты авиационной отрасли вошли в общую систему и были подчинены единой системе мер и весов СССР.

Результаты исследования показали и подтвердили, что тенденцией развития стандартизации и сертификации АТ в Российской империи и РСФСР в конце XIX века - начале XX века можно и должно считать постепенный переход на разработку отечественных конструкций авиамоторов, самолётов, их оборудования и вооружения, а также их выпуск большими партиями. При этом импортозамещение АТ из Европы и Северной Америки зачастую происходило при коренной конструкторской и технологической переработке закупленных лицензионных образцов импортной техники. Этот принцип сохранился надолго. Стоит отметить, что стандартизация и сертификация АТ в России в 1881-1923 гг. обус-

ловили создание единой технологической базы широкого развития гражданской авиации СССР в 1922-1991 гг. **П**

Литература

1. Бурова А.Ю. Сертификация авиационной техники: Учебное пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: ЛЕНАНД, 2019.
2. Жуковский Н.Е. О гибели воздухоплатателя Отто Лилиенталя (Речь) / Жуковский Н.Е., Полн. собр. соч. Т. 9. - М.-Л.: Изд-во ОНТИ НКТП СССР, 1937.
3. Крылов В.Я. Александр Фёдорович Можайский. Жизнь замечательных людей. - Л.: Молодая гвардия, 1951.
4. Мищенко С.В., Пономарев С.В., Пономарева Е.С., Евлахин Р.Н., Мозгова Г.В. История метрологии, стандартизации, сертификации и управления качеством. -Тамбов: ТГТУ, 2004.
5. Пономарев С.В., Мищенко Е.С. История стандартизации и сертификации. - Тамбов: ТГТУ, 2009.
6. Приказ Реввоенсовета РСФСР от 03.10.1921 N 2186 "О введении в действие Положения о Главном управлении Рабоче-Крестьянского Красного воздушного флота".

Связь с автором: frambe@mail.ru

УДК 621.45.00.112.03.54-225

КРИТЕРИЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ИСПРАВНОСТИ ТУРБОРЕАКТИВНОГО ДВУХКОНТУРНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО ЧАСТОТАМ ВРАЩЕНИЯ ЕГО РОТОРОВ В ПОЛЁТЕ

Вадим Михайлович Новичков, доцент

Аделия Юрьевна Бурова, старший преподаватель,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования (ФГБОУ ВО) "Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)" (МАИ)

Рассмотрены вопросы, связанные с автоматизацией контроля рабочих параметров турбореактивного двухконтурного двигателя. Описан критерий автоматической оценки исправности такого двигателя по совокупности соотношений заданных и измеряемых значений частоты вращения его ротора низкого давления и соотношений заданных и измеряемых значений частоты вращения его ротора высокого давления. Приведены формулы взаимосвязи этих значений.

The questions connected with automation of control of working parameters of the turbojet two-circuit engine are considered. The criterion for automatic evaluation of the serviceability of such an engine is described by the combination of the ratio of the set and measured values of the rotation frequency of its low-pressure rotor and the ratio of the set and measured values of the rotation frequency of its high-pressure rotor. Formulas for the relationship of these values are given.

Ключевые слова: критерий автоматической оценки, ротор высокого давления, ротор низкого давления, турбореактивный двухконтурный двигатель, частота вращения.

Keywords: automatic evaluation criterion, high-pressure rotor, low-pressure rotor, turbojet two-circuit engine, speed.

Аварии и катастрофы самолётов Boeing 737 MAX и Superjet 100 привели к ужесточению требований к автоматическому контролю исправности турбореактивных двухконтурных двигателей (ТРДД) авиалайнеров в полёте [1-2].

Цель исследования - формализация критерия автоматической оценки исправности ТРДД по частотам вращения его роторов в полёте.

В результате исследования установлено, что критерием такой оценки можно и должно считать **СОВОКУПНОСТЬ** соотношений минимально допустимого n_{1min} , измеряемого n_{1mid} и максимально возможного n_{1max} значений частоты вращения ротора низкого давления по формуле (1) и соотношений минимально допустимого n_{2min} , измеряемого n_{2mid} и максимально возможного n_{2max} значений частоты вращения ротора высокого давления по формуле (2) с учётом производных этих частот $C_1 dn_{1mid}/dt$ и $C_2 dn_{2mid}/dt$, если коэффициенты C_1 и C_2 зависят от динамических свойств роторов [3-4]:

$$\begin{cases} n_{1min} < n_{1min} + C_1 dn_{1mid}/dt < n_{1max} \\ n_{2min} < n_{2min} + C_2 dn_{2mid}/dt < n_{2max} \end{cases}$$

Достоверность результатов исследования подтверждается их соответствием результатам известных разработок [5]. Предложенный критерий позволяет своевременно определять возникновение неисправности ТРДД в полёте ПРИ КОНТРОЛЕ соотношений заданных и измеряемых значений частот вращения обоих его роторов **ОДНОВРЕМЕННО**.

Применение такого критерия повысит безопасность полёта при повреждении или эрозии рабочих лопаток ТРДД. **П**

Литература

1. Бурова А.Ю. Авиационные ТРДД - программа-прогноз на средне-срочную перспективу развития методов их модернизации и глубокого тестирования для минимизации "разнотяговости" и асимметрии тяги ТРДД и ТРДДФ самолётов ГА и ВВС // *Фундаментальные исследования*. - 2014. - № 12 (часть 9).
2. Бурова А.Ю. Сертификация авиационной техники: Учебное пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: ЛЕНАНД, 2019.
3. Новичков В.М., Бурова А.Ю. Применение ТРДД на ЛА с минимизацией "разнотяговости" для повышения безопасности полётов // *Фундаментальные исследования*. - 2015. - № 1 (часть 7).
4. Новичков В.М., Бурова А.Ю. Формализация принципа работы системы автоматического управления силовой установкой самолёта в полёте при асимметрии тяги его турбореактивных двухконтурных двигателей с минимальной "разнотяговостью" // *Фундаментальные исследования*. - 2017. - № 11-2.
5. Пат. 2306446 Российская Федерация, МПКF02С 9/42. Способ управления силовой установкой самолета/ Иноземцев А.А., Семенов А.Н., Савенков Ю.С., Саженов А.Н., Трубников Ю.А., заявитель и патентообладатель ОАО "АВИАДВИГАТЕЛЬ". - №2005136774/06. Заявл. 25.11.2005, опубл. 20.09.2007, Бюл. №26.

Связь с автором: frambe@mail.ru



АВТОМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОТЫ ТУРБОРЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Аделя Юрьевна Бузова, старший преподаватель,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования (ФГБОУ ВО)
"Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)" (МАИ)

Рассмотрены вопросы, связанные с автоматизацией контроля качества работы турбореактивных двигателей авиалайнера. Описаны особенности программного обеспечения многоуровневой оценки качества их работы в полёте. Проведена формализация такой оценки.

The issues related to the automation of quality control of airliner turbojet engines are considered. The features of the software for multi-level assessment of the quality of their work in flight are described. This assessment has been formalized.

Ключевые слова: автоматическая оценка, контроль качества, программное обеспечение, рабочие параметры, турбореактивный двигатель

Keywords: automatic evaluation, quality control, software, operating parameters, turbojet engine

Участившиеся аварии авиалайнеров из-за неисправностей их турбореактивных двигателей (ТРД) в полёте актуализируют проблему автоматической оценки качества работы таких двигателей согласно техническим регламентам [1-3].

Целью исследования явились поиски решения такой проблемы.

Одним из возможных путей её решения можно и должно считать разработку программного обеспечения многоуровневой оценки контролируемых значений рабочих параметров ТРД авиалайнера [2,4]. Оно обеспечивает непрерывный контроль k -ых рабочих параметров каждого j -го ТРД и оценку l -ых показателей взаимного соответствия значений k -ых рабочих параметров j -ых ТРД по результатам сравнительного анализа заданных и измеряемых значений этих параметров, а также выработку m -ых промежуточных оценок n -ых уровней на основе таких показателей и выработку итоговой оценки качества работы ТРД в полёте по результатам системного анализа взаимного соответствия промежуточных оценок качества их работы.

Результаты такой многоуровневой оценки качества их работы можно и должно представить в виде J -матриц $Matrix_j(L_K, M_N)$, $j=1,2,\dots,J$, по формуле (1), каждая из которых содержит результаты промежуточных оценок качества работы j -го ТРД в полёте $Result_j(l_k, m_n)$, $j=1,2,\dots,J$, $k=1,2,\dots,K$, $l=1,2,\dots,L_K$, $m=1,2,\dots,M_N$, $n=1,2,\dots,N$ [5]:

Предлагаемые матрицы можно использовать в алгоритмах автоматической оценки соотношений заданных и измеряемых значений рабочих параметров ТРД для повышения её точности. Использование этих матриц в алгоритмах управления ТРД авиалай-

нера способствует повышению безопасности полёта при управлении ими с учётом результатов автоматического анализа совокупности заданных и измеряемых значений их рабочих параметров.

Формализация многоуровневой оценки качества работы ТРД в полёте является дальнейшим развитием идеи многомерности постановки задачи контроля технического состояния таких двигателей в условиях их серийного производства и последующей эксплуатации[2]. ■

Литература

1. Афанасьев В.А., Лебедев В.А., Монахова В.П., Мышелов Е.П., Ножницкий Ю.А. Техническое регулирование и управление качеством. - М.: Книжный дом "Либроком", 2013.
2. Бузова А.Ю. Сертификация авиационной техники: Учебное пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: ЛЕНАНД, 2019.
3. Дворниченко В.В., Бузова А.Ю. Глубокое тестирование турбореактивных двигателей методами математической статистики для повышения их соответствия нормативам ICAO // Вестник Московского авиационного института. - 2011. - Т. 18, № 3.
4. Новичков В.М., Бузова А.Ю. Регулирование асимметрии тяги ТРДД магистрального самолёта в полёте // Труды 28-й Международной научно-технической конференции "Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации" (Алушта, 2019). - М.: Издательский дом МЭИ, 2019.
5. Соболев А.Б., Вигура М.А., Рыбалко А.Ф., Рыбалко Н.М. Матрицы, определители, системы: Учебное пособие. - Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005.

$$Matrix_j(L_K, M_N) = \begin{pmatrix} Result_j(1,1) & Result_j(1,2) & \dots & Result_j(1,M_N) \\ Result_j(2,1) & Result_j(2,2) & \dots & Result_j(2,M_N) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Result_j(L_K,1) & Result_j(L_K,2) & \dots & Result_j(L_K,M_N) \end{pmatrix} \quad (1)$$

Связь с автором:
frambe@mail.ru

СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ФАЗ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ: ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ

Леонид Вениаминович Мадорский, к.т.н., доцент Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС)

Приведен подробный анализ и рассмотрена эволюция развития систем регулирования фаз газораспределения двигателей автомобилей. Изложены конструктивные особенности и принцип действия каждой системы, что позволяет своевременно распознавать внешние признаки типичных неисправностей. Показаны возможности диагностирования технического состояния систем на основе физики процесса проявления неисправностей.

The detailed analysis and evolution of development of systems of regulation of phases of gas distribution of engines of cars is resulted. The design features and the principle of operation of each system are described, which allows to recognize the external signs of typical faults in a timely manner. The possibilities of diagnosing the technical condition of systems based on the physics of the process of manifestation of irregularities are shown.

Ключевые слова: фазы газораспределения, клапаны, распределительный вал, коллектор двигателя.
Keywords: timing phases, valves, camshaft, engine intake manifold.

Работа газораспределительного механизма (ГРМ) заключается в качественном и своевременном наполнении и очистки цилиндров работающего двигателя и зависит не только от пропускной способности клапанов, но и от фаз газораспределения. Однако постоянные фазы газораспределения не позволяют создавать оптимальные процессы смесеобразования. Для оптимизации процесса газообмена на различных оборотах (холостого хода, максимального крутящего момента, максимальной мощности) требуется разная ширина фаз. При небольшом времени открытия клапанов лучше формировать "узкие" фазы газораспределения, а при длительном открытии - "широкие" с одновременной регулировкой продолжительности перекрытия клапанов - времени, когда оба клапана открыты (выпускной - еще не закрыт, а впускной - уже открыт). В результате появляется возможность распределить увеличившиеся значения мощности и крутящего момента в более широком рабочем диапазоне оборотов двигателя.

Обычные "жесткие" распределительные валы с фиксированной формой профилей кулачков не могут изменять фазы газораспределения в зависимости от оборотов двигателя. Для решения этой проблемы конструкция современных ГРМ дополнена электронной системой подстройки фаз газораспределения под различные режимы работы двигателя.

Для диагностирования по внешним признакам важно определить название применяемой системы регулирования фаз газораспределения и знать принцип ее действия. Причем однотипные системы могут иметь разные названия на различных моделях двигателей. Аббревиатура названия системы обычно отформована на крышке головки блока цилиндров (декоративной крышке), закрывающей двигатель. При ее отсутствии придется призывать на помощь маркировку двигателя или VIN-код модели.

