

Научно-технический журнал № 4 (118 + 244) 2018

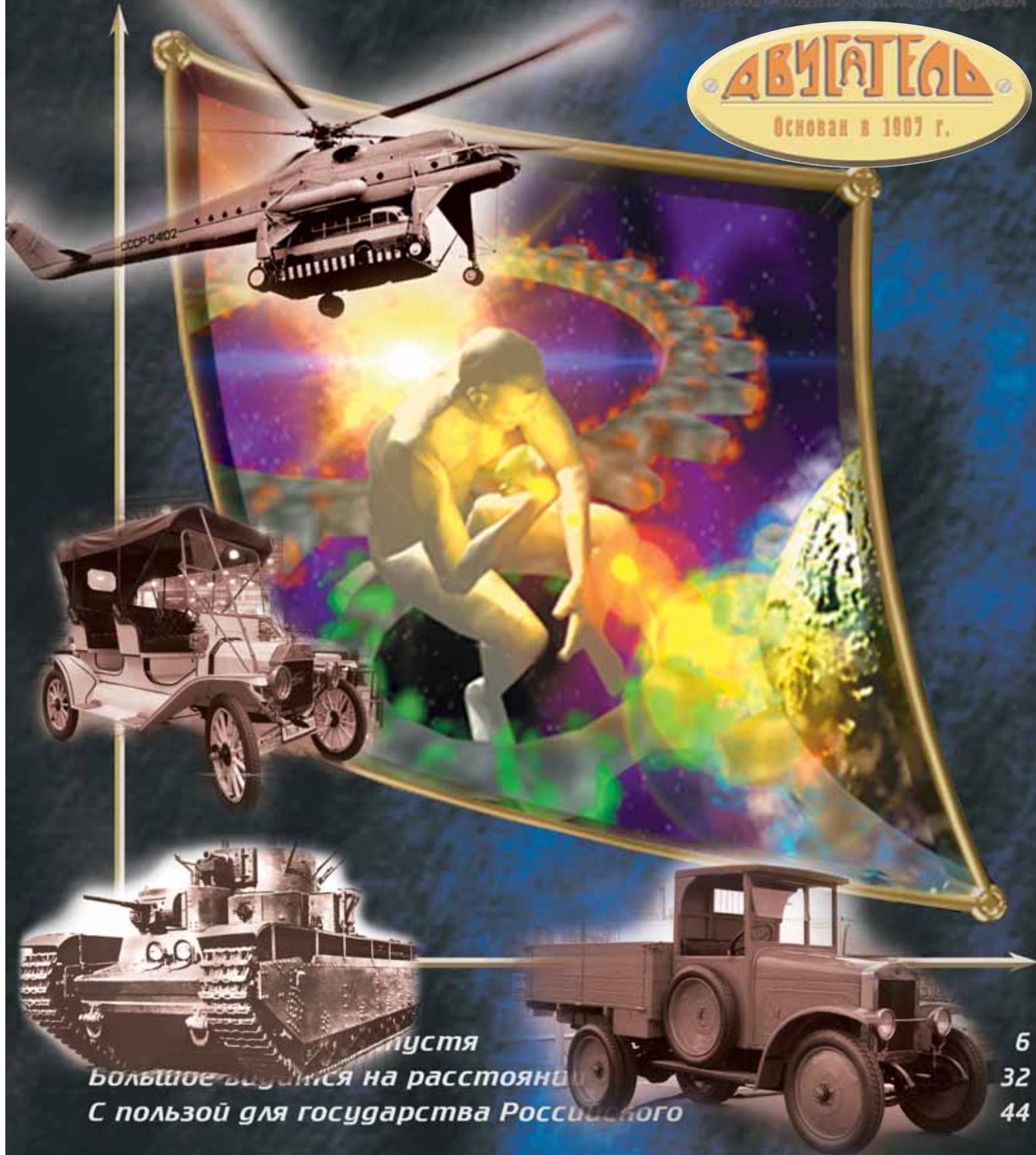
№1(1) январь – февраль 1999

Двигатель

Моторно-технологический журнал

ДВИГАТЕЛЬ

Основан в 1907 г.



...пусть
Большое увидится на расстоянии
С пользой для государства Российского

6
32
44

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.

Литературный редактор

Эрнст Галсанович Намсаряев

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":

111116, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2.

Тел.: (916) 600-8237.

dvigatell@yandex.ru

boeff@yandex.ru

aib50@yandex.ru

www.dvigately.ru

Электронная версия журнала (2006-2017 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, транспортному, 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.

Per. № 018414 от 11.01.1999 г.

20-й (111-й) год издания.

Отпечатано

ООО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.

Тираж 3 000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная.

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

Богуслав 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"

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

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

Дмитриев В.Г., член-корр. РАН,
главный научный сотрудник ГНЦ "ЦАГИ"

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"

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

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

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

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

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

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"

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"



К 110-ЛЕТИЮ ЖУРНАЛА "ДВИГАТЕЛЬ"

2007 2005 2004



Научно-техническое издание по освещению проблем в промышленности

2016



Памятная медаль к 100-летию Г.М. Бериева

2010

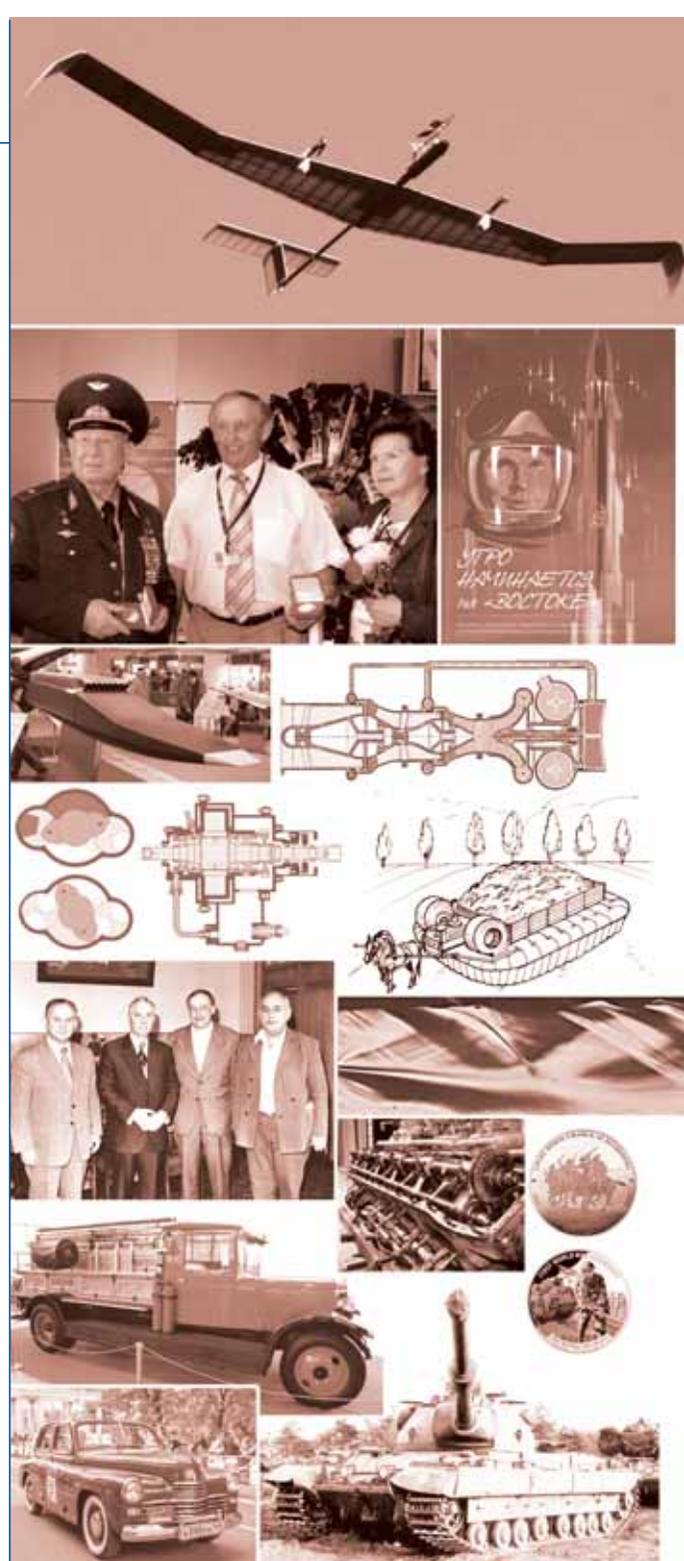


Медаль АМКЭС "Преодоление"



СОДЕРЖАНИЕ

- 2 Главное дело жизни. К юбилею В.А. Богуслаева**
8 Внедрение в промышленность высокотехнологичных и наукоемких ракетных разработок
В.И. Гуров, Ю.В. Демьяненко, Ю.И. Каналин
- 11 Новый виток развития. Клуб авиастроителей**
С.В. Гвоздев
- 12 Чисто роторный двигатель внутреннего сгорания. Возможно ли?**
В.И. Романов
- 15 Простые числа**
А.И. Касьян
- 16 Влияние радиусов сопряжения стенок коробчатых каналов гиперзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя на их напряжённое состояние**
Я.Н. Хомовский
- 17 Новая книга Политехнического музея**
- 18 Агрегаты очистки жидкометаллических теплоносителей космических ядерных энергоустановок**
А.С. Демидов
- 20 Турбулентность. Теорема Бернулли для реальных газов**
Ю.М. Кочетков
- 22 Беспилотные летательные аппараты на солнечной энергии для многомесячных полетов в стратосфере**
- 24 Влияние деформации стенки канала камеры сгорания на структуру течения потока**
С.И. Киктев
- 26 Прочность и надёжность. К 100-летию со дня рождения И.А. Биргера**
Ю.А. Ножницкий
- 27 Самый износостойкий сплав, из когда-либо созданных на Земле**
- 28 "Олдтаймер-Галерея". 2018 год**
А.И. Бажанов
- 32 Аэрогужевая технология земледелия. Из записок корабельного инженера-механика Семёнова**
В.А. Герасимов
- 34 Bosch Moskau Klassik - 2018**
- 36 Памятные монеты к столетию окончания Первой мировой войны**
А.В. Барановский
- 40 Танки от и до**
О.Н. Брилёв



Уважаемые читатели!

Двадцать лет назад журнал "Двигатель" приобрёл новый облик. Он стал именно таким, как и номер, который находится в Ваших руках. Немало интереснейших тем нашли место на его страницах. Много авторитетных авторов публиковались за это время в журнале. Большинство статей не потеряли актуальности и сейчас. Потому, в год нашего юбилея, позвольте предложить Вашему вниманию репринтное воспроизведение некоторых статей. Мы отдельно отметили этот материал и надеемся, что он будет Вам интересен.

Издатели журнала

ГЛАВНОЕ ДЕЛО ЖИЗНИ

К ЮБИЛЕЮ В.А. БОГУСЛАЕВА



В отечественной инженерно-технической традиции высокого уровня принято связывать бренды, характеризующие эту продукцию с теми, кто её разрабатывает и выпускает. Это касается всех разделов техники, и исключений почти нет. В авиации, например, все работающие знают самолёты Ил, Ан, Ту, Бе, Су, вертолёты Ми и Ка – по аббревиатурам фамилий основателей ОКБ. То же и у авиадвигателей: АМ – Александр Микулин, ВК – Владимир Климов, НК – Николай Кузнецов, ПС – Павел Соловьёв. И так далее...

Но, порою, и без наречения логотипа, любой причастный к делу скажет вам, что, например Пермский моторный – это сейчас, и уже давно, А.А. Иноземцев, а Запорожский Моторный – много, много лет В.А. Богуслав.

И, может быть, не самый лучший образец стиля статей про людей, которые ассоциативно связаны со своей деятельностью – когда начинается статья про человека, а через недолгое течение своего повествования – уже целиком говорит о перипетиях дела его жизни и особенностях его изменения, модернизации и обновления. Боюсь, и нам не удастся целиком избежать этого. В чём заранее каемся перед читателем.

Редакция журнала "Двигатель"

В Запорожье, где Вячеслав Александрович проработал всю сознательную жизнь, и с которым, как мы уже утверждали выше, он неизбежно ассоциируется, Богуслав в 1961 году приехал учиться из западноказахстанского Уральска (где родился 28 октября 1938), отслужив в армии. С красным дипломом окончив Запорожский машиностроительный институт, попал на Запорожский моторостроительный завод имени П.И. Баранова. И с тех пор он запорожец и, более того – часть имиджа Запорожья.

Руководил Запорожским моторостроительным заводом в то время весьма примечательный человек: Василий Иванович Омельченко. Он был известен двумя вещами: исключительной технической и деловой интуицией, позволявшей решать самые сложные вопросы и столь же исключительной твёрдостью характера. Что с одной стороны позволяло партнёрам опираться на его слово, как на каменную стену, и, с другой стороны, не допускало возможностей каких-либо "хитрых шагов" при работе с заводом. И ещё – дураков он очень не любил. Особенно тех, кто пытался строить из себя специалиста, каким не был. И человек в этом отношении был весьма резкий и безапелляционный. Молодой Вячеслав Богуслав ему сразу понравился. И ему поручили возглавить копировально-множительный центр завода. Удачно. Через четыре года работы Омельченко направил Богуслава своим представителем в Волочиск, где предстояло поднимать "с нуля" филиал запорожского завода. По замыслу В.И. Омельченко, филиалу в Волочиске предстояло специализироваться на переданном из Запорожья производстве деталей для авиадвигателей, номенклатурой до 20 тысяч типов: всевозможного инструмента и штампов, отдельных узлов и агрегатов технологической оснастки, многотиражных деталей и разнообразных метизов, крепежных, установочных, монтажных и т. п. Вячеслав Александрович Богуслав был назначен исполняющим обязанности директора филиала в Волочиске 13 августа 1973 года.

Вскоре последовало создание на базе моторостроительного завода Запорожского производственного объединения "Моторостроитель", в состав которого вошел и филиал в Волочиске. Впрочем, в качестве филиала он пробыл недолго – 28 ноября 1974 года его преобразовали в Волочиский машиностроительный завод.

Одной из наиболее значительных работ, выполненных Волочиским машиностроительным заводом в 1970-1980-е годы, стало изготовление передвижных электростанций. Существовало огромное количество местностей, где сохранялись трудности с сетевой подачей электроэнергии. Автономные источники электроэнергии также требовались геологическим поселкам, буровым установкам и строителям.

Запорожским двигателестроителям удалось приступить к этой работе после того, как ресурс гражданских авиационных газотурбинных двигателей достиг величины 2,5-4 тысячи часов. В 1963 году небольшая группа энтузиастов под руководством директора завода приступила к проектированию передвижных газотурбинных электростанций с приводом от двигателей, созданных на базе АИ-20. Первый образец такой электростанции был собран и испытан в 1965 году. Первые электростанции, разработанные запорожскими авиадвигателестроителями на базе авиационного двигателя АИ-20, мгновенно оказались востребованными. После строительства завода в городе Волочиске по инициативе ставшего его директором Вячеслава Богуслава, изготовление передвижных электростанций было перенесено туда. С этого времени процесс доводки и совершенствования ПАЭС-2500 приобрел характер специализированного направления работ, ориентированного на требования конкретного заказчика.

В 1980 году, чувствуя острую потребность в новых управленческих знаниях, В.А. Богуслав поступил в Академию народного хозяйства в Москве. Он окончил ее в 1983 году, написав за это время несколько научных работ, связанных с системой планирования и управления предприятием. Ряд научных выводов и рекомендаций исследований, выполненных в процессе учебы, Вячеслав Александрович вскоре внедрил в практику собственной работы. Например, в виде ставшей широко известной системы "планово-предупредительного обслуживания рабочих мест". Всякому, кому посчастливится побывать в цехах современного Запорожского моторного завода, не может не броситься в глаза исключительная целесообразность организации КАЖДОГО рабочего места на заводе, что является одной из причин слаженной общей работы предприятия.

В 1986 году на Волочискском заводе начало работу бюро автоматизации технологической подготовки производства на базе ЭВМ, бюро программирования, бюро электронной службы для обслуживания станков с числовым программным управлением. Незадолго до этого события Вячеслав Александрович Богуслав был награжден орденом Трудового Красного Знамени.

70-е - 80-е годы XX века – время наиболее интенсивного развития (и в количественном и в качественном отношении) реактивной авиации. И в стране, и в мире происходили в этой области бурные качественные и количественные изменения. За год отечественным авиапромом сертифицировалось по несколько новых авиадвигателей, да и поколения их сменялись прямо на глазах.

В "портфеле заказов" запорожского производственного объ-

единения, сформировавшемся к концу 1970-х - началу 1980-х годов, находился целый ряд двигателестроительных программ. Запорожский авиадвигателестроительный гигант участвовал в нескольких национальных программах, связанных с созданием и освоением в производстве новых типов авиационных двигателей. Первыми среди них значились: двигатель Д-18 для гигантского транспортного самолета Ан-124 "Руслан", вертолетные двигатели ТВ3-117 и Д-136 и ещё некоторые. В 1990 году в Запорожье создали модификацию двигателя Д-436Т, которая стала основой для его последующих вариантов: Д-436Т1, Д-436Т-148 и Д-436ТП. Они предназначались для разрабатывавшихся в те годы самолетов Ту-334, Ан-148 и Бе-200. Для руководства выполнением всего этого требовался и человек с соответствующим масштабом способностей. В.И. Омельченко к тому времени покинул нас. В марте 1988 года генеральным директором Запорожского ПО "Моторостроитель" был назначен Вячеслав Александрович Богуслаев.

Кому бы в конце 80-х могло и прийти в голову, какого объёма и характера задачи придётся решать руководителям и производственным коллективам промышленных предприятий в ближайшие десятилетия. Все понимали, что экстенсивный способ развития себя исчерпан, но строя планы на будущее, тем не менее, опирались на имеющийся опыт ближайшего прошлого. Тем временем в стране началась Перестройка.

С самого начала своего директорства Богуслаев отчетливо понимал, что будущее в таком капиталом- и наукоемком деле, как авиадвигателестроение, принадлежит союзам, объединениям высокопрофессиональных коллективов, концентрирующими интеллект, производство и капитал. И он постоянно был инициатором всякого рода объединительных компаниях - когда партнёры стремились объединиться в союзы, ассоциации, объединяющие советы. И с ходом всякого рода экономических экспериментов в руководстве страны и республик стало абсолютно понятно, что направление деятельности выбрано верное: только укрепление непосредственных контактов смежников позволит существовать как каждому из них, так и их партнёрству в целом. Ждать помощи от центральной власти, как привыкли при Советах, неразумно, а уж следовать её указаниям попросту опасно. Вот и выживали самостоятельно.

4 июня 1989 года запорожское производственное объединение "Моторостроитель" первым среди авиационных предприятий Советского Союза получило право на осуществление самостоятельной экспортной деятельности. В марте 1993 года В.А. Богуслаеву был вручен Сертификат о соответствии системы качества №77752 - первый международный Сертификат, выданный украинскому предприятию. Вслед за этим последовал и ряд других признаний запорожского объединения.

Рубежный для страны Советов день - 19 августа 1991 года показал и то, что дальше всё будет не так, как было до того и те приоритеты, какими будут руководствоваться. В запорожском моторостроительном объединении акценты были расставлены сразу и надолго - устами его руководителя. Вслед за заявлением ГКЧП по заводскому радио выступил генеральный директор: "Никакой паники! Мы работаем. У нас есть, что делать." Вслед за ним выступили руководители кадровой службы, предупредив, что предприятие с этого момента будет усиленно охраняться, а работа будет продолжена в две смены. И по сей день - работа на "Мотор Сич" - понятие непрерывное. В некоторых цехах производство не останавливается даже в выходные дни и праздники, потому что каждый упущенный час времени - это недополученная прибыль - единственный источник финансирования предприятия...

В течение тех нескольких августовских дней Богуслаев не покидал завод. А 23 августа в 10 утра руководители заводских подразделений выступили перед своими коллективами и передали слова генерального: "Наша задача - качественные двигатели. Это было и остается главным!" И это направление вектора основного приложения сил работает и по сию пору, позволяя предприятию жить и работать, несмотря ни на что.

Именно тогда в Богуслаеве с особой силой и убежденностью проявилось чувство личной ответственности за судьбу научно-инженерного дела в целом. Для него было предельно ясно, что он обязан его поддерживать и защищать всеми силами. В противном случае, всего лишь через несколько лет защищать будет нечего.

В начале 1990-х годов для решения фундаментальных проблем требовалось выходить за региональные рамки. Так, в МАПе (Межрегиональной ассоциации промышленников, которая фактически стала его детищем, а Вячеслав Александрович Богуслаев еще в 1992 году был избран её президентом) удалось объединить промышленников из 17 областей Украины.

В начале 1992 года налаживавшееся десятилетиями взаимодействие оказалось перечеркнуто неожиданно возникшими таможенными барьерами. Одновременно с этим заметно уменьшилось количество заказов на изготовление в Запорожье двигательных установок. Несмотря на то, что альтернативы многим из них практически не было, стали появляться надуманные предлоги, чтобы урезать, а то и вовсе отказаться от совместной работы российско-украинской кооперации, которая десятилетиями задавала тон в мировом авиадвигателестроении. И продолжение действий в этих условиях также было одним из объектов постоянного и самого пристального внимания Вячеслава Александровича.

Вот несколько строк из статьи Вячеслава Александровича: "В конце 1980-х - начале 1990-х годов была создана на предприятии мощная группа прогнозирования путей его адаптации к условиям рыночной экономики. Вскоре по рекомендациям этой группы приступили к решению нескольких задач. Прежде всего, самостоятельно провели обстоятельные презентации на тех рынках, на которых традиционно закрепились наша продукция еще с советских времен. При этом мы попутно выявили многие серьезные недостатки в работе с нашей техникой и наметили оптимальные формы дальнейшего взаимодействия с прежними партнерами. В зарубежных деловых контактах нашли выгодных инвесторов, основным требованием которых была приватизация госсобственности".

Борьба за приватизацию предприятия продолжалась почти пять лет. В итоге, трудовой коллектив предприятия стал абсолютным юридическим хозяином своей собственности - ключевых процентов акций. У государства не было ни одной акции, а остальные распределились среди множества акционеров, как своих, так и зарубежных, не способных вмешиваться, впрочем, в деятельность стратегического менеджмента предприятия. Именно с началом приватизации связано приобретение предприятием нового названия - "Мотор Сич", в котором сосредоточить два знаковых для запорожцев слова: мотор и Сич, т.е. Хортица, казачья вольница. К слову, возрождение





Запорожского казачества напрямую связано с Богуслаевым. Изучая историческое прошлое Запорожского края, Вячеслав Александрович все-

гда стремился сделать доступным его культурное наследие для всех его жителей. Благотворительность в его понимании - это нечто большее, чем помощь людям, нуждающимся в поддержке и заботе. В первую очередь, это забота о духовности, сбережение народных традиций, равнодушие к судьбе ближнего.

Назначение Богуслаева директором крупнейшего авиадвигателестроительного предприятия пришлось на время, когда все большую популярность начали приобретать гражданские вертолеты Ми-17 и Ка-32, оснащавшиеся различными модификациями изготавливаемых в Запорожье двигателей ТВЗ-117. Одновременно шёл процесс по ремоторизации на этот же новый двигатель широко распространённого в мире и отлично зарекомендовавшего себя в самых различных качествах вертолёт Ми-8.

К выполнению этой чрезвычайно сложной работы запорожским двигателестроителям довелось приступить в условиях острой необходимости получения новых заказов на производство двигателей. Неудивительно, что с начала 1990-х годов еще одним, и едва ли не центральным видом деятельности Богуслаева стал непрерывный мониторинг потенциальных рынков покупателей авиадвигателей.

При этом каждый летательный аппарат, оснащённый новыми запорожскими двигателями, являл собой новую страницу в развитии гражданской авиации. Это уникальные по грузоподъёмности, возможностям и надёжности транспортники Ан-225 "Мрия" и Ан-124 "Руслан", транспортно-пассажирский гидросамолёт-пожарный Бе-200 - исключительных и до сих пор не достижимых другими полётных и деловых качеств, перевозчики ближних магистралей Ан-140 (во многом - следствие инициативных разработок запорожских моторостроителей, специально спроектированных по инициативе генерального директора предприятия ТВЗ-117ВМА-СБМ1, с внешним валом винта и задним выносным редуктором) и Ан-148. Все они стали такими во многом благодаря разработанному и производимому в Запорожье на "Мотор Сич" под руководством Богуслаева авиационным двигателям.

Именно на эти двигатели - в частности на развитие двигателя Д-436(Т1, Т2 и Т3) был ориентирован выпуск перспективных пассажирских самолётов: ближнемагистрального Ту-334 вместе с Ту-204-300, Ту-204 и Ту-214, которые должны были войти в состав унифицированной линейки перевозчиков, способной обеспечить



транспортную от 70 до 210 пассажиров на расстоянии от 3000 до 9000 км. Наряду с пассажирским вариантом была разработана и грузо-

вая модификация Ту-334. Дальнейшими планами также предусматривалось, что модифицированными двигателями Д-436Т1 будут оснащаться пассажирские самолёты Ту-134, Як-42, Ан-72 и Ан-74.

Серийное производство самолёта Ан-140 было развернуто на Харьковском государственном авиационном производственном предприятии, на самарском авиационном заводе "Авиакор", а также на одном из авиазаводов в Иране, где они очень востребованы, в частности, используются при патрулировании границ. За создание двигателя на Ан-140 Богуслав был удостоен высшей государственной награды - звания героя Украины с вручением ордена Державы.

XXI век начался для Богуслаева с того, что он, руководитель крупнейшего авиадвигателестроительного предприятия Украины, стал проявлять активный интерес к вертолестроению, которое на многие годы вперед оказалось для него одной из основных перспективных тем.

Выполнение этой работы началось с ремоторизации отлетавших уже не один десяток лет вертолетов Ми-8Т и Ми-2. Недалеко от аэродрома Запорожья "Мотор Сич" восстановила два ангара, где специалисты предприятия начали возвращать вертолеты к жизни. Замысел оказался весьма своевременным. Во многих странах начали выводиться из эксплуатации тысячи вертолетов с невыработанным ресурсом. Из разошедшихся по всему миру 22 тысяч вертолетов Ми-8 поднимались в воздух лишь 7-8 тысяч!

В 2011 году при поддержке "Мотор Сич" была восстановлена производственная деятельность Винницкого авиационного завода в части ремонта вертолетов Ми-2. Тогда же на "Мотор Сич" начались работы по модернизации силовой установки этих вертолетов - замене изготовлявавшихся в Польше двигателей ГД-350 на запорожские АИ-450.

Новый вертолётный двигатель ТВЗ-117ВМА-СБМ1В производства АО МОТОР СИЧ открыл новую эру для самого массового двухдвигательного вертолёт в мире - Ми-8. Проведенная на мощностях завода ремоторизация позволила вертолету установить несколько мировых рекордов в своем классе. На испытаниях вертолета Ми-8МТВ, проведенных 19 мая 2010 года на аэродроме Конотопского авиаремонтного завода, вертолет поднялся за 13 минут на высоту 8100 метров! А в мае 2018 года вертолет Ми-8МТВ с двигателями ТВЗ-117ВМА-СБМ1В серии 4Е серии в классе Е-1 установил уже 12 мировых рекорд по скороподъемности на 3 и 6 км.

Проведенный на предприятии анализ статистических данных по их эксплуатации показал, что парк Ми-8Т с двигателями ТВ2-117 почти в пять раз превышает парк более совершенных вертолетов Ми-8МТВ с двигателями ТВЗ-117. При этом годовой налет Ми-8Т также практически в пять раз выше, а наработка на один инцидент Ми-8Т в 1,56 раза выше, чем вертолета Ми-8МТВ. Наибольшее количество отказов также приходится на двигатель ТВ2-117. Учитывая высокую эксплуатационную надежность Ми-8Т и прекращение производства ТВ2-117 при том, что ресурс планера вертолета вполне достаточен, целесообразность замены двигателя ТВ2-117 на ТВЗ-117ВМА-СБМ1В серии 4Е (модификации двигателя ТВЗ-117ВМА-СБМ1В) была вполне обоснована. Подобная замена обеспечи-

вала получение этой заслуженной машиной 30% экономии по расходу топлива, что влияло не только на дальность и грузоподъем-



В.А. Богуслав с А.А. Саркисовым, В.М. Чуйко и М.И. Каштаном



Богуслаев и его "Надія"

ность - стоимость керосина составляет около 40% цены билета.

Расчеты показали - окупаемость подобной модернизации могла

составить всего два с половиной года. После этого использование новых двигателей становилось прибыльным.

Первый полет модернизированного подобным способом вертолета, получившего обозначение Ми-8МСБ, состоялся 16 июня 2011 года на аэродроме "Мотор Сич". А 15 августа 2013 года Ми-8МСБ поднялся на недосягаемую раньше для вертолета высоту - 9 150 м, установив мировой рекорд для двухдвигательных вертолетов!

