



2007 2005 2004



Научно-техническое издание по освещению проблем в промышленности

2016



Памятная медаль к 100-летию Г.М. Бериева

2010



Медаль АМКОС "Преодоление"



Редакционный совет

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

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор

Александр Иванович Бажанов, академик Международной инженерной академии

Заместитель главного редактора

Дмитрий Александрович Боев

Ответственный секретарь

Александр Николаевич Медведь, к.т.н.

Финансовый директор

Наталья Валерьевна Шевченко

Редакторы:

Александр Григорьевич Лиознов

Андрей Иванович Касьян, к.т.н.

Аделия Юрьевна Бурова

Юрий Романович Сергей, к.т.н.

Литературный редактор

Эрнст Галсанович Намсараев

Художественные редакторы:

Александр Николаевич Медведь

Владимир Николаевич Романов

Техническая поддержка

Ольга Владимировна Шаронова, к.пед.н.

В номере использованы

фотографии, эскизы и рисунки:

А.И. Бажанова, Д.А. Боева, А.В. Ефимова,

А.Н. Медведя, И.М. Ивановой, В.Н. Романова и др.

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111250, Россия, Москва,

ул. Красноказарменная, 14.

Тел./факс: +7(495) 362-7891

dvigatell@yandex.ru

boeff@yandex.ru

aib50@yandex.ru

www.dvigately.ru

Электронная версия журнала (2006-2020 гг.) размещается также на сайте Научной электронной библиотеки www.elibrary.ru и включена в индекс РИНЦ

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ООО "Редакция журнала "Двигатели"©

генеральный директор Д.А. Боев

зам. ген. директора А.И. Бажанов

Ответственность за достоверность информации и наличие в материалах фактов, не подлежащих разглашению в открытой печати, лежит на авторах публикаций.

Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов.

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

Журнал "Двигатель", рекомендован экспертными советами ВАК по техническим наукам, механике, машиностроению и машиноведению, энергетическому, металлургическому, транспортному, химическому, горному и строительному машиностроению, авиационной и ракетно-космической технике в числе журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Индекс 1493 в общероссийском Перечне 2020 г.

Научно-технический журнал "Двигатель"©

зарегистрирован в ГК РФ по печати.

Per. № 018414 от 11.01.1999 г.

23-й (114-й) год издания.

Отпечатано

ООО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.

Тираж 2 000 экз.

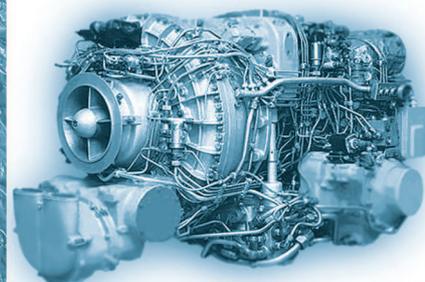
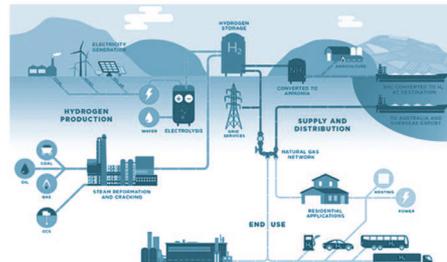
Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная.



СОДЕРЖАНИЕ

- 2 Энергопотребление человеческой цивилизации**
А.Ю. Кочетов
- 7 Можно ли создать часы с "вечным двигателем"?**
Т.А. Фокина
- 10 Управленческий анализ открытой финансовой отчетности ПАО "ОДК--САТУРН"**
И.И. Ицкович, О.В. Камакина
- 12 Бесконечные числа. Теория делимости и теорема Евклида**
А.И. Касьян
- 13 Оправдавший доверие**
Д.А. Боев
- 16 60 лет в танковом двигателестроении**
Н.И. Троицкий М.Н. Лавров
- 19 Памяти Н.И. Троицкого**
- 20 Продукция Первого международного электролампового картеля в коллекции Политехнического музея**
И.И. Меркулова
- 22 Кадры продолжают решать всё**
По материалам АО НПП "Аэросила"
- 24 Турбулентность. Влияние равновесных показателей адиабаты продуктов сгорания на профилирование сверхзвукового сопла**
Ю.М. Кочетков, Н.Ю. Кочетков
- 27 Стационарные двигатели внутреннего сгорания серии "Л" на суше и на воде**
О.И. Тархова
- 29 Новый боевой вертолет стал частью Военного учебного центра НИУ "МЭИ"**
- 30 Турбулентность. Особенности термогазодинамики РДТТ с двухсоставными зарядами**
Ю.М. Кочетков, Н.Ю. Кочетков
- 33 Электродвигатель из 3D-принтера**
- 34 Механика сплошных сред. Реология и релаксация**
А.И. Бажанов, Н.Ю. Кочетков, А.А. Сперанский
- 37 Новые рекорды БПЛА**
- 38 Танки - от и до**
О.Н. Брилёв
- 47 Юбилейный поэтический сборник В.М. Толоконникова**
- 48 Сила Союза. Разработка и изготовление ВРД на московском предприятии АМНТК "Союз"**
А.Л. Берне, В.Г. Нестеренко
- 53 Обращение к читателям и коллегам по журналу**
Д.А. Боев
- 54 Механика сплошных сред. Решение уравнения ламинарного течения**
А.И. Бажанов, Н.Ю. Кочетков, А.А. Сперанский
- 56 Полностью электрический рекордный самолёт "Spirit of innovation" компании RollsRoyce**
- 57 Использование энергетики летающих тарелок при энергетическом кризисе**
- 59 Путешествие пятое, или Вероятностные драконы**
С. Лем
- 60 Планарные линейные и штоковые двигатели**
Sodick



ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ

Алексей Юрьевич Кочетов,
Александр Григорьевич Лиознов

Качество жизни как отдельного человека, так и общества в целом, зависит от объёма доступных благ.

Фундаментальным показателем этого является величина свободной энергии, которую можно затратить на прямые и второстепенные потребности общества (развлечения, досуг и т.п.).

Важно учесть, что энергопотребление должно всегда располагать необходимым резерв мощности, который в случае форс-мажора может быть использован и для быстрого восстановления прежнего образа жизни, и для последующего развития.

Так как энергетика является самой важной составляющей

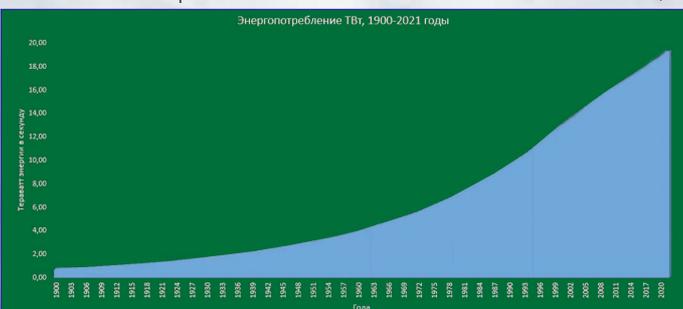


Рис. 1. Диаграмма энергопотребления человеческой цивилизации по годам. В 2019 году человечество потребило 586 Эдж энергии. Такое количество энергии получает наша планета от Солнца меньше чем за час

развития человеческой цивилизации, любые незадачи в этой сфере будут приводить к глобальным сбоям.

Как пример - начавшийся в ноябре 2021 года энергетический кризис в Европе и Китае.

Одной из серьёзных проблем, которую хочет решить человечество, является "озеленение" энергетического сектора мировой экономики. При этом преследуется глобальная цель - минимизация воздействия техногенного фактора человеческой цивилизации на экосистему планеты.

Сегодня углеводородное топливо обеспечивает до 80% потребляемой первичной энергии во всём мире. При этом 10% приходится на электроэнергию. В свою очередь, доля возобновляемых источников в производстве электричества составляет 28%.

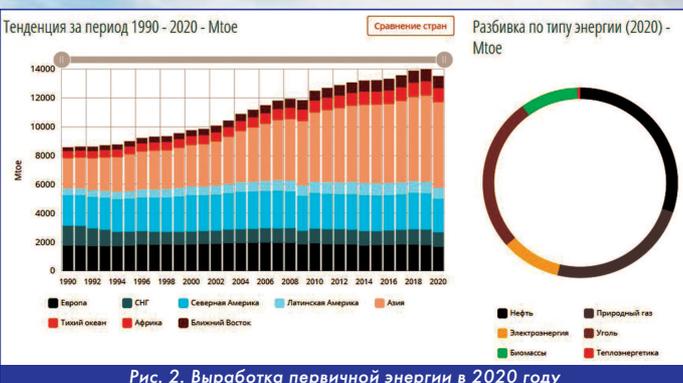


Рис. 2. Выработка первичной энергии в 2020 году

Доля ветряных и солнечных станций в глобальном производстве электричества составляет 9,5%, из которых на ветроэнергетику приходится 6%, на солнечную энергетику - 3,5%.

Таким образом, доля возобновляемых источников энергии в общем мировом энергобалансе составляет 11,8%, из которых

9% - это биомасса, а оставшиеся 2,8% приходится на ГЭС, ВЭС, Солнечные, Геотермальные, Приливные электростанции.

Сегодня "озеленить" предполагается в первую очередь производство электроэнергии, так как именно она является одним из главных факторов развития человеческой цивилизации.