Вначале при изменении оборотов двигателя названные системы смещали фазы газораспределения путем изменения углового

положения вращающегося распределительного вала относительно звездочки привода в направлении вращения (рис. 1).

Всем процессом руководит электронный блок управления (ЭБУ), который собирает данные с различных датчиков и позволяет осуществлять переход на работу с широкими фазами только на прогревом двигателя. Это следует учитывать при подозрительных признаках работы рассматриваемой системы.

Для углового изменения положения распределительного вала его соединили с зубчатым шкивом или звездочкой привода через фазовращатель - специальную гидравлическую муфту, управляемую клапаном (золотниковым распределителем с электромагнитным управлением). В торце клапана установлен соленоид - электромагнитный клапан (ЭМК), который отвечает за движение золотника (рис. 2). По командам ЭБУ открываются соответствующие каналы подвода масла, расположенные в корпусе механизма газораспределения, к одной из сторон лопастей фазовращателя. После того как ЭБУ "поймет", что распределительный вал повернут на нужный угол, каналы перекрываются, и вал будет далее удерживаться в заданном положении. Рабочей жидкостью является масло из смазочной системы двигателя.

Система VVT-i обеспечивает большую экономию топлива и настолько эффективно снижает выбросы вредных продуктов сгорания, что отпадает необходимость в системе рециркуляции выхлопных газов EGR [5].

Внешними признаками неисправности в системе VVT-i являются отсутствие оборотов холостого хода, неустойчивая работа двигателя на низких оборотах (2000...2500 мин⁻¹) и ухудшение динамики движения автомобиля. Часто эту проблему связывают с подсосом постороннего воздуха. Однако в ГРМ с гидравлическими фазовращателями причиной может быть плохая работа названного золотникового управляющего клапана системы, например, из-за поврежденного уплотнения, способствующего проникновению обычной грязи и отложений старого масла, и деформированных внутренних резиновых колец. При таких дефектах золотник может застрять в произвольном положении, что приведет к открытию клапана без команды ЭБУ и подаче масла к

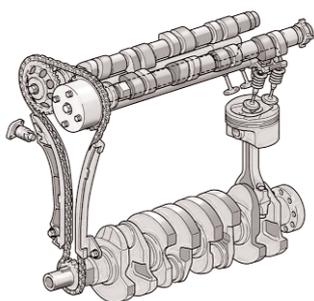


Рис. 1 Схема механизмов двигателя с системой VVTi



Рис. 2 Управляющий клапан системы

фазовращателю, который несанкционированно повернет распределительный вал на опережение. Теперь двигатель с настроенным "на скорость" распределительным валом создает условия для увеличения продолжительности перекрытия клапанов. Возрастет прорыв отработавших газов во впуск с последующим ухудшением качества поступающей рабочей смеси. Двигатель будет неустойчиво работать на низких оборотах, увеличатся максимальные значения оборотов двигателя, работающего без нагрузки. Из-за плохого наполнения цилиндров возможна остановка даже прогретого двигателя в режиме холодного хода. Однако на высоких оборотах такой дефект не повлияет на работу двигателя - скажется влияние инерции потока топливоздушной смеси.

В действительности при пуске и на оборотах холодного хода ЭМК выключен и управляющий клапан изначально закрыт, чтобы удерживать поворотную часть фазовращателя в исходном положении, обеспечивая максимальный угол задержки. В этом режиме положение золотника будет определяться только усилием пружины из-за маленького давления в смазочной системе двигателя, которое еще не способно сдвинуть фазовращатель.

Для проверки клапана VVTi имеет смысл отключить его соленоид, который отвечает за движение клапана. ЭБУ включит аварийный режим, при котором распределительный вал займет исходное положение для минимального перекрытия впускных клапанов, и дополнительный поворот исключается. Приёмистость, конечно, пострадает. Если проблемы с оборотами исчезнут, подозрения о неисправности управляющего клапана становятся реальными. Однако не следует считать, что проверяемый клапан совсем не работает. Просто он работает некорректно, и соответственно автомобиль ведет себя по-разному. Так, утром плохо разгоняется, а во второй половине дня динамика движения может улучшиться.

Если симптомы проблем с холостым ходом не исчезнут, искать причины следует в двигателе - в регуляторе холостого хода или в неконтролируемом подсосе воздуха.

Фазовращатель и клапан VVTi работают в тандеме, поэтому при плохой работе системы, следует подозревать и "фазик". Особенно при отчетливом металлическом треске со стороны верхней части двигателя после холодного пуска (возможно, гремит приводная звездочка в гидравлической муфте). Однако на прогретом двигателе такой нездоровый цокающий звук может стать очень тихим или вообще пропасть. Поможет связать данный признак с предполагаемой неисправностью рассмотренное предположенное по отключению соленоида в процессе работы двигателя на той же нагрузке.

Для расширения параметров регулирования в конструкциях ГРМ устанавливается второй фазовращатель на распределительный вал выпускных клапанов (система *Dual VVTi*).

В дальнейшем отказались от гидравлического привода фазовращателей - для изменения положений распределительных валов необходимо было создать определенное давление моторного масла, которого иногда не хватало. Хотя, такое условие уже нездоровая ситуация для работающего двигателя. Внедрили электрические моторы, которые притормаживают или ускоряют вращение распределительных валов. Теперь работа системы VVTiE перестала зависеть от оборотов и температуры двигателя.

Аналогичным образом системой VVT регулируются фазы газораспределения на двигателях автомобилей *Volkswagen*, поэтому и внешние признаки рассмотренных неисправностей будут похожими.

На двигателях BMW подобная система *Vanos* меняет угловое положение распределительного вала впускных клапанов, воздействуя на приводную звездочку вала, путем раздвижения внутри нее поршня - исполнительного механизма поворота с косозубыми шлицами (рис. 3). Давление масла, действуя на поршень с разных сторон, вызывает его перемещение вперед или назад. Таким образом, на различных режимах работы двигателя преобразуется возвратно-поступательное движение названного поршня во вращательное движение шестерни распределительного вала, установленной внутри поршня.

Давление масла в приводе поршня регулируется известным золотниковым распределителем, соленоид которого работает по ко-

мандам ЭБУ на основании показаний датчика положения распределительного вала. Датчик определяет текущее угловое положение вала и информирует ЭБУ для сравнения измеренного значения с заданным углом. Регулирование учитывает и показатели системного давления масла, его температуры, числа оборотов двигателя.

Внешними признаками неисправности системы *Vanos* являются плохая динамика работы двигателя при оборотах до 3000 мин⁻¹ и рокот в передней части головки блока цилиндров при перегазовках, повышенный расход топлива, затрудненный пуск при низких температурах.

Причины подобных неисправностей возникают теперь в поршне, уплотнительные кольца которого со временем теряют эластичность и "дубеют". Из-за возникшей негерметичности поршня давления масла может не хватить для дополнительного поворота распределительного вала. Потребуется большее давление масла, которое можно сформировать только на более высоких оборотах двигателя. В дальнейшем и такого повышения может окончательно не хватить для поворота валов, и *Vanos* перестанет работать. Возникнут потери динамики на "низах", двигатель начнет тяжело набирать обороты при подключении дополнительных потребителей, например, кондиционера.

Другие проблемы могут возникнуть при неисправном состоянии игольчатых подшипников поршня. В них появляется люфт, вызывающий шум при работе двигателя. Дальнейшая эксплуатация приведет уже к износу шлицевого соединения на поршне и звездочки распределительного вала и, как следствие, к неточному повороту вала. К указанным ранее системным признакам неисправности присоединится появившийся резкий механический цокот, похожий на удары подшипникового шарика о стенки алюминиевой кружки. Конечно, можно отключить *Vanos*, чтобы убедиться в источнике стука. В таком случае "подхвата" крутящего момента после 4000 мин⁻¹ не будет.

Таким же образом можно проверить гидравлический привод, отвечающий за подачу масла к поршню. Прежде всего, убедиться в исправности соленоида управляющего клапана системы. Легче такую проверку сделать для *Double Vanos*, где независимо регулируются угловые положения валов впускных и выпускных клапанов. Нужно лишь поменять местами электрогидравлические золотниковые распределители. Если проблема перейдет на другой распределительный вал - дело точно в подозрительном соленоиде.

Похожие системы, использующие поворот распределительного вала, внедрили на автомобилях CVT - KIA и *Hyundai*, *Volvo*, *General Motors*, VTC - *Honda*, VCP - *Renault*.

Однако дополнительный поворот распределительного вала, хоть и осуществляемый постоянно в зависимости от нагрузки двигателя, только перемещает фазы газораспределения, но не регулирует их ширину. Клапаны ГРМ всегда поднимаются на постоянную высоту и длительность их открытия остается неизменной.

Для изменения ширины фаз газораспределения путем дополнительного увеличения высоты подъема клапанов на двигателях *Honda* применили систему VTEC, работа которой основана на использовании наборов совмещенных кулачков разного профиля доработанного распределительного вала. Как известно, профиль кулачков определяет продолжительность открытия и высоту поднятия каждого клапана двигателя. Первоначально система VTEC задействовала для отдельного набора из 2 впускных клапанов 3 кулачка: два крайних с обычным профилем и центральный с большей высотой профиля, который вступает в работу при включении VTEC (рис. 4). Коромысел или рокеров, соответственно, тоже было три.

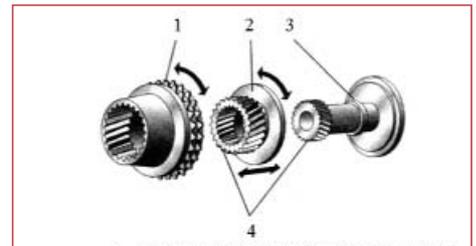


Рис. 3 Элементы системы *Vanos*:
1 - звездочка привода распределительного вала;
2 - поршень; 3 - распределительный вал;
4 - косозубые шлицы

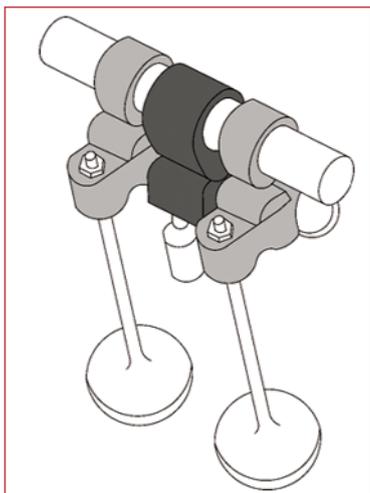


Рис. 4 Система VTEC

При работе двигателя на малых и средних оборотах открытие впускных клапанов обеспечивается крайними кулачками через свои коромысла (рокеры). При повышении оборотов вступает в работу гидравлический узел системы (рис. 5).

По команде ЭБУ с помощью соленоида системы сдвигается подпружиненный плунжер управляющего клапана. В результате открывается канал подачи масла для блокировки наборов коромысел (рокеров) с помощью перемещающегося внутри них штифта. Теперь все три коромысла (рокера) образуют единую конструкцию, траекторию движения которой задает большой кулачок, ранее незанятый работой - вращался вхолостую. Оба клапана открываются на большую глубину, что позволяет дополнительно наполнить цилиндры новой рабочей смесью и отвести больший объем "отработки". Так VTEC имитирует ранее рассмотренный дополнительный поворот распределительного вала.

От системного давления масла включение соленоида клапана VTEC не зависит. Датчик давления системы лишь контролирует вступление в работу управляющего клапана, при открытии которого поступает масло (порог срабатывания датчика около 2 кгс/см²). Отказ функционирования соленоида управляющего клапана приводит к выключению VTEC, и двигатель продолжает работать в обычном режиме, о чем сообщает недремлющий индикатор "Check engine".

Обязательными начальными условиями включения VTEC являются: скорость автомобиля выше 20 км/ч и температура охлаждающей жидкости выше 60...70 °С. Также команда на включение может учитывать разрежение во впускном коллекторе двигателя и степень открытия дроссельной заслонки. Так, при полностью открытой заслонке смена фаз газораспределения произойдет на оборотах 4800 мин⁻¹, а при меньшем угле - на 5300 мин⁻¹[1]. Принято считать, что в штатном режиме VTEC включается примерно на 5500 мин⁻¹ и выключается при 4600 мин⁻¹. Притом, на американских автомобилях Honda CR-V система может включаться на 5400 мин⁻¹, а на европейских - на 5800 мин⁻¹[3]. Поэтому контролировать работу системы по оборотам двигателя нерационально. Целесообразно считать, что VTEC - это общее название семейства различных применяемых систем: одновального SOHC VTEC, двухвального DOHC VTEC, экономичного VTEC-E, трехрежимного 3-stage

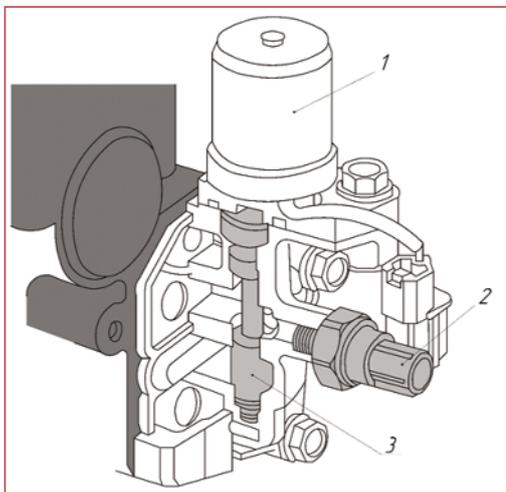


Рис. 5 Гидравлический узел системы VTEC: 1 - соленоид управляющего клапана; 2 - датчик давления масла; 3 - управляющий клапан

VTEC и интеллектуального i-VTEC, которые, несмотря на общий принцип действия, изначально функционируют при различных рабочих диапазонах оборотов двигателей.