14 ноября 2012 года распоряжением Кабинета Министров Украины В.А. Богуслаев был назначен генеральным конструктором по созданию и модификации вертолетной техники. Уже в мае следующего года, на выставке "HeliRussia" "Мотор Сич" предъявил ее посетителям интригу - макет вертолета МСБ-2 - новой генерации Ми-2. Многие с интересом рассматривали просторную кабину и удобное рабочее место пилота. Дважды на стенд "Мотор Сич" навещался Сергей Игоревич Сикорский, сын великого русского авиаконструктора, консультант американской фирмы "Сикорский Эйркрафт". В августе 2017 года вертолет МСБ-2 "Надія" совершил свой первый полет. И теперь, волею запорожских моторостроителей в небе можно видеть не только крылатую Мечту - Мрію, но и лёгкую Надежду - Надію!

Вслед за этим, подтверждения о том, что они находятся на правильном пути, запорожцы начали получать буквально со всего света. Так, в мае 2013 года, незадолго до открытия в Москве выставки "HeliRussia" стало известно, что вертолет Ми-17 ВВС Перу перелетел с грузом через горные вершины Анд, высота которых достигает 6300 метров. Ми-17 летели парой. Один вертолет, оснащенный двигателями предыдущего поколения, не смог подняться выше 6000 метров, и был вынужден вернуться, а второй, оснащенный запорожскими двигателями ТВЗ-117-СБМ1В, пролетел над горами на высоте свыше 7000 метров и выполнил задачу. Это событие оказалось знаковым для перуанских вертолётчиков, ведь их страна разделена Андами, и чтобы обойти горы и попасть из одной части Перу в другую требуются сутки.

Стоит заметить, что практический подход к любому выполняемому делу - личное качество Вячеслава Александровича и теперь - марка всей "Мотор Сич". В Советские и Перестроечные времена на все производственные предприятия спускался от

министерства план по "товарам народного потребления", ТНП, который многие рассматривали как гирию на шею. В Запорожье - не то. То, что дела-

лось здесь под флагом "ТНП", составляло ритейлеров и заказчиков выстраиваться в длинные очереди и приносило немалый доход предприя-

тию. Потому как ерунды не делали, но только то, что проверенно имело спрос. Для этого на предприятии было создано научно-производственное управление, в состав которого вошли подразделения, занимающиеся маркетингом, разработкой, изготовлением, испытанием и доводкой новых изделий, разработкой и внедрением в серийное производство новых технологий, разработкой, изготовлением и внедрением в производство высокопроизводительного специального технологического оборудования. В перестроечные времена именно товары народного потребления стали для предприятия одним из способов выживания и сохранения уникальных технологий. А о товарах "Мотор Сич" для медицины легенды ходят не только по Украине, но и далеко за её пределами.

Примерно такой же подход у "Мотор Сич" к вопросам собственной кадровой политики, неременной частью которой здесь полагают "социальную сферу", полагаемую на иных предприятиях непрофильной. На "Мотор Сич" сохранили все то лучшее, что было в социалистической системе хозяйства, в первую очередь, постоянную заботу о трудящихся, социальные гарантии, общедоступное медицинское обслуживание и отдых. И такой подход даёт эффект в виде очереди запорожской молодёжи на рабочие места на предприятии.

По той же причине - заботе о собственных кадрах - "Мотор Сич", руководимый Богуслаевым, фактически, руководит спортивной работой в Запорожье: содержат дворец спорта, финансируют городскую команду по гандболу (кстати - юношескому увлечению Генерального). В Запорожье издаётся заводская многотиражка "Мотор" и поддерживается республиканская газета "Позиция". И в нашем журнале постоянно появлялись содержательные статьи и Богуслаева и ведущих специалистов "Мотор Сич", что делает "Двигатель" более содержательным.

И уж совсем редкое в наше время: осенью 2012 года Вячеслав Александрович Богуслаев ввел в строй в Запорожье еще один объект - Музей техники Богуслаева. За многие десятилетия до этого, в 1936 году на территории завода №29 на базе Бюро технической информации был организован музей авиамоторов. В послевоенные годы музей воссоздали в качестве заводского музея "Трудовой славы". 28 апреля 1988 года Министерство культуры Украины присвоило этому весьма содержательному и представительному музею звание "Народного".

Новая эра в его истории началась в 2012 году, когда всего за 10 месяцев по специальному проекту было рекон-



С.И.Ф. Кравченко



В.М. Чуйко, С.И. Сикорский, В.А. Богуслаев



Открытие Музея техники Богуслаева



В.А. Богуслав с космонавтами А.А. Леоновым и В.В. Терешкова

струировано здание бывшего авиационного техникума, находящегося на территории парка им В.Я. Климова. Музей техники обрел не только новое имя, светлое

просторное помещение и богатейшие коллекции экспонатов, но и вошел в число главных экскурсионных объектов Запорожья. Здесь представлена вся история авиации с момента ее зарождения - не только авиадвигатели, но и модели самолетов, стенды, посвященные пионерам воздухоплавания, выдающимся авиаконструкторам и летчикам, совершавшим героические подвиги. В музее также разместились коллекции самоваров, мотоциклов, оружия, которые многие годы собирал Вячеслав Александрович. И всё это собрание позволяет сотрудникам предприятия, особенно молодежи, ощущать своё место на передовой технического прогресса.

Богуслав - личность настолько многогранная, что практически невозможно назвать те сферы жизни общества, в которых бы он не проявил себя специалистом высокого класса. Так, по его настоянию 4 сентября 1995 года с благословения архиепископа Запорожского и Мелитопольского Василия в здании бывшего кинотеатра была зарегистрирована Свято-Андреевская религиозная община Украинской Православной Церкви. А в 2001 году, на Рождество Христово, владыка Василий освятил новый Свято-Андреевский собор, отслужил в его стенах первую праздничную литургию.

Создание Храма стало не единственным деянием запорожцев по увековечиванию памяти апостола Андрея Первозванного.

В 2003 году рядом с храмом был установлен и освящен 5-метровый бронзовый памятник апостолу Андрею Первозванному скульпторов Н.С. Соболя и Н.Н. Соболя.

Памятник и храм образовали единый архитектурный комплекс, стали символами духовного возрождения украинского народа, зримым воплощением славянского духа.

За годы, прошедшие с момента завершения строительства, собор обрел не только любовь запорожцев, но и стал для многих храмом души. В праздники здесь многолюдно. Особенно 13 декабря, когда весь православный мир отмечает память Святого апостола Андрея Первозванного.

В 2004 году Вячеслав Богуслав стал лауреатом международной премии Фонда Андрея Первозванного "Вера и Верность" за укрепление российско-украинского сотрудничества, создание в городе Запорожье кафедрального собора во имя Святого Всех-

вального апостола Андрея Первозванного и памятника апостолу Андрею. Кавалер орденов Трудового Красного Знамени, Знак Почета за заслу-

ги трех степеней, лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, дважды лауреат общенациональной программы "Человек года".

В ноябре 2003 года награжден орденом Преподобного Сергия Радонежского II степени Русской Православной Церкви.

При активном участии АО "Мотор Сич" и лично В.А. Богуслава в Запорожье прошел Собор народов России, Украины, Беларуси (17-19 мая 2004 г.), приуроченный к 350-летию Переяславской Рады - важнейшей вехи в истории славянского мира. Цель проведения Собора народов России, Украины, Беларуси - содействие процессу преодоления разобщенности народов трех государств и всего славянства на основе углубления процессов интеграции в сферах духовной жизни, культуры, образования, информации, экономики, науки.

Для Богуслава ни в чем не существует мелочей. Будь то бытовые проблемы микрорайона, в котором живут работники "Мотор Сич", или установка памятника Андрею Первозванному. Масштаб этих задач различен, но для Богуслава все они имеют одинаковую значимость. Но, безусловно, главное дело его жизни - это "Мотор Сич", где он в течение трех десятилетий находится во главе процесса создания удивительного сплава из людей и металла, приводящего к созданию лучших в мире авиационных двигателей.



С.Д.О. Рогозиным



Присоединяемся к общему хору поздравлений Вячеслава Александровича с 80-летием: Многих лет! Многих радостей: любви, здоровья и счастья - себе и близким! И ещё многих и многих сбывшихся мечтаний на этой Земле.



Вручение премии "Вера и верность"



МЕЖДУНАРОДНЫЙ АВИАТРАНСПОРТНЫЙ ФОРУМ Ульяновск-2018

</Люди.>
-[Технологии.]>
={Инфраструктура.}

Юбилейный V Международный авиатранспортный форум «МАТФ»

16-18 августа 2018 г.

**Место проведения:
индустриальный парк
Аэропортовой ОЭЗ
«Ульяновск»**

Международный конгресс, ключевые события:

- Конференция по кооперации «Ил: вчера, сегодня, завтра. Как стать поставщиком?»
- Всероссийская конференция «Межрегиональные авиaperевозки как фактор развития территорий и экономики России»
- Научная конференция «Полимерные композиционные материалы нового поколения. Трансфер инноваций из авиации в приоритетные сектора экономики России»
- Круглый стол «Перспективы создания беспилотного грузового самолета в России»
- Конференция «Нормативное регулирование воздушного пространства для АОН и беспилотных авиационных систем»

Международная выставка «Инновации в авиации» – более 3 000 кв.м. бизнес-пространства

Форум Авиационных регионов

Уникальное воздушное шоу с участием самолетов и дронов для 100 000 гостей!



ulaviaforum.ru

ВНЕДРЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ И НАУКОЕМКИХ РАКЕТНЫХ РАЗРАБОТОК

Валерий Игнатьевич Гуров, д.т.н., ГНЦ РФ ЦИАМ
Юрий Васильевич Демьяненко, д.т.н., АО КБХА
Юрий Иванович Каналин, НПО Энергомаш
Евгений Николаевич Ромасенко, к.т.н. НПО Энергомаш

Представлены достижения России в разработке ключевого агрегата мощных жидкостных ракетных двигателей: турбонасосного агрегата (ТНА). Показаны перспективы дальнейшего совершенствования ТНА с повышением его конверсионных возможностей, в частности, по перекачке различных криогенных жидкостей, включая сжиженный природный газ и водород.

Russia's achievements in the development of a key unit of powerful liquid propellant rocket engines-the turbo-pump unit (TPA) are presented. The prospects for further improvement of TPA with increasing its conversion capabilities, in particular, for pumping various cryogenic liquids, including liquefied natural gas and hydrogen, are shown

Ключевые слова: мощные жидкостные ракетные двигатели, ЖРД, высокие технологии, наукоемкие технологии, перспективы совершенствования, конверсионные возможности.
Keywords: powerful liquid rocket engines, liquid propellant rocket engines, rocket jet engines, high technologies, knowledge-based technologies, prospects for improvement, conversion capabilities.

Россия является одним из мировых лидеров в создании мощных жидкостных ракетных двигателей (ЖРД). На американских ракетоносителях "Атлас-5" и "Антарес" применяются российские двигатели РД-180 и РД-181 соответственно тягой 400 и 200 тонн производства АО НПО Энергомаш им. академика В.П.Глушко (далее "НПО Энергомаш").

Ключевым агрегатом [1] ЖРД большой тяги является турбонасосный агрегат (ТНА). По высказыванию академика РАН Б.И. Каторгина на разработку, создание и доводку ключевого агрегата ЖРД затрачиваются основные усилия (до 80%) конструкторов и испытателей [2]. Создать надежно функционирующий ТНА - значит создать двигатель [2]. Важным показателем характеристик турбонасосных агрегатов ЖРД является его удельная масса, т.е. масса ТНА, отнесенная к мощности. Масса ТНА может составлять 25-35% от массы ЖРД [3-4]. Основные направления снижения указанной массы реализуются совершенствованием схемных решений [3] и повышением [4] быстроходности роторов ТНА. Известно, что с повышением мощности ТНА снижается число оборотов ротора [4] при неизменном уровне параметра В, который характеризует напряженность работы ротора. Параметр В является произведением мощности агрегата на квадрат оборотов и впервые обоснован в работе [1]. Достижения науки и техники позволяют повышать по годам уровень параметра В. Однако чрезмерное повышение числа оборотов ротора ТНА ограничено возникновением кавитации в насосах данного агрегата. Для исключения отрицательного влияния кавитации на работу насосов ТНА вся система подачи топлива выполняется с предвключенными бустерными турбонасосными агрегатами (БТНА).

Улучшение технических показателей БТНА проводится в тесной интеграции ряда предприятий, в том числе и в направлении совершенствования методов расчета и проектирования проточной части оседагональных предвключенных насосов в этих агрегатах. В настоящее время разработан и эксплуатируется целый ряд быстроходных насосов БТНА ЖРД с высокими массовыми и антикавитационными показателями для работы на различных криогенных жидкостях, включая сжиженный природный газ (СПГ). Сравнение различных инновационных разработок осуществляется в рамках выполнения требований к показателям массы, надежности и эффективности работы БТНА с учетом их коммерческой привлекательности.

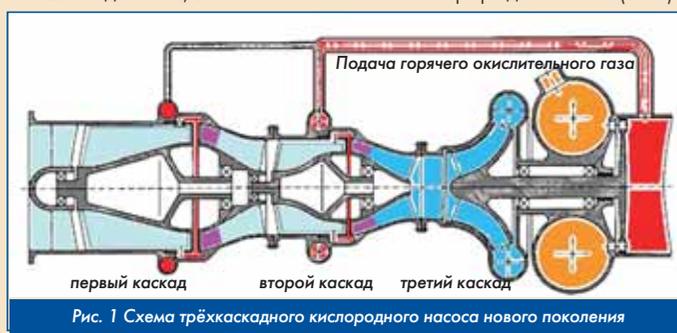
Перспективность схемы совмещения оседагонального колеса насоса с колесом приводной турбины

Традиционно БТНА конструируются с приводной турбиной, механически связанной с колесом насоса консольно по валу, что приводит к повышению массы конструкции по сравнению со схемой технического решения [3]. Схема предполагает объединение конструкции колеса насоса с рабочим колесом приводной турбины (РКТ).

В работе [4] раскрыта необходимость использования БТНА и изменения конструктивных их схем по истории создания, начиная с конца 50-х годов прошлого века и до нашего времени. В частности,

по патенту [3] показано, что приводная турбина, объединенная конструктивно с оседагональным колесом на его бандаже, работает на окислительном газе с температурой вблизи 800К. Этот газ, отбираемый из выходной полости силовой турбины ТНА кислородно-керосинового ЖРД и поступающий после прохождения через турбину БТНА в выходную полость насоса. В работе [5] обстоятельно исследованы особенности схемы патента [3] по сравнению с иными вариантами выполнения БТНА. Представленная конструктивная схема позволяет заметно уменьшить массу агрегата путем сокращения его осевого габарита, а надежность ее работы подтверждена успешным использованием в России и в США современных ЖРД (РД-170, РД-180, РД-181, РД-191 и др.) производства НПО Энергомаш.

В ГНЦ РФ ЦИАМ совместно с НПО Энергомаш разработан соосный трехкаскадный кислородный насос нового поколения (КНП) [6] для применения в ЖРД большой тяги. При этом первые два каскада КНП выполнены по схеме совмещения колеса насоса с расположением на бандаже РКТ приводной турбины. Это существенно упрощает конструкцию БТНА с одновременным уменьшением массы агрегата. Третий каскад насоса, связанный по валу с основной турбиной, имеет одинаковый с ТНА, например, двигателя РД-191 уровень напряженности параметра В ротора. Проведенные конструктивные проработки указанного КНП (рис. 1) показали необходимость автономного расположения первых двух каскадов насоса. Кроме того, выявлены возможности широкого наземного применения первого каскада КНП при перекачке различных криогенных жидкостей, в том числе сжиженного природного газа (СПГ).



Главной конструктивной особенностью КНП является (по аналогии с 3-х вальным воздушно-реактивным двигателем) механическая разобщенность каскадов по валам с разными числами оборотов: связь между ступенями насосов - гидродинамическая, что позволяет повысить число оборотов 3-ого каскада, связанного по валу с основной турбиной ТНА. В результате средне интегральное по ротору КНП число оборотов $n_{ср}$ повышается: оно определяется дробью от деления на суммарную мощность КНП суммы слагаемых произведений мощности на число оборотов каждого каскада. Надежность насоса КНП заметно повышается за счет обеспечения при входе в третий каскад давления потока на 10%, превышающего критическое давление кислорода, равное 5,09МПа, что снижает вероятность быстротечного (5-10 мс) разгара металла конструк-

ции [1] при касании ротора о статор.

В [7-9] представлены результаты теоретического рассмотрения массовых показателей КНП применительно к ЖРД РД-191. Показано, что среднеинтегральное число оборотов n_{cp} первых двух каскадов насоса КНП равно 10260 об/мин, что на 45% выше числа оборотов бустерного насоса двигателя РД-191, при этом минимальное давление кислорода на входе в первый каскад остается прежним, а число оборотов 3-го каскада, связанного по валу с основной газовой турбиной и керосиновым насосом, равно 263000 об/мин, что на 14,3% выше числа оборотов ротора ТНА двигателя РД-191. Указанное повышение числа оборотов на 14,3% позволяет теоретически заметно уменьшить массу ТНА.

Вместе с тем, проработки конструкции, проведенные в НПО Энергомаш, первых двух каскадов КНП показали (с учетом необходимости дополнительного ужесточения корпусов БТНА, отстройки от критических частот роторов, обеспечения надежности работы дополнительной пары подшипников и др.) увеличение до 100 кг массы 2-х каскадного БТНА по отношению к теоретическому результату, равного 61 кг. Полученное заключение стимулировало возможность разработки быстроходного однокаскадного БТНА с учетом современных достижений в расчете и проектировании проточной части оседиагонального колеса. Такие проработки проведены в двух российских центрах ракетного двигателестроения - НПО Энергомаш и АО КБХА (рис.2 и рис.3) с получением следующих данных (в скобках данные АО КБХА):

1. Мощность насоса (турбины) БТНА, кВт 2686 (3420).
2. Число оборотов ротора, об/мин 8900 (9600).
3. Повышение давления в БТНА, МПа..... 5,3 (5,44).
4. Превышение критического давления над давлением насыщенных паров на входе в насос БТНА, МПа..... 0,24 (0,167).
5. Масса БТНА, кг.....108 (115).
6. Кавитационный коэффициент быстроходности Скр 3800 (4780).

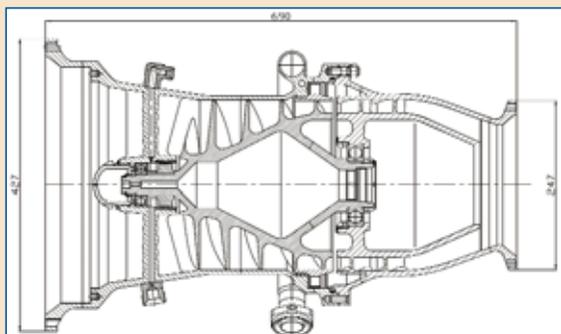


Рис. 2 Схема высоконапорного БТНА варианта НПО "Энергомаш"

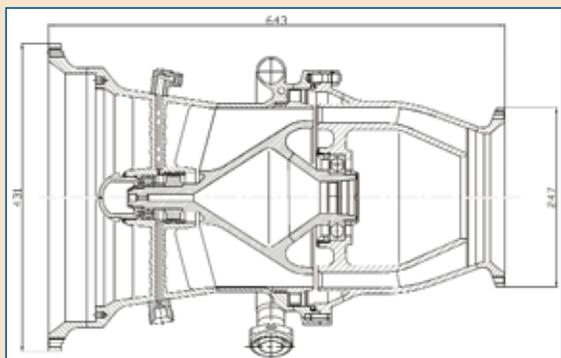


Рис. 2 Схема высоконапорного БТНА варианта АО КБХА

8-10% за счет повышения до 14,3% числа оборотов основного ротора ТНА, включающего в себя основной кислородный насос, основной керосиновый насос и основную силовую турбину. При этом обращает на себя внимание более высокие антикавитационные показатели БТНА, достигнутые в варианте АО КБХА, что заставляет подробнее рассмотреть подходы специалистов этой фирмы.

При расчете и проектировании быстроходного БТНА взамен 2-х каскадного агрегата на одинаковые параметры предъявляются

очень высокие антикавитационные и энергетические требования. Дополнительно необходима минимизация габаритных размеров и массы насоса в сочетании с обеспечением высокой надежности.

Вариантные расчеты параметров БТНА, проведенные в АО КБХА, показали, что наиболее полно вышеуказанные противоречивые требования выполняются при использовании насоса с оседиагональным колесом открытого типа, имеющим постоянный наружный диаметр и профилированную втулку - диаметр втулки увеличивается от входа к выходу колеса. Коэффициент быстроходности насоса оценивается величиной ~217.

Методика по расчету параметров насосов приведена в работе [10]. Для практического применения методики разработан программный продукт на ЭВМ под наименованием "WINDIAG". Описание и технические возможности программы "WINDIAG" изложены в работе [11].

Одной из особенностей методики является применение при построении открытых лопаток оседиагонального колеса линейчатых поверхностей общего вида (ЛПОВ), в которых, в общем случае прямолинейные образующие имеют наклон к диаметральной плоскости и не пересекаются с осью колеса, но пересекаются с поверхностью втулки. Такие поверхности, с одной стороны, являются технологичными, поскольку могут быть получены с требуемой точностью фрезерованием цилиндрическими или коническими фрезами на станках с пятью степенями свободы.

Посредством ЛПОВ может быть получена форма лопаток, которая по входу колеса обеспечивает предельно высокую антикавитационную устойчивость насоса, а по выходу колеса форма лопаток обеспечивает структуру потока жидкости с радиальным распределением энергии, приближающимся к закону "свободного вихря".

Следует также добавить, что криволинейная форма (в меридиональном сечении) высоких и тонких лопаток на антикавитационном участке колеса позволяет повысить жесткость и прочность этих лопаток.

Цилиндрический наружный диаметр колеса дает возможность применить достаточно малый радиальный зазор между лопатками и корпусом, что, при прочих равных условиях, положительно сказывается на экономичности насоса. Ряд параметров насоса для БТНА разработки АО КБХА приведен в табл.1. При расчете параметров обращено внимание на достижение максимальных антикавитационных качеств насоса, что привело к некоторому снижению КПД этого насоса.

Таблица 1. Параметры оседиагонального насоса

Наименование параметра	Значение параметра
Наружный радиус колеса, м	0,125
Радиус втулки на входе колеса, м	0,0375
Радиус втулки на выходе колеса, м	0,1074
Длина колеса по втулке, м	0,1615
Радиальный зазор между лопатками и статором, м	0,0015
Количество основных лопаток, шт.	3
Количество первых дополнительных лопаток, шт.	3
Количество вторых дополнительных лопаток, шт.	6
Толщина входной кромки основной лопатки, м	0,00055
Толщина лопатки на наружной поверхности колеса, м	0,0032
Угол установки лопатки на наружной поверхности на входе колеса, град.	6,82
Расход жидкости на входе в насос, кг/с	460,0
Температура жидкости на входе в насос, К	95,0
Давление насыщенных паров кислорода на входе, МПа	0,167
Давление кавитационного срыва насоса, МПа	0,337
Потребное минимальное давление на входе в насос, МПа	0,390
Повышение давления в насосе, МПа	5,44
Полный КПД насоса	0,687
Мощность насоса, кВт	3421,0
Превышение давления кавитационного срыва насоса над давлением насыщенных паров кислорода, МПа	0,170
Частота вращения ротора, об/мин	9603

Таблица 1. (продолжение)

Наименование параметра	Значение параметра
Действительный напор насоса, кДж/кг	4,8
Коэффициент быстроходности насоса	217
Объемный расход кислорода на входе в насос, м ³ /с	0,413
Коэффициент кавитации насоса	0,0119
Кавитационный коэффициент быстроходности	4788
Температура кислорода на выходе насоса, К	97,6
Объемный расход жидкости по средней плотности, м ³ /с	0,414
Угол установки лопаток отвода на входе, град.	28,0
Угол установки лопаток отвода на выходе, град.	90,0
Количество лопаток отвода, шт.	15

Рассмотренные схемы БТНА и КНП с применением прорывного технического решения [3] открывают их возможности по продвижению данного решения в общую промышленность. В частности, первый каскад КНП БТНА может успешно перекачивать различные криогенные жидкости [12] при соблюдении геометрического, кинематического и динамического подобия в соответствие с [13].

Конверсионные возможности современной схемы кислородно-го БТНА

Недостатком применения схемы БТНА по патенту [3], успешно реализованной в составе ЖРД НПО Энергомаш, для конверсионного применения является загрязнение кислорода на выходе из насоса продуктами сгорания керосина в кислороде, подаваемых в турбину (пары воды и двуокись углерода). Возможно применительно к наземному использованию первого каскада БТНА заменить окислительный газ с продуктами горения на газообразный кислород высокого давления и с температурой окружающей среды. В таком варианте работы криогенного турбонасоса (агрегат КРИОТЭН) расширяются возможности его использования в различных отраслях промышленности, в том числе для перекачки различных жидкостей. Перекачка криогенных жидкостей с помощью агрегата КРИОТЭН осуществляется при подаче на турбину газа однородного по химической формуле и составу с перекачиваемой жидкостью (рис.4).

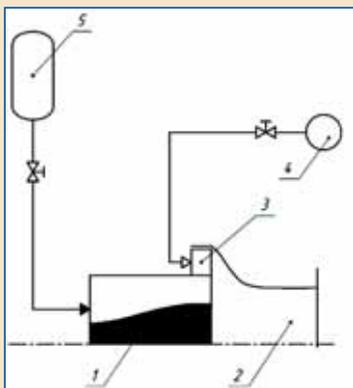


Рис. 4 Схема агрегата подачи криогенной жидкости
1 - шнековый насос;
2 - выход насоса;
3 - рабочее колесо турбины;
4 - источник газа высокого давления с температурой окружающей среды;
5 - емкость с криогенной жидкостью.

окружной скорости при входе в насос, а динамического подобия - относительный коэффициент напора насоса. Этот коэффициент выражается отношением напора насоса к квадрату окружной скорости на наружном диаметре.

Важное свойство агрегата КРИОТЭН заключено в возможности широкого изменения параметров рабочих тел за счет изменения его числа оборотов n. Так, например, при n = 10000 об/мин расход водорода увеличится до 47 кг/с, а перепад давления в насосе - до

0,24МПа вместо 30 кг/с и 0,1МПа соответственно (см. строку 5 табл. 2), а расход и перепад давления в насосе при работе на СПГ (см. строку 3 табл. 2) увеличится соответственно - до 275 кг/с и 1,46 МПа. Варьирование мощности и числа оборотов агрегата предполагается обеспечивать изменением давления газа перед турбиной 4 (см. рис.2).

Таблица 2

Криогенная жидкость	Расход G, кг/с	Входная температура, К	Мощность N, кВт	Перепад давления на насосе, МПа	Плотность жидкости, кг/м ³
Жидкий кислород	460	95	790	1,6	1110
Сжиженный природный газ (СПГ)	176	111	310	0,6	425
Жидкий азот	335	77	575	1,2	808
Жидкий водород	30	21	50	0,1	70

Защищенный патентом агрегат КРИОТЭН обладает высоким конверсионным потенциалом. Несомненные преимущества перед известными аналогами (простота и подтвержденная надежность конструкции, малая масса и стоимость, возможность перекачивания различных криогенных жидкостей, отсутствие загрязнения перекачиваемой жидкости посторонними включениями и др.) могут привлечь внимание специалистов разных отраслей промышленности. Большие возможности по использованию агрегата КРИОТЭН открываются в области транспортировки СПГ, в частности, с помощью океанских танкеров газовозов. В целом, перекачка СПГ от завода до различных транспортных средств может осуществляться при работе турбины 4 (см. рис 4) на природном газе магистрального трубопровода, расположенного вблизи завода. Очевидны перспективы представленного технического предложения при реализации, например, проекта Ямал СПГ.

Наиболее актуальным является применение агрегата КРИОТЭН при реализации криогенного способа заправки емкостей, представленного в [14]. Применительно к водороду указанная заправка емкости объемом 10 м³ может осуществляться при работе агрегата КРИОТЭН на жидком водороде в течение менее 10 секунд с параметрами по расходу и выходному давлению, равными соответственно 47 кг/с и 0,75 МПа. Источником жидкого водорода может служить модернизированный вариант транспортной цистерны ЦВТ-25/6 с запасом жидкого водорода массой 1500 кг при максимальном давлении 0,6 МПа. Расчеты показывают, что газификация жидкого водорода в изохорическом процессе за счет тепла окружающей среды с достижением давления 100 МПа при нормальной температуре происходит за 24-26 часов. Очевидно, что столь малые времена заправки выбраны по необходимости: повышение давления в результате интенсивной газификации водорода в начальный период его поступления в емкость не должно превышать давление за насосом.