Стабильность и доступ к электроэнергии играют решающую роль в повышении качества жизни человека и общества, вне зависимости от государственного строя или идеологии самого человека.

Если оставить за рамками политические позиции разных стран по плану внедрения новаций и замещения углеводородных и атомных источников энергии на ветровую и солнечную, то можно дать оценку рентабельности существующего курса энергетического перехода на углеродно-нейтральные источники энергии и дальнейшему её развитию.

Одним из важнейших параметров источника энергии является его плотность на единицу объёма и скорость распространения энергии. Совокупность этих параметров даёт конечную мощность источника энергии, а процент энергии, которую мы можем преобразовать для своих нужд, будет являться полезной мощностью.

Например, солнечное излучение обеспечивает непрерывный поток энергии в районе орбиты Земли в среднем 1367 кВт на 1 м². 70% этой энергии поглощается атмосферой и поверхностью Земли, а 30% отражается обратно в космическое пространство.

Из этой поглощённой энергии 32,85% приходится на атмосферу Земли и 67,15% - на поверхность планеты. Эта энергия формирует климат и экосистему планеты.

Стоит отметить, что солнечная энергия распределена на поверхности Земли неравномерно. Например, годовая средняя дневная сумма солнечной энергии в Асуане (Египет) равна 6,34 кВт*ч на 1 м², в то время как в Москве, Берлине и Лондоне данный показатель будет составлять лишь 2,73 кВт*ч на 1 м².

На примере Москвы видим, что количество солнечной энергии сильно колеблется в течение года: от 0,33 кВт*ч на 1 м²/день в декабре и до 5,56 кВт*ч на 1 м²/день в июне. То есть наблюдается перепад в 16,85 раз!

В то же время энергия воздушных масс распределена куда

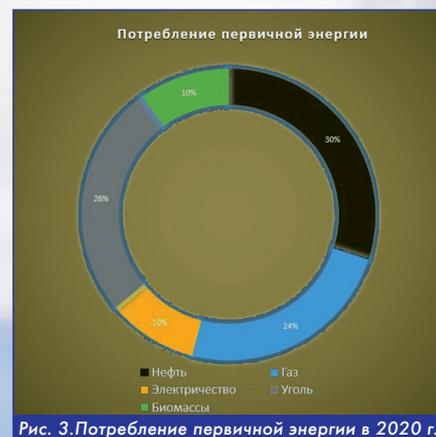


Рис. 3. Потребление первичной энергии в 2020 г.



Рис. 5. Дневная сумма солнечной радиации по месяцам в кВт*ч/м² в Москве

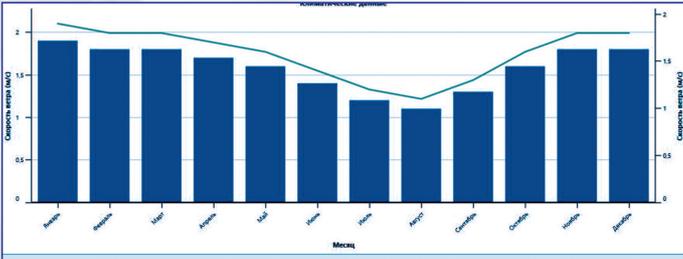


Рис. 6. Средний показатель скорости ветра по месяцам в Москве (в м/с).

равномернее, имея максимальный перепад всего 1,73 раза: от 1,1 м/с в августе до 1,9 м/с в январе.

Очевидно, что на поверхности Земли энергия воздушных масс распределена лучше и более равномерно, чем энергия Солнца.

Интересно, что эти два показателя не имеют принципиальных различий в географическом плане. То есть и в других местах планеты наблюдается та же зависимость в течение года.

Если взять город Асуан (Египет), то показатели будут следующие: перепад в солнечной энергии - 1,86 раз, в энергии ветра - 1,18 раза.

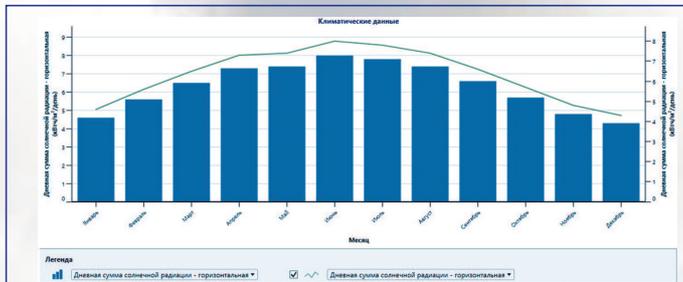


Рис. 7. Дневная сумма солнечной радиации по месяцам в кВт*ч/м² в Асуане

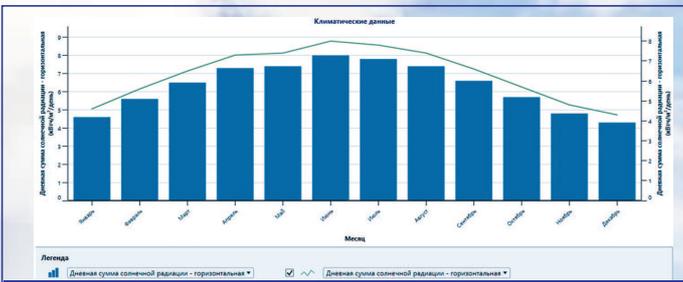


Рис. 8. Средний показатель скорости ветра в м/с по месяцам в Асуане

Именно это обстоятельство объясняет, почему по установленной мощности сегодня больше именно ветроэлектрических станций, нежели солнечных.

На заброшенной полярной станции "Мыс Меншикова" на Новой Земле следующие условия (см. рис. 9, 10).

Средняя годовая дневная норма солнечной энергии составляет 2,2549 кВт*ч на 1м², что всего на 20,4% меньше, чем в Москве, при этом среднегодовая скорость ветра - 6,517 м/с, что на 412% больше, чем в Москве. Но надо учесть, что три зимних месяца в году солнца на этой широте вообще не видно.

Солнечные электростанции и ветроэлектрические установки, размещённые на площадях в несколько квадратных километров,

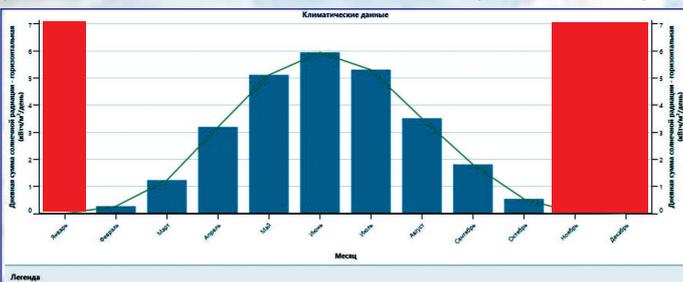


Рис. 9. Дневная сумма солнечной радиации по месяцам в кВт*ч/м². Полярная станция "Мыс Меншикова" (Новая Земля)

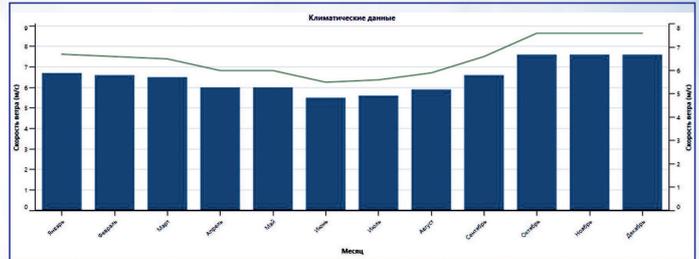


Рис. 10. Средний показатель скорости ветра в м/с по месяцам. Полярная станция "Мыс Меншикова" (Новая Земля)

могут выдавать мощность, которая достаточна для обеспечения потребностей как бытовых потребителей энергии, так и промышленных предприятий.

Так, например, полезная мощность нового ветропарка "Росатома" (Кочубеевская ВЭС) составляет 318,3 Вт/м², что в суточном выражении даёт до 7,6 кВт*ч с 1м² площади ветропарка.

Солнечная электростанция в Асуане, с учётом её КПД и КИ-УМ, будет в среднем генерировать 150-170 Ватт с 1м² в июне днём (13 часов 37 минут), или до 2,36 кВт*ч с 1м² в сутки, что сравнимо со среднегодовой выработкой энергии Кочубеевской ВЭС.

Достоинства солнечно-ветровой энергетики в том, что она соответствует требованиям и критериям экологичности для озеле-



Рис. 11. Кочубеевская ВЭС - крупнейшая в России ветряная электростанция, расположена в Кочубеевском районе. Площадь ветропарка - 75 гектар. Плановая среднегодовая выработка энергии - 597 млн кВт*ч, или 2,18 кВт*ч в сутки на 1 м², что даёт КИУМ 28,7%.

нения производства электроэнергии во многих странах мира, и уже стала частью энергосистемы мировой экономики.

Однако производимая мощность этих источников энергии слишком мала, и требует огромных площадей для установки солнечных и ветряных станций. Помимо этого, они пребывают в полной зависимости от погодных условий, которые в течение дня несколько раз могут менять производительность станций от нуля до максимума. Всё это делает подобную энергетику слишком ненадёжным источником энергии, который при форс-мажорах способен поставить под угрозу жизнь и здоровье людей.

Другими словами, солнечно-ветровая энергетика неспособна выполнить важнейшую задачу: сохранение стабильности в энергосистеме за счёт бесперебойной выработки электроэнергии.