Наиболее характерный признак нарушения работы VTEC - дергания автомобиля во время движения с небольшим

ускорением. Возможными причинами такого ставшего классическим явления могут быть неисправности датчика давления или управляющего клапана системы, а также проблемы с поступлением моторного масла. ЭБУ активирует аварийный режим двигателя с максимальным порогом 2500 мин⁻¹ и прекращает обмен данными с блоком системы динамической стабилизации VSA, который включает свои индикаторы на панели, сообщая о приостановке работы.

Если на работающем двигателе отключение датчика давления VTEC вызовет сообщение об ошибке - загорание известного индикатора, электрическая проводка к датчику в исправном состоянии. Также следует учитывать и состояние прокладки-фильтра гидравлического узла на работу системы.

Подергивания автомобиля в движении могут зависеть и от температуры. Периодически они могут наблюдаться на непрогретом двигателе, но по мере прогрева - прекращаться. Причиной является забитый жиклер на торце плунжера управляющего клапана, через который стравливается масло в картер для быстрого возвращения плунжера в исходное положение при выключении соленоида.

Подергивания автомобиля в похожей системе VTEC-E будут иметь другую причину. Здесь задействованы только два впускных клапана с несколько разными профилями кулачков. Сначала полностью опускается только один клапан для поступления бедной рабочей смеси в цилиндр двигателя с целью улучшения топливной экономичности (6,7 литра бензина на 100 километров при движении в городе) для формирования максимальной тяги на "низах" при работе 12 клапанов на 16-клапанном 4-цилиндровом двигателе. С возрастанием оборотов количество топлива увеличится и для обогащения смеси оба коромысла соединятся известным способом с помощью перемещения штифта. Теперь оба клапана будут открываться полностью. Включение системы VTEC-E происходит при оборотах 2500 мин⁻¹. Чувствуете разницу, необходимую для самостоятельного определения причины неисправности, по сравнению с другими видами VTEC.

Аналогично выполнена конструкция и работа системы на двигателях семейства Ecotec на автомобилях Opel и Chevrolet.

В трехрежимной системе SOHC VTEC каждый из трех кулачков отвечает за формирование: экономичного режима работы двигателя на низких оборотах путем использования только одного из впускных клапанов (подобно VTEC-E); номинального крутящего момента на средних оборотах за счет полного открытия двух впускных клапанов (подобно обычному двигателю SOHC); смещенного пика максимальной мощности на высоких оборотах в результате вступления в работу центрального кулачка с высоким профилем (подобно VTEC). Реализуют такое трехступенчатое переключение два соленоида - главный признак внешнего отличия 3-stage VTEC.

Предложенное ступенчатое изменение ширины фаз тоже не является достаточным. Для более точной подстройки фаз газораспределения под режимы работы двигателя следует не только непрерывно перемещать фазы, но и одновременно изменять их ширину. Появились более совершенные системы, реализующие оба способа регулировки фаз газораспределения в зависимости от оборотов двигателя.

На нынешних двигателях автомобилей Honda применяются интеллектуальные системы SOHC i-VTEC и DOHC i-VTEC, имеющие непохожие схемы функционирования. Например, DOHC i-VTEC работает совместно с системой VTC, тогда как одновальный SOHC i-VTEC - индивидуально. Возможно этим и объясняется значения рабочего диапазона одновального "умного" i-VTEC - от 1000 до 3500 об/мин [3]. Теперь стало возможным получать желательный крутящий момент на "низах". На "верхах" осуществляется стандартный режим работы.

Приведенный анализ рабочих оборотов объясняет известную проблему для водителей по самостоятельному определению момента включения любого VTEC. Действительно, многое зависит от динамики автомобиля. При плавном ускорении момент включения VTEC легко ощутить, но при резком разгоне можно и "промахнуться".

Еще одним примером может служить работа системы DOHC

i-VTEC, состоящая из ставших подсистемами VTC с фазовращателями и DOHC VTEC с различными на цилиндр по профилю кулачками распределительного вала. Здесь VTC непрерывно работает от 2500 мин⁻¹, постоянно изменяя угловое положение вращающегося распределительного вала впускных клапанов в зависимости от нагрузки на двигатель. Сложность для диагностирования представляет основная подсистема DOHC VTEC, которая может содержать для каждого набора клапанов по три кулачка впускного и выпускного распределительных валов с порогом включения 5800 мин⁻¹ (стандартная схема VTEC) или по два кулачка впускного распределительного вала с порогом включения 2500 мин⁻¹ (схема VTEC-E).

Аналогично работает похожая интеллектуальная система VVT-i автомобилей Toyota - как итог, двигатель хорошо "тянет на низах" и "выстреливает на верхах", одновременно улучшается топливная экономичность. Сначала вступают в работу фазовращатели традиционной системы VVT-i, а на оборотах 6000 мин⁻¹ ЭБУ подключает "лифт клапанов" посредством управляющего клапана, практически идентичному VVT-i. На распределительном вале имеются два кулачка с разными профилями, которые вступают в работу последовательно, воздействуя на коромысло каждой пары впускных клапанов. Для эффективности мощностного режима работы двигателя давление масла перемещает стопорный штифт, который подпирает шток, активируя подпружиненный толкатель высокопрофильного кулачка. Теперь клапаны будут открываться на большую высоту, обеспечивая автомобилю большой рывок при ускорении. Процесс перехода на широкие фазы газораспределения контролирует датчик положения распределительного вала и датчик давления масла гидравлического узла системы.

Однако такая схема работы гидравлического привода управления высотой подъема клапанов оказалась не до конца доведенной, причем добавились проблемы с экологией. В ряде случаев стопорный штифт не успевал за один оборот распределительного вала занять рабочее положение и его взаимодействие с подпружиненным штоком непременно сопровождалось соударениями. В результате образовавшегося износа обеих деталей усилие штифта могло оказаться недостаточным, что обеспечивало работу только низкопрофильного кулачка.

Во всех случаях диагностирование рассмотренных систем следует начинать с проверки уровня моторного масла и натяжения цепи (ремня) привода ГРМ.

Внедрение на автомобилях BMW бездрессельной системы смесеобразования *Valvetronic* позволило перейти от дискретной подстройки фаз газораспределения к непрерывной путем плавного изменения высоты подъема впускных клапанов в зависимости от оборотов коленчатого вала. От влияния положений дроссельной заслонки на момент смены фаз газораспределения отказались. Наполнение цилиндров двигателя регулируется подъемом впускных клапанов в зависимости от оборотов, а не за счет дросселирования потока. В штатном режиме дроссельная заслонка "отдыхает", оставаясь открытой, поэтому давление во впускном коллекторе близко к атмосферному. Для формирования разрежения, необходимого для работы некоторых систем и механизмов, устанавливается вакуумный насос.

В таком навороченном ГРМ классическое звено "распреде-



лительный вал - коромысло - клапан" дополнили эксцентриковым валом с шаговым электродвигателем и промежуточным рычагом с пружиной (рис. 6). Электродвигатель с помощью червячной передачи постоянно меняет угол поворота эксцентрикового вала в зависимости от режимов работы двигателя. Вращение эксцентрикового вала изменяет положение плеч промежуточного рычага, который, в свою очередь, задает необходимую свободу движения коромыслу и соответствующее ему перемещение клапана.

Если система *Valvetronic* исправна, то при включении зажигания клапаны всегда приводятся в исходное положение, соответствующее их максимальному открытию. Датчик эксцентрикового вала, обычно размещенный в корпусе приводного электродвигателя, информирует ЭБУ о текущем положении вала для сравнения с заданными значениями. Если распознавание текущего положения невозможно, ЭБУ включит аварийный режим. Эксцентриковый вал активизирует распределительный вал для занятия клапанами исходного положения, а наполнение цилиндров двигателя начнет регулироваться вступившей в работу дроссельной заслонкой. Полная мощность становится недоступной из-за ограничения максимальных оборотов двигателя.

Аналогичные продвинутые системы с несколько другими названиями установили и на других автомобилях: *Valvematic - Toyota*; *VEL - Nissan*; *Multi Air - Fiat*; *VTE - Peugeot*.

В эксплуатации система *Valvetronic* работает вместе с системой *Double Vanos*. В этом тандеме соответственно одна система корректирует глубину открытия впускных клапанов, а другая - моменты их начала открытия и закрытия.

Эффективная работа системы *Valvetronic* ограничивается 6000 мин⁻¹. Внешние признаки неисправности системы: неустойчивые обороты холостого хода в диапазоне 600...700 мин⁻¹, "искусственный" рабочий потолок оборотов - 4000 мин⁻¹, "тупой" разгон автомобиля до невысоких скоростей и, конечно, увеличенный расход топлива. Возможны затрудненный пуск и не адекватная реакция работающего двигателя на изменение положения педали "газа" - сказываются проблемы поступления горючей смеси в цилиндры.

Слабым элементом электрической части системы является электромотор, отказ которого остановит вращение эксцентрикового вала. К рекомендациям по отключению электромотора отношение должно быть сложным - двигатель возможно не пустит. Имеет смысл снять разъем с датчика распределительного вала впускных клапанов для тестирования нестабильно работающего двигателя. Система начнет работать в аварийном режиме. Если двигатель заработает плавно - виновата механика системы.

В первую очередь полезно осмотреть распределительный вал. Возможно, пружина, которая постоянно прижимает через промежуточный рычаг "уставший" вал к верхнему бугелю (башмаку), способствует образованию зазора между изношенной шейкой вала и ее сработанным подшипником в посадочном гнезде (постели). Ход клапанов изменится на величину, близкую величине смещения, поэтому двигатель на малых оборотах устойчиво работать не будет.

Другое направление улучшения процессов газообмена на различных режимах работы современных двигателей заключается в правильно подобранной геометрической конфигурации впускного коллектора для обеспечения лучшего наполнения камеры сгорания воздухом на всех возможных оборотах. Классическая конструкция коллектора с фиксированной длиной обеспечивала наполнение цилиндров только в узком диапазоне оборотов. В последнее время длине и форме впускного коллектора уделяется большее значение, чтобы обеспечить наилучшее соответствие конкретной модели двигателя. Конструктивное изменение геометрии впускного коллектора может быть выполнено двумя путями: изменением его площади поперечного сечения и изменением длины, которые могут применяться по отдельности или вместе. Выполнить впускной коллектор переменной геометрии удалось путем двухтрубных воздухопроводов или воздухопроводов регулируемой длины.

В зависимости от режимов работы современного двигателя можно подобрать, например, необходимую длину впускных каналов, чтобы в период впуска повысить давление перед

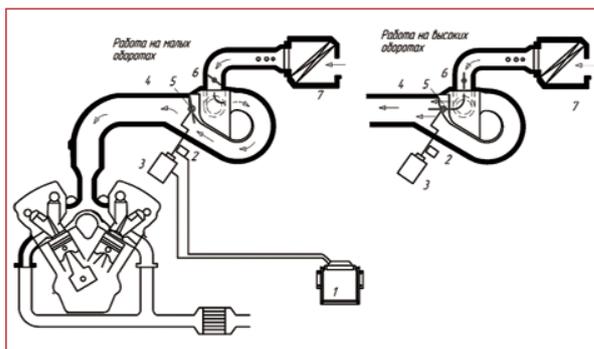


Рис. 7 Схема работы системы впускного коллектора переменной длины: 1 - ЭБУ; 2 - датчик; 3 - ЭМК; 4 - воздуховод; 5 - разделительная заслонка; 6 - дроссельная заслонка; 7 - воздушный фильтр

ды переменной длины (рис. 7).

Исследования показали, что при коротком впускном коллекторе двигатель лучше работает на высоких оборотах, а при низких оборотах более эффективен длинный впускной тракт [2].

В данных воздуховодах соответственно установили разделительную заслонку, которая закрывала или открывала короткий или длинный путь воздушному потоку в зависимости от оборотов и нагрузки двигателя. Обычно, начиная с 4200 мин⁻¹, для достижения высокой мощности положение заслонки изменяется исполнительным механизмом за счет разрежения во впускном коллекторе или с помощью ЭМК, который является элементом системы управления двигателем.

В двигателях с принудительным наддувом впускные коллекторы переменной длины не применяются, так как поступление необходимого объема воздуха в камеру сгорания происходит принудительно под избыточным давлением. В таких двигателях длина впускного коллектора минимальна, что позволяет сократить размеры двигателя и, соответственно, его стоимость [4].