Таким образом, представленный материал показывает широкие возможности конверсионного использования результатов опережающего научно-технического задела в области разработки ключевого агрегата жидкостных ракетных двигателей большой тяги. Это создает основу для замещения импортного оборудования по перекачке различных криогенных жидкостей, включая технологии применения сжиженного природного газа и жидкого водорода.

Заключение

1. Сравнительного анализ передовых достижений в разработке мощных российских жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) показал высокий уровень опережающего научно-технического задела в области разработки ключевого агрегата жидкостных ракетных

двигателей большой тяги - турбонасосного агрегата (ТНА) и его предвключенного бустерного турбонасосного агрегата (БТНА). В частности, прорывное техническое решение [3] позволило заметно уменьшить массу ТНА и повысить надежность его работы, что подтверждено успешными многочисленными пусками различных ракетносителей с ЖРД РД-180, РД-191 и др. Современные достижения в расчётных работах и проектировании высоконапорных БТНА позволяют дополнительно уменьшить массу ТНА на 8-10% применительно к кислородно-керосиновым ЖРД тягой 200 тонн

2. Раскрытые конверсионные возможности перспективных БТНА для широкого использования в перекачке различных криогенных жидкостей создают основу для замещения импортного оборудования, в частности, для перекачки сжиженного природного газа и жидкого водорода - перспективных энергоносителей. **П**

Литература

1. Гуров В.И., Шестаков К.Н. // Разработка криогенных турбонасосов. М.: Информконверсия. 2000.
2. Гуров В.И., Гулиенко А.И., Семенов В.Л., Шерстянников В.А., Яновский Л.С. // Вклад ЦИАМ в создание ракетных двигателей. М.: Издание ООО "Двигатели". 2010.
3. Ромасенко Е.Н. Бустерный турбонасосный агрегат. Патент РФ № 2106534 на изобретение от 25.09.1998.
4. Ромасенко Е.Н., Толстиков Л.А. Бустерные турбонасосные агрегаты ЖРД конструкции НПО Энергомаш // Труды №22 НПО Энергомаш имени академика В.П.Глушко. 2004.
5. Канапин Ю.И., Ромасенко Е.Н. Гидравлические характеристики оседагональных бустерных насосов при их работе с турбоприводами // Труды №20 НПО Энерго-

маш имени академика В.П.Глушко. 2002.

6. Гуров В.И., Ромасенко Е.Н., Чванов В.К., Шестаков К.Н. Система подачи жидкого кислорода и способ его подачи из бака потребителю. Патент РФ на изобретение № 2547353 от 28.02.2014 г.
7. Гуров В.И., Виончек В.К., Ромасенко Е.Н., Шестаков К.Н. Кислородный насос нового поколения // Двигатель. №5. 2014.
8. Гуров В.И., Шестаков К.Н., Ромасенко Е.Н. Схемные возможности уменьшения удельной массы турбонасосов // В кн. Вклад ЦИАМ в создание ракетных двигателей (см. п.2 списка литературы).
9. Гуров В.И., Канапин Ю.И., Ромасенко Е.Н. Перспективы совершенствования турбонасосных агрегатов жидкостных ракетных двигателей большой тяги // Сб. тезисов. Научно-технический конгресс по двигателестроению (НТКД-2018). Москва, 4-6 апреля 2018.
10. Валухов С.Г., Демьяненко Ю.В., Петров В.И. // Высокооборотные лопатные оседагональные насосы. Теория, расчет характеристик, проектирование и изготовление. Изд. ВГУ. Воронеж, 1996.
11. Демьяненко Ю.В. Автоматизация расчета параметров и проектирования проточной части рабочих элементов турбонасосных агрегатов ЖРД // Научно-технический сборник. КБ химавтоматики: В 3 томах / Под ред. В.С. Рачука. - Воронеж: "Квартал", 2011, т. 2.
12. Гордин М.В., Гуров В.И., Селиванов О.Д. Унифицированный агрегат для перекачки криогенных жидкостей. Доклад 19.09.2017 года на Пленарном заседании Международной конференции СИНТ-17, Воронеж.
13. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике // М. Наука. 1977.
14. Гуров В.И. Продвижение водорода в промышленность. Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. Том 1, №2, 2015.

Связь с авторами: gurov@ciam.ru

НОВЫЙ ВИТОК РАЗВИТИЯ

1 октября 2018 года Клуб авиастроителей объявил о начале очередной - шестнадцатой - Международной олимпиады по истории авиации и воздухоплавания имени А.Ф. Можайского (olymp.as-club.ru). Журнал "Двигатель" уже не раз писал об этой олимпиаде. И не раз организаторам был задан вопрос о том, как в дальнейшем складывается жизнь ребят - победителей этого конкурса.

По нашим подсчетам абсолютное большинство финалистов олимпиады по мере взросления поступили в высшие технические заведения страны и, по их окончании, связали свою жизнь с авиацией и смежными с ней отраслями.

А в 2016 году Клуб авиастроителей при поддержке Авиакосмофонда стал инициатором нового проекта - одному из победителей олимпиады было предложено сформировать Молодёжное конструкторское бюро (МКБ), которое начало свою работу в структуре дочернего предприятия фонда - ООО "АКФ-Консалтинг".



Прошло почти два года и теперь это уже вполне сформировавшийся слаженный коллектив молодых амбициозных студентов и выпускников московских вузов. Возглавляет коллектив главный конструктор МКБ, выпускник МАИ по специальности "Самолето- и вертолётостроение" Михаил Шмаёв. В составе коллектива его сокурсник в прошлом, а ныне инженер-конструктор Александр Литвин; студенты МАИ, в будущем конструкторы авиадвигателей Денис и Никита Данилишины; студент "Строгановки", в будущем дизайнер средств транспорта Вазген Гиловян. Возможность общаться и получать консультации у членов Клуба авиастроителей - признанных профессионалов - и работа психологов сплотили коллектив за весьма короткое время.

В МКБ уже ведутся работы по модернизации, улучшению внешнего вида серийной продукции и реинжинирингу по заказам нескольких предприятий, ведутся и перспективные разработки. Это и учебно-тренировочный самолёт, способный в условиях аэродрома превратиться в транспортный, пассажирский, сельскохозяйственный или спасательный, и универсальный блок агрегатов, и (на его основе) мини-трактор, и детский велосипед с ручным приводом. Молодые конструкторы стараются не только наилучшим образом использовать знания, которые полу-



чают в вузах и в общении со старшими, но и быть в авангарде конструкторской мысли. МКБ уже имеет один приоритет и ещё одно техническое решение готовится к патентованию. На некоторые проекты получены положительные заключения МПТУ им. Баумана, ряд работ был представлен на Международном Форуме Двигателестроения - 2018. МКБ открыто и для новых заказов. Не так уж и плохо для двухлетнего коллектива со средним возрастом сотрудников 23 года!

Сегодня молодые специалисты МКБ стараются в своей работе объединить авиационные технологии и достижения технического дизайна для решения актуальных практических задач, а глядя на них другие ребята ждут своей очереди. Ведь выход на самоокупаемость этого КБ даст возможность организовать следующее молодёжное КБ.

Успехов вам, ребята!

Сергей Валентинович Гвоздев,
исполнительный вице-президент
Клуба авиастроителей

ЧИСТО РОТОРНЫЙ

ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ВОЗМОЖНО ЛИ?

Романов Виктор Иванович, д.т.н., доцент, ГП НПКГ "Зоря-Машпроект"

Рассматривая роторный двигатель Ванкеля с его трехгранным ротором планетарного вращения, сложной внутренней формой корпуса, удлинненной узкой камерой сгорания, возникает желание найти более простое, технологичное решение роторного двигателя.

Наиболее полный анализ различных схем роторных двигателей и их классификация выполнены в работах (1,2). Имеются достаточно простые схемы ротационных паровых двигателей, но двигатель внутреннего сгорания на их основе разработать не получается. Тем не менее, после проработки ряда вариантов и попыток решение для чисто ротационного двигателя внутреннего сгорания было найдено.

На рис. 1 представлена принципиальная схема такого двигателя. В корпусе 1 расположен ротор двигателя 2 с двумя противоположными

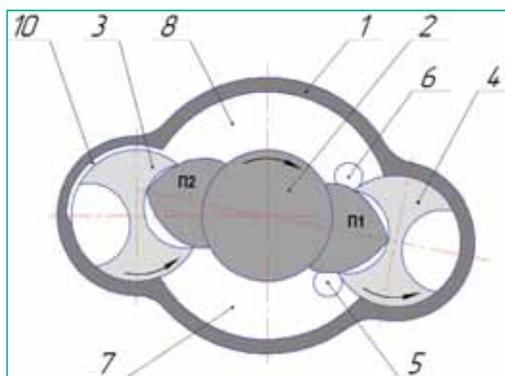


Рис. 1. Принципиальная конструкция роторного двигателя
1 - корпус; 2 - ротор с поршнями П1 и П2;
3, 4 - разделительные роторы; 5 - впускное отверстие; 6 - выпускное отверстие;
7 - полость всасывания; 8 - полость рабочего хода (выхлопа); 10 - проточка рабочего хода

круговыми поршнями П1, П2 и два разделительных ротора 3 и 4. Два разделительных ротора 3,4 соединены с валом двигателя 11 (рис. 4) синхронизирующими шестернями (на рис. 4 не показаны), обеспечивающими вращение роторов с одинаковыми угловыми скоростями и направлениями вращения, показанными на рис. 1. Вращающийся ротор 2 с поршнями П1 и П2 в процессе работы двигателя обеспечивает сжатие рабочего воздуха до требуемого давления и в нем за счет профилирования поршня и выреза в разделительном роторе 3 сформирована камера сгорания двигателя. Второй разделительный ротор 4 отделяет полости всасывания и выхлопа. В полостях всасывания 7 и выхлопа 8 имеются незакрываемые отверстия 5 и 6, через которые подводится воздух для сжатия и, соответственно, удаляются

отработавшие в двигателе газы.

В процессе работы роторного двигателя происходят типичные для двигателя внутреннего сгорания процессы термодинамического цикла. В положении рис. 2а полость всасывания заполнена атмосферным воздухом через незакрываемое отверстие 5. При вращении поршня П1 ротора 2 по часовой стрелке до достижения разделительного ротора 3 воздух в полости всасывания сжимается до давления 0.65 мПа, дальнейшее сжатие до давления 2.1 мПа будет происходить в замкнутой полости, образованной передней (по ходу вращения) поверхностью поршня и выемкой в рабочем вращающемся роторе 3.

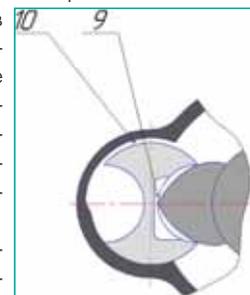


Рис.3 Конструкция разделительного ротора
9 - вырез в выемке разделительного ротора;
10 - проточка рабочего хода

Для обеспечения работы роторного двигателя в выемке вращающегося ротора 3 выполнен специальный вырез 9, рис.3 (Патент Украины №105808 от 25.06.2014 года). Через этот вырез произойдет перепуск сжатого воздуха с передней по ходу вращения поршня стороны на заднюю. Наличие выреза 9 в разделительном роторе является принципиально важным моментом, определяющим возможность работы предложенной схемы в качестве двигателя внутреннего сгорания. Конфигурация выреза 9 в поршне выполнена таким образом, чтобы, кроме функции перепуска сжатого воздуха с передней стороны поршня на заднюю, она обеспечивала: а) достижение необходимого давления сжатия воздуха до 2.1 мПа, б) минимизирует "реактивный" обратный момент от разделительного ротора 3, передающийся через синхронизирующие шестерни на вал двигателя и действующий от момента розжига топливовоздушной смеси до выхода рабочего поршня из зацепления с разделительным ротором.

При повороте ротора на угол +15 градусов от положения, аналогичного положению верхней "мертвой точки" (ВМТ) традиционного поршневого двигателя внутреннего сгорания (рис. 2б) поршень П1 ротора достигает края выреза 9 в выемке разделительного ротора 2 и с учетом угла опережения зажигания выполняется впрыск топлива в выемку разделительного ротора (камеру сгорания) и производится его зажигание.

При положении ротора П1 угол +20 градусов от ВМТ (рис.2в) топливовоздушная смесь сгорает и начнется процесс расширения

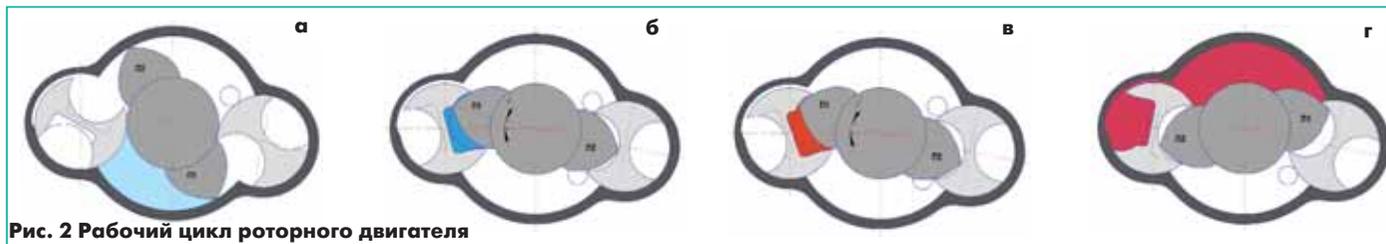


Рис. 2 Рабочий цикл роторного двигателя

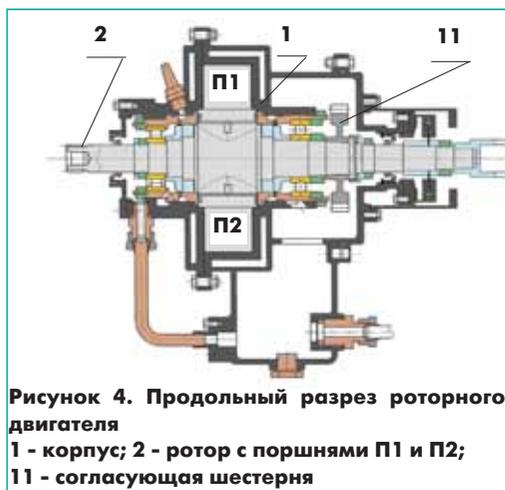


Рисунок 4. Продольный разрез роторного двигателя
1 - корпус; 2 - ротор с поршнями П1 и П2;
11 - согласующая шестерня

П1 своей передней стороной полностью вытеснит через отверстие 6 отработавший газ от предыдущего рабочего цикла.

Дополнительно следует обратить внимание на наличие в корпусе двигателя проточки рабочего хода 10 (рис.3), назначение которой состоит в обеспечении перетока оставшегося в изолированной части выемки разделительного ротора 3 рабочего тела в полость рабочего хода, таким образом будет использован весь полезный объем рабочего тела.

На этом заканчивается цикл работы поршня П1, который выполняется за 1 полный оборот ротора 2 двигателя. Поршень П2



Рисунок 5. Геометрические размеры роторного двигателя (размеры в мм)

в точности повторяет рабочий цикл, таким образом два поршня за один оборот вала двигателя совершают два полных цикла, в то время как в поршневом двигателе полный цикл выполняется за два оборота. На этом основании можно утверждать, что при одинаковом объеме двигателя рассматриваемый роторный двигатель будет потенциально иметь большую удельную мощность и лучшие массогабаритные показатели.

Выполнен расчет основных технических показателей опытного образца роторного двигателя, показанного на рис.5. Приняты для расчета геометрические размеры:

- диаметр рабочего поршня 300 мм.,
- диаметр разделительного ротора 160 мм.,
- высота поршня 70 мм.,
- ширина поршня 50 мм.,

Параметры двигателя рассчитывались с учетом утечек рабочего тела через радиальный и боковые зазоры в рабочем поршне, при этом принимался радиальный зазор по поршню 0,015...0,02 мм, боковой - 0,01 мм. Следует отметить, что поддержание таких зазоров при работе возможно только с установкой уплотнений по радиальным и боковым зазорам. Обеспечение минимальных зазоров и, соответственно, утечек рабочего тела со стороны высокого давления в полости более низкого давления является одним из важнейших условий получения высоких показателей роторного двигателя.

В качестве показателя положения поршней и фаз работы роторного двигателя принят угол (фи), отсчитываемый от горизонтальной оси ротора поршней по часовой стрелке.

Исходные данные рабочего процесса.

- параметры окружающей среды: давление 0,1 мПа, температура 25 градусов,

ния газа, то есть пойдет рабочий ход. Рабочий ход продолжается до положения, когда задняя сторона рабочего поршня П1 достигнет края выпускного отверстия 6 (рис. 2г). В процессе рабочего хода поршень

- теплотворная способность топлива 44 000 кДж/кг,
- стехиометрическое соотношение 14,96 кг воздуха/кг топлива,
- коэффициент избытка воздуха 1.05,
- давление впуска с учетом потерь подводящего канала 0,087 мПа,
- давление остаточных газов 0,115 мПа,
- коэффициент полноты сгорания с учетом тепловых потерь 0,85,
- механический КПД 0,95,
- частота вращения ротора 3000 об/мин.

Указанные исходные данные приняты достаточно "консервативными", в первую очередь, частота вращения ротора. Это сделано для отработки процесса работы опытного образца двигателя, когда недостаточно исследованы особенности такого процесса. На рис. 6 для принятой геометрии роторного двигателя определены объемы фаз сжатия и расширения в кубических сантиметрах. Особенностью данного типа двигателя является соотношение объемов рабочего хода и сжатия, отношение которых равно 1,17 в отличие от обычных поршневых двигателей, где это отношение равно 1.0. Такое относительное увеличение доли рабочего хода позволяет в большей степени использовать энергию рабоче-

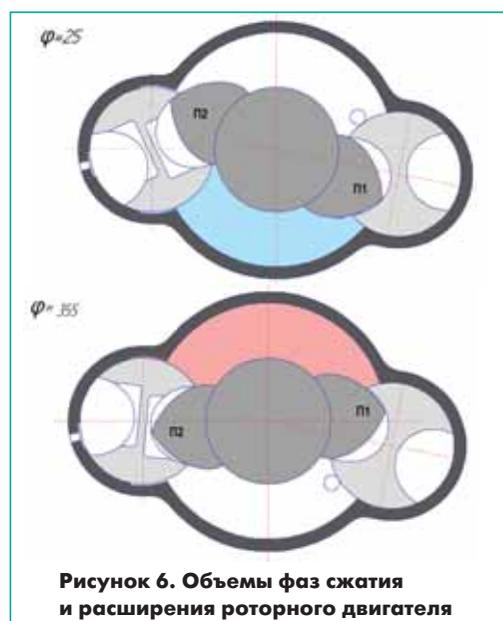


Рисунок 6. Объемы фаз сжатия и расширения роторного двигателя

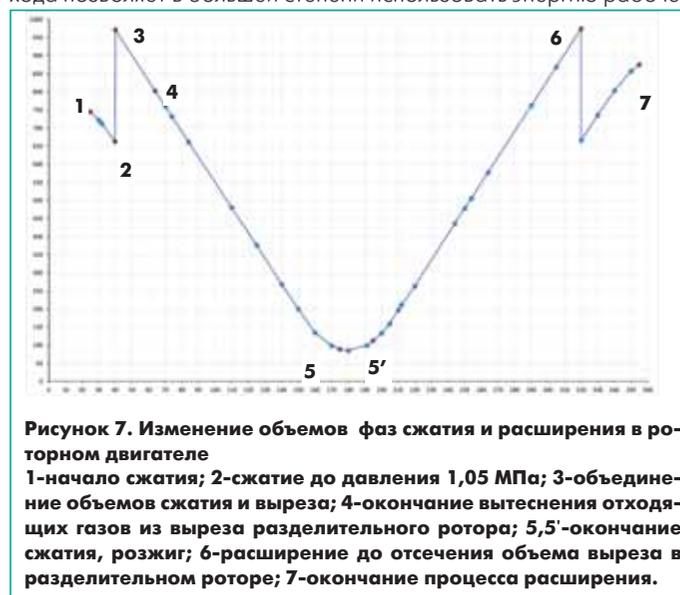
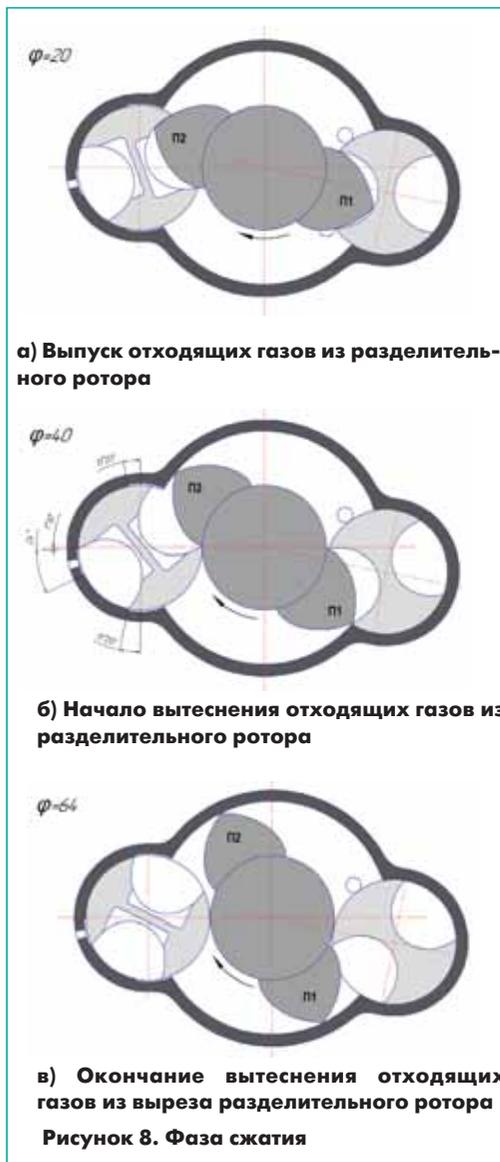


Рисунок 7. Изменение объемов фаз сжатия и расширения в роторном двигателе
1-начало сжатия; 2-сжатие до давления 1,05 МПа; 3-объединение объемов сжатия и выреза; 4-окончание вытеснения отходящих газов из выреза разделительного ротора; 5,5'-окончание сжатия, розжиг; 6-расширение до отсечения объема выреза в разделительном роторе; 7-окончание процесса расширения.

го тела для преобразования ее в мощность двигателя.

Проблемным вопросом для рабочего цикла роторного двигателя могут быть остаточные газы в вырезе рабочего разделительного ротора с температурой выше 1000 градусов Цельсия, остающиеся в вырезе ротора после рабочего хода (рис. 2 г.). Если эти газы не удалить, то в дальнейшем они попадут в полость сжатия, значительно повысят температуру сжимаемого газа и существенно снизят технические показатели двигателя. Для исключения этого в фазе сжатия роторного двигателя организовано несколько этапов (рис.8):



- этап 1 (угол ϕ от 20 угла до 40 градусов), рис. 4а.

- этап 2 (угол ϕ от 40 до 64 градуса), рис. 4б. Процесс вытеснения горячих газов из выреза разделительного ротора (не менее 50 процентов). Канал сжатия соединен через проточку вытеснения с вырезом в разделительном роторе и атмосферой, из выреза разделительного ротора горячие газы вытесняются в атмосферу. В завершении процесса образуется смесь с параметрами: давлением 0,105 мПа и температура 361 градуса Цельсия, при этом процент подмешивания остаточных го-

рячих газов составляет 7,4%.

- этап 3 (угол ϕ от 64 градусов до 180 градусов), рис. 4в, процесс сжатия. В конце фазы сжатия давление воздуха повышается до 2,1 мПа, температура до 848 К (575 Цельсия). Масса сжимаемого воздуха в канале сжатия уменьшается вследствие утечек через зазоры с 0,81 грамма до 0,73 грамма, то есть в процессе сжатия утечки составляют около 10% воздуха.

На рис. 7 приведена зависимость изменения объемов фаз сжатия и расширения (рабочего хода) роторного двигателя в зависимости от угла положения рабочего поршня с указанием характерных точек рабочего цикла. Точками 1-5 обозначены характерные фазы сжатия, описание которых приведено выше.

После подачи топлива в камеру сгорания, образованную поверхностями выреза/ выемки в разделительном роторе и поверхностью рабочего поршня происходит вспышка топливовоздушной смеси, начинается процесс сгорания топлива, при этом температур повышается до 2420 градусов Цельсия, максимальное давление составляет 6.1 мПа. Рабочий ход роторного двигателя продолжается до достижения задней поверхностью рабочего поршня выпускного канала. Отработавшая рабочая смесь с температурой 1130 градусов Цельсия и давлением 0.18 мПа через систему выпускных каналов сбрасывается в атмосферу и затем начинается новый рабочий цикл роторного двигателя. Процесс рабочего хода сопровождается дополнительными утечками через зазоры поршневого двигателя, величина которых для стадии расширения достигает 15% от массы рабочего тела.

На основании расчета рабочего цикла определены обоб-

щенные параметры роторного двигателя указанных размеров, которые составляют:

- мощность 57,3 кВт,
- часовой расход топлива 16,5 кг/час,
- коэффициент полезного действия 28,5%.

Рассматриваемая схема роторного двигателя имеет характерные для такого типа двигателей преимущества и проблемы. К основным достоинствам рассматриваемого двигателя можно отнести:

1. Высокая удельная мощность.
2. Простота двигателя, отсутствие кривошипно-шатунных механизмов, впускных, выпускных клапанов.
3. Полная уравновешенность двигателя, роторные детали которого представляют собой тела вращения. Отсутствие каких-либо неуравновешенных вращающихся масс.
4. Пониженные потери на трение из-за отсутствия большого количества деталей кривошипно-шатунного и клапанных механизмов.
5. Повышенный коэффициент полезного действия вследствие увеличенного хода цикла на фазе рабочий ход.

Проблемы при создании рассматриваемого двигателя также обычны для роторных двигателей, это уплотнение рабочих поршней ротора и неравномерность нагрева корпуса и разделительных роторов. По указанным проблемам имеются технические решения, которые должны отработываться при изготовлении и испытаниях реальных образцов роторного двигателя.

Системы зажигания, топливпитания, смазки, охлаждения, запуска роторного двигателя не отличаются от традиционных поршневых двигателей и могут быть подобраны в соответствии с характеристиками и мощностью роторного двигателя. **П**

Литература

1. Ханин Н.С., Чистозвонов С.Б. Автомобильные роторно-поршневые двигатели. Москва, Машгиз, 1964 г.

2. Исаев И.Д. Роторные двигатели - прошлое и будущее, www.rotor-motor.ru. 2018 г.

Связь с автором :romsel4@gmail.com

Эта статья появилась в нашем журнале по рекомендации заведующего кафедрой моторного факультета МАИ Алексея Борисовича Агульникова. И её наличие нас немало порадовало. Дело в том, что Виктор Иванович - наш давний и весьма читаемый автор, с которым, к сожалению, нам давно не приходилось встречаться на страницах журнала.

Редакция присоединяется к поздравлениям В.И. Романова с весьма почетным юбилеем - 90 летием. Пусть эта публикация будет дополнительным подарком.

В.И. Романов был генеральным директором- генеральным конструктором предприятия Машпроект г. Николаев в течение более 35 лет, и все применяемые корабельные газотурбинные двигатели и 30 процентов ГПА были спроектированы и изготовлены в этот период в г. Николаеве.

Многих ему лет, крепкого здоровья, уважения и любви близких и родных и творческих мыслей, так осмысливающих жизнь!

Редакционная коллегия журнала "Двигатель"

Начало статьи в "Двигателе" № 4, 2003 г.



ПРОСТЫЕ ЧИСЛА

Андрей Иванович Касьян, к.т.н., МФПУ "Синергия"

Рассматриваются свойства простых чисел, теорема Евклида. Euclidean theorem and properties of prime numbers are considered. Ключевые слова: простые числа, теорема Евклида. Keywords: prime numbers, Euclidean theorem.

В данной статье мы не выходим за границы множества натуральных чисел. Простые числа являются аналогом иррациональных чисел, т.к. они "соизмеримы" только с собой (единицу не рассматриваем). Простые числа представляют собой кирпичики, из которых сложены натуральные числа. Но в последовательности доказательств ряда теорем о простых числах необычен порядок и имеются некоторые тонкие места. Попытаемся в какой-то мере кратко разобраться в этих вопросах.

Для краткости введем Постулат (эквивалентный аксиоме о составном числе): каждое натуральное число, большее единицы имеет не меньше двух делителей. Этот постулат нам поможет, но определение делителя опустим. Надо дать следующее определение: если натуральное число p имеет ровно два делителя (т.е. 1 и само p), то это число называется простым.

Сформулируем предложение 1. Для любого натурального числа $n > 1$ наименьший отличный от 1 делитель представляет собой простое число. В доказательстве используется, в том числе, теорема о том, что всякое непустое подмножество натуральных чисел содержит наименьшее число.