Для решения этой проблемы сегодня рассматривается применение водородных аккумуляторов энергии.

Солнечная электростанция будет производить энергию для работы электролизёра, а тот, в свою очередь, будет расщеплять воду на водород на кислород, запасая их в специальных хранилищах для кратковременного хранения. Энергию для конечных потребителей в такой системе должны будут генерировать водородные топливные элементы, которые станут уже независимы от окружающей среды. Этим мы исключим негативный фактор, выражающийся в хаотичных снижениях и повышениях выработки электроэнергии по времени суток и времени года.

Зависимость останется только от общей производительности

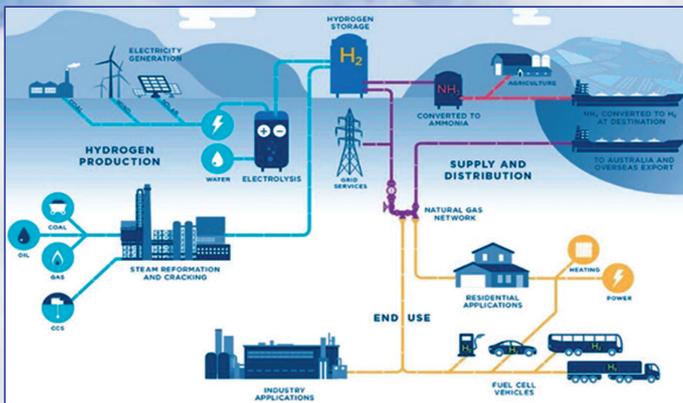


Рис. 12. Одна из схем применения водорода в качестве энергоносителя, рассматриваемая в Европе

ветровых и солнечных станций, которые будут работать на производство водорода.

Важно учесть, что решение проблемы прерывистой генерации неизбежно уменьшает общий КПД электростанции. Так, если некая условная солнечная электростанция генерирует 1000 кВт*ч в сутки, то применение водорода в качестве её буфера снизит эту выработку на 20-40%, но вместе с этим равномерно распределит оставшуюся мощность во времени.

Подобный подход только на первый взгляд кажется решением энергетической проблемы. Нужно учитывать энергетические затраты, которые будут при строительстве и вводе в эксплуатацию подобных комплексов. Учитывая современные технологии производства и строительства, на запуск солнечной электростанции потребуются израсходовать столько энергии, сколько она компенсирует только через 6 лет. А учитывая энергозатраты на создание водородного буфера, а также общее падение КПД, можно с уверенностью сказать, что срок энергетической окупаемости одной такой станции возрастает до 16 лет.

Для ветроэлектрических станций ситуация обстоит лучше, но не намного. Срок энергетической окупаемости составляет 1 год, а при применении буферизации - 5 лет.

Теперь сравним это с традиционной энергетикой, где все энергетические затраты на изготовление оборудования, строительство и запуск газовой ТЭЦ окупаются в срок от 9 до 12 дней непрерывной работы, угольной - 2 месяца, АЭС - 2 месяца, ГЭС - 3 года.

Тогда для удвоения энергетических мощностей солнечно-ветровой энергетики (с учётом того, что 70% генерированной энергии будет потребляться обществом, а остальные 30% будет расходоваться на новые энергетические мощности) потребуется около 35 лет.

Рост выработки электроэнергии за последние 20 лет увеличился на 70%. Учитывая окупаемость углеводородных электростанций, можно констатировать, что на нужды общества расходуется более 98% энергии, производимой этими электростанциями, в то время как на возведение новых затрачивается менее 2%. При таком соотношении мощности солнечно-ветровой энергетики удвоятся примерно... через 500-600 лет.

Очевидно, что солнечно-ветровая энергетика в нынешних ре-



Рис. 13. Срок энергетической окупаемости электростанций при современных технологиях буферизации энергии (в годах)

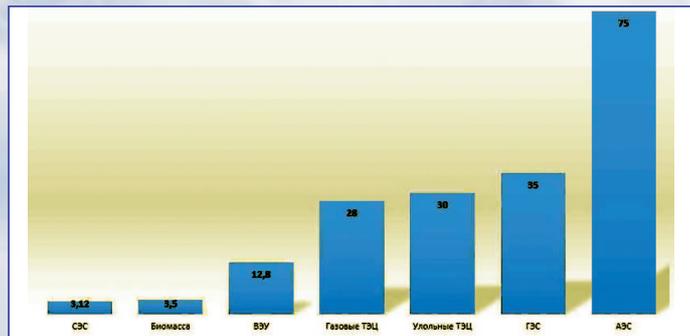


Рис. 14. EROI современных электростанций. EROI для СЭС и ВЭУ рассчитан из 80% эффективности буферизации водородом (нереализовано, так как сегодня этот показатель для СЭС - 49%, для ВЭУ - 25%)

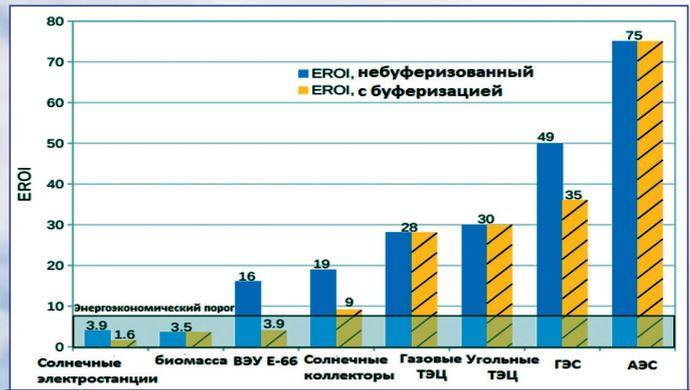


Рис. 15. Буферизация из исследований европейских ученых (дополнение).

лиях неспособна сама себя энергетически окупать для производства новых мощностей и поддерживать существующий уровень благ для человека и общества. А если так, то она годится лишь на роль вспомогательной энергетики, которая способна развиваться только за счёт других, более мощных, источников энергии.

Основной критерий, определяющий, насколько тот или иной источник энергии выгоден человечеству, вычисляется через коэффициент EROI.

Чем больше этот коэффициент, тем больший уровень жизни может обеспечить данный источник энергии.

Пирамиду зависимости потребностей общества от коэффициента EROI источника энергии сформулировали американские экономисты.

Становится ясно, что эффективность солнечной энергетики годится только на то, чтобы извлекать и перерабатывать первичную энергию.

В наших реалиях - это будет только производство водорода.

Ветроэнергетика же, при реализации технологии хранения и выравнивания энергии с КПД в 80%, будет способна обеспечивать приемлемый уровень жизнеобеспечения, но без излишеств.

Для обеспечения достойного уровня жизни в развитых странах нужен EROI источника энергии не менее 20 единиц. На сегодняшний день это на 80% обеспечивается углеводородными источниками энергии.

Единственной проверенной заменой углеводородной энергетике сегодня может быть только атомная энергетика.



Рис. 16. Пирамида минимальных энергетических потребностей общества, выраженная через совокупный EROI источников энергии

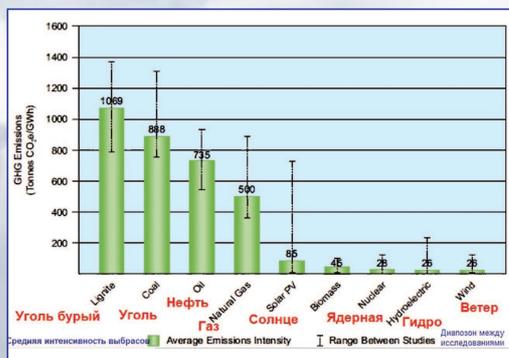


Рис. 17. Согласно выводам научного центра ЕС (JointResearchCentre), ядерная энергетика даже экологичнее, чем гидроэлектростанции

Оценив реалии, Евросоюз поручил собственному научному центру (Joint Research Centre), JRC разобраться в вопросе экологического воздействия атомной энергетики.

Исследования JRC показали, что современная атомная энергетика по уровню воздействия на экологию на каждый произведённый кВт электроэнергии сравнима с ветроэнергетикой и превосходит солнечную энергетикой.

Такую позицию также подтвердили независимая группа экспертов по радиационной защите "Article 31" и группа экспертов по здоровью человека "SCHEER"

Это позволило начать рассмотрение вопроса включения АЭС в Таксономию Евросоюза, где будут окончательно определены программы реализации "Зелёного Курса" и устойчивой деятельности ЕС.

Однако, учитывая современные реалии, добиться климатической нейтральности экономик мира в ближайшие 30-50 лет и полностью заменить углеводородную энергетикой на надёжную экологически-нейтральную будет проблематично.

Специалисты "Росатома" предложили идею "зелёного квадрата", которая заключается в том, чтобы массово использовать четыре источника электроэнергии, при работе которых не используется химическая реакция окисления, а следовательно - нет выхода CO₂.

Для создания устойчивой энергосистемы, совокупный коэффициент EROI которой значительно больше 20, требуется сбалансировать источники энергии так, чтобы выполнялись все цели по декарбонизации энергетики, и в то же время сохранялись мощность и доступность этой энергии.