Применяемые системы изменения длины впускного коллектора имеют примерно одинаковое устройство, отличия лишь в названиях: DSI - на автомобилях Ford; DIVA - BMW; VICS или VRIS - Mazda, VIS - Hyundai и Opel.

Впускные коллекторы переменного сечения могут устанавливаться и на двигателях, оборудованных наддувом (рис. 8). При движении в более узком трубопроводе воздушный поток набирает большую скорость, обеспечивая лучшее перемешивание и сгорание смеси в цилиндрах двигателя, работающего на низких и средних оборотах. При минимизации проходного сечения система EGR вступает в работу раньше для улучшения топливной экономичности работающего двигателя.

Известными системами изменения площади поперечного сечения впускного коллектора являются: IMRC или CMCV - на автомобилях Ford; T-VIS - Toyota, Twinport - Opel.

Неисправности подобных систем не приводят к явным пробле-

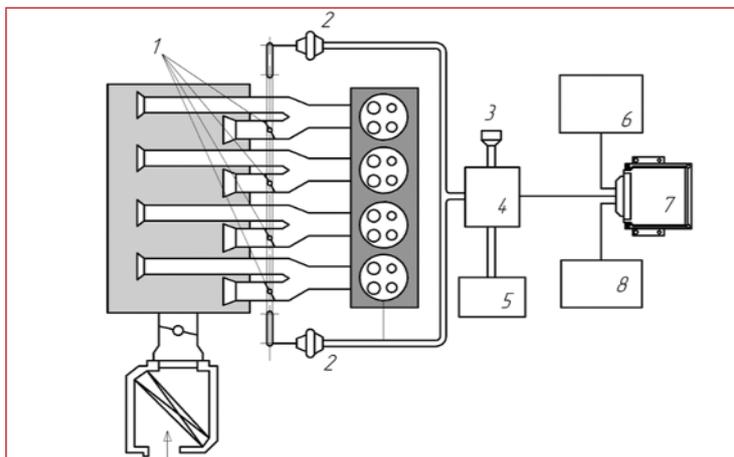


Рис. 8 Схема системы двухтрубных воздуховодов впускного коллектора: 1 - разделительные заслонки; 2 - диафрагменный клапан; 3 - воздушный соединитель; 4 - электровакуумный клапан; 5 - вакуумный аккумулятор; 6 - датчик оборотов; 7 - ЭБУ; 8 - датчик дроссельной заслонки

мам в работе двигателя - обычно наблюдается постепенная потеря мощности и, как следствие, перерасход топлива. На автомобилях с большим пробегом при работе таких систем может прослушиваться металлическое тарахтание во впускном коллекторе из-за поврежденного исполнительного механизма или посторонний шум, вызванный появлением люфтов приводов заслонок. Конечно, во всех случаях работа впускного коллектора зависит от качества и состояния прокладок.

В качестве примера выполним первоначальную оценку работоспособности системы изменения длины впускного коллектора автомобиля "Chevrolet Lacetti" по перемещению штока пневмокамеры, изменяющего положение управляющей заслонки (рис. 9).

Слабым элементом рассматриваемого привода является пневмокамера, точнее ее детали - пружина и мембрана.

На неработающем двигателе ЭМК выключен, и пневмокамера соединена с окружающей средой через открывшееся нижнее атмосферное отверстие клапана, прикрытое защитным колпачком.

Пружина пневмокамеры заставит шток полностью выдвинуться для перемещения

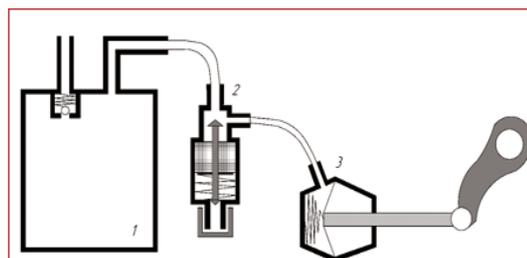


Рис. 9 Схема работы привода управляющей заслонки системы изменения длины впускного коллектора двигателя автомобиля "Chevrolet Lacetti": 1 - вакуумный бачок; 2 - ЭМК; 3 - пневмокамера

штока полностью выдвинуться для перемещения управляющей заслонки на работу впускного коллектора по короткому пути. Если шток выдвигается не до конца - пружина повреждена.

Сразу после пуска двигателя включенный ЭМК открывает доступ разрежению, образовавшемуся во впускном коллекторе, в пневмокамеру. В результате шток, преодолев усилие пружины, должен быстро и до конца втянуться в пневмокамеру для переключения заслонки на работу по длинному пути. Задвинутый шток невозможно вытянуть вручную. В противном случае повреждена диафрагма пневмокамеры. Также возможен подсос неучтенного воздуха из-за негерметичности впускного коллектора и его вакуумных шлангов, вакуумного бачка и пневмокамеры системы. Двигатель устойчиво работать на малых и средних оборотах не будет, ибо при открытии дроссельной заслонки в коллекторе возрастает давление и уменьшается разрежение, которого может не хватить для удержания поврежденной диафрагмы.

При дальнейшем повышении оборотов свыше 4200 мин⁻¹ ЭМК выключается, и шток должен быстро и до конца выдвинуться и переключить заслонку на "короткий путь" впускного коллектора. Если шток перемещается медленно или задерживается в промежуточном положении, то ЭМК попадает под подозрение. Возможно, загрязнено его нижнее атмосферное отверстие.

Литература

1. Тимофеев Е. Сдвиг по фазе / Е. Тимофеев, С. Самохин // Автомобиль и сервис. - 2007. - №7. - С. 64-68.
2. Холдерман, Д.Д. Автомобильные двигатели: теория и техническое обслуживание / Д.Д. Холдерман, Ч.Д. Митчелл - М. Издательский дом "Вильямс". 2006. - 664 с.
3. SOHCi-VTEC - "одновальник" с интеллектом [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http:// procvic.ru>honda](http://procvic.ru>honda) (дата обращения 28.01.2018).
4. Без двигателя нет движения, а следовательно нет автомобиля [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://samzan.ru> (дата обращения 8.01.2017).
5. Как работает система VVTi. Фазовращатель в ДВС [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http:// truck-hyundai.ru> (дата обращения 28.08.2019).

Связь с автором: mlv201@ya.ru

XXIII



Московский международный Салон изобретений и инновационных технологий

АРХИМЕД

24 - 27 марта 2020

Москва, Россия, Конгрессно-выставочный центр "Сокольники", павильон №2

Конкурсная программа •

Презентация высокотехнологичных проектов •

Международная выставка товарных
знаков «Товарный знак - Лидер» •

Международная научно-практическая конференция •
«Актуальные вопросы изобретательской,
и патентно-лицензионной деятельности» •

Международная выставка изобретений,
новых продуктов и услуг •

www.archimedes.ru



Заявки
на участие
принимаются до
20 февраля 2020 года
105187, г.Москва,
ул.Щербаковская, д.53, к.В,
ООО "АрхимедЭкспо",
e-mail: mail@archimedes.ru
Телефон/факс: +7(495) 366-14-65,
+7(495) 366-03-44
www.archimedes.ru

ТАНКИ НА МОНЕТАХ МИРА

ЧЕКАНКИ 2015-2019 гг.

Андрей Викторович Барановский

Выпуск монет с танками в период 2015-2019 гг. определился четырьмя датами - столетием Первой мировой войны, восьмидесятилетием начала Второй мировой войны, семидесятилетием Великой Отечественной войны и 75-летием высадки союзников в Нормандии.

Но начнем с монеты из мини серии Чешского монетного двора под названием "Изобретения Леонардо да Винчи" выпуска 2019 г. Она сделана по заказу тихоокеанского островного государства Ниуэ. На серебряной монете номиналом 1 новозеландский доллар изображен танк Леонардо.

В 1482 году Леонардо да Винчи разработал то, что он сам назвал "крытой военной машиной". Во время в своём дневнике он написал: "Я могу сделать бронированные машины, безопасные и неприступные, которые достигнут передовых рядов вражеских войск. Там они своими пушками и ружьями посеют смерть". Предполагалось, что эта машина не только пройдёт линии врага, но и обеспечит прикрытие для своих солдат, следующих за ней.

Машина Леонардо имела форму круглой палатки, по периметру её края были загнуты вверх, а на вершине был размещен небольшой пост наблюдения. Она была рассчитана на экипаж из восьми человек, которые могли вести стрельбу из этого укрытия. Коленчатый вал приводил бы колёса в движение, независимо от левой и правой сторон машины, подключённый к системе передачи.

Россия отметила 70 лет победы над Германией выпуском серии из 18 памятных пятирублевых монет. Тираж каждой монеты составил 2 млн штук. В серию вошла и "Курская битва". Несомненно, рисунок монеты навеян битвой под Прохоровкой, где наши Т-34 шли в лобовую атаку на "Тигры" и "Пантеры".

Приднестровье к 70-летию Победы выпустило медно-никелевый рубль, на котором изображен Т-34 на постаменте и горящий перед ним вечный огонь.

Из стран дальнего зарубежья Гана на серебряной монете номиналом 5 седи поместила три Т-34, идущие колонной. Вероятнее всего, указанная монета была отчеканена по заказу Сбербанка.

Зимбабве, в расчете на коллекционеров выпустила в 2017 г. набор цветных медно-никелевых монет "Танки мира" номиналом по 1 шиллингу. В серию вошли наиболее известные, принимавшие участие во Второй мировой войне. Из советских это ИС-2, Т-34/85 и КВ-1. Из немецких - "Пантера", из английских - "Черчилль" модели VII, из америка-

нских - "Шерман" и из японских - Тип 95 "Ха-Го". Судя по рисункам танков и надписей к ним, художник особенно не вдавался в историю их создания. Так, средний танк PzKpfw IV назван "Пантерой", хотя сама "кошка" присутствует на другой монете.

Монетный двор Побдждой от имени Британской Территории в Индийском океане выпустил серию серебряных и медно-никелевых памятных монет номиналом по 2 фунта "80-я годовщина начала Второй мировой войны", в которую вошли три монеты, посвящённые трём видам войск - сухопутные, морские и воздушные. На реверсе монеты "Сухопутные войска" изображён британский танкист и три танка - "Матильда", "Черчилль" и "Кромвель".

Входящие в состав Великобритании, но имеющие право чеканки собственных монет острова Гернси и Олдерни в 2019 г. отметили 75-ю годовщину высадки союзников в Нормандии. Или как говорят на Западе "Дня D", или "Dooms Day" - "День возмездия".

Для Гернси - это медно-никелевых 5 фунтов и серебряные 10 фунтов с одинаковым рисунком. На реверсе монет мы видим выполненные в цвете и позолоченные британские средний крейсерский танк "Кромвель", транспортный планёр "Эйрспид Хорса" и десантный корабль Королевского флота. Для Олдерни - это набор из трёх серебряных монет номиналом 1, 2, и 5 фунтов. На реверсе крупным планом показан солдат с оружием в руках. На заднем плане видны солдаты во время атаки и танки. Также тиражом 2019 штук выпущена монета в 5 фунтов из серебра.

Плакированная золотом монета Ниуэ от 2019 г. номиналом 2 новозеландских доллара посвящена битве при Бин Ба, произошедшей в годы вьетнамской войны.

Все остальные монеты на рассматриваемую тему посвящены танкам Первой мировой войны. Так, Великобритания в 2016 г. отчеканила две монеты в память одного из наиболее



Ниуэ танк Леонардо да Винчи 2019 реверс



Приднестровье Т-34. 70 лет победы



70 лет Победы. Курская битва



Зимбабве: танки. 8 монет 2017



О-в Гернси. 75 лет "дню D". 5 фунтов 2019

О-в Олдерни. Набор из трёх монет к 75 годовщине "День - D"



Ниуэ. 75 лет Сталинградской битвы. Золото. Реверс 2017



Ниуэ. К битве под эль Аламейном. Золото. Реверс. 2017



Англия. Битва на Сомме. Золото и серебро





Французские арктические территории: набор 4 монет (avers-реверс) Танки 1-й мировой войны

кровавых сражений этой войны - битвы на Сомме. Одна из золота, вторая - из серебра. Обе монеты имеют номинал по 5 фунтов стерлингов и одинаковый рисунок - танк и идущие в атаку пехотинцы.

К столетию этой же битвы от имени островов Тристан да Кунья выпущена серия из шести монет номиналом в 1,5 и 10 крон под названием "Чтобы помнили". Все имеют одинаковый рисунок - танк и идущие в атаку пехотинцы. Одна монета из серебра и 4 из медно-никелевого сплава, две из которых плакированы золотом и одна серебром. Шестая монета имеет номинал 10 крон огромных размеров и большого веса - 289 г. На реверсе её, полностью покрытом золотой плакировкой, собраны воедино сюжеты однокроновых монет. Среди них показан и Mk-IV. Слева и справа от номинала расположены две вставки из красных кристаллов Сваровски.