Далее, установим размер множества P простых чисел, представив теорему Евклида [1]: простых чисел больше, чем любое число их. При доказательстве часто используется следующее рассуждение: возьмем любую конечную группу простых чисел: p_1, p_2, \dots, p_k . Тогда существует простое p , не входящее в эту группу. Рассмотрим натуральное число, которое равно произведению k рассматриваемых простых чисел, плюс единица, т.е. $p_1 p_2 \dots p_k + 1$. Полученное число имеет не менее двух делителей. Если оно имеет два делителя (простое), то это и есть искомое p . Если полученное число имеет больше делителей, то в качестве p возьмем наименьший делитель, отличный от 1. Очевидно, p есть искомое простое число, которое не может совпадать ни с одним из чисел p_1, p_2, \dots, p_k . Число p есть делитель $p_1 p_2 \dots p_k + 1$, которое при делении на любое из чисел p_1, p_2, \dots, p_k дает в остатке 1 и, следовательно, не делится нацело. Таким образом, p отлично от любого p_1, p_2, \dots, p_k . В этом доказательстве есть тонкости, но мы вернемся к ним позже.

Рассмотрим, для иллюстрации, основную теорему арифметики. Предложение 2. Каждое натуральное число, отличное от 1, можно представить в виде произведения простых чисел. Доказательство хорошо известно. Оно базируется на аксиоме индукции. Возьмем базу индукции - число 2, для которого утверждение верно. Предположим, что утверждение верно для всех натуральных $k < n$. По Предложению 1 находим наименьший делитель p числа n . Тогда $n = p n_1$. Если $n_1 = 1$, то для $n = p$ утверждение верно. Если $n_1 > 1$, то $n_1 < n$ и согласно сделанному предположению для натурального n_1 , меньшего n , выполняется условие о произведении. Следовательно, как n_1 , так и число n представимо в виде произведения простых чисел.

Основная теорема арифметики базируется на Предложении 3. Для каждого натурального числа $n > 1$, существует единственное разложение на простые множители. Кратко можно наметить схему доказательства. Сначала предположим, что множество M натуральных чисел, для которого единственность разложения на простые множители нарушена, не пусто [2]. Далее используем теорему о том, что всякое непустое подмножество натуральных чисел содержит наименьшее число n . Это число представимо в виде двух разложений $n = p_1 p_2 \dots p_k = q_1 q_2 \dots q_l$. Для нас это главное. Далее, среди множества $p_1 p_2 \dots p_k, q_1 q_2 \dots q_l$ выберем наименьшее число, например p_1 . Число p_1 отличается от всех q_i . Если бы $p_1 = q_i$, то сокращая равенство $n = p_1 p_2 \dots p_k = q_1 q_2 \dots q_l$ на p_1 , получили бы два различных разложения на простые мно-

жители для числа, меньшего n . Доказательство прерываем. Здесь обратим внимание на то, что простые числа берем из вышерассмотренного множества P .

Возвращаемся к множеству P и доказательству его бесконечности. Здесь фактически использовано доказательство по индукции, т.к. требуется доказать бесконечность множества P . Только на основе аксиомы индукции в классическом случае можно вывести утверждение о бесконечности того или иного множества. Для $k=1$, т.е. для случая p_1 возьмем любое другое простое число p . Это база индукции в доказательстве. Предположим, что для группы из $k-1$ простых существует отличное k -ое простое p_k . Тогда, как было доказано выше, и для этой группы существует отличное от них простое p . В чем заключается тонкость. Что бы понять, приведем "доказательство" гипотезы Гольдбаха. Исходя из известной формулы для количества простых чисел, не превосходящих N , т.е. $\pi(N)$, имеем для $n=kN/\ln N$ (k -коэффициент, доказательство проводится также на основе индукции, но для краткости его опускаем) верное неравенство $p_n < N$. Отсюда получаем для любого натурального n и для четного $2N$ сумму меньшую $2N$ ($p_n + p_n = 2p_n < 2N$), т.е. всегда можно найти четное число, которое больше суммы двух простых (вместо $2p_n$ можно брать $p_{n-m} + p_n$). В чем "тонкость" доказательства? В том, что мы рассматриваем простые числа вида $p_n = p(n)$, но это отображение множества простых чисел P в множество натуральных чисел нам не дано. Можно утверждать, что высказывание "возьмем для натурального n простое p_n " в настоящий момент не имеет конструктивного смысла.

Возвращаемся к основной теореме арифметики. Здесь встречается подобная тонкость. Опять, как и выше, рассматривается отображение в множество натуральных $p_n = p(n)$. Имеются и другие тонкости, о которых будет сказано в продолжении. □

Литература

1. Евклид. Начала. М.: ГИТЛ, 1950.
2. А. Бухштаб. Теория чисел. М.: Просвещение, 1966.

Связь с автором: a.kasyan1@yandex.ru

Самое большое из известных сейчас простых чисел: число 31
Марсена равно 2 в степени 77232917 минус единица. 331
 3331
 33331
 333331
 3333331
 33333331

Удивительно, но следующее число 333333331 не является простым! Оно делится на 17:

ВЛИЯНИЕ РАДИУСОВ СОПРЯЖЕНИЯ СТенок КОРОБЧАТЫХ КАНАЛОВ ГИПЕРЗВУКОВОГО ПРЯМОТОЧНОГО ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ИХ НАПРЯЖЁННОЕ СОСТОЯНИЕ

Ярослав Николаевич Хомовский, аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет)" (МАИ)

В прямооточных гиперзвуковых воздушно-реактивных двигателях поперечное сечение канала может изменяться от коробчатой формы до цилиндрической. Оценка напряжённо-деформированного состояния конструкции проводилась двумя способами: с помощью формул для расчёта неразрезных пластин и методом конечных элементов. Во втором случае учёт радиусов сопряжения стенок позволил выявить существенную погрешность по сравнению с первым.

In direct-flow hypersonic engines, the cross-section of the gas-air channel can vary from a rectangular to a cylindrical shape. Formulas for calculating continuous plates were used to calculate the stress-strain state of the construction. Calculations of the channel walls by finite element method and analytical method are carried out. On the basis of the obtained results the error of calculations was revealed.

Key words: combustion chamber, stresses.

Ключевые слова: тракт канала, радиусы сопряжения стенок, прямооточный двигатель, напряжённое состояние, метод конечных элементов.

Канал гиперзвукового прямооточного воздушно-реактивного двигателя (ГПВРД), по которому воздух подводится в камеру сгорания, представляет собой оболочку прямоугольного или круглого поперечного сечения. Для изготовления такого коробчатого канала может быть использован углерод-углеродный композитный материал (УУКМ), обладающий нужными прочностными характеристиками [1]. Поперечное сечение газозвушного тракта может меняться от прямоугольного до круглого на входе в камеру сгорания. В некоторых случаях канал подкрепляется поперечными стенками, образуя тем самым многоканальную систему (рис. 1).



Рис. 1 Гиперзвуковой прямооточный воздушно-реактивный двигатель летящей лаборатории ГЛЛ-АП (макет) на МАКС-2009

По существу для оценки прочности такой системы достаточно рассмотреть один крайний канал. Для простоты расчётов будем считать нагружение симметричным. Рассмотрим прямоугольную пространственную коробку, образованную плоскими пластинами. Идея использования аппарата неразрезных пластин для расчёта коробок принадлежит К.К. Лихареву [2]. Общая картина напряжённо-деформированного состояния тонкостенного канала квадратного поперечного сечения на достаточном удалении от входа и выхода может быть представлена на рис.2 (а, б, в, г).

В первом приближении прочность канала оценим по формулам из источника [2].

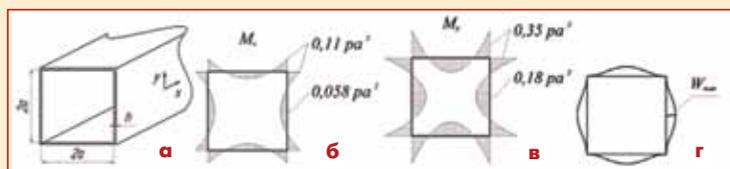


Рис. 2 Сечение канала (а); эпюры изгибающих моментов M_x (б), M_y (в); эпюра прогибов W (г)

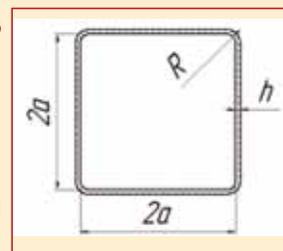
В нашем примере размеры канала были приняты следующими: $a=50\text{мм}$, $h=3\text{мм}$, а перепад давления на стенку $p=1,3 \cdot 10^5 \text{ Па}$, тогда:

$$\begin{aligned} M_{y \max} &= 0,35 p a^2; \\ \sigma_{y \max} &= 6 M_{y \max} / h^2; \\ M_{y \max} &= 11,375 \cdot 10^7 \text{ Па} \cdot \text{мм}^2 \\ \sigma_{y \max} &= 7,58 \cdot 10^7 \text{ Па} \end{aligned} \quad (1)$$

В использованных формулах отсутствовало значение внутреннего радиуса R в углах коробчатого канала (рис.3).

Картину НДС можно уточнить расчётом с помощью программы Ansys [5].

Рис. 3 Размеры поперечного сечения канала



Результаты расчётов для различных соотношений радиусов R/h приведены в Таблице 1.

Расхождение максимальных напряжений, полученных двумя разными способами, во всех случаях является значительным. Заметим, что количество конечных элементов на четверти окружности в местах сопряжения плоских стенок было достаточным (10) для того, чтобы это не создавало дополнительной погрешности в результатах. Дальнейшее уменьшение шага сетки практически не влияло на конечный результат расчёта.

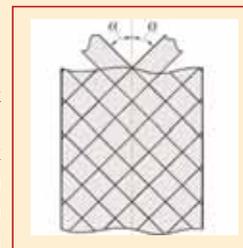
Таблица 1

R, мм	1	2	3	4	5	8
R/h	0,33	0,67	1	1,33	1,67	2,67
$\sigma_{y \max} \cdot 10^7 \text{ Па (Ansys)}$	9,08	6,64	5,89	5,36	5,02	4,14
$\sigma_{y \max} \cdot 10^7 \text{ Па (по формуле 1)}$	7,58					
Разница в напряжениях	19,7%	12,4%	22,2%	29,2%	33,7%	45,3%

Прочность оболочки зависит, в частности, от технологии намотки. При расположении углеродных нитей под углом $\alpha=45^\circ$ к оси коробчатой оболочки (рис. 4) её прочность вдоль оси и в поперечном направлении оказывается примерно одинаковой, а соответствующие напряжения отличаются (рис. 2).

Изменяя угол α , можно изменять и прочность в упомянутых на-

Рис. 4 Схема расположения углеродных нитей



правлениях и добиваться тем самым близких по значениям величин запасов прочности. Сказанное относится в первую очередь к напряжениям в удалённых от углов сечений местах, но также в определённой степени и в местах, где имеет место концентрация напряжений. В последнем случае выполнить количественную оценку достаточно трудно.

Заключение:

1. При исследовании НДС коробчатого канала ГПВРД из углерод-углеродного композитного материала рассматривалось нагружение только перепадом давления.
2. Применение метода конечных элементов позволяет учесть реальные геометрические размеры оболочки коробчатого сечения на стыке пластин и уточнить максимальные напряжения этих мест.
3. Показано, что для рассмотренного интервала радиусов от $R=0,1\text{мм}$ до $R=8\text{мм}$ на стыке пластин разница в напряжениях составляет от 39% до 76%. Разница в значениях напряжений, полученных с

помощью формулы 1 и методом конечных элементов в программе Ansys является существенной.

4. Результаты проверочных расчётов могут способствовать разработке оптимальной в отношении прочности технологии изготовления оболочек различных форм из УУКМ. **А**

Литература

1. Кувшинов С.В. Концептуальные основания нового российского проекта Digital Education // Образовательные технологии. № 3. - 2013. С. 58-62.
2. Кувшинов С.В. Проблемы внедрения новейших технологий в образовательные процессы школ и вузов // Образование, наука и искусство: цифровые производственные процессы и технологическая поддержка: XIV Международный форум образовательных технологий "Образование, наука и искусство: цифровые производственные процессы и технологическая поддержка". РГГУ, МГТУ "СТАНКИН", 19-20 июня 2013 года. Сборник тезисов. - МО: Щёлково. С. 21-25.
3. Карбанов В.Н. Виртуальные студии // 625PlusHD. № 1 (195). -2014. С. 18-21.
4. Чаррука М. EasySet 3D/eStudio-Brainstorm // 625PlusHD. №1 (195). - 2014. С. 22.
5. Кувшинов С.В., Харин К.В. Центры технологической поддержки образования на порта-

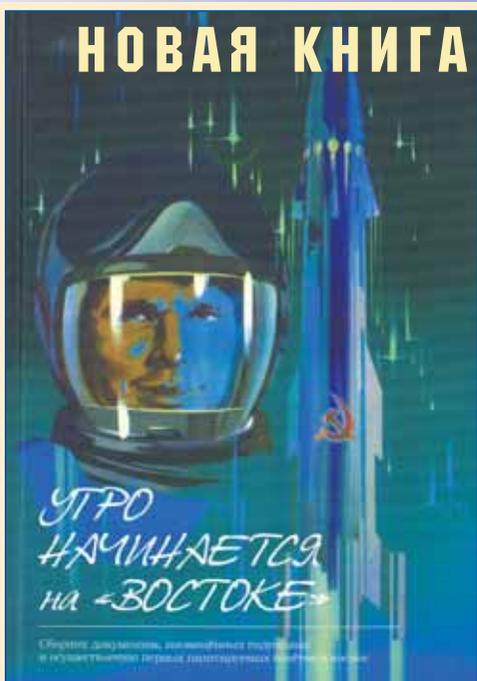
ле массовых открытых онлайн-курсов "Универсарииум": первые итоги и перспективы // Техническое творчество молодёжи. № 6 (94), 2015. С. 15-18.

6. Кувшинов С.В., Харин К.В. Образование XXI века: от трёхмерного восприятия к трёхмерному мышлению // Мир техники кино. №2016-2 (10). С. 15-21.
7. Прянничников В.Е., Ксензенко А.Я., Кувшинов С.В. и др. Разработка сети роботариумов и мобильных роботов для инновационного обучения интеллектуальной робототронике. М.: ИПМ им. Келдыша, 2016.
8. Andreev V., Karbanov V., Kharin K., Kuvshinov S., Poduraev Y., Pryanichnikov V. Training Situation Center Based on Three-Dimensional Virtual Studio for Distributed Mobile Robotics Laboratory // Proceedings of the 26th DAAAM International Symposium., B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN: 978-1- 5108-1839-2, ISSN 1726-9679, Vienna, Austria. 2015. Curran Proceedings, New York, 2016. - pp. 0483-0487
9. Карбанов В.Н., Технологии 3D Виртуальных Студий, Мир Техники Кино 2017 2(11) С 3-7
10. Карбанов В.Н., Кувшинов С.В., Харин К.В. Распределённая виртуальная студия трёхмерной визуализации для сетевой структуры образовательных организаций, Мир Техники Кино 2017 2(11) С 13-17

Связь с автором yariksp@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ

НОВАЯ КНИГА ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО МУЗЕЯ



дей рассказывают о том, "как это было на самом деле". Все это позволяет нам перенестись в атмосферу 60-х годов прошлого века - "золотых" лет советской науки и космонавтики.

Почти пятьдесят лет эти документы хранились в режиме секретности в архиве РКК "Энергия", пока не были рассекречены в 2010 году. В основу сборника легли документы ОКБ-1 и завода №88 о работе по созданию космического корабля "Восток", подготовке и осуществлению первых пилотируемых полетов.

Книга иллюстрирована плакатами, открытками, газетами, посвящёнными полётам кораблей серии "Восток": все они собраны в три цветные вкладки. Кроме того, более 100 уникальных чёрно-белых снимков (почти все из личных архивов) размещено в тексте книги. **А**

Книгу можно приобрести налоговым платёжом через Почту России. E-mail: amnit2015@bk.ru



С.П. Королев
Фото Игоря Снегирева Архив Г.С. Ветрова

В свет вышел сборник воспоминаний о подготовке полета Юрия Гагарина и других первых пилотируемых полётов в космос. Эта уникальная книга авторов-составителей Л.П. Вершининой и Е.К. Бабичева, изданная Ассоциацией содействия развитию научно-технических музеев "АМНИТ", содержит личные свидетельства участников тех событий, подготовленные в 1961-1962 годах по секретному приказу С.П. Королева № 26 от 30 июля 1961 г. С самого начала задумывалось, что собранные воспоминания должны были донести до следующих поколений подробную картину уникального исторического события, написанную разными людьми, используя всю палитру человеческих чувств, знаний и практического опыта участников работ. Для нас, их потомков, очень важно то, что личные свидетельства этих лю-

Первые лётчики-космонавты СССР из "Группы ВВС №1" - отряда космонавтов, сформированного в феврале-апреле 1960 г.



АГРЕГАТЫ ОЧИСТКИ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ КОСМИЧЕСКИХ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

Анатолий Семёнович Демидов, д.т.н., профессор кафедры конструкций и проектирования двигателей, Московский авиационный институт МАИ (национальный исследовательский университет)

Рассматриваются конструктивные схемы агрегатов, применяемых для очистки от примесей жидкометаллических теплоносителей (ЖМТ) космических ядерных энергоустановок (ЯЭУ). Отмечается, что холодные ловушки применяются только в земных условиях, а горячие могут быть включены в бортовой контур. Приводятся примеры схем и реальных конструкций, сравнение холодных и горячих ловушек по глубине очистки, а также концептуальный подход к применению последних в ЯЭУ большого ресурса (от года до нескольких лет)

Discusses the structural layout of the units applied for decontamination of liquid-metal coolants (LMC) space nuclear power units (npus). It is noted that cold traps are used only in terrestrial conditions, and hot traps can be included in the onboard circuit. Examples of schemes and real structures are given, comparison of cold and hot traps by depth of cleaning, as well as a conceptual approach to the use of the last in the large resource nuclear power plant (from a year to several years)

Ключевые слова: ядерные энергетические установки, металлический теплоноситель, диффузионная ловушка.
Keywords: nuclear power plants, metal coolant, diffusion trap.

В качестве теплоносителей для космических ядерных энергоустановок (ЯЭУ) с преобразователями различного типа (полупроводниковых, термоэмиссионных, машинных) наибольший интерес представляют эвтектический сплав натрий-калий и литий. Некоторые их физические свойства приведены в таблице 1 [1].

Таблица 1. Свойства жидкометаллических теплоносителей

Физический параметр	Литий	Сплав (22% Na+78% K)
Температура плавления, °C	179	- 11
Плотность, г/см ³ , при 200 °C	0,507	0,823
Теплоемкость, ккал/(кг·°C) при 200 °C	1,0	0,217
Температура кипения при 760 мм.рт.ст., °C	1317	784

Литий обладает существенными преимуществами перед сплавом натрий-калий в отношении плотности, теплоемкости и температуры кипения. Применение в космических ЯЭУ изотопа ⁷Li, обладающего незначительным сечением поглощения нейтронов, обеспечивает дополнительное преимущество. В то же время высокая температура плавления лития приводит к необходимости иметь в контуре разогревающие элементы и, соответственно, к усложнению конструкции. Кроме того, по отношению к конструкционным материалам для лития характерна более высокая коррозионная активность [2].

В жидкометаллических системах могут присутствовать как нерастворимые, так и растворимые примеси, что приводит к увеличению скорости коррозии деталей, ухудшению работы теплообменного оборудования из-за выпадения поверхностного осадка и может вызвать даже закупоривание тракта. Нерастворимые примеси (сварочный шлак, опилки, жир) удаляются с помощью фильтров до загрузки и во время загрузки системы. Используются фильтры из пористого спеченного металла, проволочные сетки, металлическая стружка.

Очистка от растворимых примесей производится перед заправкой в контур с помощью так называемых холодных ловушек, которые принято подразделять по принципу подвода теплоносителя в зону осаждения примесей - за счет естественной или принудительной циркуляции. Вследствие того, что растворимость некоторых примесей резко падает с понижением температуры, они могут осажаться на любую достаточно холодную поверхность в системе. Говоря в дальнейшем о холодных ловушках, будем иметь в виду очистку эвтектического сплава натрий-калий от кислорода, примеси которого по весу составляют наибольшую долю. Простейшая холодная ловушка представляет собой глухой отрезок трубы, приваренный открытым концом к трубопроводу с циркулирующим металлом. Так как примеси в зону кристаллизации попа-

дают путем диффузии, такое устройство называется холодной диффузионной ловушкой. В ней кристаллизация и накопление примесей осуществляются в одном объеме, поэтому такую ловушку называют еще однозонной [3]. В простейшей холодной ловушке примеси обычно накапливаются не только в наиболее удаленном конце, но и в ее горле (рис. 1). Для того, чтобы наиболее полно использовать объем ловушки, необходимо обеспечить последовательное перемещение зоны охлаждения (рис. 2). Это можно реализовать с помощью секционного подведения хладагента (рис. 3). Подвод примесей, если не предусмотреть специальных мер, зависит только от молекулярной диффузии и термодиффузии. Для турбулизации потока на входе в ловушку ее края вдвигают в магистраль. Геометрические параметры холодной однозонной ловушки характеризуются отношением диаметра к ее длине величиной 1/6 - 1/8.

На рис. 4 показана схема холодной ловушки другого типа, которая является проточной. Объем ловушки конструктивно разделен на три зоны: I - зону охлаждения; II - отстойник; III - зону фильтрации, поэтому она называется трехзонной. Скорость тока в такой ловушке 3 - 6 м/сек.

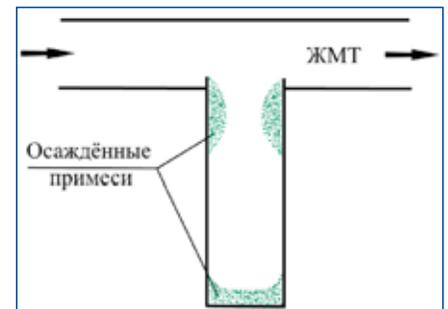


Рис. 1. Закупоривание входного участка простейшей холодной ловушки

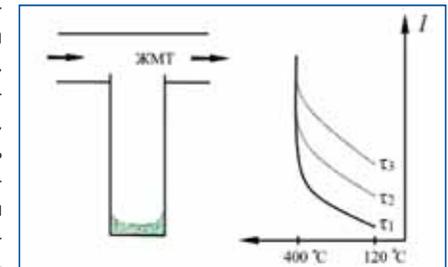


Рис. 2. Оптимальное изменение температурной кривой по длине l ловушки по времени ($T_3 > T_2 > T_1$)

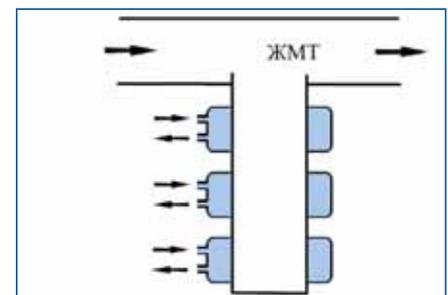


Рис. 3. Ловушка с секциями охлаждения, включаемыми последовательно

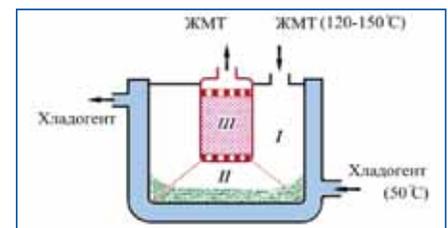


Рис. 4. Проточная трёхзонная ловушка I – зона охлаждения, II – зона осаждения примесей (отстойник), III – зона фильтрации

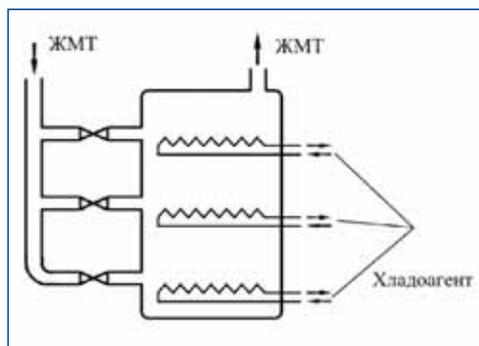


Рис. 5. Проточная однозонная ловушка

В зоне фильтрации плотность набивки стружкой из нержавеющей стали растет по направлению тока.

На рис.5 показана схема однозонной ловушки с принудительной циркуляцией. Перемешивание в зоне кристаллизации обеспечивается насосом. Секции холодильника включаются и работают последовательно, начиная с нижней.

Понятно, что такая ловушка также является проточной. Холодные ловушки применяются только при заправке жидкометаллических контуров космических ядерных энергоустановок и в наземных стендах.

Глубина очистки сплава натрий-калий по весу изъятых окислов может быть существенно выше (до 2,5 раз), если использовать так называемые горячие ловушки. В них применяются вещества, называемые геттерными агентами, или просто геттерами. В процессе горячей очистки происходят химические реакции, в которых более активные геттеры замещают в окисных соединениях основной металл. Для калия, например, реакции выглядят так:



Результаты этих реакций представляют собой довольно громоздкую запись, так как цирконий проявляет здесь переменную валентность. Из приведенной записи видно, что происходит очистка не только от кислорода, но и от водорода. Эффективность применения геттера из циркониевой фольги с исходной чистотой 99,9 % отражена в таблице 2.

Таблица 2. Эффективность применения геттера из циркониевой фольги

Примесь	В теплоносителе	В геттере после очистки
O ₂	0,05 %	2-3 %
H ₂	0,002 %	0,005 %

Реакция идет на поверхности фольги и постепенно ее покрывает окисная пленка. По достижении некоторой толщины пленка отслаивается и загрязняет жидкий металл. Кроме того, сама фольга, насыщаясь кислородом, постепенно охрупчивается и может разрушаться. Для того, чтобы это не происходило, фольга должна быть ограничена по весу. Допустимым считается ее относительный привес от 1,5 до 4 %. Формула общего вида:

$$\Delta P/S = K_0 e^{-Q/RT} \tau^n, \quad (3)$$

где ΔP - абсолютный привес;
 S - площадь поверхности фольги;
 K_0 - постоянная;
 Q - энергия активации геттера;
 τ - время;
 n - постоянная,

при практическом использовании требует уточнения величин постоянных, то есть проведения специальных экспериментов.

Основными условиями нормальной работы горячей ловушки являются следующие:

1) Ловушка ставится в зоне оптимальных для хода химической реакции температур (для сплава натрий-калий это 550...650 °С). Если температура будет выше, то это приведет к быстрому разрушению фольги. При более низкой температуре скорость реакции резко падает.

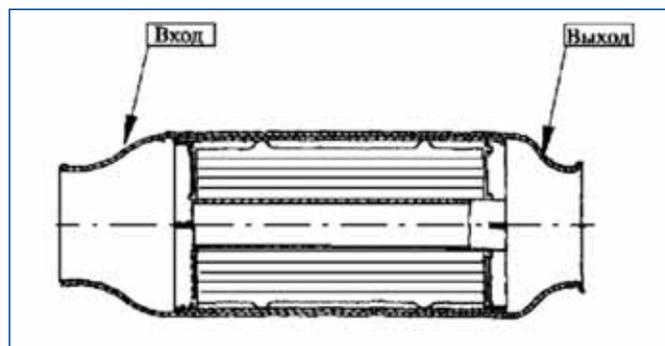


Рис.6. Горячая ловушка

2) Площадь поверхности геттера должна быть оптимальной. Если она больше, растет гидравлическое сопротивление ловушки. Если меньше, то скорость очистки мала, интенсивность очистки быстро падает, ловушка в целом обладает маленьким ресурсом. На практике площадь поверхности геттера подбирается так, чтобы содержание примесей в жидком металле контура после выработки ресурса ловушки понизилось в 3 - 5 раз.

3) Третьим условием является ограничение допустимого привеса, о чем было сказано выше.

Конструкция горячей ловушки, которая входила в состав реакторного контура космической ЯЭУ "Бук", показана на рис.6 [1]. Главной ее частью является так называемая вставка, собранная из пяти гладких и четырех гофрированных обечайек, изготовленных из полосы отожженного циркония. Гладкие и гофрированные обечайки в радиальном направлении чередуются. Пакет обечайек для удобства сборки заключен в тонкостенную цилиндрическую оболочку, в центральной части пакета устанавливается его силовая основа - трубка. На торцах пакета расположены крестообразные ребра, сваренные с трубкой и оболочкой. Собранная вставка размещается внутри корпуса ловушки. Его входной диффузорный участок для уменьшения гидравлического сопротивления выполнен удлиненным. Толщина фольги обычно составляет 0,15 - 0,2 мм. Ограниченный ресурс горячих ловушек является их недостатком, но проблему можно решить путем установки в контуре батареи ловушек. Этот способ может быть оправдан в случае применения ЯЭУ для длительного космического полета, например, при полете на Марс или спутники Юпитера. Каждая из батарейных ловушек контура может быть установлена на байпасе за своим клапаном. С помощью клапанов ловушки должны подключаться в контур последовательно по мере исчерпания своего ресурса.