Такой баланс был тоже рассчитан специалистами "Росатома". На долю "зелёного квадрата" должно приходиться 50 % всей производимой электроэнергии, распределённой следующим образом: АЭС - 25 %, ГЭС - 12,5 %, СЭС+ВЭУ - 12,5 %, и оставшиеся 50 % - углеводородная энергетика.

Эту концепцию поддержала Всемирная Ядерная Ассоциация.

Для достижения выработки с помощью АЭС 25 % всей электроэнергии к 2050 году требуется ввести 1000 ГВт новых мощностей. Это амбициозная задача, учитывая, что сегодня работает только 293 ГВт атомных мощностей.

Для этого потребуется возводить в среднем по 33 ГВт мощностей каждый год. Но ведь в 70-е годы прошлого века на протяжении нескольких лет подряд возводили и по 40 ГВт мощностей в год. Так что цель является достижимой. Мощности ГЭС, начиная ещё с 2000 года, стабильно составляют 16%, что в совокупности с солнечно-ветровой энергетикой даёт те самые 25,5% мощностей, полностью закрывая потребности "зелёного квадрата" в этих источниках энергии.

Дальнейшее увеличение солнечно-ветровой генерации без применения эффективных буферов хранения энергии будет только дестабилизировать энергетическую систему. Это самое как раз и происходит сегодня в Германии и некоторых штатах США (Калифорния, Техас).

Другими словами, мы уже подошли к пределу допустимого соотношения количества вырабатываемой энергии солнцем и вет-

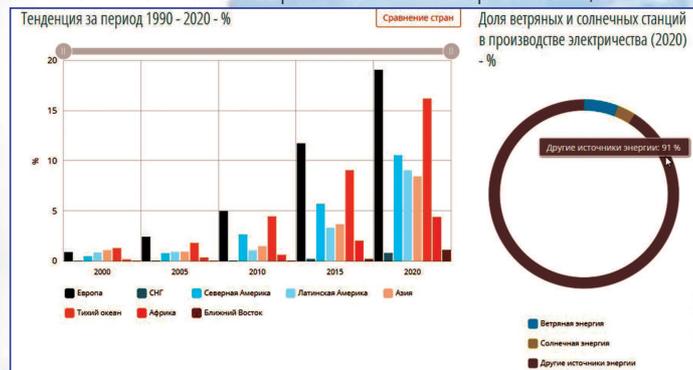


Рис. 19. Доля солнечных и ветровых станций в производстве электричества в 2020 году составила 9,5%

ром. Это уже отразилось на внезапно начавшемся именно в 2021 году масштабном энергетическом кризисе в ЕС, где доля возобновляемой энергетики достигла 42,8%, включая 19,1% солнечно-ветровой энергии.

Компенсировать прерывистую генерацию СЭС и ВЭС традиционными способами (газом) становится всё дороже из-за повышения стоимости природного газа на рынке ЕС.

Двухнедельный штиль в Северном море в сентябре 2021 года снизил генерацию энергии на ВЭУ вдвое, что, по мнению экспертов, является главной причиной энергетического кризиса в Великобритании.

Современные технологии уже позволяют возводить газовые и угольные ТЭС, удовлетворяющие всем европейским требованиям по экологичности генерации энергии.

В мире уже запущена первая угольная электростанция "Kraftwerk Datteln 4", удовлетворяющая всем экологическим требованиям ЕС.

Однако невозможно полностью избавиться от углеводородов в энергетике без прорыва в области источников энергии, спо-



Рис. 20. В 2020 году в Германии была запущена новая угольная электростанция "Datteln 4" мощностью 1,1 ГВт. Стоимость электростанции составила 1,5 миллиарда евро

АЭС - НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ БЕЗУГЛЕРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

АТОМНАЯ

- СТАБИЛЬНЫЙ И МОЩНЫЙ ИСТОЧНИК БАЗОВОЙ ГЕНЕРАЦИИ 24/7
- НЕДОРОГАЯ ЭНЕРГИЯ
- ТРЕБУЕТ ЗНАЧИТЕЛЬНЫХ ИНВЕСТИЦИЙ НА СООРУЖЕНИЕ

ВЕТРОВАЯ

- ОТНОСИТЕЛЬНО НЕДОРОГОЙ И МОЩНЫЙ ИСТОЧНИК ГЕНЕРАЦИИ
- ДЕШЕВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ
- ВЫРАБОТКА ЗАВИСИТ ОТ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

ГИДРО

- САМЫЙ ДЕШЕВЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ
- СООРУЖЕНИЕ МОЩНЫХ ГЭС ТРЕБУЕТ ЗАПОЛНЕНИЯ БОЛЬШИХ ПЛОЩАДЕЙ. ВОЗМОЖНОСТИ ПО СООРУЖЕНИЮ НОВЫХ ОБЪЕКТОВ ОГРАНИЧЕНЫ

СОЛНЕЧНАЯ

- НЕДОРОГОЙ ИСТОЧНИК ГЕНЕРАЦИИ
- ТРЕБУЕТ БОЛЬШИХ ПЛОЩАДЕЙ
- ВЫРАБОТКА ЗАВИСИТ ОТ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

Рис. 18. Настоящая "зелёная энергетика - это АЭС, ГЭС, СЭС, ВЭУ



Рис. 21. Диаграмма энергопотребления

собных их полностью и надёжно заменить.

Одним из таких источников должен был стать управляемый термоядерный синтез. Однако, затянувшееся освоение не позволяет надеяться на его существенную долю в балансе мировой энергетики ближайшие 50-100 лет. Единственным источником энергии, который позволит постепенно полностью заменить углеводородное топливо, является двухкомпонентная ядерная энергетика.

Ядерная энергетика с замкнутым ядерным циклом (ЗЯТЦ) расширит существующую топливную базу в 140 раз, включив в ядерный цикл уран-238, которого уже сегодня добыто и переработано в таком количестве, что топлива хватит на 150 лет активного использования АЭС. Таким образом, ЗЯТЦ сможет обеспечить все потребности человеческой цивилизации в энергии, не повлияв на экологию.

Исходя из среднего прироста в потреблении энергии за последние 30 лет, можно заключить, что в следующие 80 лет потребление энергии вырастит почти в 4 раза относительно 2020 года.

Пик добычи угля и нефти вышел на плато и не претерпевает увеличения, а газ на пик своей добычи выйдет уже в ближайшие 10-20 лет. То есть больше не существует технологии, способной надёжно обеспечивать энергетические потребности человека после 2040-2050 годов, кроме замыкания ядерного топливного цикла.

EROI углеводородной энергетики будет постепенно снижаться к 2100 году, даже если она останется в использовании. Потребности



Рис. 22. Прогноз EROI источников энергии

человечества в скором будущем потребуют источник энергии с минимальным EROI около 17 единиц (сегодня - 14). Принимая во внимание концепцию "зелёного квадрата", уже в 2050 году EROI

составит те самые заветные 17 единиц. К 2100 году, несмотря на прогнозируемое размещение солнечных электростанций в космосе и развитие термоядерной энергетики, ядерная энергетика с ЗЯТЦ будет оставаться существенно мощнее и эффективнее всех остальных используемых источников энергии. **А**

Список использованных источников информации

- 1) RETScreen Expert - программный пакет.
- 2) Kraftwerk Datteln 4 <https://www.uniper.energy/de/datteln-4>
- 3) Bericht: Streit um Kohlekraftwerke spitzt sich zu https://www.t-online.de/nachrichten/deutschland/id_87127126/kohleausstieg-streit-um-kohlekraftwerke-zwischen-bund-und-ost-laendern.html
- 4) Глава Росатома: Климатические цели достижимы только с помощью "зелёного квадрата" <https://www.rosatom.ru/journalist/smi-about-industry/glava-rosatoma-klimaticheskie-tseli-dostizhimy-tolk-s-pomoshchyu-zelenogo-kvadrata/>
- 5) Новые технологии атомной отрасли позволяют назвать ее экологически чистой - ученый <https://www.rosatom.ru/journalist/smi-about-industry/novye-tehnologii-atomnoy-otrasli-pozvolayut-nazvat-ee-ekologicheski-chistoy->