Битва на Сомме длилась с 1 июля по 18 ноября 1916 года на берегах одноименной реки. Первая в истории мировых войн танковая атака состоялась у деревни Флер 15 сентября 1916 года, в которой было задействовано 49 боевых машин модели Mk.1. Но из-за низкой технической надёжности в атаке участвовало только 18 танков, остальные вышли из строя из-за неполадок или застряли в болоте. Тем не менее, участвовавшие в сражении танки смогли продвинуться вглубь обороны на 5 км за 5 часов. Причём потери англичан в этой наступательной операции оказались в 20 раз меньше обычных.

Изображение улучшенной модели, а это Mk-IV мы видим на нескольких монетах. Это 10 серебряных долларов Соломоновых островов выпуска 2018 г. Монета посвящена битве при Хемеле (BattleforHamel) на севере Франции, которая состоялась 4 июля 1918 г. В ее ходе была осуществлена успешная атака австралийской армии и пехоты армии США, поддержанной британскими танками.

Еще раз битва при Хемеле с изображением Mk-IV нашла отражение на одной из трех памятных монет Австралии номиналом по 50 австралийских центов. Серия отчеканена из серебра и посвящена 100-летию заключения перемирия в 1918 г.

Франция в 2017 г. начала выпуск серии памятных монет "Модернизация на войне. Танки и авиация". Монеты из золота имеют номинал в 50 и 200 евро, из серебра - 10 евро. Первая монета серии посвящена первым танкам и самолётам 1917 года. Судя по рисунку на монете, это танки

модели "Сед-Шамон" (1916 г.). Золотые 50 евро отчеканены символическим тиражом в 1917 экземпляров.

А вот на четырёх медных монетах номиналом по 50 франков французского антарктического острова Кергелен (Арктические территории Франции) не только даны точные рисунки танков Первой мировой, но и указаны их марки. Это английский Mk-IV, немецкий AT-1, французский FT-7 и российский - точная копия FT-7. Эти танки поставлялись русской армии в годы этой войны. А уже в советской России "Красное Сормово" выпустило 15 таких танков под названием "Рено Русский" или "М". Впервые этот танк появился на российской монете в 1 рубль, выпущенной в 2010 г. в серии "Танковые войска".

Renault FT-17 изображен также на австралийской многоугольной монете в 50 центов "Битва при Амьене".

Битва при Амьене состоялась 13 августа 1918 г. у французского города Амьен. Она завершилась прорывом германского фронта и победой войск Антанты.

В битве союзники широко применяли танки, но потери их были колоссальны. Так, за первый день боев из 415 танков союзники потеряли около 100 машин. После окончания сражения у союзников только 38 остались целы.

Еще раз FT-17 изображен на серебряном долларе тихоокеанского острова Ниуэ чеканки 2014 г.

Французский танк Renault FT-17 - пожалуй, самый удачный танк Первой мировой. Он стал "первым" по трем показателям - первый в мире серийный легкий танк, первый танк с классической компоновкой и первый танк с вращающейся башней. Идея его разработки пришла полковнику Этьену в 1916 году, когда он решил, что армии очень нужен тип танка для сопровождения пехоты. В итоге было решено создать небольшую дешевую машину, идеальную для массового производства. Таких машин планировалось выпускать по 20 - 30 в день, что позволило бы полностью оснастить французскую армию танками.

Разработкой новой машины занялась фирма Рено. В итоге в 1917 году на свет появился Renault FT-17. Он весил 6,5 т при толщине брони 16 мм, имел скорость до 9 км/ч и был вооружен одной 37-мм пушкой или одним пулеметом. Наличие вращающейся башни увеличивало маневренность огня, что позволяло сократить количество единиц вооружения сравнительно с безбашенными танками.



Франция 2017 серия 1-я мировая. Танки, самолет. Серебро



Соломоновы острова 1-я мировая. Битва при Hamel. Танк Mark IV



ТАНКИ ОТ И ДО

Олег Никитич Брилёв,

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



(Продолжение. Начало в 6-2014 - 4-2019)

В конце 1979 года на части машин устанавливаются новая 125-мм танковая пушка 2А46М-1, новый стабилизатор вооружения 2Э42, система управления огнём 1А33-1, комплекс управления ракетным вооружением 9К112-1, модернизированный механизм заряжания 6ЭЦ40-2С и новые сплошные резинометаллические экраны. Кроме того, небольшая часть танков Т-64Б оснащается комплектом навесной динамической защиты (ДЗ) от кумулятивных снарядов и ПТУР "Контакт", состоящей из 265 контейнеров с двумя элементами ДЗ в каждой. Элемент динамической защиты состоит из двух металлических пластин и взрывчатого вещества между ними.

Серийное производство танков Т-64Б с комплектом навесной динамической защиты осуществлялось одновременно с всесторонними испытаниями этой системы, которая имела как сторонников, так и противников. Сторонники доказывали, что при незначительном увеличении массы танка удалось значительно повысить его противоснарядную защиту. Противники утверждали, что при детонации комплекта динамической защиты есть опасность сильной контузии экипажа. Что однажды во время испытаний динамической защиты и произошло.

Танк был повреждён, и Министр обороны её принятие на вооружение запретил. Однако жизнь всё расставила по своим местам: успешное применение израильянами нового типа защиты в ходе боевых действий на Ближнем Востоке привело к окончательному решению данного вопроса и комплектами навесной динамической защиты стали оснащаться все основные боевые танки СССР.

В соответствии с решением Военно-промышленного комиссии к 1983 году была разработана техническая документация на установку в ходе капитального ремонта на танках Т-64Б и Т-64Б-1 комплекта навесной динамической защиты "Контакт". Модернизированный вариант танков был принят на вооружение приказом МО СССР № 07 от 14 января 1985 года под маркой Т-64БВ и Т-64БВ-1.



Танк Т-64БВ

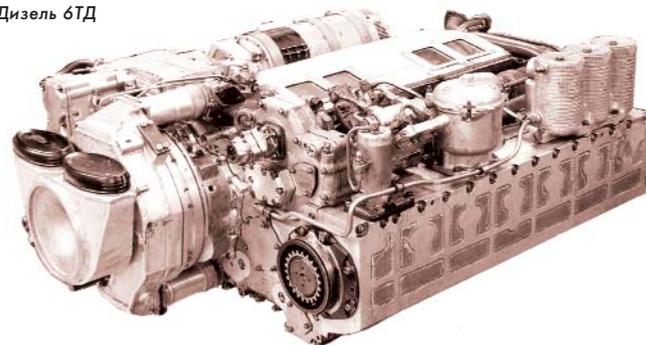
Боевая масса танка возросла до 42,4 тонн. В связи с установкой динамической защиты пусковые установки системы 902Б "Туча-2" были перенесены с лобовой части башни на её левый борт и сгруппированы на двух кронштейнах по четыре пусковые установки. Несколько изменилась укладка ящиков с аппаратами АТ-1: два ящика с левого борта башни установлены по бокам на ящике ЗИП на корме башни. С 1985 года танки Т-64А в ходе капитального ремонта стали оснащаться комплектом навесной динамической защиты "Контакт". На части танков вместо устаревшего стабилизатора 2Э28М-2 устанавливался новый стабилизатор вооружения 2Э42-1, а вместо оптического прицела-дальномера ТПД-2-49 прицельный комплекс 1А40, в состав которого входит лазерный прицел-дальномер 1А40 и устройство выработки боковых упреждений УВБУ. С 1987 г. количество контейнеров ДЗ на бортах было уменьшено.

Танк Т-64БВ с уменьшенной бортовой защитой



Кроме линейных танков Т-64Б и Т-64БВ выпускались командирские варианты - танки Т-64БК (объект 446Б) и Т-64БКВ (объект 446БВ), дополнительное оборудование которых полностью идентично оборудованию, устанавливаемому на командирском танке Т-64АК. В 1974-1979 годах в ХКБМ параллельно с конструкторским сопровождением серийного производства танков проводились опытно-конструкторские работы по созданию моторно-трансмиссионного отделения с новым двигателем БТД мощностью 1000 л.с. для серийных танков Т-64А, Т-64Б и Т-64Б-1.

Дизель БТД



В 1975 году был разработан технический проект танка, оснащённого новым МТО, а в феврале 1976 года на базе танка Т-64А были изготовлены три опытных танка "Объект 476". Кроме нового МТО, танки были оснащены новыми изменённой формы башнями с большим внутренним объёмом. Лобовая часть башен представляла собой многослойную броневую преграду, где между стальных броневых стенок размещался наполнитель, состоявший из броневых пластин с ячейками, залитыми полиуретаном. Новая башня "Объекта 476" была оснащена комплексом управляемого вооружения 9К112-1 и новым механизмом заряжания 6ЭЦ43. В 1978-1979 годах танки Т-64БМ проходили всесторонние испытания во всех климатических зонах СССР. В ходе государственных испытаний были успешно пройдены 12 тыс. километров и новый танк был принят на вооружение. В октябре 1979 года по результатам проведенных испытаний двигатель БТД был рекомендован к серийному производству. Решением коллеги МО СССР от 5 января 1978 года и Министерства оборонной промышленности СССР от 26 июля 1978 года двигатель БТД запущен в серийное производство. 25 января 1979 года была утверждена техническая документация по модернизации серийных танков Т-64А, Т-64АК, Т-64Б и Т-64Б-1 в ходе капитального ремонта. Модернизированные танки приняты на вооружение приказом МО СССР № 0262 от 21.12.81 года под марками Т-64АМ, Т-64АКМ, Т-64БМ и Т-64Б-1М. Серийное производство этих танков так и не было организовано в силу ряда политических и экономических причин.

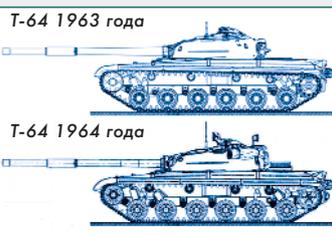
Танк "Объект 476" с дизелем БТД на испытаниях



Зачастую достаточно сложно по внешнему виду танка определить его модификацию. Можно дать лишь некоторые внешние отличительные особенности. Так, на Т-64 из первой установочной серии (1963 г.) была применена "ломаная" (трёхплоскостная) верхняя лобовая деталь (ВЛД), у механика-водителя были установлены три прибора наблюдения типа ТНПО-160, а в качестве вооружения выступала 115-мм гладкоствольная пушка 2А21. На первых серийных Т-64 (1964 г.) вводятся наварки ("брови") на ВЛД перед смотровыми приборами и на скулах, дополнительная пара амортизаторов и другие изменения.



Т-64 с "бровями" на ВЛД



Т-64 1963 года

Т-64 1964 года

В 1965 году вводятся бортовые поворотные противоккумулятивные экраны. Для упрощения производства и увеличения бронестойкости на Т-64 в 1967 году вводится спрямленный лобовой лист, а вместо трёх смотровых приборов ТНПО-160 механик-водитель получает один ТНПО-168. Следующая модификация - танк Т-64А (1968 г.). Основные отличия внешнего вида - новая башня со 125-мм орудием 2А26 (Д81-Т), оптический прицел-дальномер ТПД-2-1 и увеличенное с трёх до четырёх на борт число противоккумулятивных щитков.



Т-64А образца 1968 года

Правое окно ТПД-2-1

В 1972 году Т-64А получает 12,7-мм зенитный пулемёт НСВТ, который устанавливают на командирскую башенку.

Затем в течение нескольких лет последовательно осуществляется внедрение новых технических решений, направленных, например, на повышение защищённости танка: в 1973 году появляется новая башня с керамическим наполнителем, а в 1974 году - с корундовым. В этом же году устанавливается новое орудие 2А46-1 с термозащитным кожухом ствола и ночной прицел ТПН-2-49.

В 1980 году на Т-64А появляется система запуска дымовых гранат 902А "Туча-1" и вместо алюминиевых щитков устанавливаются резинотканевые экраны. В 1981 году на некоторых танках устанавливается квантовый прицел-дальномер ТПД-К1, и тогда окошко прицела-дальномера ТПД-2 на ранее отлитых башнях закрывалось заглушкой.



Т-64А 1981 года с квантовым дальномером и с заглушкой на оптическом

При выполнении капитального ремонта с 1984 года на части танков Т-64А устанавливался дополнительный 30-мм бронелист на ВЛД.



Приваренный дополнительный 30-мм бронелист на ВЛД

После того, как на вооружение стали поступать первые серийные образцы танка Т-64Б, у которых устанавливалось орудие-пусковая установка 2А46-2, отличить этот танк от предшественников можно было по наличию антенны станции радионаведения комплекса управления вооружением ГПН-12, установленной на правой части башни (где раньше было правое окно оптического прицела-дальномера).



Антенна КУВ ГПН-12

Следует отметить, что нередко встречаются "танки-гибриды", которые тяжело отнести к той или иной модификации танка Т-64А или Т-64Б. Такая ситуация возникла в результате полного обезличивания комплектующих деталей в ходе проведения капитального ремонта. При этом на ряде танков Т-64А первых серий были установлены башни танков, выпущенных в 1976-81-х годах, а иногда и танков Т-64Б или Т-64Б-1. В результате чего эти танки имели нестандартную укладку ЗИП, размещение оборудования снаружи и внутри корпуса и башни танка.