Возвращаясь к теме применения лития, отметим, что в качестве теплоносителя его целесообразно использовать в реакторном контуре с максимальной температурой более 900°С для ЯЭУ высокой и особо высокой мощности. В то же время необходимо принимать во внимание, что применение горячих ловушек в бортовых контурах с литием в составе космических ЯЭУ является рискованным из-за того, что геттерный агент (цирконий, легированный титаном) после обволакивания себя окислами склонен самовозгораться. Решением вопроса может быть применение теплоносителя особо высокой чистоты, а также соответствующая очистка внутренней поверхности конструктивных узлов и магистралей контура. **▲**

Литература

1. Космические ядерные энергоустановки и электроракетные двигатели. Конструкция и расчет деталей. Под ред. заслуженного конструктора РФ П.В. Андреева. - М.: Издат.-во МАИ, 2014. - 508 с.
2. Субботин В.И., Арнольдов М.Н., Ивановский М.Н. и др. Литий. - М.: Издат.-во по Атомной науке и технике, 1999. - 263 с.
3. Жидкометаллические теплоносители ЯЭУ. Очистка от примесей и их контроль. Под ред. д.т.н. Ф.А. Козлова. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 128 с.

Связь с автором: demidov@mai.ru

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

ТЕОРЕМА БЕРНУЛЛИ ДЛЯ РЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

Доказана теорема Бернулли для реальных газов. Показана ее справедливость вдоль линий тока для случая вязкого, сжимаемого и неравновесного газа. На примерах показана целесообразность применения этой теоремы для преобразований при доказательствах и объяснениях физических процессов.

Bernoulli's theorem for real gases is proved. Its validity along the flow lines for the case of viscous, compressible and non-equilibrium gas is shown. The expediency of application of this theorem for transformations at proofs and explanations of physical processes is shown on examples.

Ключевые слова: турбулентность, теорема Бернулли, реальные газы.
Keywords: turbulence, Bernoulli's theorem, real gases.

Пожалуй, самая распространенная теорема газовой динамики - это теорема Бернулли. Она применяется практически всегда, и каждый ученый никогда не оставлял ее без внимания. Для преобразований эта теорема просто великолепна. Она проста, наглядна и привлекательна. В простейшем случае ее представляют в виде полного давления, равного сумме статического и динамического

$$P_0 = P + \frac{\rho \vec{v}^2}{2}.$$

Причем, как правило, считается, что полное давление постоянно и не меняется от координаты и времени.

Это уравнение одинаково применяется и для жидкости, и для газа. Оно необходимо для нахождения связи скорости с давлением. Практическое применение этого уравнения неподражаемо. Оно применяется везде.

В дифференциальной форме это уравнение, по сути, превращается в уравнение Эйлера для стационарного случая и в градиентной форме оно выглядит приблизительно так:

$$\rho \vec{v} \text{grad} \vec{v} = -\text{grad} P.$$

Здесь, конечно же, не учтены сжимаемость и, как видим, вязкость. Поэтому оно, уравнение Бернулли, так же, как и уравнение Эйлера справедливо только для идеального случая. Оно не справедливо для реальных газов и его применение должно сопровождаться предварительным анализом. Оно хорошо описывает процессы в жидкостях. Но в газах, особенно в высокоэнтальпийных - нет. Здесь нужны по крайней мере поправки.

Само уравнение Бернулли было получено им из закона сохранения суммы потенциальной и кинетической энергии. Он был первым, кто интуитивно применил к течению этот фундаментальный закон сохранения. После соблюдения всех предосторожностей, которые возникали на пути теоретических рассуждений, Бернулли произвел опыты с жидкостью и получил согласие с опытом. Именно согласие с опытом, вот чем не могли похвастать коллеги Бернулли - выдающиеся математики Эйлер и Даламбер [1]. Теорема Бернулли была апробирована экспериментально. В этом ее ценность. Для того времени, времени возрождения газовой динамики и гидродинамики эта теорема была главной, на которой базировались основные понятия и цементировалось здание науки. В последующем эта теорема была строго получена из уравнений Эйлера. Была доказана ее справедливость для жидкостей и идеальных газов [2].

Как доказывалась теорема Бернулли

Вначале, в середине семнадцатого века, Паскалем был открыт закон изотропии нормальных напряжений в точках сплошной среды, находящейся в равновесии. Общее значение нормальных напряжений с обратным знаком было названо давлением, а тензор напряжений при этом записывался как:

$$\Pi = \begin{pmatrix} -P & 0 & 0 \\ 0 & -P & 0 \\ 0 & 0 & -P \end{pmatrix} = -P \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = -PE.$$

Тензор обладал сферической симметрией, что соответствует свойству изотропии.

Далее в соответствии с представлением Коши дивергенцию от этого тензора можно написать в виде:

$$\rho \frac{d\vec{v}}{d\tau} = \text{div} \Pi.$$

И в общем случае, с учетом внешних объемных сил:

$$\rho \frac{d\vec{v}}{d\tau} = \rho \vec{F} + \text{div} \Pi.$$

Или, применяя запись через давление, получаем уравнение Эйлера:

$$\rho \frac{d\vec{v}}{d\tau} = -\text{grad} P + \rho \vec{F}.$$

Великий русский ученый Леонард Эйлер среди многого прочего ввел в качестве понятий в газовую и гидродинамику две фундаментальные вещи:

1. Он ввел в газодинамический анализ дифференциальное исчисление. Здесь он был первым и
2. Он ввел в обиход газовой динамики понятие субстанциональной производной:

$$\frac{d\vec{v}}{d\tau} = \frac{\partial \vec{v}}{\partial \tau} + \vec{v} \text{grad} \vec{v}.$$

После чего уравнение Эйлера было записано:

$$\frac{d\vec{v}}{d\tau} + \vec{v} \text{grad} \vec{v} = -\frac{1}{\rho} \text{grad} P + \vec{F}$$

Далее с помощью преобразования Ламба и Громеки это уравнение было переписано в виде:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial \tau} + \text{grad} \frac{\vec{v}^2}{2} + [\text{rot} \vec{v} \times \vec{v}] = -\frac{1}{\rho} \text{grad} P + \vec{F}.$$



Даниил Бернулли

Блез Паскаль

Ипполит Степанович Громека

Горейс Ламб

Если теперь представить объемные внешние силы как потенциальные

$$\vec{F} = -\text{grad}\varphi,$$

ввести баротропную функцию давления

$$\mathcal{P}(p) = \int_{p_0}^p \frac{dp}{\rho(p)},$$

то уравнение можно переписать:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial \tau} + \text{grad} \left(\frac{\vec{v}^2}{2} + \mathcal{P} + \varphi \right) + [\text{rot} \vec{v} \times \vec{v}] = 0.$$

Если это уравнение умножить скалярно на вектор скорости и, то для стационарного случая получится уравнение

$$\vec{v} \text{grad} \left(\frac{\vec{v}^2}{2} + \mathcal{P} + \varphi \right) = 0.$$

Откуда следует равенство:

$$\frac{\vec{v}^2}{2} + \mathcal{P} + \varphi = \text{const.}$$

Это и есть теорема Бернулли. В упрощенном виде без внешних сил и постоянной плотности она уже была записана. Воспоминная производная по направлению [2], эта теорема формулируется следующим образом:

"Вдоль линии тока градиент сохраняет одно и то же значение". Значение под градиентом рассматривают как первый интеграл уравнения Эйлера, справедливый в случае стационарного движения при наличии функции давления и потенциала внешних объемных сил.

Теорема Бернулли для реального газа

Теорему Бернулли можно трактовать как полную механическую энергию в данной точке, отнесенную к единице массы. Действительно размерность давления есть ньютон на метр квадратный, а это означает, что та же самая размерность есть джоуль на метр кубический ($\text{Н/м}^2 = \text{Дж/м}^3$).

И тогда для идеального газа, уравнение Бернулли в полученном выше виде можно трактовать как первое начало термодинамики для идеального газа. А для реального? А для реального газа нет. Для реального газа нужно пользоваться другими уравнениями.

Для получения уравнения Бернулли для реального газа за основу возьмем уравнение движения, полученное в [3]:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial \tau} = \text{div} \Pi + \frac{k+1}{k-1} P \text{grad} \ln \frac{P}{R_\mu} \psi(\zeta).$$

Для большей наглядности его переписем в традиционном виде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \vec{v}}{\partial \tau} + \text{grad} \left(\frac{\vec{v}^2}{2} + \frac{1}{\rho} \text{grad} P - \frac{4}{3} v \text{grad} \text{div} \vec{v} + [\text{rot} \vec{v} \times \vec{v}] + \right. \\ \left. + v \text{rot} \text{rot} \vec{v} - \frac{k+1}{k-1} \frac{P}{\rho} \text{grad} \ln \frac{P}{R_\mu} \psi(\zeta) \right) = 0. \end{aligned}$$

Соберем все значения с градиентами под одну скобку и обозначим буквой \vec{B} :

$$\vec{B} = \text{grad} \left(\frac{\vec{v}^2}{2} + \frac{1}{\rho} \text{grad} P - \frac{4}{3} v \text{grad} \text{div} \vec{v} - \frac{k+1}{k-1} \frac{P}{\rho} \text{grad} \ln \frac{P}{R_\mu} \psi(\zeta) \right).$$

Тогда

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial \tau} + \vec{B} + [\text{rot} \vec{v} \times \vec{v}] - v \text{rot} \text{rot} \vec{v} = 0.$$

На полученный вектор воздействуем оператором дивергенция. Первый и четвертый член обратятся в ноль, а третий член запишется в виде [4]:

$$\text{div} [\text{rot} \vec{v} \times \vec{v}] = \vec{v} \text{rot} \text{rot} \vec{v} - \text{rot} \vec{v} \cdot \text{rot} \vec{v}.$$

Правая часть полученного равенства в соответствии со вто-

рой теоремой турбулентности о соотношении движений [5] превратится в ноль, так как

$$\vec{v} \text{rot} \text{rot} \vec{v} = \text{rot}^2 \vec{v}.$$

При этом $\text{div} \vec{B}$ также будет равно нулю и в частном случае:

$$\text{grad} \left(\frac{\vec{v}^2}{2} + \frac{1}{\rho} \text{grad} P - \frac{4}{3} v \text{grad} \text{div} \vec{v} - \frac{k+1}{k-1} \frac{P}{\rho} \text{grad} \ln \frac{P}{R_\mu} \psi(\zeta) \right) = 0.$$

Полученное уравнение и есть уравнение Бернулли для реального газа. Докажем это более наглядно по аналогии с [2].

Действительно первые два члена - это уравнение Бернулли для идеального газа (внешние силы не учитываются).

Третий член, содержащий вязкость v и сжимаемость $\text{div} \vec{v}$ отражает вязкие сжимаемые силы, то есть реальные потоки.

Последний член учитывает возможную химическую неравновесность при реальном термодинамическом процессе.

Внимательно анализируя второй и четвертый члены полученного уравнения можно сказать, что это силы одной природы, только второй описывает замороженное течение, а четвертый в совокупности со вторым при $\psi(\zeta) = 1$ - равновесное. В целом их сумма, для заданных относительных температур ζ , отражает реальную ситуацию. И всегда второй и четвертый члены должны рассматриваться вместе.

Их целесообразно объединить в некоторую функцию давления, по аналогии с баротропной функцией в виде интеграла с верхним пределом [2].

Далее умножим скалярно уравнение движения на вектор скорости \vec{v} . При этом в силу перпендикулярности последнего вектору \vec{v} , имеем:

$$\vec{v} \text{grad} \vec{B} = v \left(\frac{\vec{v}}{v} \text{grad} \vec{B} \right) = 0.$$

Вспоминая определение производной по направлению

$$\left(\frac{\vec{v}}{v} \text{grad} \vec{B} \right) = \frac{d\vec{B}}{dS},$$

закключаем, что $d\vec{B}/dS = 0$. Здесь символ d/dS означает производную, взятую вдоль линии тока.

Тогда уравнение Бернулли для реального газа вдоль линии тока запишется как:

$$\text{grad} \left(\frac{\vec{v}^2}{2} + \pi - \frac{4}{3} v \text{div} \vec{v} \right) = 0.$$

Или:

$$\pi + \frac{\vec{v}^2}{2} - \frac{4}{3} v \text{div} \vec{v} = \text{const.}$$

В предельном случае идеального газа, когда вязкость и сжимаемость отсутствуют, а течение происходит без всяких реакций, это уравнение стремится к уравнению Бернулли для идеального газа:

$$P + \frac{\rho \vec{v}^2}{2} = \text{const.}$$

Следует отметить, что полученное новое уравнение справедливо вдоль линии тока, а новая теорема формулируется следующим образом:

"Для реального газа, обладающего свойством вязкости, сжимаемости и неравновесности вдоль линии тока будет выполняться уравнение Бернулли для реального газа, полученное из уравнения движения с учетом реальных свойств".

Комментарии P.S.

Последняя теорема имеет большое значение в плане понимания физических процессов, происходящих в жидких и газообразных средах. Она дает возможность точно, без предположений и оценок проводить преобразования уравнения движения и других уравнений сохранения. Теорема является некоторой модификацией первого начала термодинамики - закона сохранения и превращения энергии.

Практическое приложение этой теоремы может быть проиллюстрировано на примере доказательства теоремы №5 турбулентности [6], где было применено упрощающее предположение о малом влиянии вязкости в ядре потока. Применение полученной теоремы позволяет данную операцию выполнить точно.

В работе [7] при выводе уравнений, описывающих возникновение неустойчивости, была произведена оценка малости вязкого члена по сравнению с инерционным. При этом были использованы экспериментальные обобщения, полученные при анализе натуральных двигателей. Применение доказанной теоремы избавляет автора от сложных физических, а порой философских доказательств этой части преобразований.

При выводе уравнений движения с учетом неравномерности [3] также было сделано логичное предположение о постоянстве суммы градиентных членов в уравнении импульсов. Это предположение оказалось правильным и благодаря последней теореме справедливим. □

Литература

1. Г.В. Смирнов. Рожденные вихрем // М. Знание, 1982.
2. Л.Г. Лойцянский. Механика жидкостей и газов // М. Дрофа, 2003.
3. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Неравновесные пристенные течения в двигателях летательных аппаратов // Двигатель №1, 2018.
4. Н.Е. Кочин. Векторное исчисление и начала тензорного исчисления // М. изд. Академии наук СССР, 1951.
5. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Новая интерпретация второго закона термодинамики и теорема векторного анализа о соотношении движений // Двигатель №6, 2016.
6. Ю.М. Кочетков. Турбулентность и математическое доказательство о ее невозможности в сверхзвуковом потоке // Двигатель №3, 2018.
7. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Неустойчивость при работе тепловых турбомашин // Двигатель №2, 2018.

Связь с автором: swgeorgy@gmail.com

ИНФОРМАЦИЯ

Британская оборонная компания QuinetiQ в 2003 г. приступила к разработке беспилотных летательных аппаратов "Zephyr", способных осуществлять многомесячные полеты в стратосфере до 30 км исключительно на солнечной энергии. Компания предполагала, что её в перспективе удастся довести продолжительность нахождения БПЛА в воздухе до трех месяцев.

В первой модификации БПЛА "Zephyr" имел размах крыльев - 18 м, а взлетную массу - 31 кг. В первом же полете он установил мировой рекорд по длительности нахождения в воздухе для беспилотных ЛА продолжительностью в 54 часа. Максимальная высота полета достигла 18 тыс. м.



У следующей модификации был увеличен размах крыла до 22,5 м, а взлетная масса немного превысила 50 кг. В 2008 г. этот аппарат установил новый мировой рекорд - 82 ч 37 мин. После этого полета совершенствование БПЛА продолжилось. Благодаря ультралегкому карбоновому корпусу и совершенной аэродинамической форме удалось уменьшить лобовое сопротивление и повысить аэродинамическое качество беспилотника. Вкупе с новой комплексной системой управления питанием в 2010 г. удалось установить очередной рекорд - 168 часов.

В 2014 г. усовершенствованный в очередной раз БПЛА "Zephyr" совершил в течение 11 суток беспосадочный полет в зимних условиях на высоте более 23 км и впервые использовал спутниковую связь для

контроля за полетом вне зоны прямой видимости станций слежения наземного базирования. Аппарат также нес полезную нагрузку.

Взлёт первого беспилотника "Zephyr", выполненного в серийной версии, состоялся 11 июля 2018 г. В ходе полёта аппарат достиг рекордной для своего класса высоты полета - 21562 м, а продолжительность его полёта составила 25 дней 23 часа и 57 минут.

У беспилотника отсутствует шасси и его запуск осуществляется с рук. В полёте днем он получает энергию от Солнца и направляет её на электродвигатели и на подзарядку серно-литиевых аккумуляторов, энергия от которых используется ночью. Солнечная энергия преобразуется в электрическую фотоэлементами на основе аморфного кремния. Толщина солнечных панелей не превышает толщины листка бумаги, и они покрывают всю поверхность крыльев. Аккумуляторы разработаны компанией Sion Power Inc. Два электродвигателя обеспечивали БПЛА массой 75 кг крейсерскую скорость порядка 32 км/ч.

На беспилотнике может быть размещена фотоаппаратура высокого разрешения для наблюдения за земной поверхностью или ретрансляционная аппаратура для обеспечения связью или Интернетом удаленных районов. В настоящее время масса полезной нагрузки составляет 5 кг.

Ультралегкий БПЛА "Zephyr" относят к классу псевдоспутников (HAPS - high-altitude pseudo-satellite), которые занимают промежуточное положение между спутниками и летательными аппаратами. В 2014 г. БПЛА "Zephyr" стал первым псевдоспутником, получившим от военных идентифика-



тор PS001. Такие БПЛА обеспечивают как длительное нахождение в воздухе, так и возможность постоянного нахождения над определённым местом в отличие от спутника, который может повторно пролететь над одной и той же точкой только через 24 часа. Полеты осуществляются на таких высотах, на которых на него не влияют погодные условия и полеты коммерческой авиации. Стоимость запуска БПЛА данного класса существенно ниже вывода на орбиту спутника.

БПЛА "Zephyr" будут предлагать в двух версиях: однофюзеляжном - "Zephyr-S" и двухфюзеляжном - "Zephyr-T". "Zephyr-T" отличается увеличенным с 25 до 33 метров размахом крыла, что позволит ему нести до 20 кг полезной нагрузки.

В феврале 2016 года Минобороны Великобритании заключило с Airbus Defence and Space контракт на поставку двух БПЛА "Zephyr-S" на солнечной энергии. Стоимость поставки и демонстрации возможностей применения БПЛА превышает 10,6 млн фунтов стерлингов (15,2 млн долларов). В августе 2016 года британское военное ведомство реализовало опцион на поставку третьего беспилотника, что увеличило стоимость покупки до 13 млн фунтов стерлингов.

Рекордный БПЛА "Zephyr" принадлежал компании Airbus. Следующий испытательный полет БПЛА "Zephyr" запланирован на октябрь этого года. Он пройдет над Австралией. □

Научно-технический журнал

Двигатель



<http://www.dvigately.ru>

dvigatell@yandex.ru

boeff@yandex.ru

+7(916) 600 8237

Журнал о двигателях

Журнал о тех, кто создаёт двигатели

Журнал для тех, кто обслуживает двигатели

Журнал всем, на кого работают двигатели

111116, Российская федерация, Москва, Авиамоторная, д.2

Журнал "Двигатель". рекомендован экспертными советами ВАК по техническим наукам, механике, машиностроению и машиноведению, энергетическому, металлургическому, транспортному, химическому, транспортному, 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 ВАК 2015 г.

Журнал "Двигатель"
Издаётся с 1907 года

ДВИГАТЕЛЬ
двухгодичный научно-технический журнал

В год выходит 6 номеров

Подписка в каталогах

Подписного агентства

"Роспечать" № 69385

<http://www.rosp.ru/>

Научно-технический журнал

<http://www.dvigately.ru>



ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИИ СТЕНКИ КАНАЛА КАМЕРЫ СГОРАНИЯ НА СТРУКТУРУ ТЕЧЕНИЯ ПОТОКА

Сергей Игоревич Киктев, аспирант кафедры 203, Россия, Москва, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет)" (МАИ)

В работе представлены результаты проведенных экспериментальных исследований по изучению влияния деформированной поверхности канала на структуру течения высокоскоростного газового потока при горении. Проведена верификация ранее выполненных теоретических исследований по оценке воздействия деформации стенки канала на структуру течения.

The paper presents the results of experimental studies on the effect of a deformed channel surface on the structure of the flow of a high-velocity gas stream during combustion. Verification of numerical and theoretical studies to evaluate the effect of deformation of the channel wall on the flow structure was carried out.

Ключевые слова: сверхзвуковой поток, модельная камера сгорания, распределение давлений.
Key words: supersonic flow, model combustion chamber, pressure distribution, flow structure.

Исследования течения высокоскоростных потоков в каналах различной конфигурации проводились с 50-х годов XX века [1]. Исследовались течения как при отсутствии, так и при наличии горения. При этом большинство работ не учитывало такой важный аспект как деформация стенок канала при высокоскоростном высокотемпературном течении. В основном это связано с коротким временем работы модельной установки при проведении "горячих" запусков, а также толщиной стенки исследуемой модели [2,3].

Основой для проведения экспериментальных исследований по оценке влияния деформированной стенки канала на структуру течения высокоскоростного газового потока послужили выводы численно-теоретических исследований. При этом были сделаны следующие предположения:

- Волнообразная поверхность отсечного клина оказывает значительное влияние на структуру течения потока в канале. При одинаковых граничных условиях на входе в расчётную модель в отсечных клиньях с плоской и деформированной поверхностями устанавливалось различное давление.

- В отсечных клиньях с деформированной поверхностью происходит смещение зон повышения давления вдоль поверхности клина.

- Изменение структуры течения газового потока вдоль деформированной поверхности может привести к опасному снижению коэффициента запаса прочности канала.

В ходе выполнения работы были спроектированы и разработаны модели отсечных клиньев из стали, представленные на рис. 1:

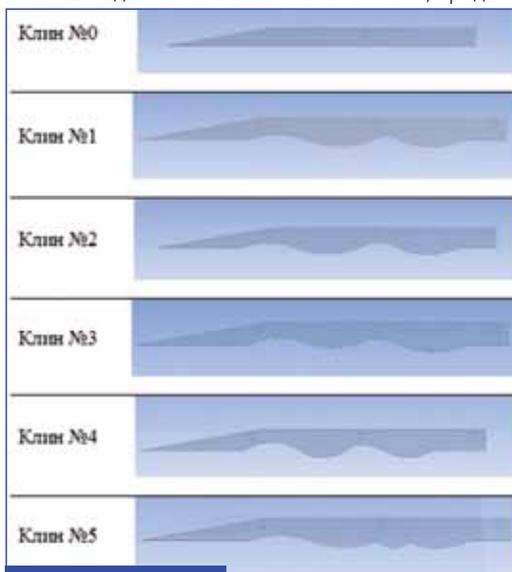


Рис. 1 Отсечные клинья

Во время экспериментов на установку устанавливались не только модели с волнообразным профилем (клинья №№1-5), но отсечной клин с ровной поверхностью (клин №0). Сравнение параметров между двумя видами моделей показывает, насколько изменяются параметры газового потока.

Работа проведена на "Стенде сверхзвукового горения" ИТПМ СО РАН (рис. 2). Главные элементы установки: электродуговой подогреватель (ЭДП) мощностью 2 МВт с системой электропитания и управления ЭДП (в данной работе не применялся); форкамера; сопловой блок; выхлопная система с эжектором и шахтой шумоглушения; воздушная и топлив-

ная системы подачи сред (средства регулирования и измерения расходов); система автоматического сбора и обработки данных. Структура течения регистрировалась с применением теневой схемы на основе прибора ИАБ-451, для изучения процесса горения применялась спектрозональная съемка в УФ диапазоне, на длине волны излучения радикала ОН.

Схема камеры сгорания с отсечным клином №0 (отсечной клин с ровной поверхностью) представлена на рис. 3. В точках 1...9 измерялось статическое давление на верхней исследуемой стенке канала (распределение давления по длине P_1-P_9). На входе в камеру сгорания регистрировалось статическое давление $P_{ст}$. В точке 10 - давление за уступом P_d . В 11-ой точке - давление P_0 на внутренней поверхности камеры сгорания. Величины полного давления определялись в точках 12...14.

Уступ в модельной камере сгорания был спроектирован с целью изучения и организации эффективного процесса горения в высокоскоростном потоке в деформированной модельной камере сгорания.

При проведении испытаний основной целью было изучение влияния искривления верхней поверхности канала на структуру течения при горении за уступом. В качестве топлива использовался водород, подаваемый в малых количествах за уступ. На входе в модельную камеру сгорания создавался поток, соответствующий $M = 1.9$, при этом давление в форкамере принималось за полное давление в потоке ($P^*=P_0$), затем определялось число Маха на входе в модельную камеру сгорания:



Рис. 2 Стенд сверхзвукового горения

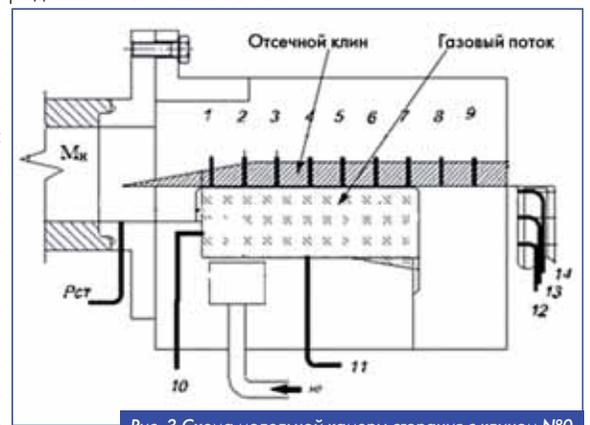


Рис. 3 Схема модельной камеры сгорания с клином №0

$$M = \sqrt{\frac{2}{\gamma-1} \left[\left(\frac{P}{P_{ст}} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]} \quad (1)$$

Во время проведения экспериментов были исследованы 5 отсечных клиньев. Параметры экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1

На рис. 4 представлены результаты проведения экспериментов отсечного клина №0. На рис. 4а наблюдается система косых скачков уплотнения, спровоцированных кромкой уступа. При по-

№ эксперимента	Условное обозначение отсечного клина	Относительный расход водорода, $\bar{G} = G/G_1$
1	Клин №0	1
2	Клин №1	0,88
3	Клин №2	1,02
4	Клин №3	1,02
5	Клин №4	1,02
6	Клин №5	1,02
7	Клин №5 - доп. эксперимент	2,71

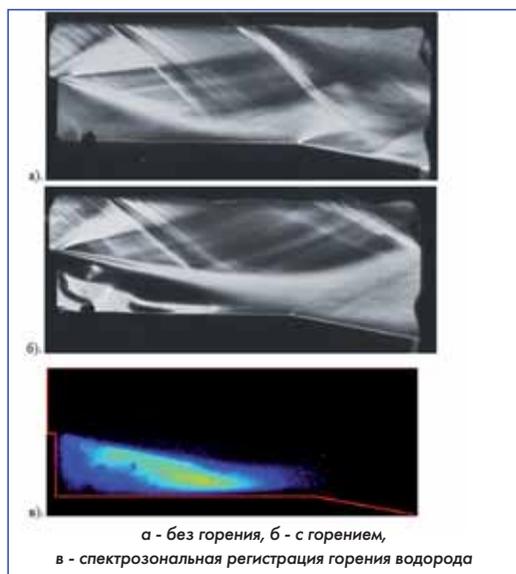


Рис. 4 Структура течения в модельной камере сгорания при испытаниях отсечного клина №5

даче водорода за уступ камеры и его горения происходит некоторая перестройка скачков уплотнения (рис. 4б). В частности, второй косой скачок, исходящий от поверхности клина, сдвигается вправо, т.е. вдоль по потоку.

Качество горения водорода видно на рис. 4в. Относительная длина клина приведена в калибрах: $\bar{X} = X/l_{\text{клина}}$, где за характерный размер выбрана длина клина.

Была проведена верификация расчётных моделей. На рис. 5 представлен график

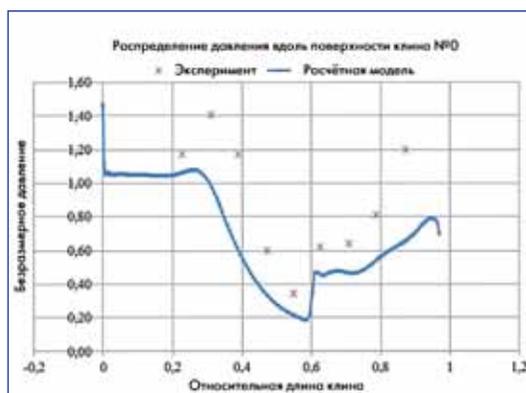


Рис. 5 Относительное давление вдоль стенки отсечного клина №0

в зоне отрыва за уступом. На теневых картинах наблюдается всяческий скачок. При горении отрывная зона за уступом увеличивается,

и точка присоединения смещается в область расширения канала.