- 6) Ветроэнергетика https://www.rosatom.ru/production/vetroenergetika/index.php?sphrase_id=2479428
- 7) Топливная компания Росатома "ТВЭЛ" изготовила первую партию магнитов для ветряных электростанций <https://rosatom.ru/journalist/news/toplnivaya-kompaniya-rosatoma-tvel-izgotovila-pervuyu-partiyu-magnitov-dlya-vetryanykh-elektrostantsiy/>
- 8) Атомная энергия вместе с солнечной, ветряной и гидроэнергетикой образует "зелёный квадрат", который может стать основой будущего мирового энергобаланса. <https://t.me/s/clearenergy/267?q=%23энергетика>
- 9) Время восхода и захода солнца в г. Асуан <https://voshod-solnca.ru/sun/асуан>
- 10) Общее потребление электроэнергии <https://yearbook.enerdata.ru/total-energy/world-consumption-statistics.html>
- 11) Доля возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии <https://yearbook.enerdata.ru/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html>
- 12) Доля ветровой и солнечной энергии быстро и стабильно растёт (+1,2 пп в 2020 г.) и уже достигла 9,5% <https://yearbook.enerdata.ru/renewables/wind-solar-share-electricity-production.html>
- 13) Energy intensities, EROIs, and energy payback times of electricity generating power plants (исследование энергетической окупаемости электростанций) [https://www.semanticscholar.org/paper/Energy-intensities%2C-EROIs-\(energy-returned-on-and-Weissbach-Ruprecht/e4fd25bff4d6884a8faf726856d7beb4bff49e8d](https://www.semanticscholar.org/paper/Energy-intensities%2C-EROIs-(energy-returned-on-and-Weissbach-Ruprecht/e4fd25bff4d6884a8faf726856d7beb4bff49e8d)
- 14) System Energy Assessment (SEA), Defining a Standard Measure of EROI for Energy Businesses as Whole Systems (Исследования энергетической производительности ветроэнергетики для общества) <https://arxiv.org/abs/1104.3570>
- 15) Мировой энергетический кризис (2021) [https://ru.wikipedia.org/wiki/Мировой_энергетический_кризис_\(2021\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Мировой_энергетический_кризис_(2021))
- 16) Глобальный ЭНЕРГОПЕРЕХОД - Стратегия "ПОЛТОРА ГРАДУСА" в области Устойчивого Развития (Борис Марцинкевич. Геоэнергетика Инфо) <https://www.youtube.com/watch?v=QxvOj-i8wn8&t>
- 17) Глобальный Солнечный атлас <https://globalsolaratlas.info/map>
- 18) П.Л. Капица. Доклад на научной сессии, посвященной 250-летию Академии наук СССР, Москва, 8 октября 1975 г. http://vivovoco.astronet.ru/VV/PAPERS/KAPITZA/KAP_10.HTM
- 19) Капица о бесперспективности альтернативной энергетики <http://www.valeriyzhikharev.org/blog/капица-о-бесперспективности-альтернативной-энергетики>
- 20) Energy, EROI and quality of life (Пирамида потребностей общества) <https://www.semanticscholar.org/paper/Energy%2C-EROI-and-quality-of-life-Lambert-Hall/09522fe373ba57a798e5c511e9df5e7568876fa1>
- 21) Шкала Кардашёва https://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-article_query?1964SvA.....8..217K&data_type=PDF_HIGH&whole_paper=YES&type=PRINTER&filetype=.pdf
- 22) Шкала Кардашёва https://ru.wikipedia.org/wiki/Шкала_Кардашёва
- 23) Как нагревается атмосферный воздух (слайд №4) <https://infourok.ru/kak-nagrevается-atmosfernyj-vozduh-4047098.html>
- 24) Отчет научного центра Еврокомиссии о АЭС (Joint Research Centre) https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/210329-jrc-report-nuclear-energy-assessment_en.pdf?fbclid=IwAR27oZ-nDWGmtciOoTVnKWW4jc8Vq_PiRLEx_pFTJ6ldPYI82UAvxqu9Gk
- 25) Таксономия ЕС для устойчивой деятельности ЕС https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance/eu-taxonomy-sustainable-activities_en
- 26) Энергетический переход Германии критикуют из-за расходов, рисков <https://www.reuters.com/article/germany-energy-audit/germanys-energy-drive-criticised-over-expense-risks-idUSL8N2LS2RC>
- 27) НАЦИОНАЛЬНАЯ ВОДОРОДНАЯ СТРАТЕГИЯ: ФОРМИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭКОНОМИКИ АВСТРАЛИИ <https://www.herbertsmithfreehills.com/lang-th/latest-thinking/a-national-hydrogen-strategy-shaping-possibilities-for-australias-hydrogen-economy>
- 28) Отказ от ГАЗПРОМА или ЗЕЛЕНЫЙ ВОДОРОД (Борис Марцинкевич. Геоэнергетика Инфо) <https://www.youtube.com/watch?v=r4ydfmPPDg>
- 29) Водородная стратегия ЕС https://ec.europa.eu/commission/press-corner/detail/en/FS_20_1296
- 30) Проект "Прорыв" (создание и промышленную реализацию замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ)) <https://proryv2020.ru/>

Связь с автором: db.kochetova@yandex.ru

МОЖНО ЛИ СОЗДАТЬ ЧАСЫ С "ВЕЧНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ"?

Татьяна Алексеевна Фокина, старший научный сотрудник Политехнического музея



Можно! Такие "ЧАСЫ" создала сама природа. Мы живем на громадных часах. Наша Земля делает один оборот вокруг своей оси за сутки, один оборот вокруг Солнца - за год. Разве это не ЧАСЫ с указанием двух параметров - суток и года? Пока будет существовать наша планета, будут "ходить" и эти ЧАСЫ! И для человечества это будет как раз вечный завод часов.

А человек сконструировать подобные часы не в состоянии. Мешают не его умственные способности, а элементарные законы физики, например, закон сохранения энергии. Невозможно убрать все, что мешает движению - сила трения, сопротивление воздуха и пр.

Тем не менее, на протяжении веков изобретатели стремились, по крайней мере, увеличить продолжительность действия пружинного или гиревого двигателя в механических приборах времени. Для этого использовались всевозможные, иногда даже гениальные, ухищрения. В собрании Политехнического музея можно увидеть несколько подобных экспонатов, среди которых двое часов с годовым заводом и крутильным маятником. Одни, 1930-х годов, без подписи, вторые, изготовлены в начале XX века немецкой фирмой "Густав Беккер". [1]



Рис. 1 Фирма "Густав Беккер". Германия. Начало XX в. Германия. 1920-1930-е гг.

Крутильный (торсионный) маятник был разработан и усовершенствован еще в XVIII веке такими английскими часовщиками, как Томас Томпион (около 1713 г.), Даниэль Деландер в 1721 г., Камю в 1722, Даниэль Кваре 1724 г. Однако, в промышленном масштабе, часы с крутильным маятником начали производить в 80-х годах XIX века. Немецкий конструктор Гардер, как считают, независимо от своих предшественников изобрел торсионный маятник. Ему, подобно Галилею, наблюдавшему за движением люстр в церкви, пришла в голову идея часов с крутящимся маятником. [2, с. 431], [3, с. 526]

Гардер соединил шпindelный ход с маятником, представляющим собой тяжелое тело в виде диска, подвешенного на короткой, тонкой и плоской стальной ленте. Фактически это был вовсе и не маятник, а маховик, совершавший колебательные движения в горизонтальной плоскости с амплитудой 330-350 градусов. При соответствующем подборе длины ленты можно было установить период вращения маховика в 60 секунд. С учетом того, что в обычных часах период колебания маятника измеряется от долей секунды до 1-2 секунд, конструкция крутильного маятника позволяет очень экономно расходовать энергию пружинного двигателя, и продолжительность хода в таких часах от одной заводки пружины до другой может составлять до 400 суток, поэтому подобные механические часы называются "часы с годовым заводом". [3]

Впервые часы Гардера с крутильным маятником и шпindelным ходом начала производить в 1870-е годы немецкая фирма "Вильман и К" во Фрайбурге (Willmann & Co). Чуть позже, в конце 1870-х годов, дело продолжили и другие немецкие фирмы: "Густав Беккер", "Аугуст и сын в Трайберге", "Фабрика водяных часов в Мюнхене", "Братья Юнганс в Шрамберге". Наибольших успехов в совершенствовании часов с годовым заводом достигла фирма Шатца. Гардер передал Аугусту Шатцу права на производство часов его конструкции и модель созданных им часов со шпindelным ходом. В 1881 году им была основана фирма, специализировавшаяся на изготовлении часов с годовым заводом, а в 1882 году началась регулярная поставка подобных часов в торговую сеть различных городов. Аугуст Шатц на этом не остановился. Он усовершенствовал идею Гардера и совместно с часовым мастером Эрхардом Эмлером изготовил и довел до промышленного производства часы, в которых крутильный маятник использовался с ходом Грагама, что повысило точность прибора времени. [2 - с. 431]

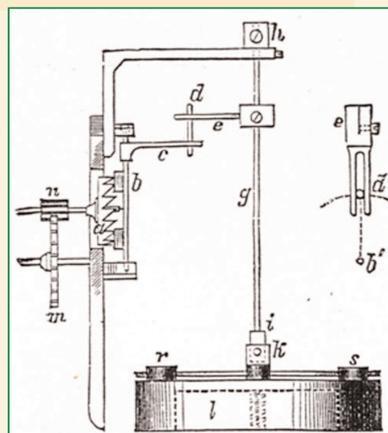


Рис. 2 Схема часов с крутильным маятником Гардера и шпindelным ходом [3]

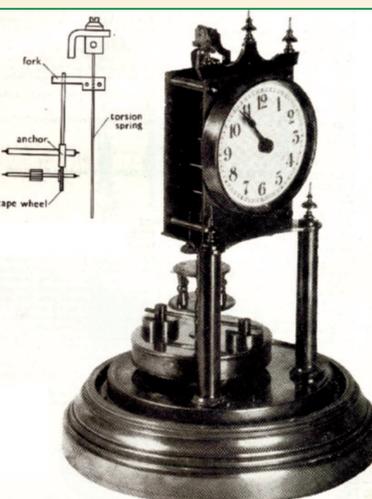


Рис. 3 Часы и схема крутильным маятником и ходом Грагама [7, - с. 209-211]

счет применения новой стали для пружинного двигателя, продолжительность хода часов возросла почти до трех лет (около 1 000 суток). [4 - с. 310]

И самое удивительное, что по идее Гардера, в 1960-е годы швейцарская фирма выпустила часы, названные "Атмос", можно сказать, почти "вечный двигатель". В этих ча-