Башня от Т-64Б, установленная на Т-64А с экранами

Танк оснащен оборудованием для преодоления водных преград вброд (глубина до 1,8 м) и под водой по дну водоема глубиной до пяти метров, практически неограниченной ширины. ОПВТ обеспечивает возможность ведения боевых действий немедленно без остановки машины и проведения каких-либо работ, требующих выхода экипажа из машины. Комплект ОПВТ состоит из съемных и постоянно установленных узлов. Постоянные узлы ОПВТ предназначены для преодоления машины брода и размещены в корпусе и башне танка. Съемные узлы ОПВТ предназначены для преодоления танком водных преград по дну водоема. Для транспортирования съемных узлов ОПВТ на башне танка предусмотрен ящик для ЗИП с лентами крепления воздухопитающей и выпускной трубы. Кроме того, в комплект ОПВТ входят изолирующие аппараты АТ-1 на каждого члена экипажа, которые укладываются в отдельные ящики, закрепленные на башне танка с левой стороны.



Т-64Б преодолевают водную преграду

Помимо серийного производства танков, Харьковский завод транспортного машиностроения имени В.А. Малышева занимается производством тяжёлых артиллерийских тягачей и инженерных машин на их базе. Переход армии на новое поколение танков потребовал создания и новых артиллерийских тягачей и инженерных машин на их базе. Освоение серийного производства танка Т-64 вызвало необходимость создания нового артиллерийского тягача с использованием ходовой части и трансмиссии серийного танка. Длительная и кропотливая работа завершилась принятием на вооружение многоцелевого транспортёра-тягача МТ-Т (изделие 429АМ).



Многоцелевой транспортёр-тягач МТ-Т

Двадцатипятитонный тяжёлый многоцелевой гусеничный транспортер-тягач МТ-Т предназначен для буксирования артиллерийских систем и специальных колёсных прицепов массой до 25 тонн, перевозки в кузове людей, транспортирования груза и оборудования массой до 12 тонн. Особенностью устройства машины являются: переднее расположение пятиместной двухдверной герметичной кабины, оборудованной фильтровентиляционной установкой, механизмов трансмиссии и ведущих

MT-T буксирует гаубицу



колёс и заднее расположение кузова. Сварной кузов тягача открытого типа со съёмным тентом имеет откидной задний борт и оборудован четырьмя откидными сиденьями, переговорным устройством и световой сигнализацией.

В передней части корпуса продольно установлен многоцилиндровый 12-цилиндровый V-образный дизель В-46-4 жидкостного охлаждения с непосредственным впрыском топлива и наддувом мощностью 710 л.с. Средний удельный расход топлива - 248 г/кВт·ч. В систему питания тягача входит семь топливных баков общей вместимостью 1870 л. В качестве основного вида топлива применяют дизельное, но двигатель может работать также на авиационном керосине. При смене вида топлива переводят переключатель на ТНВД на соответствующую метку. Предусмотрена возможность пуска двигателя сжатым воздухом, электрическим стартером мощностью 11 кВт или буксиром. Двигатель оснащен системой подогрева охлаждающей жидкости и масла.

Гусеничный движитель тягача в отличие от танка 7-катковый по каждому борту. Подвеска независимая торсионная, с поперечным расположением торсионных валов над днищем корпуса тягача и тремя (на борт) телескопическими гидравлическими амортизаторами, установленными на узлах первого, второго и седьмого опорных катков. Она обеспечивает тягачу массой 37 тонн возможность передвигаться по грунтовым дорогам со средней скоростью 34...40 км/ч (с прицепом - 30...36 км/ч).

Запас хода по топливу достаточно большой - 500 км по шоссе. К специальному оборудованию многоцелевого транспортёра-тягача можно причислить оборудование для самоокапывания бульдозерного типа, тягово-сцепное устройство и лебёдку с тяговым усилием 25 т.

Рабочая длина троса 100 м, а его диаметр - 28 мм. Лебедка находится в кормовой части корпуса тягача под настилом платформы и приводится в действие от двигателя через шестеренчатый редуктор. Лебедка предназначена для самовытаскивания и вытаскивания застрявших, опрокинутых или затонувших машин равной с тягачом массы.

В 80-90-х годах на базе танка Т-64 и транспортёра MT-T были разработаны разнообразные машины, в том числе бронированная ремонтно-эвакуационная машина БРЭМ-64, плавающий гусеничный транспортёр ПТС-2, самоходный паром ПММ-2М, котлованная машина МДК-3, путепрокладчик БАТ-2, самоходный кран КГС-25, бульдозер БГ-1 и универсальная пожарная машина УПГ-92.

На базе танка Т-64 была создана бронированная ремонтно-эвакуационная машина БРЭМ-64, предназначенная для технического обеспечения танковых подразделений и частей, проведения аварийно-спасательных работ, буксирования поврежденной техники, транспортирования запасных частей и инструмента, а также выполнения демонтаж-монтажных работ.

БРЭМ-64



При создании БРЭМ на базе танка Т-64 пришлось преодолеть некоторые сложности технического порядка. Во-первых, высокооборотный двигатель 5ТДФ сильно перегревался во время буксировки.

Во-вторых, компоновка МТО танка Т-64 не обеспечивала возможность прямого отбора мощности для привода тяговой лебёдки. Поэтому для приведения в действие лебёдки на БРЭМ-64 установлен вспомогательный четырёхтактный дизельный двигатель СМД-21, что позволило экономить ресурс основного двигателя машины.

БРЭМ-64 вооружена 12,7-мм зенитно-пулемётной установкой, как на танках Т-64А и Т-64Б, а также системой пуска дымовых гранат 902В.

К специальному оборудованию БРЭМ-64 относятся гидромеханическая крановая установка грузоподъёмностью 2,5 тонны, основная тяговая лебёдка



с усилием 25 тс и вспомогательная лебёдка с усилием на тросе 0,5 тс. Длина тросов обеих лебёдок составляет 400 м. Кроме того, БРЭМ-64 оборудована бульдозерным отвалом. Грузоподъёмность грузовой платформы одна тонна.

Плавающий гусеничный транспортёр ПТС-2 разработан для обеспечения десантной переправы через водные преграды артиллерийских систем, колёсных и гусеничных тягачей, бронетранспортёров, автомобилей, личного состава и различных грузов. Кабина транспортёра бронированная, герметичная, оснащена фильтро-вентиляционной установкой и защитой от радиоактивных веществ. В кабине размещается радиостанция и радиометр. Над люком командира машины установлена пулемётная турель.

Плавающий транспортёр ПТС-2



В ПТС-2 могут быть размещены до 75 солдат с полным вооружением и снаряжением; два орудия калибра до 85 мм с расчётами; одно орудие калибра до 152 мм с расчётом; два автомобиля типа УАЗ-3151; один грузовой автомобиль типа Зил-131 или Урал-4320 с грузом. Общая масса перевозимого груза не должна превышать 12 т.

ПТС-2 за работой



При использовании ПТС-2 в варианте санитарно-эвакуационной машины в кузове предусмотрены специальные кронштейны для установки 12 носилок для раненых.

Двигатель от MT-T мощностью 710 л.с. обеспечивает транспортёру массой 24 тонны максимальную скорость движения на суше без груза до 60 км/ч, а с максимальным грузом (12 т) - до 34 км/ч. Топливного бака на 1090 литров хватает на 500 км по шоссе и на 18 часов для движения на воде.

Плавающий транспортёр ПТС-2 может использоваться при осуществлении десантных операций на море и крупных озерах.

С целью повышения мореходности (волнение до трёх баллов) ПТС-2 оснащается герметичным тентом, удлинителями выхлопа и водооткачивающими насосами. Движение транспортёра на воде происходит с помощью двух винтов, которые обеспечивают максимальную скорость движения без груза до 13 км/ч, а с грузом - до 12 км/ч.

В кузове транспортёра размещён мощный отопитель, который способен обеспечить достаточно комфортные условия под тентом.



ПММ-2М

Паромно-мостовая машина ПММ-2 создавалась для замены гусеничного паром ГСП, который состоял из двух полупаромов, недостатком которого было то, что при выходе из строя одной машины, например, из-за отказа двигателя, вторая машина использоваться не могла.

Паром ПММ-2 состоит из гусеничного плавающего транспортёра с водонепроницаемым корпусом палубной конструкции. К корпусу с помощью шарнирного и гидравлического механизмов присоединены два дополнительных понтона с въездными аппаратами, стыковочными

ПММ-2М. Правый пантон опущен, левый опускается



устройствами и проезжими частями. В транспортном положении понтоны располагаются на корпусе машины один над другим. Перед входом парама в воду или после входа в воду (машина способна плавать с понтонами, находящимися в транспортном положении) с помощью гидравлики понтоны откидываются в стороны, образуя трехзвенный паром.

Перевод из транспортного в боевое положение осуществляется за 6 минут.

Паром ПММ-2 имеет кабину для трёх членов экипажа с фильтровентиляционной установкой, радиостанцией и внутренним переговорным устройством. Двигатель водометный двухканальный, что обеспечивает парому на воде высокую маневренность (радиус циркуляции 28 м). В корпусе парама и каждом понтоне установлено по центробежному насосу, способному откачивать поступающую воду до 600 л/мин.

Максимальная мореходность 2 балла.

Удельное давление на грунт 0,85 кг/см², что обеспечивает свободный въезд в воду и выезд на заболоченных и топких берегах. Модернизированный вариант машины под индексом ПММ-2М имеет увеличенную на 2,5 тонны грузоподъемность.

Никаким вооружением машина ПММ-2М не оснащена, как нет на ней и бронева защиты.

На ПММ-2М предусмотрены стыковочные устройства, которые обеспечивают соединение двух (общая грузоподъемность 85 т) или трех (127,5 т) машин в один паром при массе одиночной нагрузки не более 50 тонн.

Возможно соединение в один паром и большего числа машин.

Паром из шести ПММ-2М



Дизельный многотопливный V-образный двигатель В-46-5 мощностью 710 л.с. обеспечивает парому ПММ-2М массой 36 тонн максимальную скорость на суше 55 км/ч, на воде с грузом - 10 км/ч.

Запас хода на суше - 520 км, на воде - 16 часов.

На базе транспортёра-тягача МТ-Т была разработана инженерная машина МДК-3, предназначенная для отрывки котлована под укрытия для техники или личного состава.

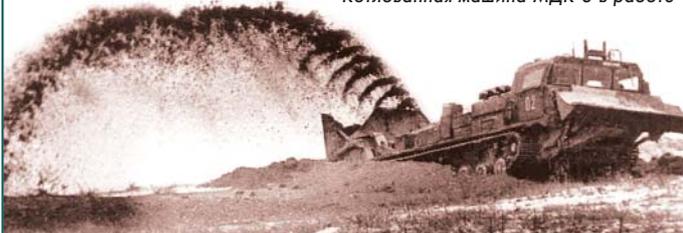
Котлованная машина МДК-3 в транспортном положении



Рабочим органом МДК-3 является навесной роторный траншейный экскаватор поперечного копания с мощным отбрасывателем, который отбрасывает грунт только в одну сторону - левую. Кроме того, машина оборудована регулируемым бульдозерным отвалом и рыхлителем для мерзлых грунтов. Время на подготовку машины к работе всего 5-7 мин.

МДК-3 при отрывке котлована движется задним ходом, отрывая за один проход котлован глубиной до 1,75 м. Максимальная глубина отрываемого котлована составляет 3,5 м при максимальной ширине по дну до 3,7 м. Герметизированная кабина для экипажа, состоящего из двух человек, расположена в передней части корпуса машины. Всего в кабину может вместиться до пяти человек, включая водителя.

Котлованная машина МДК-3 в работе



Производительность машины на грунтах I - IV категорий - 600...700 м³/ч. Одной заправки топлива хватает на 500 км по шоссе или на 10-12 часов работы. Максимальная скорость движения по шоссе до 65 км/ч, а по грунтовым дорогам - до 35 км/ч.

Ещё одной инженерной машиной, разработанной на базе транспортёра-тягача МТ-Т, был путепрокладчик БАТ-2.

Новый путепрокладчик предназначался для замены в войсках устаревшего к тому времени путепрокладчика БАТ-М, у которого, тем не менее, для новой машины было частично позаимствовано специальное оборудование.

Да и решаемые задачи те же самые: проделывание проходов в завалах в населенных пунктах, в лесу, в горах и т.п.

Основными частями гусеничного шасси путепрокладчика БАТ-2 являются рама, кабина, силовая установка, трансмиссия, ходовая часть, пневмооборудование, электрооборудование.

На раме, выполненной в виде сварной коробчатой конструкции, закреплены все составные части шасси. В передней части рамы расположена кабина, в средней установлена лебедка, полностью заимствованная с тягача АТ-Т. В задней части рамы расположена силовая установка с двигателем В-46-4 с обслуживающими ее системами и трансмиссия.

Сварная восьмиместная кабина предназначена для размещения и защиты расчета от воздействия окружающей среды, а также для размещения органов управления и аппаратуры.

Инженерное оборудование путепрокладчика БАТ-М состоит из универсального бульдозера, полноповоротного крана с телескопической стрелой грузоподъемностью 2 тонны, одноствечного рыхлителя с параллелограммной подвеской и лебедки с тяговым усилием 25 тс.