Была проведена верификация расчётных моделей. На рис. 7 представлен график распределения давления вдоль поверхности клина №5.

В дополнительном эксперименте для отсечного клина №5 были проведены опыты с изменением расхода водорода. Относительный расход водорода составил $\bar{G}_{H_2} = 1,02 \dots 2,71$.

Анализируя картины спектрозональной регистрации горения водорода, можно сделать выводы о том, что увеличение расхода водорода приводит к расширению области горения, при этом при малом расходе все сгорает в отрывной зоне за уступом, а с увеличением расхода область горения распространяется по потоку.

На основании проведенных экспериментальных работ можно сделать следующие выводы:

- Подтверждено, что организация горения повышает давление и увеличивает зону отрыва потока;
- Конфигурация поверхности канала существенно влияет на процесс горения в зоне отрыва за уступом.
- Наблюдается хорошее качественное совпадение результатов численных и экспериментальных исследований.

Литература

1. В.А. Сабельников, В.И. Пензин. К истории исследований в области высокоскоростных ПВРД в России. М.: Изд. ЦАГИ, 2008. - 64 с.
2. В.И. Пензин Экспериментальное исследование отрывных течений в каналах/ М.: Изд. ЦАГИ, 2009 г. - 207 с.
3. В.И. Звегинцев Газодинамические установки кратковременного действия. Часть 1. Установки для научных исследований. - Новосибирск: Параллель, 214. - 551 с.
4. Г.Н. Абрамович Прикладная газовая динамика, ч.1 - М.: Наука, 1976г.
5. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Шамраева М.А. ANSYS в руках инженера. Практическое руководство. - М.: Либроком, 2015. - 270 с.

Связь с автором: kiktev_si@mail.ru

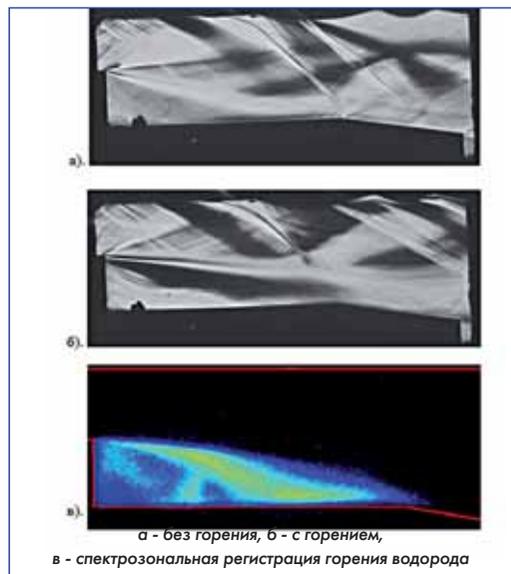


Рис. 6 Структура течения в модельной камере сгорания при испытаниях отсечного клина №5

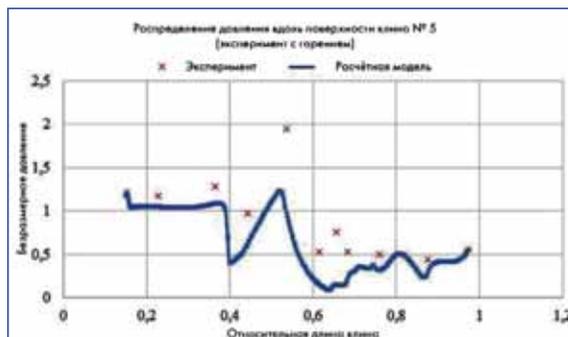


Рис. 7 Относительное давление вдоль стенки отсечного клина №5

ПРОЧНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ИСААКА АРОНОВИЧА БИРГЕРА

Материал подготовлен при участии заместителя генерального директора - директора исследовательского центра «Динамика, прочность, надежность», начальника отделения «Динамика и прочность авиационных двигателей» ГНЦ ЦИАМ им. П.И. Баранова

Юрия Александровича Ножницкого

27 декабря 2018 г. исполняется 100 лет со дня рождения выдающегося ученого-механика и инженера, заслуженного деятеля науки и техники РФ, лауреата Государственных премий СССР и премии им. Н.Е. Жуковского, профессора, доктора технических наук Исаака Ароновича Биргера.

Исаак Аронович родился в Москве. В 1940 г. закончил с отличием Московское высшее техническое училище имени Н.Э. Баумана (ныне - Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана). Был призван в армию и в течение семи лет работал на оборонном заводе.

Еще в студенческие годы Исаак Аронович начал заниматься научной работой на кафедре сопротивления материалов. Большое влияние на него оказало общение с профессором С.Д. Пономаревым, учившимися на тот момент в университете В.И. Феодосьевым, В.Л. Бидерманом, Н.В. Малининым и другими будущими выдающимися учеными-механиками и инженерами.

После демобилизации в 1946 г. И.А. Биргер поступил на работу в Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова (ЦИАМ), где прошел путь от инженера до заместителя начальника, руководителя отделения динамики и прочности (с 1964 по 1993 г.).

Исаак Аронович был одним из основателей крупного научно-коллектива - школы прочнистов ЦИАМ, а также активным участником создания творческих коллективов прочнистов в разных городах Советского Союза. Выполненные им и под его руководством работы стали основой научного направления исследований прочности авиационных газотурбинных двигателей. Формирование этого научного направления базировалось на решении общих проблем механики и машиностроения, часто носивших фундаментальный характер.

Научная деятельность И.А. Биргера была весьма многогранна. Он разработал эффективные методы линеаризации задач теории нелинейной пластичности, внес существенный вклад в решение задач исследования напряженного деформированного состояния многослойных неравномерно нагретых оболочек вращения со сложными связями с учетом деформаций пластичности и ползучести, исследования колебаний и устойчивости конструктивно-ортотропных оболочек.

В ряде работ им были рассмотрены критерии разрушения при совместном действии постоянных и переменных напряжений, разработаны статистические модели разрушения.

И.А. Биргером были предложены обоснованные методы расчета статической и усталостной прочнос-



И.А. Биргер
Фото декабря
1988 г.

ти резьбовых соединений. Результаты работ в этом направлении нашли отражение в ряде монографий и справочников, получили широкую известность как в нашей стране, так и за рубежом.

Классическими стали также труды И.А. Биргера по теории остаточных напряжений. Эти работы быстро вошли в практику производственных предприятий и в значительной степени способствовали повышению надежности двигателей.

И.А. Биргером был выполнен большой комплекс работ по созданию методов расчета статики и динамики деталей и узлов турбомашин, включая расчеты лопаток как закрученных стержней, гибких лопаток, шарнирных лопаток, неравномерно нагретых дисков, лопаток, корпусов. Для выполнения этих работ потребовалось специальное развитие математических методов. При этом был осуществлен переход к компьютеризации прочностных расчетов и развитию систем автоматизированного проектирования узлов двигателей.

Для обеспечения безопасности эксплуатации авиационных двигателей, повышения их надежности, сокращения затрат времени и средств на подтверждение ресурса двигателей большое значение имел переход к подтверждению ресурса эквивалентно-циклическими испытаниями. И.А. Биргер был одним из инициаторов и руководителей этих работ.

И.А. Биргер был первопроходцем в области диагностики технического состояния: им были сформулированы актуальные и сегодня основные принципы технической диагностики.



Слева направо: С.М. Шляхтенко, А.В. Болбот, В.М. Акимов, И.А. Биргер в кабинете начальника ЦИАМ

Этот краткий перечень далеко не исчерпывает всех научных направлений, в которых Исааком Ароновичем были получены новые важные результаты. Принципиальным является то, что по инициативе и под руководством И.А. Биргера активно развивались экспериментальные исследования прочности, в ЦИАМ была создана отраслевая экспериментальная база прочностных исследований.

Ученый активно поддерживал разработку и внедрение новых материалов и технологий. Он многое сделал для внедрения литых лопаток турбин (совместно с академиком С.Т. Кишкиным и генеральным конструктором А.М. Люлькой), дисков турбин из гранулированных никелевых сплавов (с академиком А.Ф. Беловым, генеральными конструкторами П.А. Соловьевым и С.П. Изотовым). В конце 1980-х - начале 1990-х годов по его инициативе была создана так называемая "углеродная комиссия", которая обеспечила интенсивное развитие работ по керамическим и углерод-углеродным материалам.

Под руководством И.А. Биргера в 1956 г. были впервые созданы нормы прочности авиационных двигателей, которые в дальнейшем развивались и дополнялись, а затем - нормы прочности ракетных двигателей и многие другие нормативно-технические документы. Нормы прочности авиационных двигателей стали основой для последующей разработки требований к прочности двигателей в нормах летной годности самолетов и вертолетов. Разработанные нормативные технические документы и выпущенные при активном участии Исаака Ароновича руководства для конструкторов сыграли важную роль в создании советской авиакосмической техники.

На протяжении долгих лет И.А. Биргер был главным в стране специалистом по прочности авиационных двигателей. В течение почти полувека не было ни одного отечественного авиадвигателя, в обеспечении прочности которого он не принимал активного, во многих случаях определяющего участия. Уникальные знания, большой опыт и великолепная интуиция позволяли Исааку Ароновичу принимать ответственные решения, которым доверяли руководители и специалисты министерств, ведомств и промышленных предприятий. Он часто привлекался к решению сложных проблем обеспечения прочности, возникавших в других отраслях промышленности, в частности, участвовал в обеспечении прочностной надежности ракетных двигателей.

Исаак Аронович стал автором более 20 книг и большого количества статей, большинство из которых и по сей день остаются настольными для научных сотрудников, конструкторов, аспирантов, преподавателей вузов, студентов. Особо следует отметить справочники, изданные под его редакцией и при его участии. И.А. Биргер был одним из редакторов (вместе с Я.Г. Пановко) трехтомного справочника "Прочность, устойчивость, колебания"; редактором



Слева направо: Г.Г. Чёрный, И.А. Биргер, Н.Д. Кузнецов, О.Н. Фаворский в ЦИАМ

написанного совместно с Б.Ф. Шорром и Р.М. Шнейдеровичем (в последующем - с Г.Б. Иосилевичем) справочника "Расчет на прочность деталей машин", выдержавшего много изданий; написанного в соавторстве с Р.Р. Мавлютовым и неоднократно переизданного учебника "Сопrotивление материалов".

В 1994 г. учениками и соратниками ученого была выпущена книга "Прочность и надежность машиностроительных конструкций", содержащая избранные статьи и достаточно полную библиографию работ Исаака Ароновича.

На протяжении многих лет И.А. Биргер был председателем диссертационного совета по защите докторских диссертаций при ЦИАМ, членом экспертного совета ВАК. Под его руководством защищено большое количество докторских и кандидатских диссертаций. Длительное время он был профессором МФТИ, председателем ГЭК при МГТУ им. Н.Э. Баумана.

И.А. Биргер являлся активным организатором научных исследований. Он был членом Национального комитета по механике, заместителем председателя Научного Совета РАН по прочности и надежности (председателем Совета был генеральный конструктор, академик Н.Д. Кузнецов); входил в состав ряда советов, комиссий, оргкомитетов научных конференций и совещаний по тепловым напряжениям в элементах конструкций, прочности двигателей, теории пластин и оболочек, малоциклового усталости и др. Его блестящие доклады на конференциях запоминались слушателям надолго.

В нашей благодарной памяти Исаак Аронович останется не только как выдающийся ученый и инженер, но и как всесторонне образованный, обаятельный, добрый и веселый человек, умевший объединять вокруг себя людей и увлекать их идеями и работой. **П**



Исследователи из американской Sandia National Laboratories - Майкл Чандросс и Ник Аргибай - разработали новый металлический сплав, который, по всей видимости, является самым прочным сплавом, когда-либо созданным на Земле.

Этот материал, изготовленный из ком-

бинации платины (90 %) и золота (10 %), судя по предварительным оценкам, в 100 раз более износостойкий, чем высокопрочная сталь, что делает его первым сплавом металлов в том же классе, что и алмазные поверхности.

Износостойчивость этого сплава такова, что у него будет стёрт только один слой атомов при скольжении по другому материалу на расстоянии более километра. Во время испытаний на прочность у нового материала была обнаружена "черная пленка", представляющая собой алмазоподобный углерод и являющаяся отличным смазочным материалом.

Сплав обеспечивает долговременное сопротивление нагреву и трению. Более того, новый сплав обеспечивает механическую и термическую стабильность в течение очень длительных периодов циклического напряжения.

Несмотря на то, что сплав золота и платины является очень дорогостоящим материалом, его применение будет экономически выгодным. Кроме того, в некоторых отраслях жизнедеятельности человека требования к надёжности функционирования устройств настолько велики, что расходы на золото и платину вообще не кажутся излишними и дорогими. **П**

ИНФОРМАЦИЯ

"ОЛДТАЙМЕР-ГАЛЕРЕЯ" 2018 ГОД

(Продолжение. Начало в № 3 - 2018)

Александр Иванович Бажанов, академик Международной инженерной академии

Автонасос на шасси АМО-4 (1930-е годы)

В этой машине есть какая-то особенная красота. Не только в приятном глазу оттенке красного цвета, сочетающемся с контрастным черным и деревянной надстройкой задней части, но и в мелочах. Например, в эмблеме, выполненной в стилистике авангарда. Сразу и не поймешь, что три буквы С и внутри них ещё и Р, размещенные под словом АМО, - это СССР.



Такая вот - пожарная машина ПМЗ-1 на шасси АМО-4. ПМЗ-1 иногда называют первым советским пожарным автомобилем. Конечно, и до него были пожарные машины на базе АМО-Ф15 и Я-3, но именно ПМЗ-1 стал первой по-настоящему продуманной конструкцией, выпускавшейся серийно и в больших количествах. Именно ПМЗ-1 получил в 30-е годы широкое распространение в советских городах. Первые ПМЗ-1 собирали на Миусском заводе пожарного оборудования еще на шасси АМО-4 - так обозначали длиннобазную версию АМО-3, который после модернизации превратился в ЗИС-5. А его версия под длинное пожарное шасси называлась уже ЗИС-11 - они и поставлялись на Миусский завод, который вплоть до начала Великой Отечественной войны был основным производителем пожарных автомобилей в СССР. Поэтому более редким является ПМЗ-1 именно на базе АМО-4, хотя название в данном случае условно, ведь индекс означает "пожарная машина ЗИС модель № 1".

Как же строилась пожарная машина ПМЗ-1? В задней части шасси устанавливался центробежный насос Д-20, способный перекачивать 1500 литров в минуту. Насос приводился от вала от-



бора мощности, соединявшего хвостовики сцепления и раздаточной коробки, расположенной в задней части кабины. Нижний выходной хвостовик раздаточной коробки соединялся карданным валом с главной передачей, а от верхнего хвостовика шел кардан к насосу. Работу насоса можно было регулировать с помощью маховичка управления карбюратором и рычажка выключения сцепления. А раздаточной коробкой водитель управлял со своего места. Над насосом внутри надстройки помещался "бак первой помощи" с 360 литрами воды.

В задней части устанавливалась надстройка из дерева, с каждого борта которой делались сиденья для шести пожарных и катушки с выкидными рукавами - каждый по 80 метров. Еще одна катушка с рукавом длиной 160 метров подвешивалась сзади у насоса. Пожарные рукава и лестницы крепились над надстройкой, а в её ящики укладывалось пожарное оборудование. В нишах подножек клали лопаты, ломы, багры и прочее. С правой стороны у кабины крепились колокол и два огнетушителя, а с левой - пожарная колонка. Для запасного колеса места уже не нашлось и его разместили у водительской двери, оставив доступ в кабину только с правой стороны.



Примчавшись на пожар, шофёру приходилось выполнять целый ряд операций, чтобы обеспечить хороший напор воды. Сначала он из кабины переключал раздаточную коробку на насос и шёл к нему настраивать на работу. Другие пожарные в это время прокладывали рукавные линии и, когда они были проложены, шофёр устанавливал обороты порядка 1000...1500 об/мин. Насос начинал заполняться водой, о чём сигнализировала трубка вакуум-аппарата - из неё начинала течь вода. Если этого не происходило, шофёр заполнял насос из "бака первой помощи". Как только из трубки начинала бить струйка воды, он открывал клапана к рукавам и увеличивал обороты двигателя. Теперь можно было тушить пожар.

Так тушили пожар, если рядом с местом возгорания был водоём. При тушении небольшого пожара пользовались "баком первой помощи" и насос включали сразу. А если рядом находился гидрант, то операции с заполнением насоса проводить не требовалось - вода сама под давлением поступала в него. Из гидранта пополнялся и "бак первой помощи" путем переключения соответствующего вентиля. Работа шофёра пожарной машины требовала большого умения и сноровки.

Благодаря мощному двигателю, пожарная машина ПМЗ-1 обеспечивала работу сразу четырех стволов. Она настолько по-

любилась пожарным, что некоторые экземпляры продолжали использоваться и после войны. До наших дней уцелели единицы. Этот уникальный экземпляр на шасси АМО-4 восстановил в своих мастерских коллекционер Евгений Шаманский.

Автоцистерна на шасси ЯГ-6 (1936 год)

Появление этого автомобиля на Олдтаймер-Галерее - маленькая сенсация, так как он до этого никогда не принимал участие в выставке. Хотя и маленькой её можно назвать с нотками гротеска: пожарная цистерна на шасси ЯГ-6 тянет на звание самой большой и самой тяжелой советской "пожарки".



Ярославские грузовики всегда отличались исполинскими размерами, хотя простота их конструкции местами переходила в примитивность. Так, вместо привычных штампованных лонжеронов и поперечин, рама ЯГ-6 сваривалась из отрезков промышленного швеллера. Кабину сколачивали из досок и окрашивали масляной краской с помощью кисточки, а крылья делали из гнутых листов железа. В коробке передач и редукторе заднего моста работали прямозубые шестерни, которые на заводе даже не шлифовали - при движении они издавали сильный гул.



Почти все узлы трансмиссии и шасси были тяжелыми и металлоёмкими. Из-за этого ЯГ-6 весил 4940 кг, а его грузоподъемность составляла пять тонн. Двигал такого монстра силовой агрегат мощностью всего 73 л.с. со скоростью не более 40 км/ч. Рулевое управ-



ление обходилось без усилителя, что требовало от водителя грузовика, полная масса которого равнялась трети веса танка Т-34, истине богатырской силы. То же самое было и с тормозами - ими снабжались только задние колеса, а наличие сервоусилителя практически никак не сказывалось на эффективности торможения.

Пожарные машины на базе шасси ЯГ-6 строились в различных исполнениях - "линейки", автонасосы, машины с двойной открытой кабиной, комбинированные варианты. Но самым востребованным типом пожарных автомобилей ЯГ все же стали автоцистерны. Именно на ярославском шасси можно было привезти к месту пожара максимальное количество воды, что было жизненно необходимо в районах, удаленных от водопроводной сети и водоемов. Цистерна имела типичную для тех лет форму усеченного эллипсоида. Центробежный насос на ЯГ-6 устанавливался сзади.

Ford 798T (1947 год)



Пожарный автомобиль в типично американском стиле с расположением насоса впереди, а не сзади, как это принято, например, у европейских или советских пожарных машин. Такая необычная компоновка не только освобождала место за кабиной, но и делала более удобной работу пожарных с насосом, вокруг которого было намного больше свободного пространства, чем если бы он устанавливался сзади.



Многоместная кабина пожарной машины шире и выше стандартной кабины бортового грузовика, и она интегрирована в цельную силовую структуру пожарной надстройки. Кузов выполнен по распространенной в те годы технологии: деревянный несущий каркас обшит стальными наружными панелями, и даже у каждой двери и каждого люка пожарных отсеков есть свой каркас из дерева. В качестве специальных сигналов использовались красные фонари - проблесковых маячков в 40-е годы еще не существовало.

Немецкая пожарная автолестница "Метц" на шасси советского автомобиля ЗИС-6 (1947 год)

В довоенные годы советская пожарная охрана комплектовалась автолестницами, приобретёнными в Германии. Отличавшиеся высокой надёжностью и качеством сборки они служили достаточно долго. Самым слабым звеном в иностранных пожарных автолестницах было шасси, страдающее от невысокого качества советских мостовых. Складывалась парадоксальная ситуация, когда шасси приходило в негодность, а комплект колен со всеми механизмами свой ресурс не выработывал. Специалистами пожарной охраны Москвы и Ленинграда ещё в довоенные годы была освоена перестановка иностранных лестниц на отечественное шасси. Процесс постройки такой автолестницы занимал примерно один месяц. Великая Отечественная война вмешалась в планы пожарных специалистов, и в военные годы такие работы не проводились. В первые послевоенные годы процесс приобрёл новый импульс в развитии, когда из нескольких разбитых войной автомобилей и трофейных автолестниц специалистами технической службы собирались так необходимые пожарным специальные автомобили.

Примером такого технического творчества является металлическая лестница Metz DL-26, установленная специалистами технической службы московской пожарной охраны в 1947 году на дооборудованное и усиленное отечественное шасси ЗИС-6.



Этот пожарный автомобиль, как и ряд других, был восстановлен специалистами технической службы Управления пожарной охраны Мособлисполкома к 60-летию советской пожарной охраны в 1978 году и длительное время хранился на отдельном посту ПЧ-29 в подмосковной Балашихе. Ныне автолестница - экспонат ГБУК Московской области "Военно-технический музей".



Пожарная автоцистерна ПМЗ-11 (1955 год)

Пожарные автоцистерны ПМЗ-11 изначально выпускались Топкинским и Варгашинским заводами противопожарного оборудования. Серийный выпуск начат с 1952 года. С 1955 года автомобиль выпускался только Варгашинским заводом.

Автомобиль предназначался прежде всего для обеспечения пожарных частей сельскохозяйственных предприятий и небольших населённых пунктов. География его применения была огромна: эти пожарные автоцистерны применялись во всех республиках СССР. С учётом географического расположения Варгашинского завода противопожарного оборудования значительное количество этих автомобилей эксплуатировалось на Урале и в сибирских областях. Шасси "Урал-ЗИС-5" было хорошо известно послевоенному поколению водителей, что облегчало их массовую подготовку.



Боевой расчёт составлял 6 человек. Ёмкость цистерны для воды составляла 1420 литров, бака для пенообразователя - 80 литров. Подача воды осуществлялась насосом ПН-25А. Кузов пожарной автоцистерны был закрытого типа, а цистерна для воды имела систему обогрева отработанными газами.

Всего выпущено около 3000 автоцистерн этой марки. Серийный выпуск пожарных автоцистерн, достигнув своего пика в 1955 году, постепенно снижался по мере освоения выпуска Варгашинским заводом противопожарного оборудования новой автоцистерны ПМГ-19 на шасси ГАЗ-63.

До наших дней в разных городах России сохранилось несколько пожарных автоцистерн ПМЗ-11. Несколько таких автомобилей установлены в виде памятников.



Пожарная автоцистерна ПМЗ-9М (1955 год)

Пожарная автоцистерна ПМЗ-9М (модель 9 модернизированная) выпускалась серийно Прилуцким заводом противопожарного оборудования в 1953-1955 годах по проекту и чертежам, подготовленным Особым конструкторским бюро № 8. Всего выпущено 1440 автомобилей, поступавших в пожарные гарнизоны больших советских городов и крупных промышленных предприятий.

Ёмкость цистерны для воды составляла 1680 л, бака для пенообразователя - 120 л. Отличительными конструктивными особенностями автоцистерны были: пенобак, расположенный внутри цистерны для воды, вакуумная система центробежного пожарного насоса, работавшая от тормозной системы базового шасси и выступ цистерны для воды, занимавший часть кабины боевого расчёта.

Конструкция пожарной автоцистерны ПМЗ-9М имела ряд недостатков, что побудило конструкторов Особого конструкторского бюро № 8 к разработке документации на пожарную автоцистерну ПМЗ-17, с началом серийного выпуска которой в 1955 году выпуск ПМЗ-9М был прекращён.



Один из экземпляров автоцистерны ПМЗ-9М был восстановлен работниками музея ГУП "Мосгортранс" и до сих пор принимает активное участие в показах ретротехники, проводимых предприятием.

Автонасос ПМЗ-18 (1959 год)

Пожарный автонасос ПМЗ-18 выпускался серийно с 1955 года Прилуцким заводом противопожарного оборудования. Проектные чертежи для него были разработаны Особым конструкторским бюро № 8. Изначально выпускался на шасси ЗИС-150, с 1959 года - на шасси ЗИЛ-164. В 1960 г. в связи со сменой обозначений пожарной техники получил индекс АН-30 (164) 18. Автонасос имел самый большой среди автомобилей этого типа бак так называемой "первой помощи" объёмом в 465 л.

Для своего времени рекордным был запас вывозимых на по-



жар напорных рукавов: 16 рукавов диаметром 51 мм и 33 рукава диаметром 66 мм. Надёжность конструкции автонасоса ПМЗ-18 пользовалась уважением у водителей. По мере поступления новой пожарной техники старые автонасосы из городов передавались на вооружение добровольных пожарных дружин в сельские районы.

Представленный на выставке пожарный автонасос ПМЗ-18 был обнаружен любителями отечественной техники в одном из колхозов Московской области. Летом 2007 года он был восстановлен специалистами Службы материально-технического обеспечения ГУП "Мосгортранс" и с тех пор автомобиль постоянно участвует в праздничных выставках и показах техники предприятия.

Автонасос был восстановлен в том состоянии, в котором был получен на реставрацию, то есть с сохранением всех особенностей, внесённых в его конструкцию при поступлении в колхоз. В его кузове в дополнение к имеющемуся баку первой помощи был установлен водяной бак ёмкостью свыше 1000 л, необходимый для вывоза запаса воды на тушение пожара в сельской местности. Автомобиль представляет собой большую историческую ценность, являясь единственным сохранившимся экземпляром пожарного автонасоса ПМЗ-18 на территории постсоветского пространства.

Автоцистерна ПМГ-36 (1960 год)

Советская противопожарная промышленность фактически сразу обратила внимание на шасси ГАЗ-51. Одна из первых советских автоцистерн с полностью закрытым кузовом. Выпускалась Грабовским заводом противопожарного оборудования в 1950-1953 годы. Всего выпущена 691 единица. Ёмкость цистерны для воды - 1000 л, бака для пенообразователя - 50 л. Центробежный пожарный насос ПН-25А, производительностью 20 л/с. Конструкция кузова - обшивка листами металла по деревянному каркасу.

В 1957 году появляется опытный образец автоцистерны на шасси ГАЗ-51А следующего поколения, получивший обозначение ПМГ-36. С 1960 года он получил обозначение АЦ-20(51 А)36. Серийный выпуск автомобиля закончился в 1966 году в связи с репрофилированием завода.

Особенностью автоцистерны была попытка конструкторов использовать один из патрубков пожарного насоса для питания постоянно подсоединённого ствола "первой помощи". В серийных автоцистернах от этой идеи отказались.

Ёмкость цистерны для воды составляла 1100 л, бака для пенообразователя - 50 л. Центробежный насос ПН-20 обеспечивал производительность в 20 л/с.

Автоцистерна использовалась в качестве пожарного автомобиля для крупных сельскохозяйственных предприятий и посёлков городского типа. Данная автоцистерна восстановлена специалистами ГУП "Мосгортранс" и принимает постоянное участие в показах техники, проводимых предприятием. П

(Продолжение следует.)



АЭРОГУЖЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

(Из записок корабельного инженера-механика Семёнова)

Владимир Александрович Герасимов, СГАУ, кафедра КиПДЛА

Взгляд на прошедшее

До появления самого сельского хозяйства человечество обогатилось и тысячелетним опытом первобытного собирательства, и многовековым опытом кочевой жизни, которая из-за роста населения и освоения пригодных территорий сменилась на оседлость. С оседлого образа жизни начинаются государства и необходимость создания долговременных продовольственных запасов. Запасы продовольствия давали государству возможность организации ремёсел, залог стабильного развития и зависели от умения населения обрабатывать почву и сохранять её плодородие. Холодный климат, обширная зона рискованного земледелия и довольно отсталые методы работы на земле, характеризующие аграрные возможности России, повлияли на то, что к 1917 году около 90% населения страны было сельским. Курс на тотальную индустриализацию страны, взятый после великого перелома в 1917 году, потребовал массовой мобилизации сельского населения в города и на стройки. Накормить страну можно было только сохранением валового сбора зерна и его повышением за счет интенсификации производства, коллективизации единоличных крестьянских хозяйств и отказа от ручного труда. Почти мгновенно страна стала закупать и производить машинотракторную сельхозтехнику, замещая малопродуктивную конную тягу на всех видах работ в хозяйстве.