Но и это еще не все. Убедившись в популярности часов с необычным маятником, фирма Андреса Хубера (Andreas Huber) продолжила поиски повышения точности и разработала в 1920-е годы крутильный маятник с ртутной компенсацией по температуре. А уже после Второй мировой войны, за

Рис. 4 Крутильный маятник ртутной термокомпенсацией [5]



Рис. 4 Крутильный маятник ртутной термокомпенсацией [5]

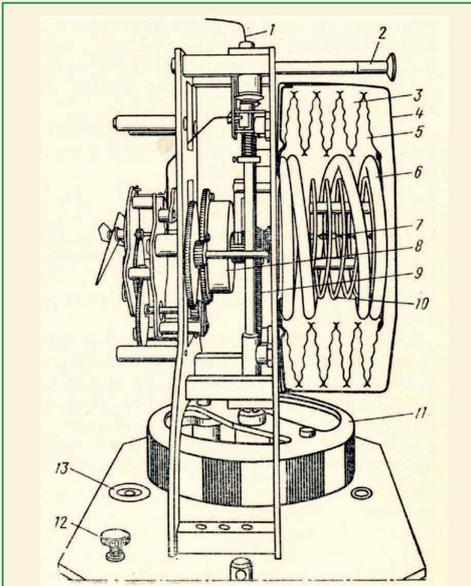


Рис. 5 Часы с автоподзааводом пружинного двигателя. Схема часов АТМОС [6 - с. 39]

ятником. Изменение температуры всего на 1°C достаточно, чтобы завести пружину на 28 часов хода. Если учесть, что конструкция часов и так позволяет им работать от 400 до 1 000 суток без завода, да еще и с учетом автоподзаавода, действительно получаются почти "вечные часы". [6 - с. 39]



Рис. 6 Гравитационные пилообразные часы с автоподзааводом пружинного двигателя. Франция. Фирма "Ferrier". 1830 г.

низм часов.

В часах из собрания Политехнического музея имеется и пружинный двигатель, и система автоподзаавода, основанная на принципе гравитации. На неподвижном металлическом стержне (рейке) укреплен бронзовый шар с циферблатом. Стержень в верхней части имеет ручку для переноски часов, а в средней - устройство с углублениями для перемещения часов. Механизм расположен внутри шара, смонтирован на латунных пластинах, имеет пружинный двигатель, баланс, цилиндрический ход. Через центр шара проходит рейка, по которой шар медленно сползает вниз. При этом шар является одновременно и гирей, приводящей в действие устройство подзаавода пружины. [8 - 39]

В карманных часах автоподзаавод

сах пружинный двигатель снабдили устройством автоподзаавода, состоящим из герметически закрытого сосуда, заполненного этилхлоридом. В сосуде находятся металлические межи, составленные из мембран, растягивающиеся пружиной. Если в комнате повышается температура, то этилхлорид расширяется и сжимает межи. При понижении температуры мембранная пружина возвращает межи в первоначальное положение. Движение мехов передается на вал заводного механизма пружины с торсионным маятником.

Один из способов повысить продолжительность хода часов - автоподзаавод пружинного двигателя. Оригинальный способ автоподзаавода предложен в так называемых гравитационных часах. Некоторые типы гравитационных часов используют вес собственного механизма для привода того же механизма. Такие часы можно назвать часы-гиря. Гравитационные часы появились в середине XV века в Бургундии (Франция), из них в начале XVII века развились пилообразные часы. Бургундские гравитационные часы имели форму шара, в котором помещался

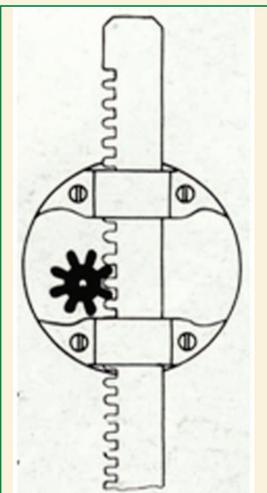


Рис. 7 Схема. Зубчатый стержень и шестерня - ведущая шестерня гравитационных часов [7 - С. 207]

пружинного двигателя появился в 18 веке. Часы необходимо было заводить практически каждый день, в очень редких часах завода хватало на несколько дней. Многим людям нравилась идея вообще не думать о заводе своих часов, чтобы они ходили "вечно". Абрахам-Луи Перреле (Abraham-Louis Perrelet) в 1777 году изготовил первые карманные часы с автоподзааводом от движения их хозяина. Часы назывались "perpetuelle" - то есть "вечные часы". Большого успеха эти часы не имели, так как система автоматического завода была ненадежной. Усовершенствовал механизм автоподзаавода гениальный французский изобретатель Абрахам-Луи Бреге, в 1782 году изготовивший карманные часы с гравировкой "Придуманы, усовершенствованы и изготовлены Бреге". Устройство, изобретенное Бреге - с платиновым грузом, поддерживаемым возвратной пружиной и колеблющемся при малейшем движении, было столь эффективным, что было достаточно носить часы пару минут, чтобы они проходили несколько часов. [9 - с. 94-95]

Принцип работы любого устройства подзаавода основан на законе всемирного тяготения и инерции. В наручных механических часах источником энергии является пружина. Автоподзаавод - это небольшой грузик со смещенным центром тяжести, закрепленный на оси. Он посредством системы зубчатых передач соединен с пружиной. При любых движениях корпуса часов этот грузик под действием силы тяжести и инерции перемещается в пространстве, вращая ось и через нее натягивает (подзааводит) пружину. Чем больше движений совершает человек, тем эффективнее действует система автоподзаавода пружины. Однако Бреге позаботился и о малоподвижных людях. Бреге снабдил часы "perpetuelle" двумя барабанами, что позволяло использовать более мощные пружины. Резерв хода достигал 60 часов, что делало возможным использование этих часов людьми с малой физической активностью. Заведенные, часы продолжали работать в течении двух суток. За эти дни, человек совершал хотя бы минимальное количество движений, и продолжительность хода часов увеличивалась. [10 - с. 153-157]

Автоподзаавод пружинного двигателя используется до сих пор в механических часах. В собрании Политехнического музея имеются несколько наручных механических часов с автоподзааводом, изготовленных в 1970-е годы Первым московским часовым заводом имени С.М. Кирова. [11]

Некоторые конструкторы часовых механизмов увеличивали продолжительность хода часов путем увеличения пружинного двигателя. В собрании Политехнического музея хранится механизм стационарных маятниковых часов с пружинным двигателем и фузеей, рассчитанной на год работы. На пластине механизма так и написано на немецком языке "JahresUhr" (годовые часы).

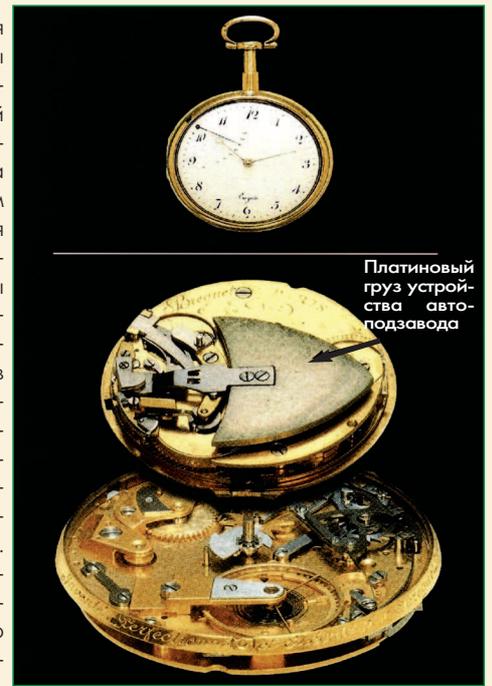


Рис. 8 Часы "perpetuelle" фирмы Бреге [9 - с. 95]

Платиновый груз устройства автоподзаавода



Рис. 9 Часы мужские, наручные "Полет" с автоподзааводом типа 2615 СССР. Москва. Первый московский часовой завод им. С.М. Кирова. 1970 г.

Груз со смещенным центром тяжести устройства автоподзаавода

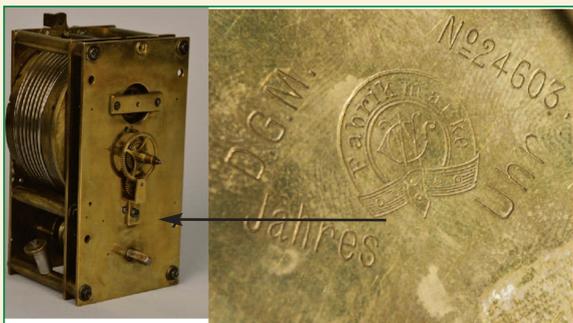


Рис. 10 Механизм часов с годовым заводом, клеймом в виде подковы. "Fabrik Marke" и надписью "D.G.M. Jahres Uhr"

ток до восьми дней. В собрании Политехнического музея представлено двое подобных часов



Рис. 11 Часы карманные механические с восьмидневным заводом. Западная Европа. Начало XX века

В конце XIX века швейцарская фирма "Hebdomas" (Хебдомас) начала производить красивые 8-дневные часы с большой пружиной, выделяющиеся открытым балансом, работа которого была видна со стороны циферблата [12]



Рис. 12 Часы карманные механические с восьмидневным заводом. Швейцария. Шо-де-Фон 1910-1913. Надписи: на циферблате: "8 дней"; на механизме: "ANCRE", "8 Jours", "Levees Visibles", "Spiral Breguet", "Garantie", "Deposee"; на механизме: "Interchangeable" (заменяемый), "Expositions", "Universilles", "Milan 1906", "Bruxelles 1910"

Оригинальный способ увеличить действие обычной пружины нашел советский изобретатель Василий Иванович Демченко из Одессы. Он в 1978 году подарил нашему музею двое часов с продолжительностью хода в 125 и 185 суток. При этом он сообщил, что запатентовал свое изобретение. В документе [13] сообщалось:

"Изобретение позволяет увеличить продолжительность хода механизма. В устройстве между пружинным барабаном и зубчатой передачей размещено дополнительное промежуточное колесо. Трибы 6, 8 и колесо 7, установленные между секундным 5 и анкерным 10 колесами, образуют редуктор, обеспечивающий амплитуду баланса от стандартных часов".