БАТ-М



Путепрокладчик БАТ-2



Основным рабочим органом путепрокладчика является его бульдозерное оборудование. Его крылья с помощью гидравлики могут устанавливаться в одно из трех положений - бульдозерное, двухотвальное, грейдерное.

При бульдозерном положении крылья отвала находятся на одной линии. В этом положении отвала грунт и предметы перемещаются только вперед. При двухотвальном положении крылья отвала отклонены назад. В этом положении отвала путепрокладчик прокладывает колонный путь, очищает дорогу от снега. Разрабатываемый грунт, снег, различные предметы удаляются с пути в обе стороны от машины.

При грейдерном положении одно крыло отклонено вперед, а второе - назад. В этом случае разрабатываемый грунт, снег, предметы смещаются лишь в одну сторону от машины.

Лыжа, имеющаяся впереди отвала, обеспечивает копирование отвалом местности и дает возможность иметь постоянную глубину заглупления или удерживать отвал выше уровня земли (например, при очистке дорог с твердым покрытием от снега).

Телескопическое крановое оборудование позволяет перемещать грузы массой до 2 тонн на высоту от -3,5 м до +7,42 м или на расстояние до 7,36 м от центра вращения стрелы, не меняя при этом высоту груза.

Дизельного топлива в количестве 1746 литров достаточно для преодоления 500 км по шоссе на скорости до 60 км/ч. Для обеспечения работы этого количества топлива хватает только на три часа.

Средняя скорость движения по грунтовым дорогам 28...35 км/ч. Скорость прокладки колонного пути зависит от вида препятствий и в среднем составляет порядка 6...8 км/ч, но с валкой деревьев диаметром до 30 см снижается до 2...3 км/ч.

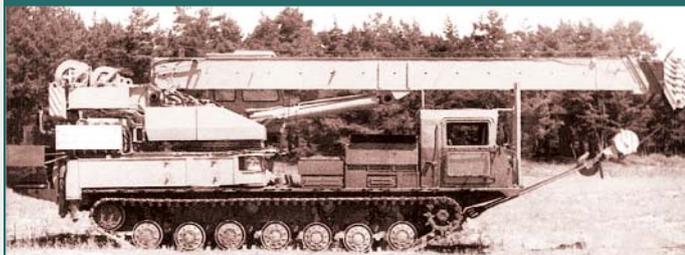
Полуметровый снежный покров очищается со скоростью 8...15 км/ч. БАТ-М способен переместить за час работы до 350...400 м³ грунта.

Путепрокладчик БАТ-2 выдвигается к месту работы



Если предыдущие машины предназначались для военных, то самоходный кран КГС-25, промышленный бульдозер БГ-1 и универсальная пожарная машина УПГ-92 главным образом разрабатывались для гражданского применения. Объяснение простое: после развала СССР перед украинскими (как и перед российскими) предприятиями остро встал вопрос выживаемости. Поиск возможностей использования отработанного шасси танка Т-64 в гражданской сфере навёл конструкторов на идею создания на быстроходном гусеничном ходу вышеперечисленных машин. Что касается пожарной машины, то это более-менее понятно, а вот по крану и бульдозеру надо ещё подумать. Тем не менее они были созданы.

Самоходный кран КГС-25 получил благодаря гусеничному ходу высокую проходимость и был способен работать во всех природных условиях. Телескопическая стрела обеспечивала подъем груза до 25 тонн на высоту до 10 м, а с использованием вспомогательного оборудования и до 40 м.



Самоходный кран на гусеничном ходу КГС-25



КГС-25 с выдвинутой стрелой



Транспортировка КГС-25

Доставка крана к месту работы осуществляется как своим ходом, так и с помощью других видов транспорта.

Созданный в Харькове бульдозер БГ-1 является продуктом глубокой переработки танка Т-64. настолько глубокой, что от танка осталась только ходовая часть и часть трансмиссии. Вместо дизеля 5ТД был установлен двигатель СМД-31Б мощностью 290 л.с., что при массе бульдозера в 21,5 т позволяет развивать тяговое усилие не более 15 тс. К тому же, большая длина ходовой части осложняет маневрирование БГ-1, которое является важной характеристикой для бульдозера, в отличие от путепрокладчика БАТ-2, который, в основном, расчищает дорогу колонне боевой техники с ходу.



Бульдозер БГ-1

Установка самоходная порошкового пожаротушения импульсного действия УПГ-92 предназначена для тушения пожаров классов А (твердых веществ), В (жидких веществ), С (газообразных веществ) и электрооборудования под напряжением при ликвидации последствий аварий и катастроф. Дальность доставки огнегасящих реагентов составляет 30...40 м.

УПГ-92



Вернёмся вновь к танку Т-64 и его модификациям, производство которых завершилось в 1987 году. К этому моменту было построено более 8 тысяч танков, из которых на 1995 г. на территории Украины находилось порядка 2350 машин различных модификаций. В целях повышения боеспособности войск было предложено осуществить капитальную модернизацию по трём направлениям. Во-первых, повысить огневую мощь путём усовершенствования системы управления огнём; во-вторых, усилить защищённость от современных противотанковых средств и, в-третьих, сохранить мобильность благодаря установке более мощного двигателя (в результате установки новой динамической защиты масса танка возрастала). Было разработано несколько вариантов модернизации Т-64 и доведения его характеристик до уровня танков Т-80УД и Т-84. У каждого варианта свой набор оборудования и, соответственно, стоимость.

Модернизация системы управления огнём предлагалась в двух вариантах. По первому, более простому, устанавливался дневной прицельный комплекс 1А43У и ночной прицельный комплекс наводчика ТО1-КО1Э, комплекс управляемого вооружения 9К119 с механизмом заряжания 6ЭЦ43. Танк этой модернизации получил обозначение Т-64БМ2.

Т-64БМ2



Второй, более глубокий вариант модернизации, предусматривал установку системы управления огнём 1А45 (унифицированный с танками Т-80УД и Т-84, в состав которой входили дневной прицельный комплекс 1А43У (прицел-дальномер 1Г46М и танковый баллистический вычислитель 1В528-1), ночной - ТО1-КО1Э (инфракрасный прицел ТПН-4Э и осветитель Л-4) и прицельно-наблюдательный комплекс командира ПНК-4СУ, который установлен перед местом командира машины и позволяет ему брать на себя управление вооружением танка. В обоих вариантах модернизации танки оснащались встроенной динамической защитой собственной разработки, а мощность двигателя 5ТДФ повышалась до 850 л.с. благодаря его форсированию.

Танк второго варианта модернизации получил обозначение Т-64У. Внешнее отличие этого танка от Т-64БМ2 - отсутствие осветителя на башне рядом с пушкой.

В августе 1999 года первые два танка Т-64БМ2 были продемонстрированы в ходе военного парада в Киеве. И этот вариант, как более дешёвый, был выбран для модернизации имеющихся на вооружении украинской армии танков Т-64А и Т-64Б. К 2001 году было изготовлено с дескток Т-64БМ2, но Министерство обороны Украины нашло деньги на более глубокую модернизацию. Т-64У было переименовано в Т-64БМ "Булат".

Сначала предполагалось модернизировать порядка 400 Т-64, однако денег хватило только на 85 машин (стоимость модернизации одного танка составляла около \$470 тыс.). На вооружение Т-64БМ "Булат" был принят в 2005 году, а к 2008 году в армию были поставлены 56 машин. Оставшиеся машины (29 штук) поставлялись постепенно, и программу модернизации завершили к марту 2014 года.

Т-64БМ "Булат"



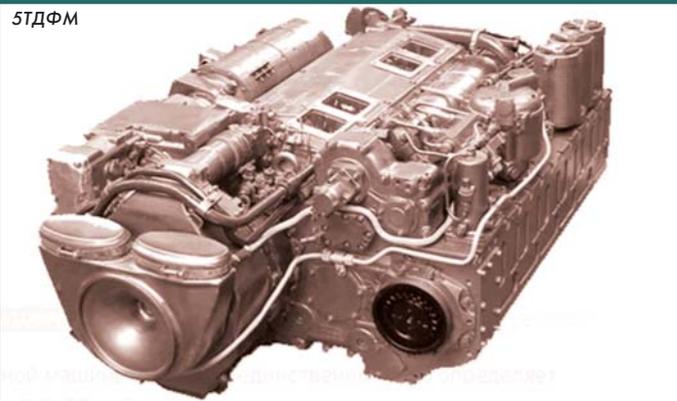
В результате модернизации у Т-64БМ "Булат" существенно выросли характеристики боевой мощи, подвижности и защищенности. Ресурс модернизированного танка достиг 11 000 км, а срок эксплуатации - 15 лет. Основным вооружением танка Т-64БМ является 125-мм гладкоствольная пушка КБАЗ украинского производства, способная вести огонь бронебойно-подкалиберными, кумулятивными, осколочно-фугасными снарядами, и ПТУР "Комбат" с полуактивной системой управления по лазерному лучу. Замена штатного КУРВ танка Т-64Б "Кобра" новым КУРВ "Комбат" повысило максимальную дальность стрельбы с 4000 до 5000 м, а бронепробиваемость за динамической защитой - с 600...700 мм до 750 мм.

Скорострельность "Комбата" выросла до 8 выстрелов в минуту, горизонтальная скорость наведения возросла в 2 раза и достигла 40 град/с (у Т-90А максимально 24 град/с). В два раза улучшена точность прицеливания благодаря новому стабилизатору вооружения 2Э42М. СУО 1А45 обеспечивает более высокую точность стрельбы благодаря лучшей стабилизации поля зрения и автоматическому вводу углов прицеливания и упреждения. Ночной комплекс наводчика Т01-К01ЕР вдвое улучшает эффективность стрельбы и в 2...3 раза сокращает время на подготовку выстрела путём замены механической связи головного зеркала с пушкой на электрическую, а также введения стабилизации поля зрения и автоматического ввода углов прицеливания и упреждения. Эффективная дальность стрельбы ночью в сравнении с Т-64Б повысилась с 600 до 1500 м. Повышение уровня живучести танка предполагалось достичь путём установки дополнительной защиты на корпус и башню. Комплект дополнительной защиты состоит из накладной броневой защиты и встроенной динамической защиты (ВДЗ) "Нож" украинской разработки. ВДЗ состоит из носового модуля и бортовых экранов, установленных на корпусе танка, а также модульных секций, размещенных по внешнему периметру лобовых и бортовых участков башни, и контейнеров, установленных на крыше башни.

Общая масса комплекта дополнительной защиты составляет 3,5 т. Экипаж устанавливает комплект ВДЗ на танк за 6 часов. Действие ДЗ "Нож" основывается на воздействии на атакующие боеприпасы кумулятивной струей и продуктов взрыва удлиненных кумулятивных зарядов - "кумулятивных ножей". Они разрушают и дестабилизируют атакующий кинетический боеприпас или кумулятивную струю. Комплекс "Нож" доказал свою эффективность в ходе многочисленных испытаний обстрелом с применением широкой номенклатуры ОБПС калибра 125 мм, а также современных 120-мм боеприпасов производства западных стран, полностью подтвердив заявленные разработчиком характеристики. По данным производителя, после модернизации стойкость лобовой и бортовой проекций корпуса и башни Т-64БМ относительно современных противотанковых средств повышается примерно в 2 раза.

На Т-64БМ "Булат" устанавливается 5-цилиндровый дизельный двигатель 5ТДФМ объемом 13,6 л и мощностью 850 л.с. Он может работать на бензине, керосине, топливе для дизельных двигателей или их смеси в любой пропорции. Удельная мощность форсированного двигателя составляет 62,5 л.с./литр (рост на 21,4 % по сравнению со старым 5ТДФ) при тех же габаритах и массе (1040 кг).

5ТДФМ



При установке 5ТДФМ требуется замена штатного воздухоочистителя новым. Доработка выпускной системы обеспечила снижение температуры выхлопных газов, что, в свою очередь, сделало танк менее заметным на поле боя в инфракрасном диапазоне.

Благодаря новому двигателю средняя скорость движения танка по шоссе увеличилась на 7 км/ч, а запас хода (без учета дополнительных топливных баков) - примерно на 80 км. Надежность двигателя 5ТДФМ также повышена. На "Булат" возможна установка двигателя 6ТД-1 мощностью 1000 л.с. В 2010 году на Харьковском бронетанковом ремонтном заводе была разработана ещё одна модификация танка Т-64, которой присвоили название Т-64Е.