Однако мировое сельское хозяйство, располагая лучшими агроклиматическими условиями, долгое время использовало орудия и механизированные комбайны на конной тяге упряжью в 20-30 голов (Рис. 1, 2). И только потом, по мере развития моторостроения, переходили на тракторную тягу. И в России гужевой транспорт и тяга во многом обеспечивали щадящий режим нагрузки на почву, сохранение и увеличение толщины чернозема, определяющего само плодородие. Как одно из чудес света на Парижской выставке в 1900-х годах выставлялся куб чернозема из Воронежской губернии с гранью 2 метра (!). Это за границей поняли правильно... и в период Второй мировой войны Германия вывозила чернозём с оккупированных территорий СССР.

Тысячелетиями народы эксплуатировали почву, требуя от неё всё большей отдачи, не замечая, что, в отличие от воды и воздуха, почва - это наиболее ограниченный ресурс на Земле.

Рождение проблемы и попытки ее устранения

В 50-60 гг. прошлого века, ученые аграрии обратили внима-

ние на то, что темпы роста валового сбора зерна уменьшаются, несмотря на усиление внесения удобрений и применение прогрессивных средств многополья и смены посевных культур. В СССР и вовсе средняя урожайность зерна с гектара держалась на уровне довоенного (имелась в виду Первая мировая война) 1913 года, а качество зерна снижалось. Но только единицы видели проблему в деградации и истощении почв, как следствие её переуплотнения, вызванное ростом и интенсивной нагрузкой от тяжеловесной энергонасыщенной сельскохозяйственной техники. Сегодня проблема очерчивается численными значениями. Так суммарная площадь следов ходовых систем нередко вдвое превышает площадь поля, а на поворотных полосах в 6-20 раз. И если плотность почвы превышает 1,3-1,35 г/см³ (верхняя граница для большинства с/х культур), а водопроницаемость уменьшается до 40-30 мм/час и ниже, то почва подлежит длительному восстановлению. При таком мощном уплотнении страдает в первую очередь биоценоз почвы: простейшие, черви, насекомые - которые в естественных условиях во многом повышают производительность почвы, перерабатывая растительные остатки и насыщая верхние слои кислородом. Само восстановление также затратно и по данным британского ученого-агронома Саймона Блэкмора более 80% энергии в земледелии тратится на то, чтобы с помощью одних машин возместить ущерб, нанесенный другими машинами - круг замкнулся.

Исследования и практические шаги в поиске выхода из замкнутого круга, складывающегося в земледелии, также имеют свою историю. Самые известные способы, такие, как удвоение колес, пневматические гусеницы для снижения удельного давления на почву уже применяются на серийных изделиях, но получить удельное давление ниже 1000 кг/м² колесом или гусеницей крайне сложно или невозможно. Наиболее радикальные выводы и предложения по уменьшению удельного давления на почву были сделаны в работе "Технико-экономические аспекты применения транспортных средств на воздушной подушке в агропромышленном комплексе" (труды ИКТП, вып. 112, 1986г.). Они заметили главное в воздушной подушке, а именно - возможность минимального удельного давления, которое по практическим соображениям может быть в пределах 200-300 кг/м², что в принципе снимает проблему уплотнения и переуплотнения почв. Трудно судить о том, кто первым начал экспериментировать с воздушной подушкой аграрного назначения. К тому времени уже вносили удобрения ранней весной и польским "воздушковцем", и на английском

Рис. 1 Конная косилка



Рис. 2 Конная жатка



Рис. 3



"Лендровере" на воздушной подушке (Рис. 3,4), транспортные работы выполнялись французским "агропланом", а в опытном хозяйстве "Каменка" (Москов. обл.) прошел испытания 10-ти тонный полуприцеп на воздушной подушке.

Результаты превзошли ожидания, но массового развития новая агротехника не получила, как по причине скрытых проблем, так и из-за сложности восприятия, по сравнению с традиционной колесно-гусеничной техникой. Среди скрытых причин две представляются наиболее важными:

- высота висения на "подушке" повышает проходимость и уменьшает контакт колесно-гусеничного движителя с опорной поверхностью для создания тяги,
- производительность работ "подушкой" меньше производительности колесно-гусеничных машин.

Есть ли возможность обойти препятствия и продолжить успешно начатое?

Выход есть

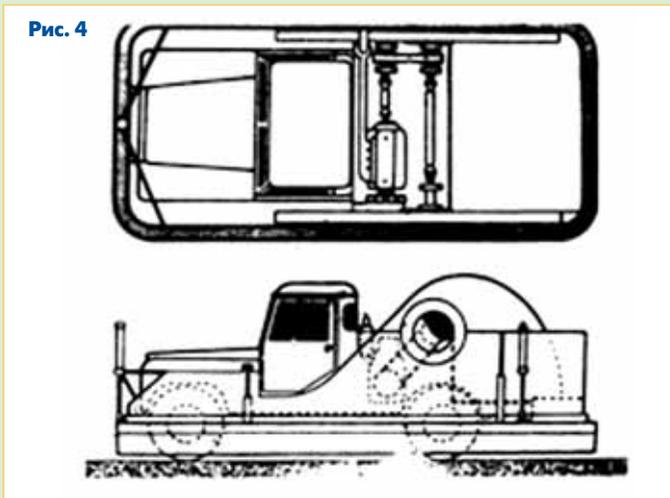
Сегодня, когда естественные продукты питания переходят в разряд труднодоступных для потребителя, полезно вспомнить и о экспериментах с "подушкой", и о естественном "амфибийном тягаче" - коне, которому и грязь по колено - ровная дорога.

Часть фермерских хозяйств вновь возвращаются к конной тяге механизированных прицепов на "колесе", что увеличивает время выполнения сельхозработ, но одновременно снижает энергоемкость процессов, себестоимость продукции и ущерб наносимый почве. При этом работы

на конной тяге классифицируют по степени тяжести от легкой (700-1500 тыс. килограммометров (кгм)) до тяжелой (2100-3100 тыс кгм), учитывают среднюю скорость при пахоте (3,96 км/ч), работе в сеялках (4,35 км/ч), в уборочных машинах (4,17 км/ч) и на транспортных работах. По расчетам по грунтовой проселочной дороге груз с повозкой на "колесе" общей массой 1000 кг может буксировать лошадь массой 500кг естественным шагом со скоростью 4,0-4,5 км/ч. Этой же тягой и с такой же скоростью можно тянуть платформу на воздушной подушке общей массой до 10 тонн. Раскисшая дорога или пашня, по которой может двигаться аэрогужевая сцепка, влияют на удельные затраты по созданию воздушной подушки, которые на сегодня, для указанной скорости, находятся в диапазоне 5-10 л.с. на тонну общей массы.

Важнейший выигрыш аэроплатформы в том, что тяговые уси-

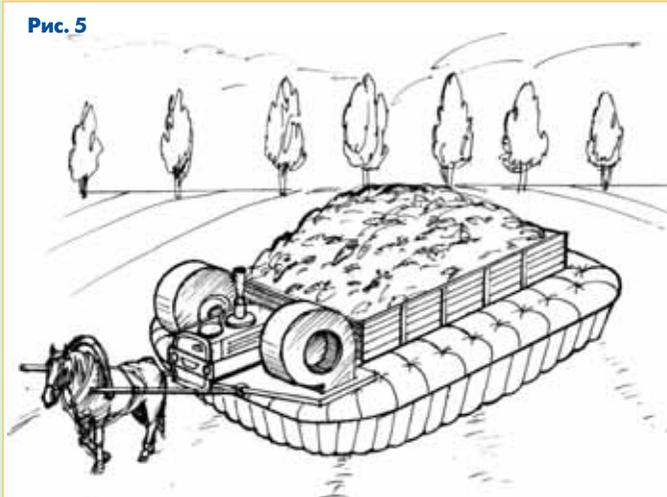
Рис. 4



лия одинарной упряжи на порядок повышают производительность конной тяги и исключают необходимость парной, трехлошадной и четырехлошадной упряжей с потерями тяг на 6%, 12%, 18% соответственно. Аэроплатформа с автономным двигателем для создания ВП становится унифицированным носителем разнообразного с/х оборудования для всех видов работ, всепогодна на любых грунтах, вплоть до работы на рисовых полях (Рис. 5).

На аэроплатформе представляется возможность лидерной отработки механизированной технологии сноповой уборки зерновых культур, идея которой зародилась в 1982-1983 гг и одним из авторов, Л.В. Кудюровым, на основании экспериментов и на основе разработанной им математической модели процесса предложено техническое описание образца сноповяза. Спектр применения аэрогужевой сцепки столь велик, что требует отдельного рассмотрения, но в начале надо получить главный ответ - исключение какого-либо ущерба пахотным землям в экспериментальных хозяйствах с переносом решений в индустриальное земледелие России.

Рис. 5



Спускаясь на грешную землю

Несомненно, совершенно ясно, что любая идея доведённая до логического завершения становится абсурдом. Понятно, что для того, чтобы проводить полевые работы, связанные с усилиями: пахота, боронование, глубокое внесение удобрений - да ещё на сильно негоризонтальных полях пересечённой местности, вряд ли удобно будет пользоваться средством на воздушной подушке. Да и облако пыли, поднимаемое вентилятором на

пересохших полях, не придаст оптимизма работающим. К тому же, культура создания и введения в работу конной тяги во многом утрачена. Но всё это - необходимости учитывать границы применения метода и требования его функционирования. Возможность проводить посев и внесения удобрений на весенних непросохших полях, убирать урожай с рисовых чеков с не спущенной водой и проводить уборку и/или транспортировку урожая, невзирая на раскисшие после дождей поля - это стоит дорогого.

В общем, есть идея и есть о чём поговорить - может до чего толкового и договоримся.

Связь с автором:
g_vva714@mail.ru



BOSCH MOSKAU KLASSIK - 2018

24 июня 2018 года в Москве в седьмой раз стартовало ралли старинных автомобилей Bosch Moskau Klassik. К десяти часам утра возле главного входа старинного московского парка "Сокольники" собралось полсотни уникальных автомобилей-олдтаймеров и под торжественные марши в исполнении духового оркестра начался яркий праздник для всех любителей "ретро".



Ведущий шоу Марк Подольский не позволил зрителям скучать - интереснейшая информация об истории автомобильного спорта перемежалась рассказами об автомобилях, стартующих в этот день.

В полдень начался старт автомобилей-участников - за три четверти часа перед зрителями как на параде прошла вся автомобильная история минувшего столетия. Уникальным автомобилям предстояло увлекательное трёхчасовое штурманское соревнование на ориентирование и точность прохождения маршрута. Впервые на Bosch Moskau Klassik Дорожная Книга соревнования была написана с применением легенды "Рыбья кость", достаточно широко распространённой в Европе, и незаслуженно редко используемой российскими организаторами.



Вместе с автомобилями стартовали члены команды сопровождения "Эксперты приключений" на мотоциклах "Урал".

В 15:00 возвращающиеся с трассы автомобили один за другим торжественно заезжали в главные ворота парка "Сокольники" и, сопровождаемые красавицами-черлидешами, дефилиро-





вали по центральной аллее, а затем выстраивались на Большом парковом круге.

В половине пятого на летней эстраде "Ротонда" началась шоу-программа, включавшая в себя, помимо музыкальных выступлений, соревнования "автомехаников", викторину, призовые конкурсы для зрителей и т.п.

В 20:00 состоялась награждение победителей ралли, после которого все автомобили-участники выстроились в колонну и, во главе с духовым оркестром, совершили круг почёта по "Сокольникам", а затем под ретро-мелодии и аплодисменты публики единой колонной торжественно покинули парк.

Победителями в зачёте "Классика" (иномарки до 1969 года выпуска) стали Андрей и Павел Паньковские, в зачёте "Стиль" (иномарки с 1970 года выпуска) победили Виктор Журлов и Марат Яруллин, в зачёте "Традиция" (отечественные автомобили до 1969 года выпуска) Михаил Готесман и Антон Золотов, в зачёте "Ностальгия" (отечественные автомобили с 1970 года выпуска) Андрей Морозенко и Борис Костырко (этот экипаж набрал меньше всего штрафного времени - всего лишь 1 мин. 18 с). В командном зачёте победу одержала команда DreamTeam. Самым юным участником соревнований стала тринадцатилетняя Кристина Никулина, обладателем приза за дальний пробег стал экипаж семьи Жуковых из Санкт-Петербурга, приз "жемчужина ралли - отечественный автомобиль" получили Михаил и Василий Шкуратовы, выступавшие на "Победе" 1951 г.в., приз "жемчужина ралли - иностранный автомобиль" получили Пётр Некрасов и Екатерина Гинкул, выступавшие на "Ягуаре" 1966 года, приз "за волю к победе" - Валерий Трофимов и Максим Хронин (их Ford Galaxy 1967 года не сразу завёлся на старте, что не помешало экипажу успешно финишировать), приз "дружному семейному экипажу" увёз с собой экипаж известного радиоведущего Вадима Ждана, выступавшего с супругой и сыном, "Леди-Очарование" стала знаменитая гонщица, участница ралли "Дакар" Анастасия Нифонтова, за лучший дебют были награждены Фёдор и Иван Климкины, за верность ралли - экипаж страховой компании "Пари" - Ирина Двойникова и Евгения Макарова, самым стильным экипажем стал экипаж Владимира Попова и Кирилла Евстафьева, приз "покорителям финиша" достался Фёдору и Ивану Климкиным, показавшим наилучший результат среди всех участников (9 часов и 20 минут штрафного времени), специальный приз оргкомитета получили Александр Линников и Павел Ромашев.

Кроме спортивных наград, участники получили призы и подарки от партнёров ралли - ООО "Роберт Бош", Страховой Компании "Пари", компании Girard-Perregaux, ювелирного завода "Русские Самоцветы", Альта Сартория и компании Ильинка Авто; изысканные ароматы нишевой парфюмерии Linari и M.Micalleff от компании "Солинг", подарочные наборы от бренда "Онегин".

Одновременно с московским, финишировало точно такое же историческое ралли в Германии - Bosch Voxberg Klassik. Проводить оба соревнования в один день стало доброй традицией, своеобразным "культурным мостом" между двумя странами, в которых чтят спортивную историю и любят соревнования старинных автомобилей.



Имя компании Bosch в названии ралли вовсе не случайно. Крупнейший в мире электротехнический концерн с самого начала своего существования и по сегодняшний день играет огромную роль в автоспорте. Достаточно сказать, что многие изобретения фирмы Bosch, такие как свечи зажигания, система впрыска, усилитель тормозов и освещение первоначально были опробованы на гоночных трассах и только потом появились на серийных моделях. Кроме того, компания Bosch занимается производством и ремонтом электрооборудования для автомобилей любого возраста и подобного ралли - ещё один способ продемонстрировать надёжность изделий Bosch.

Подробности ралли на сайте: www.oldtime-rally.ru



ПАМЯТНЫЕ МОНЕТЫ К СТОЛЕТИЮ ОКОНЧАНИЯ ПЕРВОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ

Андрей Викторович Барановский

В 2018 году многие страны мира отмечают столетний юбилей окончания Первой Мировой Войны. Именно 11 ноября 1918 года союзные и немецкие войска подписали перемирие, которое положило конец боевым действиям на Западном фронте и фактически всей этой войне. Впервые за четыре с половиной года орудия вдоль Западного фронта в одиннадцать часов одиннадцатого дня одиннадцатого месяца замолчали.

Вековому юбилею и некоторым битвам Первой мировой свои монеты посвятили 13 стран. Таких монет суммарно наберется с три десятка. Мы приведём только часть этого богатства.

Лидером стали принадлежащие Великобритании острова Тристан-да-Кунья (они находятся в южной части Атлантического океана), от имени которых выпущена серия "Чтобы помнили" и несколько "одиночных" монет.

Первая монета серии имеет номинал в одну крону и изготовлена из медно-никелевого сплава, плакированного золотом. На её реверсе в лучах заходящего солнца изображён одинокий солдат у могилы своего товарища на фоне красных маков полей Фландрии.

Остальные монеты, кроме ещё одной, серии из драгоценных металлов и имеют одинаковый рисунок. На аверсе Елизавета II, на реверсе изображены три медали Британии за Первую мировую: "Звезда 1914-1915", "Военная Медаль" и "Медаль победы". Справа расположен Исторический Кенотафий - Военный мемориал, расположенный на Уайтхолле в Лондоне.

Две монеты (золотая и серебряная) имеют номинал по одному фунту. Одна из серебра номиналом 2 фунта и три монеты номиналом 5 фунтов. Одна из них медно-никелевого сплава, плакированного золотом, вторая - серебра и третья - из золота.

Опять же в 2018 году по заказу Правительства Тристан-да-Кунья выпущена памятная монета "Битва у Виллер-Бретонне" которая проходила с 24 по 25 апреля 1918 года во время немецкого весеннего наступления против линии союзников к востоку от Амьена.

Номинальная стоимость монеты - 5 крон. Она изготовлена из медно-никелевого сплава, плакированного золотом. Тираж чеканки - 1918 шт.

На реверсе монеты на фоне разрушенного города изображён одинокий австралийский солдат. Справа крест австралийского мемориала в Виллер-Бретонне, открытый в 1983 году. В верхней части расположена вставка, выполненная из родий-палладия, с надписью - "100 years" и рубиновый кристалл Сваровски.

24 апреля 1918 года у городка Виллер-Бретонне во Франции произошло первое в мире танковое сражение - по три танка с каждой стороны. Немцы стояли, англичане маневрировали. Два британских танка, вооруженных пулеметами, сразу получили снаряды в борта и отступили. Третий - пушечный - продолжил бой. Он потерял гусеницу, но трижды попал в немецкий танк. Экипаж подбитой боевой машины скрылся, две другие отступили. Англичане сочли себя победителями со счётом 3:2.

Завершает все монеты Тристан-да-Кунья огромная из

медно-никелевого сплава с золотым покрытием весом 289 гр. и номиналом 10 крон. На реверсе монеты собраны воедино шесть сюжетов однокроновых монет, посвящённых Первой Мировой войне.

На реверсе двух золотых монет в четверть и пол sovereigna Тристан-да-Кунья изображены маки художницы Маргарет Стивенс. По кругу отчеканены строки из "Оды памяти" стихотворения Лоуренса Биньона "За павших".

На многих монетах стран, посвятивших свои монеты столетию окончания Первой Мировой, помещены изображения красных маков, причем зачастую они выполнены из красной эмали.

История появления маков на монетах следующая. 2 мая 1915 года военно-полевой хирург, подполковник канадской армии Джон Маккрей провожал в последний путь своего друга и сослуживца, лейтенанта Алексиса Хелмера, павшего во Второй битве при Ипре. Будучи в глубокой скорби, Джон сочинил стихотворение под незамысловатым названием "В полях Фландрии" (In Flanders fields), бои на территории которой нанесли значительный ущерб экосистеме и ландшафту. В почве значительно увеличилось содержание извести, и одним из очень немногих растений, способных выжить в такой земле, стал мак-самосейка.

Стихотворение стало известно во всем мире и тронуло сердца миллионов. Оно стало символом Великой войны. В Канаде произведение "В полях Фландрии" стало культовым и ассоциировалось с Днем Памяти.

Вдохновлённая стихотворением "В полях Фландрии", американский профессор Моина Майкл поклялась всё время носить на груди цветок красного мака в знак солидарности с погибшими в Первой Мировой. До настоящего времени ко Дню Памяти красные маки носят в странах Содружества Наций - в Великобритании, Канаде и Южной Африке, перед Днем Ветеранов в Австралии и Новой Зеландии, а также просто неравнодушные люди.

А Королевский монетный двор Канады в 2015 году выпустил для массового обращения три памятных монеты "100 лет стихотворению "В полях Фландрии". Это биметаллическая номиналом 2 канадских доллара (тираж в 5млн. экземпляров). Центр монеты - сплав "нордическое золото", кольцо - сталь с никелевым покрытием.

В центре реверса на поле с захороненными солдатами, погибшими в Первой мировой войне, изображён военно-полевой хирург Джон Маккрей - автор стихотворения "На полях Фландрии". По обе стороны от центрального изображения размещены маки.

На двух 25-центовых монетах изображены также маки. Одна монета покрыта цветной эмалью, цветок мака на ней алый. Вторая - "простая" - на ней мак отчеканенный, рельефный.

Также в массовое обращение поступила канадская биметаллическая монета номиналом 2 канадских доллара, посвященная столетию битвы при Вими. На реверсе изображен мемориал в память о канадских солдатах, открытый в 1936 го-



Одна крона Тристан-да-Кунья



Англия 2 фунта



Канада 2 доллара биметалл 100 лет Битва при Вими

ду в Вими. Слева от Мемориала расположен образ солдата времен Первой мировой войны, а справа - ветеран в современной военной форме с наградами. Аверс по традиции украшает портрет королевы Елизаветы II.

Сражение на хребте Вими состоялось на северо-востоке Франции в Па-де-Кале. Оно продолжалась 3 дня с 9 по 12 апреля 1917 г. и в нем приняли участие канадские и английские войска. В результате сражения канадцы захватили стратегически важный район Вими, что в совокупности с другими победами коалиции определило исход войны. Ав Канаде это сражение считается одним из основных событий, объединивших канадцев и определивших их как нацию.

Наиболее пострадавшая от Первой мировой войны Франция, на территории которой в основном и велись бои, выпустила только две монеты в память столетия её окончания - биметаллическую номиналом в 2 евро и серебряную в 10 евро.



2 Евро Франции - василёк

В центре композиции биметаллической размещён голубой Василёк, который во Франции является символом памяти и солидарности с теми, кто когда-то воевал на фронтах Первой

Мировой войны, а также с теми, кто потерял своих близких в этой войне. Серебряная имеет сложную композицию, в центре которой военный трубач и в нижнем левом углу возвратившийся домой ветеран обнимает своего ребенка. В другом варианте 10-евровой монеты Франции на аверсе - солдат и голуби мира, на реверсе трубач, солдаты, складывающие оружие и голуби над цветком василька.



Серебряные монеты Франции в 10 евро

Памятная монета Румынии имеет номинал 100 лев и отчеканена из золота. На аверсе изображены памятный крест румынским героям Первой мировой войны, установленный на Пике Караймана и герб Румынии. На реверсе показана сцена прибытия короля Фердинанда I и королевы Марии в Бухарест.

Королевский австралийский монетный двор, отмечая 100-летие перемирия 1918 года, выпустил большим тиражом два набора монет, включающие монету номинальной стоимостью 1 доллар, посвященную этому событию, а также стан-



Румыния 100 лей



дартные образцы разменных монет.

Ещё две монеты номиналом посвящены сэру Джону Монашу, портрет которого украшает также банкноту в 100 австралийских их долларов. Номинал первой монеты из серебра 5 долларов, второй из алюминиевой бронзы - 1 доллар.

Сэр Джон Монаш (1865-1931) - инженер гражданского строительства, командующий Австралийским корпусом в годы Первой мировой войны.

Ещё в Австралии выпущена памятная монета из алюминиевой бронзы номиналом 2 доллара под названием "Мы не забудем". На аверсе монеты отображен мозаичный купол зала памяти австралийского военного мемориала в Канберре, выполненный Мервином Нейпир Уоллером в 1958 году. Австралийский военный мемориал посвящен всем военнослужащим и обслуживающему персоналу Сил обороны Австралии, погибшим или участвовавшим во всех войнах, которые вёл Австралийский Союз.

Монетный двор Филадельфии выпустил серебряный доллар в ознаменование столетия участия Америки в Первой мировой войне и уважения к более чем 4 миллионам мужчин и женщин из Соединенных Штатов, которые в этот период служили в армии.

На аверсе монеты изображён вооружённый солдат Первой мировой войны, справа заграждение из колючей проволоки. На реверсе - маки в окружении колючей проволоки.

Монету в США можно приобрести в паре с памятной медалью. Всего изготовлено 5 различных медалей, посвящённых данному событию, следовательно в продаже есть 5 различных наборов. Медали посвящены различным подразделениям Армии США, которые принимали участие в военном конфликте: пехота, флот, авиация, корпус морской пехоты и береговая охрана США.

Италия вступила в Первую Мировую войну 24 мая 1915 года. Её памятные монеты 2015 г. из серебра номиналом 10 евро "100 лет Первой Мировой войне" отчеканены во имя Мира и Спокойствия, а также в память о погибших воинах той войны.

В центральной части аверса символически изображается Италия - скульптура Чезаре Буснелли "Крылатая Победа".

Центральное место реверса отводится скульптуре "Жертвоприношение" Леонардо Бистолфи. Эта скульптура находится в Риме и была возведена в



1 доллар США



Австралия 1 долл. Маки



Австралия 1 долл серебро сэр Джон Монаш





Италия 10 евро серебро 2015 аверс

память о Викторе Эммануиле II. Указанное произведение искусства представляет собой умирающего героя, поддерживаемого освобожденным человеком, которого целует женщина, символизирующая Свободу и Семью.

Словения выпустила три биметаллические монеты номиналом по 3 евро. Эти монеты из всех на рассматриваемую тему имеют наиболее лаконичные рисунки - марки, пехотинцы, кресты, колючая проволока.



Словения, биметаллическая монета 3 евро



3 Евро Словении. Солдаты



3 Евро Словении. Кресты



Соломоновы острова выпустили две коллекционные серебряные монеты номиналом по 10 долларов. Это битва при Хамеле и возвращение солдат домой. На второй с селективным окрашиванием изображены военный моряк и медсестра. На заднем плане виден плакат "Добро пожаловать домой" и группа людей ожидающих своих родных с фронта.

Битва при Хамеле 4 июля 1918 года - классический пример грамотной танковой атаки. При её подготовке союзники особенно тщательно было отработано взаимодействие пехоты и танков. При совместных учениях танки и пехота проходили через настоящие траншеи и проволоку. Солдаты не только ездили на танках или внутри танков, но и сами пробовали их водить. Союзники провели тщательную разведку вражеских позиций. Авиация постоянно летала над фронтом, а по утрам артиллерия и пулемёты открывали внезапный огонь. Так понемногу притуплялась бдительность немцев, которые не знали, будет ли это мощное наступление или очередной рутинный день позиционной войны.

Когда началась реальная атака, гулом самолётов союзники заглушили шум от выдвигающихся танков. Эта хитрость использовалась в дальнейшем



Соломоновы острова \$10 серебро Битва при Хамеле

не раз, например при атаке на Амьен в августе 1918 года или Красной армией в операции "Багратион" 1944 года.

Наступление вели 60 новейших английских танков Mark V. Машины прижимались к огневому валу артиллерии. Каждые три-четыре минуты вал смещался вперёд примерно на сто метров. Танки оказали огромную помощь в борьбе с пулемётчиками. В результате союзники зах-

ватили около полутора тысяч пленных и много трофейного оружия, в том числе и новинку - противотанковые ружья.

Прекрасно было отработано обеспечение боя. Боевые танки несли по два ящика боеприпасов, снаряжённые магазины к пулемётам Льюиса и питьевую воду. Их поддерживали танки снабжения, переоборудованные в транспортёры. Четыре такие машины всего через полчаса после захвата вражеских позиций доставили более 20 тонн грузов: патроны, гранаты, воду, колючую проволоку и колья. Впервые в истории авиация не только вела разведку и поддерживала пехоту огнём с воздуха, но и сбрасывала на парашютах патроны для пулемётчиков.

Упомянутый австралийский генерал Джон Монаш, командовавший операцией, написал позднее: "Всё было решено за 93 минуты".

И в заключение. В Первой мировой войне на стороне Германии выступала Турция. И боевым действиям союзников против этой страны посвящена только одна монета - битва за Беэр-Шеву. Это



Пять крон Тристан-да-Кунья, Лёгкая кавалерия в сражении при Беэр-Шева



1 доллар Австралии - битва при Беэр-шеви



5 крон Тристан-да-Кунья из медно-никелевого сплава, плакированного золотом. Тираж монеты весьма символический - 1917 штук. Монету с аналогичным рисунком выпустила Австралия. На реверсе монеты отчеканены кавалеристы во время атаки на этот палестинский город. Справа и слева вставки - кристалл Сваровски.

Битва за Беэр-Шеву состоялась 31 октября 1917 года в ходе Синайско-Палестинской кампании Первой мировой войны. Переломным моментом сражения стала стремительная атака 4-й австралийской бригады лёгкой кавалерии, развернувшаяся на почти шестикилометровом участке фронта и позволившая захватить последние турецкие рубежи обороны, ворваться в город и предотвратить взрыв колодез с питьевой водой Беэр-Шевы.