...Механизм отличается тем, что с целью упрощения конструкции и повышения надежности, вексельное колесо выполнено в виде часового триба, установленного на оси центрального колеса, и совмещено с минутным трибом"

...Часы с использованием предлагаемого механизма могут ходить от одного подзавода пружины до шести месяцев, обеспечивая неизменяемую амплитуду баланса как в начале завода, так и в конце".

В карманных часах также встречаются пружинные двигатели увеличенных размеров, позволявших продлить работу часового механизма с одного-двух суток

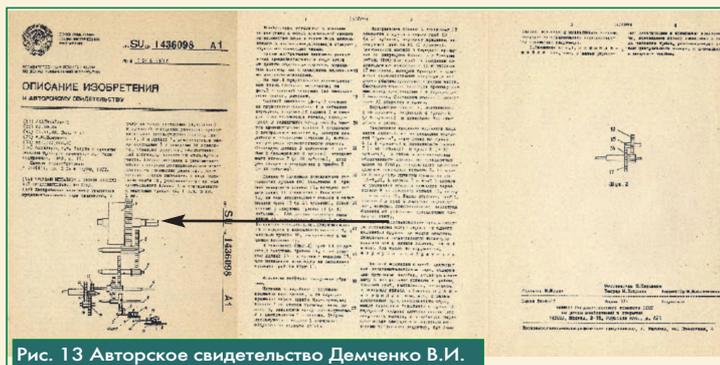


Рис. 13 Авторское свидетельство Демченко В.И.

Настольные часы В.И.Демченко изготовил накануне XXII Летних Олимпийских игр 1980 года в Москве. Поэтому часы украшены олимпийской символикой.

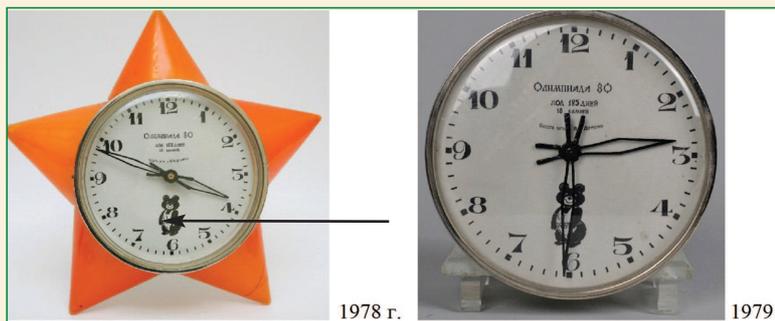


Рис. 14 Часы с особо длительной продолжительностью хода изобретателя из Одессы Василия Ивановича Демченко из собрания Политехнического музея

Литература

1. Фокина Т.А. Загадки и тайны обычных часов. // Антиквариат. - 2002. - №4
2. Lubke Anton. Das grosseUhrenbuch - Wien: Verlag Anton Scholl & Co, 1977.
3. Промышленность и техника. Энциклопедия промышленных знаний: т.6 - 2-е изд. - С-Петербург: Типо-литография Книгоиздательства Т-ва "Просвещение", 1904 г. 4. 4. Шишелов Л.П. Механика часового механизма: ч.1. Ленинград, Кубуч. 1931 г.
5. Годовалый Kienzle ртутные маятники: [Электронный ресурс]. URL: <https://aredi.ru> (дата обращения 12.12.2021)
6. Тарасов С.В. Приборы времени. Москва. Машиностроение. 1976 г. Stanislav Michal. Clocks and watches. Prague. 1974.
7. Фокина Т.А. Часовщики шутят. // Инженер*Технолог*Рабочий. - 2003-№1.
8. Берег в Эрмитаже. Каталог выставки. Санкт-Петербург. Славия. - 2004.
9. Breguet un apogee de l'horlogerie europeenne. Musee de Louvre. Paris. Somogy. 2009
10. "ПОЛЕТ". "ПОЛЮТ". Мужские наручные часы / Машприборинторг. - Б.м.: Внешторгиздат, б.г. - 83 с: ил.
11. Каталог Hebdomas 2021: часы Hebdomas, карманные. : [Электронный ресурс]. URL: <https://shopotam.ru/Все-бренды/hebdomas/?page=2> (дата обращения 13.12.2021).
12. Описание изобретения к авторскому свидетельству "Часовой механизм с особо длительной продолжительностью хода. SU1436098 A1 8.04. В 33/12

Связь с автором: tafokina@polytech.one



УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОТКРЫТОЙ ФИНАНСОВОЙ ОТЧЕТНОСТИ ПАО "ОДК-САТУРН"

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

В статье представлены результаты управленческого анализа открытых финансовых отчетов ПАО "ОДК-Сатурн" за 2017–2020 г.г., содержащие отраслевые и специфические особенности деятельности предприятия, расположенного в Рыбинске Ярославской области.

The article presents the results of the management analysis of the open financial statements of AO "ODK-Saturn" for 2017–2020., containing industry-specific and specific features of the enterprise located in Rybinsk, Yaroslavl region.

Ключевые слова: финансовая деятельность компании, управленческий анализ финансовой отчетности
Keywords: financial activities of the company, management analysis of financial statements

Управленческий анализ выступает в виде объединения производственных и финансовых показателей для обоснования управленческих решений по обеспечению эффективного функционирования предприятия, т. е. в управленческом анализе происходит слияние методов экономики предприятия и финансового анализа.

Таблица. Управленческий анализ открытой финансовой отчетности ПАО "ОДК-Сатурн" за 2017-2020 г.г. (размерность: млн. руб.).

Наименование/год	2017	2018	2019	2020
1 Выручка	32623	40684	46574	46989
2 Прибыль от продаж	5193	8807	8828	9929
3 Полная себестоимость	27430	31877	37746	37064
4 Рентабельность продукции	0,189	0,276	0,234	0,268
5 ФЗП	7263	8328	9636	10265
6 Доля ФЗП в себестоимости прод	0,264	0,261	0,255	0,276
7 Числ. персонала (чел.)	13040	14810	14528	15011
8 Производительность труда	2,501	2,747	3,205	3,138
9 Основные средства	21408	21893	21925	20019
10 Фондовооружённость персонала	1,641	1,43	1,509	1,333
11 Активы	81126	10242	10696	126560
12 Собствен. капитал (СК)	39668	43489	45347	48866
13 Доля СК в активах	0,489	0,425	0,424	0,386
14 Чистая прибыль	-468	3096	1444	4262
15 Рентабельность СК	-0,011	0,071	0,031	0,087
16 Оборотные средства	49408	68608	69729	92465
17 Оборачиваемость	0,660	0,592	0,667	0,508
18 Прогноз оплаты агентских (17% выручки) в УК (скрыты в операц. денежном потоке)	-5545	-6916	-7917	-7988
19 Чистый доход, в т.ч.:	-1135	1780	-3715	12295
19.1 - операционный денежный поток;	994	-2980	1068	5131
19.2 - инвестиционный денежный поток;	-3742	-6293	-7444	-1344
19.3 - финансовый денежный поток	1612	11053	2660	8509
20 Краткосрочные обязательства	21105	32936	35075	50720
21 Отношение оборотных средств к краткосрочным обязательствам	2,341	2,083	1,988	1,823



дов продукции предприятия покрываются прибылью от производства и ремонта гражданских авиадвигателей;

2) фонд заработной платы (с.6) - составляет 25-28% в себестоимости продукции, что характерно для ранее рассмотренных нами успешных предприятий ОДК. По-видимому, стабильная доля ФОТ в 25-30% себестоимости отвечает современным условиям производства газотурбинной продукции в отрасли. Долю ФОТ можно увеличивать за счет снижения накладных расходов и расходов на поставщиков материалов;

3) производительность труда (с.8=с.1/с.7)- устойчиво составляла 2,5-3,2 млн. рублей на человека в год, при этом численность персонала возросла за 4 года на 16% при неизменной сумме выручки в 2019 и 2020 годы. Сокращение численности персонала высокотехнологичного предприятия опасно, т. к. невозможно быстро набрать квалифицированных работников вновь, при необходимости. Вместе с тем, сохраняемый резерв численности основных рабочих предприятия ведет к повышению трудоемкости единицы продукции. Производственные мощности данного предприятия загружены на 61%, что объясняется в годовом отчете неизбежным простоем оборудования на спецнастройке и сохраняемым оборонным резервом;

4) фондовооружённость персонала (с.10=с.9/с.7) - снизилась до 1,33 млн руб. на человека в связи со снижением остаточной сто-

В таблице красным фоном выделены графы с результатами расчета, комментируемые ниже).