Т-64Е



Танк Т-64Е получил модернизированную СУО 1А33-1 с квантовым прицелом-дальномером 1Г42М, баллистическим вычислителем 1В517М и стабилизатором пушки 2Э42. У наводчика был установлен панорамный прицел с тепловизионным каналом, у командира - ПНК-3. Танк может вести огонь из 125-мм пушки КБАЗ бронебойно-подкалиберными, кумулятивными, осколочно-фугасными снарядами, а также ПТУР "Комбат" и "Рефлекс". Кроме того, на башне дополнительно могут устанавливаться различные вынесенные, дистанционно управляемые боевые модули. Например, пушечно-пулеметный модуль ГШ-23, включающий двухствольную 23-мм пушку ГШ-23 с боекомплектom из 300 снарядов и спаренный с ней 7,62-мм танковый пулемет, пулеметно-гранатометный боевой модуль "Блик-2", включающий гранатомет АГС-17, 12,7-мм пулемет НСВТ и 7,62-мм ПКТ. Бронирование передней части башни и корпуса было доведено до 750 мм. Для усиления защищенности на машину устанавливается комплект ВДЗ "Нож", а также комплекс активной защиты "Заслон". Двигатель устанавливался тот же, что и на Т-64БМ "Булат" - 5ТДФ-М мощностью 850 л.с. Однако, из-за высокой стоимости Т-64Е (в ценах 2011 года она составляла \$1,12 млн против \$900 тыс. стоимости модернизации "Булата") пока изготовлен только один образец.

На базе шасси танка Т-64 создана тяжёлая БМП - БМПТ-64, унифицированная с танком Т-64 по двигателю с обслуживающими системами, трансмиссии, ходовой части и электрооборудованию.



Т-64Е и БМРТ-64

В следующем номере продолжим рассказ о создании танков второго послевоенного поколения.

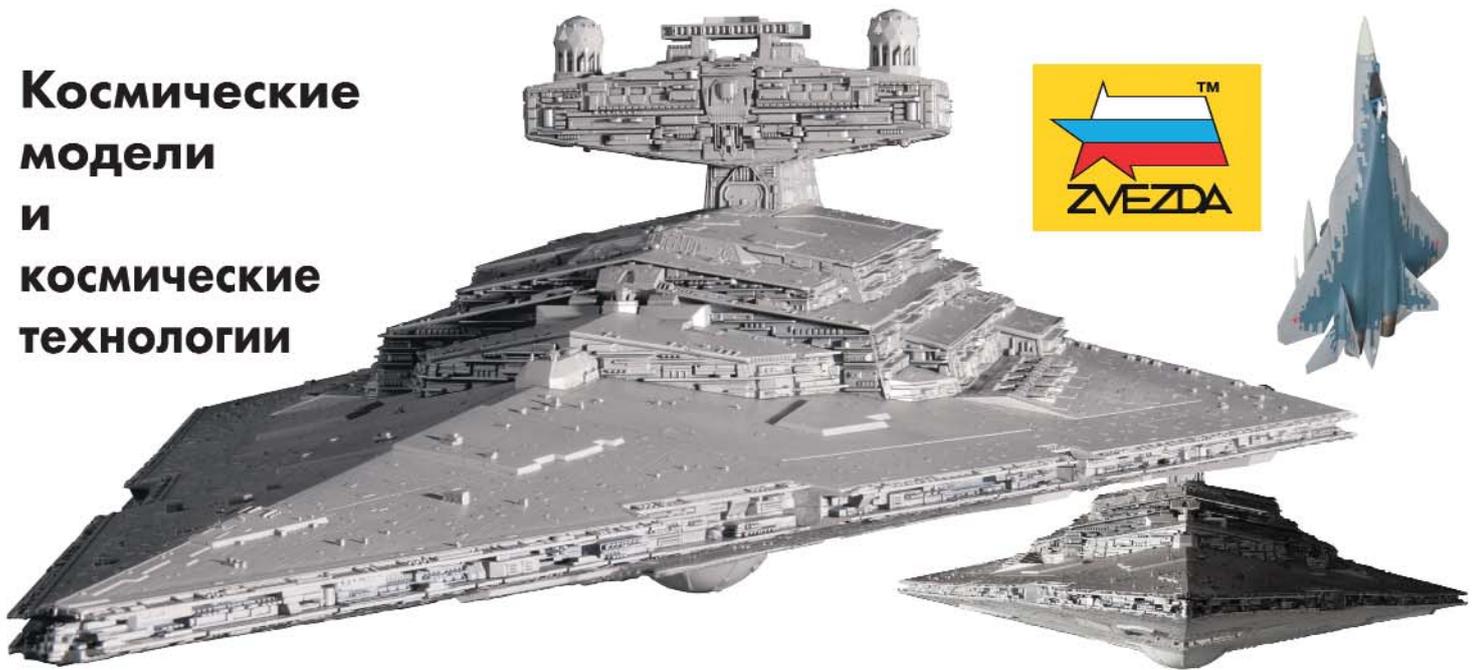
(Продолжение следует.)

Характеристики танка Т-64 и его модификаций

Показатель	Т-64	Т-64А	Т-64А	Т-64АМ	Т-64Б	Т-64БВ	Т-64БМ	Т-64БМ"Булат"
Год принятия на вооружение	1966	1969	1975	1983	1976	1982	1983	2005
Масса, т	36	38	38,5	40	39	42,4	40	45
Высота по крыше башни, мм	2154	2170	2170	2210	2170	2190	2210	2184
Двигатель (мощность, л.с.)	5ТДФ (700)	5ТДФ (700)	5ТДФ (700)	6ТД (1000)	5ТДФ (700)	5ТДФ (700)	6ТД (1000)	5ТДФМ (850)
Максимальная скорость, км/ч	65	60,5	60,5	65	60,5	60	65	72
Запас хода по шоссе, км	550	500	600	600	600	500	600	680
Пушка	Д-68	Д-81	Д-81ТМ	2А46М-1	2А46М-1	2А46М-1	2А46М-1	КБАЗ
Боекомплект к пушке	40	37	37	37	35	35	35	36
Спаренный пулемёт (калибр, мм)	ПКТ (7,62)							
Боекомплект к спаренному пулемёту	2000	2000	2000	2000	1250	1250	1250	-
Зенитный пулемёт (калибр, мм)	-	-	НСВ (12,7)					
Боекомплект к зенитному пулемёту	-	-	300	300	300	300	300	-
Управляемое вооружение	-	-	-	-	9К112-1	9К112-1	9К112-1	ПТУР"Комбат"

Таблица 10

Космические модели и космические технологии



Мы находимся на ведущем производстве сборных масштабных моделей и настольных игр в России, продукция которого представлена не только во всех регионах нашей страны, но и более чем в 50 странах мира. «ЗВЕЗДА» производит более 500 наименований продукции.

Ежедневно более 200 сотрудников, каждый из которых незаменим, создают невероятные шедевры.

Беседуем с начальником инструментального производства Константином Николаевичем Кубасовым о технологиях, инновациях и оборудовании, без которого сегодня невозможно представить себе ни одно серьезное предприятие:

- *Константин Николаевич, расскажите, как все начиналось?*
- У нас было 5 «наших» станков, доставшихся нам в наследство от старой фабрики. Станками их назвать сложно, но во времена 90-х мы работали на них.
- *Среди многочисленного оборудования у вас стоят станки «Содик», что говорит о серьезном подходе к производству. Когда вы начали работать на японском оборудовании?*
- В начале 2000-х мы закупили первый станок Sodick AM3LN1, который сейчас уже не выпускается. У нас он и сегодня актуален: почти 20 лет работает в штатном режиме. В 2004-м году у нас появился AM3LN2, и уже к 2007-му году мы обзавелись проволочно-вырезным Sodick AQ300L.
- *Для какой задачи приобретались координатно-прошивные станки с ЧПУ и линейными двигателями?*
- Сначала мы приобретали Sodick именно для отработки нашей технологии – это изготовление так называемой «расшивки».

По правилам изготовления моделей и общепринятым стандартам, вот мы видим (см. фото с самолетом), что все подвижные элементы крыльев, например, должны быть впалые, скажем прямо, «впуклые».

Раньше эти элементы были выпуклые (это гораздо проще сделать), то есть в металле деталь просто фрезеровали полоской. А чтобы сделать такой край, как у этого самолета, нужно сделать электрод и прожечь металл. Соответственно, электрод может быть медный или графитовый. В нашем случае мы отработали технологию в совершенстве на Sodick именно с медью. Пробовали работать с графитом, однако нужного результата не получалось. Отработка технологии длилась несколько лет. Это основное, для чего покупались данные станки.



- *С чего начинали обработку технологии?*

- Мы изготавливали подводную лодку «КУРСК». Пробовали на том станке, что стоит у нас на предприятии, потом ездили в Техцентр Sodick в Москву и там жгли, довольно долго, продуктивно. Потом сами научились, и с этого момента сложностей с данным методом обработки уже не было. В начале 2000-х завод выпускал много миниатюры – «солдатики» в простонародье. Тогда еще по старой технологии с использованием «мастер-модели», копира, практически вручную, и сложную плоскость разъема делали на эрозии.

К 2006 году завод освоил технологию обработки вставок по стали и алюминию. После внедрения в массы этих методов обработки предприятие полностью избавилось от старого оборудования. На Sodick можем выполнить сегодня практически любую задачу. И вот уже почти 2 десятка лет работаем на этих универсальных станках.

В октябре я был в командировке в Санкт-Петербурге на одном известном производстве и видел станок AM3LN2. Там тоже очень довольны его работой и пока ни на что не хотят менять.

- *Как выигрывает производство, работая на Sodick?*

- Несмотря на то, что Sodick – удовольствие недешевое, любой производитель вам скажет, что оно того стоит. И первое, на чем предприятие не должно экономить, – качественное оборудование, которое способно выполнить необходимые задачи и даже больше – которое будет служить надежно. Тем более, что мы не производим ни одной «серийки», у нас каждая модель разная. Sodick на 100% нас устраивает. Даже операторы, которые работают на Sodick, с трудом могут потом перестроиться на другие станки – к хорошему быстро привыкаешь. Идеология Sodick – то, к чему люди привыкают, и в конечном итоге им кажется, что так и должно быть. Sodick считаются умными станками.

- *Как давно вы начали работать с поворотными осями?*

- В 2010 году «ЗВЕЗДА» дооснастила первый станок поворотной осью, отработала новую технологию, она, конечно, секретная, но Вам я покажу результат (фото колеса). Это считается 5-ти координатной обработкой, и мы это делаем на Sodick. И без всякой скромности готовы подать это как наше ноу-хау. Ну и конечно, ключевое здесь – специальная ось станка (на простом делительном столе не очень удобно это делать).

- *«Заимствует» ли, назовем это так, Запад ваши идеи?*

- Каждый год в конце января мы участвуем в самой крупной игрушечной выставке в Нюрберге. «ЗВЕЗДА» там постоянный экспонат, получаем многочисленные медали, которыми нас отмечают различные авторитетные западные издания. И мы гордимся нашим продуктом. Да, наши идеи «заимствуют» на Западе. Конкретно могу показать. (См. фото самолета). Посмотрите: если подать воздух, вентиляторы в двигателе вращаются.

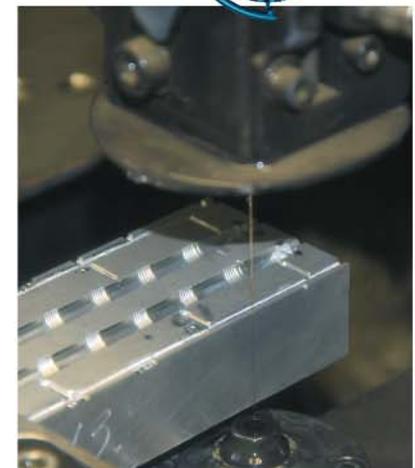
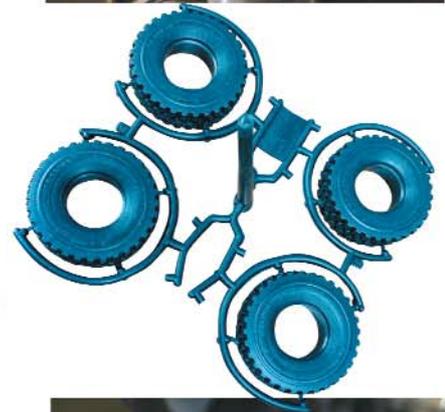
- *На «ЗВЕЗДЕ» во всем чувствуешь особую атмосферу: кажется, что каждый здесь, буквально живет тем, что делает. Чем можете это объяснить?*

- Здесь нет случайных людей. Наш сотрудник – это, в первую очередь, очень увлеченный человек. Даже операторы у нас все с высшим образованием.

- *Константин Николаевич, большое спасибо за увлекательную экскурсию и интересную беседу. Творческих Вам успехов!*



Содик-ветеран. 20 лет на службе, и не думает терять точность.



Кира Шмид

<https://zvezda.org.ru/about>



Work around the clock.



Автоматизация.

Меньше простоев, большая производительность – вот что делает возможным сочетание наших комплексных решений по автоматизации и обрабатывающих центров Hermle. Именно во времена, когда не хватает персонала, стоит инвестировать в автоматизацию, чтобы еще больше вывести вперед свое предприятие. Используя свой многолетний опыт, мы окажем вам гибкую интеллектуальную поддержку, чтобы вместе найти правильное решение для вас.

www.hermle-vostok.ru

000 Hermle Vostok, info@hermle-vostok.ru



129085, Москва,
ул. Годовикова, д. 9, стр. 25
Тел.: +7 495 627 36 34.
Факс: +7 495 627 36 35.