Фолклендские острова 1 крона Памяти жертв Первой Мировой войны

МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ САЛОН
ИЗОБРЕТЕНИЙ И ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

АРХИМЕД

с **26** по **29**
МАРТА 2019

Москва, Россия,
Конгрессно-выставочный
центр «Сокольники»,
павильон N 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

Заявки на участие принимаются до 20 февраля 2019 года
105187, г. Москва, ул. Щербаковская, д.53, к.В,
000 «АрхимедЭкспо», e-mail: mail@archimedes.ru
Телефон/факс: +7(495) 366-14-65, +7(495) 366-03-44
www.archimedes.ru



АВСТРАЛИЯ 20



ТАНКИ ОТ И ДО

Олег Никитич Брилёв,

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



(Продолжение. Начало в 6 - 2014, 1-6 - 2015, 1-6 - 2016, 1-6 - 2017, 1-3 - 2018)

За рубежом тяжелые танки первого поколения были представлены образцами "Конкэрор" (Англия) и M103 (США). По существу, они были "увеличенными" копиями танков "Центурион" и M48 и не содержали каких-либо оригинальных решений. По сравнению с советскими образцами они были более громоздкими и тяжелыми, сложными по конструкции и дорогими в производстве, отличались крайне низкой подвижностью. Выпуск их был весьма незначителен.

В целом послевоенное развитие тяжелых танков выявило серьезные ограничения дальнейшего наращивания боевой эффективности на их базе, в то время как средние танки быстро совершенствовались и в пределах умеренного веса приближались к тяжелым. В связи с этим во втором поколении тяжелые танки уже не создавались.

Послевоенные программы создания новых танков основывались, естественно, на боевом опыте, полученном в ходе Второй мировой войны. Ряд проектов начинал реализовываться ещё в годы войны, но в силу разных причин эти работы шли медленно, и конкретные образцы появились лишь в самом её конце. Именно так произошло с проектом A43 "Black Prince".

История этого проекта берёт начало ещё с 1943 г., когда стало очевидным, что пехотный танк "Churchill" с пушками калибра 45 и 57 мм не в состоянии бороться с существующими немецкими танками. Помимо более мощной пушки (были созданы модификации "Черчилля" с орудиями калибром 95 мм) требовалось усилить и бронезащиту, а это выливалось в создание новой модели танка.

За разработку нового проекта взялась компания Vauxhall. Танк получил обозначение A43 и имя "Super Churchill", которое затем изменили на "Black Prince" - в честь английского исторического деятеля Эдуарда Вудстока по прозвищу "Черный принц".

"Черный принц"



Для установки Ordnance QF 17-pounder увеличенной мощности конструкторам A43 пришлось разработать новую более крупную башню с погоном увеличенного диаметра. Это потребовало увеличения ширины корпуса. В результате "поплыли" и остальные размеры корпуса. Уровень защиты решался путем использования бронирования большей толщины. Корпус сохранил клиновидный профиль лобовой части с наклонной верхней деталью, сопряженной с вертикальным листом. Нижний лист лба при этом имел толщину 140 мм, средний - 57 мм, верхний - 152 мм. Корпус танка имел бортовые ниши, находящиеся внутри гусеничной ленты. Боковые детали подобных агрегатов имели толщину до 95 мм. Сверху и сзади корпус прикрывался 19-мм крышей и кормовыми листами толщиной до 51 мм.

Башня "Черного принца" должна была представлять собой доработанный агрегат серийного "Черчилля". От существующего изделия купол новой башни отличался более мощной защитой и увеличенными размерами. Кроме того, были доработаны некоторые обводы конструкции. Максимальная толщина брони башни достигала 152 мм в лобовой части, минимальная - 20 мм крыши. Башня имела лобовой агрегат с наклонной передней частью и амбразуры, в которой находилась качающаяся маска внутреннего расположения. Борта формировались двумя листами, размещенными под углом друг к другу.

Предусматривалось использование небольшой кормовой ниши.

Являясь глубокой модернизацией серийного пехотного танка, новый A43 должен был строиться по той же компоновке. В передней части корпуса находилось отделение управления, позади него - башня и боевое отделение. Кормовой отсеком полностью выделялся под двигатель, агрегаты трансмиссии, топливную систему и т.д.

По неким не вполне понятным причинам, вероятно, из-за желания получить

максимальную степень унификации, новый тяжелый танк должен был получить точно такое же оснащение моторно-трансмиссионного отделения, как и серийный Churchill. В корме корпуса предлагалось оставить двухрядный 12-цилиндровый бензиновый двигатель фирмы Bedford мощностью 350 л.с. Идея установки двигателя мощностью 600 л.с. поддержки не получила. На бортовых нишах корпуса снизу крепились по 10 опорных катков малого диаметра с индивидуальной пружинной подвеской. Ещё два приподнятых над грунтом катка стояли впереди и позади основных катков. В передней части корпуса помещались направляющие колеса, в корме - ведущие. Вместо традиционных поддерживающих роликов использовались специальные направляющие на соответствующей поверхности корпуса. Для снижения удельного давления установили более широкие гусеницы. Мощная танковая пушка Ordnance QF 17-pounder имело ствол калибра 76,2 мм длиной 55 калибров с дульным тормозом и развитые противооткатные устройства.

При помощи сравнительно длинного ствола орудие QF 17-pounder могло разгонять осколочно-фугасный снаряд до скорости 880 м/с, бронебойный - до 1200 м/с. В зависимости от типа используемого бронебойного снаряда, пушка на дистанции 900 м могла пробить от 130 до 190 мм гомогенной брони. В некоторых случаях пушка сохраняла возможность поражения вражеского танка на дистанциях до 2...3 км.

"Черный принц"



В боевом отделении сравнительно большого объема удалось разместить укладки и стеллажи для 89 унитарных снарядов.

В качестве вспомогательного вооружения экипаж нового танка должен был использовать два пулемета BESA винтовочного калибра. Один из них монтировался на оружейной установке и выполнял функции спаренного. Второй размещался в курсовой установке лобового листа, слева от продольной оси машины. Общий боекомплект двух пулеметов состоял из нескольких тысяч патронов.

Являясь улучшенным вариантом существующей машины, новый танк A43 сохранил схожий состав экипажа. Управлять "Черным принцем" должны были пятеро танкистов. В переднем отделении управления корпуса помещались механик-водитель (справа) и стрелок (слева). Последний также выполнял функции помощника водителя и радиста. Командир и наводчик размещались внутри башни, у левого ее борта. Справа от них находился заряжающий. Экипаж располагал люками в крыше корпуса и башни, а на случай срочной эвакуации танк имел вспомогательные люки в бортах боевого отделения. Установка нового более мощного орудия с сопутствующими доработками башни и шасси привели к тому, что новый танк был заметно крупнее и тяжелее "Черчилля". Масса достигла 50 т, что было примерно на 10 т больше, что привело к заметному падению удельной мощности и снижению подвижности. Максимальная скорость танка на шоссе составляла 18 км/ч, на пересеченной местности - 11 км/ч.

"Черный принц"



Компания Vauxhall, начав работу над проектом А43 "Black Prince" в 1943 г., смогла построить опытный образец только в начале 45-го. На полигоне танк продемонстрировал рост огневой мощи и более высокий уровень защищенности, но из-за низких ходовых характеристик танк на поле боя становился хорошей мишенью. И хотя для проведения испытаний и последующей проверки на фронте было построено шесть опытных танков А43 "Черный принц" (военные рассматривали возможность подписания контракта на поставку 300 танков), завершение войны привело к отказу от серийного производства этого танка.

Модернизировать "Черного принца" тоже не стали.

Помимо проекта А43 "Черный Принц" в Британии существовал ещё один проект танка сопровождения пехоты А45 компании English Electric. Предполагалось, что это будет танк массой в 56 тонн, максимальная скорость которого будет порядка 30 км/ч. Строительство первого прототипа ожидалось в 1946 г., но после отказа от концепции "пехотных" и "крейсерских" танков и перехода на программу создания "универсального танка", этот проект был закрыт. В предыдущем номере рассказывалось о создании "универсального танка" по программам FV 201, FV 214 и FV 221. В связи с тем, что создание танка по проекту FV 214 в отличие от других закрыто не было, и работы по его доводке всё же продолжались, в 1955 году первый танк с именем "Conqueror" всё же покинул заводской цех.

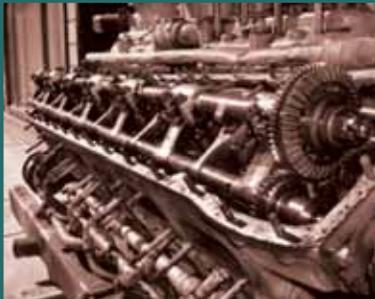
FV 214



Корпус имел лобовую броню 130 мм под углом 60°, в связи с чем приведённая броня в лобовой проекции достигала 260 мм. Броня бортов и кормы составляла 51 мм. Дополнительно по бортам устанавливались 6-мм противокумулятивные экраны.

Башня литая, обтекаемой формы, с удлиненной и слегка приподнятой кормовой частью. Лоб башни имел броню 176 миллиметров, а маска орудия - 200 мм. Борт башни имел броню 89 мм, а корма - 51 мм. Силовая установка - 12-цилиндровый V-образный бензиновый двигатель Rolls-Royce "Метеор" Mk 120 жидкостного охлаждения, оборудованный нагнетателем и системой непосредственного впрыска топлива во впускной коллектор. Мощности двигателя хватало для обеспечения 34 км/ч по шоссе, а 1005 литров бензина хватало на 150 км.

Механическая коробка передач и дифференциальный механизм поворота находились в одном агрегате. Коробка передач имела пять передач для движения вперёд и две передачи заднего хода. Бортовая передача комбинированная, состоит из цилиндрической пары шестерён и планетарного ряда. Ходовая часть имеет балансирную подвеску, состоящую из четырёх



FV 214 "Conqueror"

FV 214 "Conqueror" на огневых испытаниях



тележек на сторону; в каждой тележке заблокировано по два опорных катка. В качестве упругого элемента подвески использованы тройные горизонтально расположенные витые пружины. На каждой стороне установлено 4 поддерживающих катка. Ведущие колёса сзади.

Основным вооружением является 120-мм орудие L1, стабилизированное в вертикальной плоскости, однако стрельба ведётся с остановки. Пушка снабжена электрическим и механическим (ножным) спусковыми механизмами, клиновым полуавтоматическим затвором, гидропневматическими противооткатными устройствами, эжекционным устройством и специальным механизмом с электрическим приводом для автоматического выбрасывания стреляных гильз через люк, расположенный в правой стенке башни. В качестве вспомогательного вооружения на танке установлены спаренный с орудием 7,62-мм пулемёт и зенитный пулемёт такого же калибра с дистанционным управлением, смонтированный на командирской башенке слева от люка командира, огонь из которого вёл командир танка. Боекомплект составляет 35 выстрелов и 7500 патронов. По бортам башни установлено по одному шестиствольному гранатомёту.

Экипаж танка состоит из четырёх человек: командира, механика-водителя, наводчика и заряжающего. Механик-водитель располагается в носовой части корпуса справа. Командир, наводчик и заряжающий располагались в башне. На крыше башни со стороны кормы расположена командирская башенка, электрический привод которой обеспечивает ей свободное или согласованное вращение. В этой башенке размещались системы управления огнём, также имевшиеся у наводчика.

За время серийного производства с 1955 по 1959 год было выпущено 185 "Конкэроров" и на базе этого танка было изготовлено 28 БРЭМ в двух модификациях. Основная модификация (FV 222 ARV Mk II) имела массу 57 т, а тяговое усилие её лебёдки достигало 45 тс.

БРЭМ FV 222 "Conqueror" ARV Mk II



На базе "Конкэрора" существовал проект самой тяжёлой самоходной артиллерийской установки с орудием калибра 183-мм - FV 215b. Но до металла дело не дошло - прототип так и не был построен.

FV 215b в представлении художника



После разработки новой 105-мм танковой пушки Royal Ordnance L7 и оснащения ей более мощных модификаций танка "Центурион" (см. "Двигатель" № 3 - 2018 г.) в 1966 году "Конкэроры" были сняты с вооружения.

Понимание того, что бороться существующими в Великобритании на начало 50-х годов противотанковыми средствами с принятыми на вооружение и размещенными в Восточной Европе советскими танками не представляется возможным, привело военных Великобритании к идее создания нового противотанкового САУ.

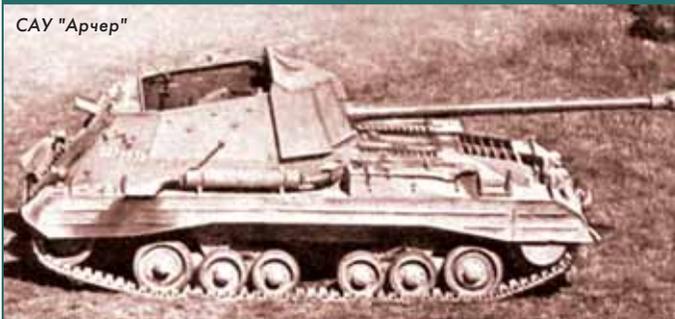
Напомним, что в годы Второй мировой войны у англичан уже была противотанковая САУ. Толчком к её созданию стала разработка в 1943 г. новой мощной 17-фунтовой пушки Ordnance QF 17-pounder калибра 76,2 мм. Особенно интересной эта пушка стала после появления в августе 1944 г. в составе её боекомплекта подкалиберного снаряда массой ~3,6 кг при массе вольфрамового сердечника ~2,5 кг. Скорость снаряда на срезе ствола достигала 1200 м/с, этого было достаточно для того, чтобы на дистанции 500 м пробивать 190-мм броневую плиту, расположенную под прямым углом.

Неудивительно, что этой пушкой вооружили крейсерские танки "Челленджер" проекта А30. Он был создан на удлинённом шасси танка "Кромвель" и предназначался для огневой поддержки и борьбы с бронетехникой на больших дистанциях. Особенностью этой машины было то, что в экипаже было два заряжающих, что позволяло повысить скорострельность и благодаря этому успеть поразить вражеский танк при промахе при первом выстреле. За годы серийного производства с 1943 по 1944 год было выпущено 200 машин этого типа. В 1943 г. английской фирме "Лейланд" был выдан заказ на создание на базе "Челленджера" САУ под наименованием "Эвенджер". Эта САУ имела более низкий профиль, чем у "Челленджера". К 1946 г., когда был прекращен выпуск этой САУ, их было изготовлено 250 единиц.



"Эвенджер" и "Челленджер"

В те же годы была разработана ещё одна САУ - "Арчер". Конструкторы компании "Виккерс" установили 17-фунтовое орудие QF 17-pounder на шасси танка "Валентайн", но ствол они развернули в сторону кормы.



САУ "Арчер"



САУ "Арчер"

Открытая сверху броневая рубка с наклонной установкой лобовых листов выстраивалась вокруг обитаемого объема машины, а длинноствольная пушка направлялась назад. В результате получился очень удачный компактный истребитель танков с низким силуэтом. На этой САУ был установлен 6-цилиндровый дизельный двигатель "ГМС" мощностью 210 л.с. Первые САУ были выпущены в марте 1943 г. и их производство продолжалось до 1945 г.

За это время было изготовлено 655 САУ "Арчер" из 800 заказных. И всё же: за все послевоенные годы британские военные так и не получили полноценную боевую машину для борьбы с новым (или хорошо забытым старым) противником, т.е. Советским Союзом. Наличие на тот момент у Советской армии танков типа ИС-3, а в перспективе и более серьезных машин, не давало им покоя. Выход из этой проблемы виделся в увеличении калибра пушки. В соответствии с этим британские конструкторы начали ещё два проекта самоходных артиллерийских установок с разным вооружением: FV4004 Conway и FV4005 Stage II. С небольшим опережением приступили к реализации проекта FV4004 Conway. Предполагалось, что эта противотанковая самоходка получит 120-мм нарезное орудие L1.



FV4004 "Conway"

Для ускорения работ бронированный корпус, двигатель с трансмиссией и ходовую часть взяли от среднего танка Centurion.

Новая башня "Конвея" была почти вдвое выше башни базового танка. Большие габариты новой башни были обусловлены размерами и откатом нового орудия. Казенник пушки калибра 120 миллиметров занял немалый объем внутри боевого отделения, что в сочетании с размерами укладок боеприпасов и рабочих мест экипажа повлияло на размеры и компоновку башни. В боевом отделении размещались командир, наводчик и заряжающий. Весь боезапас хранился в кормовой нише башни. Естественно, что после переоборудования в самоходку бронемашина заметно потяжелела, и её масса достигла 55 т, а скорость, соответственно, упала. 120-мм пушка "Конвея" была способна пробить на дальности 1000 м 180 миллиметров брони. Но дальше прототипа работа не пошла, и в январе 1951 г. началась разработка ещё более мощного истребителя танков. В соответствии с требованиями заказчика, новая машина должна была пробивать на расстоянии в 2000 м броню толщиной 150 мм под углом наклона в 60 градусов (лобовой броневой лист танка ИС-3).

Для выполнения этого требования было предложено выбрать пушку калибром 183 мм (7,2 дюйма). Как раз в этот период началась работа над пушкой QF L4 - самой мощной в мире на тот момент танковой пушкой. Масса пушки была порядка четырех тонн, а сила отдачи достигала почти 87 тс. Для этой пушки был разработан фугасно-броневой снаряд со сплюсывающейся головкой HESH (High Explosive Squash Head). Заряжание могло быть только раздельным, но и при этом масса снаряда составляла 72 кг, а заряда - 32,8 кг.

- Было предложено четыре варианта компоновки САУ с данной пушкой:
1. Полностью забронированная боевая машина (фактически танк) с вращающейся на 360 градусов башней;
 2. Самоходная установка с мощным бронированием лобовой части, но с ограниченными по горизонтали углами наводки;
 3. Самоходная установка с круговым обстрелом, но с минимальным бронированием;
 4. Самоходная установка без бронирования.

Контракт по разработке первого варианта изначально достался компании Morris, позже он перешёл к Vickers-Armstrongs. В качестве базы использовалось шасси тяжёлого танка FV200 с усиленной ходовой частью от тяжёлого танка FV214 Conqueror. Проект имел несколько наименований, основным из которых была FV215.

В этом проекте сошлись первый и второй варианты новой машины, т.е. башня имела возможность кругового вращения, но для стрельбы угол горизонтальной наводки ограничили ±45 градусами. Чтобы огромный ствол не выступал далеко вперед, башню разместили в кормовой части корпуса. Боезапас составлял всего лишь 20 выстрелов. По проекту скорострельность должна была составить 6 выстрелов в минуту, но без автомата заряжания достичь такой скорострельности было невозможно. Помимо пушки, вооружение составляли два пулемёта: первый из них был спарен с орудием, а второй выполнял функцию зенитного вооружения.

65-тонную машину предполагалось разогнать до 31,7 км/ч, для чего в FV215 планировалось установить 810-сильный двигатель Meteor Mk.12. Что касается бронирования, то оно в ходе проектирования постоянно менялось. Толщина верхнего лобового листа корпуса варьировалась от 125 до 152 мм, борта имели толщину 50 мм (плюс бортовые экраны). Что касается башни, то конкретика в её бронировании была лишь в отношении лобовой детали, толщина которой составила 254 мм, то есть 10 дюймов.

Судьба FV215 Heavy Anti-Tank SP No.2 оказалась несчастливой. Morris должна была изготовить сначала полноразмерный макет, а затем два прототипа - один для ходовых испытаний, а второй для обстрела. Но в июне



Макет FV215

1954 года контракт перешёл к компании Vickers-Armstrongs, которая приступила к разработке самоходной установки. К январю 1957 года был изготовлен полноразмерный деревянный макет и 80 % чертёжной документации. Но в этот момент разработку FV215 остановили - более перспективным посчитали разработку противотанковых управляемых ракет. Следующим вариантом САУ, за реализацию которого взялась компания Vickers-Armstrongs, оказался четвертый вариант, т.е. небронированный. Связано это с тем, что для достижения скорострельности 6 выстрелов в минуту без автомата заряжания было не обойтись. Работы над этим вариантом САУ были поручены компании Vickers-Armstrongs, которая не стала изобретать велосипед и разработала систему механизированной подачи боеприпасов, аналогичную той, что применили на 104-мм зенитной пушке QF 127/58 SBT X1, более известной как Green Mace.



104-мм зенитная пушка QF 127/58 SBT

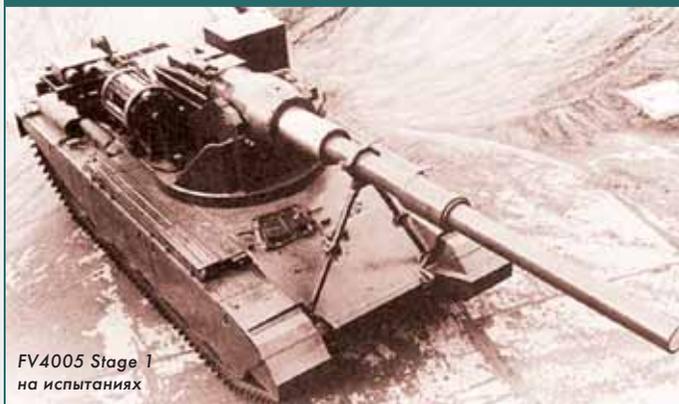
Проект создания САУ со 183-мм орудием и механизмом подачи боеприпасов известен как FV4005 Stage I.

В качестве базы было использовано шасси танка Centurion Mk.3, которое соответствующим образом переделали. В кормовой части оборудовали массивный сошник, опускаемый при стрельбе, а на лобовом листе появились крепления для установки орудия по-походному.

После проведения испытаний, связанных, прежде всего, с исследованием стабильности машины при стрельбе, от такого воплощения идеи противотанковой САУ отказались. Было решено, что САУ подобных размеров, полностью лишённая брони - это чересчур, и даже механизм заряжания не стоит такого высокого риска для членов расчёта. Кроме того, на деле круговой обстрел оказался условным, так как мощная отдача не позволяла производить выстрел при больших углах горизонтальной наводки орудия по причине возможного опрокидывания САУ на бок.



Сборка FV4005 Stage 1



FV4005 Stage 1 на испытаниях

В июле 1955 года появилась спецификация на более простой вариант 183-мм САУ, известный как FV4005 Stage II. От громоздкой системы подачи снарядов отказались, посчитав, что двух заряжающих вполне хватит. С учётом того, что даже в этом варианте больше 12 выстрелов на борту не помещалось, это решение выглядело вполне разумным. Взамен машина получила массивную башню. Общая высота 50-тонной САУ достигла 3,6 метра, что сделало её самой высокой боевой машиной, построенной в Англии.



FV4005 Stage II на испытаниях в 1956 г.

Толщина башенной брони составляла всего 14 мм, так что даже против крупнокалиберного пулемёта она защищала не наверняка. С другой стороны, это было гораздо лучше, чем вообще ничего. Кроме того, Stage II получила спаренный с пушкой пулемёт, что было серьёзным подспорьем для борьбы с пехотой. Для загрузки боекомплекта в корме башни была предусмотрена большая дверь. Создатели FV4005 Stage II предусмотрели систему быстрой подачи запасных снарядов с грузовиков, что в определённой степени компенсировало небольшой боекомплект. Новая орудийная башня также базировалась на шасси Centurion Mk.3, на который установили опускаемый сошник и крепление орудия по-походному.

В марте 1956 года САУ FV4005 Stage II прошла огневые испытания, связанные с определением стабильности машины при стрельбе. В ходе первого этапа испытаний было произведено 32 выстрела на разных углах возвышения орудия. При стрельбе на угле возвышения 0 градусов раскочка носовой части машины достигала 22 см, а кормовой 12 см. Максимальные колебания достигались при возвышении 3 градуса и составили 27 см носовой части и 19 см кормы. Всего же в ходе испытаний было произведено 133 выстрела. Стрельба проводилась без экипажа, его роль исполняли манекены. Испытания показали, что стрельба не наносит манекенам увечий.



FV4005 Stage II

По итогам испытаний был составлен список переделок, но до них в итоге дело не дошло. В августе 1957 года программу FV4005 закрыли. В различных изданиях фигурируют разные теории, почему британцы отказались от сверхмощного истребителя танков. На самом деле причина была той же, что и в случае с FV215 Heavy Anti-Tank SP No.2. Уже в 1958 году на вооружение английской армии поступили противотанковые ракеты Malkara,

установленные на лёгких бронемашинах Humber Hornet. Система получилась на порядок компактнее и мобильнее, и на её фоне 183-мм самоходная пушка выглядела анахронизмом из прошлого.

На этом закончилась эпоха тяжелых танков, разрабатываемых английскими конструкторами.



Бронемашина Humber Hornet с двумя ПТУР Malkara

В следующем номере рассказ начнётся с тяжелых танков, разрабатываемых в послевоенный период в США.

(Продолжение следует.)

Sodick

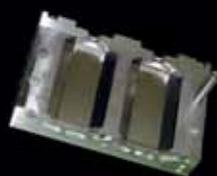


45000 линейных электроискровых станков в эксплуатации

(свыше **700** в России, Украине и др. государствах
бывшего СССР; на 06.2017 г.)

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

Испытанные пятнадцатью годами эксплуатации плоскопараллельные ЛД, разработанные для ЭИ станков, и ЭИ станки, сконструированные специально под плоскопараллельные ЛД. Собственная разработка, опытно-конструкторские работы, а также производство ЛД, Nd-Fe-B магнитов и систем управления для ЛД.
Собственные системы компьютерных ЧПУ, ПО и CAD/CAM.

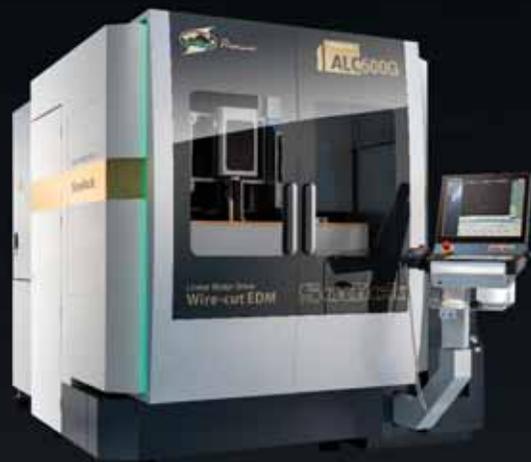


Точность позиционирования:
гарантия **10** лет
Впервые в отрасли!

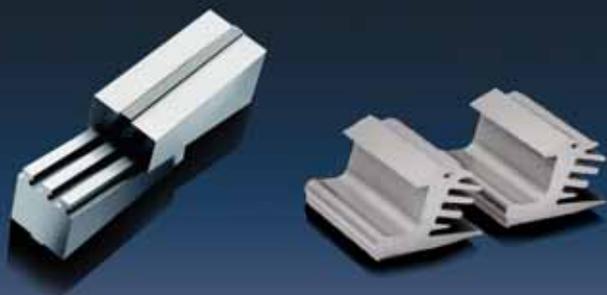
60 лет опыта производства ЭИ станков!

Smart Pulse & Smart Linear

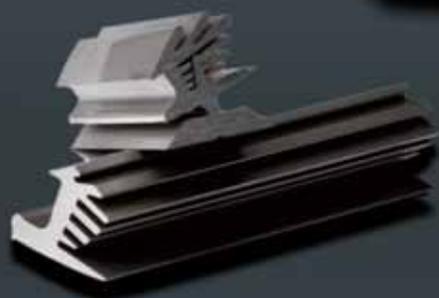
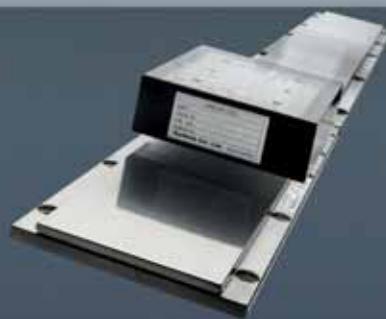
**ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫЕ
ПРОВОЛОЧНО-ВЫРЕЗНЫЕ СТАНКИ**



**УЛУЧШЕННАЯ
ШЕРОХОВАТОСТЬ**



**ALC400G
ALC600G**



**ЭИ станки с жесткими
плоско-параллельными
линейными приводами.**

**45 000 ЭИ линейных
станков – с 1998 года.**

Sodick



7 ARGUMENTE
FÜR EINE HERSTELLE

«Черный пояс» – за выдающуюся культуру производства.

Обработывающие центры, которые доказывают добросовестность производства.

На фирме Hermle клиенты получают быструю и компетентную поддержку, ценят персонал предприятия, проявляют преданность и доверие по отношению к поставщикам, заботятся об окружающей среде. Такой подход оправдывает себя – не в последнюю очередь, в постоянно высоких показателях. За здоровый рост совместно со всеми, кто в нем участвует.

Больше о добросовестности и культуре нашего предприятия:
hermle6.de

Машиненфабрик Бертольд Хермле АГ, Госхайм телефон: +49 7426/95-0 info@hermle.de

127018, Москва,
ул. Полковная, д. 1, стр. 4.
Тел.: +7 495 627 36 34.
Факс: +7 495 627 36 35.
www.hermle-vostok.ru