1. Производственная (текущая, операционная) деятельность предприятия:

1) рентабельность продукции предприятия (с.4.), средневзвешенная, составила 26,8% в 2020 году. Продукция Гособоронзаказа имеет установленную договорную рентабельность в диапазоне 5-20%, а гражданской авиатехники - свободную рентабельность, обычно 40% и более (экспорт). Исключение составляет рентабельность двигателя SAM-146 - до минус 20%, что объясняется преобладанием иностранных поставщиков деталей и малой серийностью производства двигателя. Убытки отдельных ви-



имости основных средств при одновременном росте численности персонала. Достигнутый уровень фондовооруженности персонала предприятия отвечает среднему уровню стоимости вновь создаваемого рабочего места в машиностроении (1,5 млн. рублей на рабочее место);

5) оборачиваемость оборотных средств предприятия ($c.17=c.1/c.16$) составляет 0,5-0,7 оборота в год, что соответствует циклу "снабжение-изготовление-продажа" длительностью 1,5-2 года.

2. Эффективность использования собственного капитала предприятия:

1) рентабельность собственного капитала ($c.15=c.14/c.12$) предприятия составляет не более 8,7%, что не привлекательно для сторонних инвесторов. Собственный капитал увеличивается за счет капитализации (оставления) чистой прибыли.

2) доля собственного капитала в активах (с.13) составляет 40-50%, при этом собственный капитал в два раза больше стоимости основных средств, т.

е. собственный оборотный капитал примерно равен стоимости основных средств. Предприятие имеет оптимальную обеспеченность собственным капиталом;

3) отношение стоимости оборотных средств к краткосрочной задолженности (с.21) составляет порядка 1,8-2,3, что показывает высокую финансовую устойчивость предприятия.

3. Чистый годовой доход (остаток денежных средств по итогам года) за 4 года дважды был убыточен (с.19), включая :

1) операционный денежный поток (с.19.1.) от производственной деятельности был неустойчив (от минус 2980 до плюс 5131 млн. руб.). Убытки (отрицательное сальдо) и общее снижение операционного потока возникали от выплаты агентских в УК на сумму от 5 до 8 млрд. рублей ежегодно (с.18), рассчитанные нами по нор-



вой отчетности предприятия за 2017-2020 г.г.

1) чистая прибыль предприятия была ниже его возможных агентских отчислений в 2-4 раза ($c.19=c.18/c.14$), что заметно сокращало собственные средства на развитие и решение социальных вопросов предприятия;

2) невысокая (0,5) оборачиваемость оборотных средств (с.17) показывает, что производственный цикл (включая снабжение-изготовление-реализацию) продукции замедлился до 2 лет, что связано с замедлением снабжения, изготовления и расчетов с заказчиками;

3) предприятие было малорентабельным по чистой прибыли (0...8%), но финансово устойчивым и с высокой производительностью труда.



В целом, проведенный управленческий анализ открытой финансовой отчетности ПАО "ОДК-Сатурн" показал, что в условиях ОДК данное предприятие было финансово устойчиво и могло выплачивать ,в период 2017-2020 г.г. , агентских отчислений от 5 до 8 млрд. рублей в год (с.18) управляющей компании, имея фактическую чистую прибыль всего от 0 до 4 млрд. рублей, что значительно сокращало его собственные возможности для развития и на социальные задачи. При этом, загрузка производственных мощностей предприятия была всего 61% (годовой отчет 2020 года), что показывает значительный резерв мощности для развития предприятия. 

мативу ОДК (17% от суммы выручки предприятия);

2) инвестиционный денежный поток (с.19.1) (в основные средства и ЦБ) всегда имел отрицательное сальдо и в 2-6 раз превосходил операционный поток от производственной деятельности (с.19.2.);

3) финансовый денежный поток (с.19.3.) имел всегда положительное сальдо в сумме 1612- 11053 млн. руб. за счет дополнительного привлечения краткосрочных кредитов на покрытие дефицита денежных средств в производственной и инвестиционной деятельности. Полученный годовой убыток (отрицательное сальдо суммы трех денежных потоков) в 2017 и 2019 г.г. покрывался за счет остатка денежных средств от прошлого периода.

4. Особенности результатов управленческого анализа финансо-

Литература

1. И.И. Ицкович, О.В. Камакина "Управленческая модель финансовой деятельности АО "ОДК"// Двигатель, № 4-6, 2020 г.
2. Бухгалтерская отчетность АО "ОДК-Сатурн" за 2017-2020 гг.
4. Л.А. Бернштейн "Анализ финансовой отчетности. Теория, практика и интерпретация" М. :Финансы и статистика, 1996. - 624 с.

Связь с авторами: iitskovichi@yandex.ru
kamakina@mail.ru

БЕСКОНЕЧНЫЕ ЧИСЛА

ТЕОРИЯ ДЕЛИМОСТИ И ТЕОРЕМА ЕВКЛИДА

Развитие темы. Предыдущие статьи в № 4, 6 - 2018 г. и № 1, 3, 4-6 - 2020 г. и № 3-4 2021 г.

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

Рассматриваются свойства бесконечных чисел теорема Евклида.
Properties of infinite numbers, Euclidean theorem are considered.

Ключевые слова: бесконечные числа, теорема Евклида.
Keywords: infinite numbers, Euclidean theorem.

Можно доказать, что множество всех действительных чисел, в десятичной записи которых цифра 4 встречается бесконечно много раз, является борелевским множеством. Этот пример, можно привести и другие, показывает в первую очередь то, что числа в неограниченной форме записи представляют собой математические объекты. Нас интересуют простые числа, записываемые в неограниченной форме, а точнее мощность (количество) множества простых. Сделаем самое элементарное предположение, что множество или число простых конечно, с прицелом дальнейшего выяснения и доказательства. При этом мы не можем утверждать, что простых чисел в неограниченной форме записи не существует. Если утверждать, что каждое простое число из множества простых в любой позиционной системе счисления записывается конечным набором цифр, то всё множество простых окажется конечным, их можно пересчитать. Для рассмотрения вопроса о мощности множества простых предположим далее, что в множестве натуральных существует не менее одного простого числа, представимого в неограниченной форме записи (мы видели, что такие числа обладают индивидуальностью и не используем здесь стандартный знак бесконечности). Заметим, что в распределении простых в ряду натуральных существуют неограниченные разрывы (размер или ширина разрывов не описывается конечным числом). Если простое число расположено после такого неограниченного или бесконечного разрыва, то оно, по смыслу, должно быть записано в неограниченной форме. При этом мы не утверждаем, что простое число в неограниченной форме не может появиться ранее, до упомянутых разрывов. Существование неограниченных промежутков в ряду натуральных, в которых простые числа не встречаются, можно доказать ММИ. Но для экономии места приведем очевидный пример. Рассмотрим последовательность натуральных чисел $n!+2, n!+3, \dots, n!+n$. Очевидно, что все числа в этом ряду составные, т.к. первое делится на 2, второе на 3 и т.д. Неограниченно увеличивая n , мы получаем упомянутый бесконечный разрыв, в котором не существует простых. Таких бесконечных разрывов бесчисленное множество и простых чисел, которые перешли за границы этих разрывов также может быть достаточно много. Учтем, что плотность простых убывает до нуля, но медленно.

Приступаем к доказательству теоремы о простых в наших предположениях. Следуя Евклиду, возьмем всю (конечную) совокупность простых чисел, включая в неограниченной форме: p_1, p_2, \dots, p_k . Далее, возьмем произведение всех этих простых. Здесь могут возникнуть трудности интерпретации рассматриваемого произведения. Конструктивно получить такое произведение невозможно. Может быть, надо отказаться от любой логики манипулирования подобными объектами (дельта-функции перемножать затруднительно). С другой стороны, мы трактуем простые числа в неограниченной форме как принадлежащие множеству натуральных, для которого определены арифметические операции. Если согласиться, что рассматриваемое произведение невозможно, то доказательство зайдет в тупик. Поэтому предполагаем, что указанное произведение существует и само представимо в неограниченной форме записи. К полученному произведению прибавляется единица. Но для этой суммы немисливо рассматривать

операцию деления нацело. Здесь невозможно подходить формально и ситуация похожа на случай со счетным множеством элементов. Счетное множество элементов можно поделить пополам или на три равные части, причем прибавление к нему еще одного элемента не влияет на результат. То есть бесчисленное множество элементов можно легко делить на равные части. Мы приходим к выводу, что полученное произведение простых не дает возможности достаточно строго доказать существование еще одного, не учтенного простого числа (в неограниченной форме записи), которое делит нацело наше произведение. Можно сказать, что полученное произведение не обладает свойством своих сомножителей (как интеграл Фурье не обладает свойством периодичности). Доказательство в этом направлении не имеет продолжения и твердого основания. Требуются другие подходы. На этом пути возможно основное возражение, что никаких простых в неограниченной форме не существует и требуется в доказательстве рассматривать простые, записываемые конечным числом цифр. Тогда, после стандартного доказательства вдруг окажется, что множество простых счетно, другими словами, простых чисел в неограниченной форме записи в бесконечное число раз больше, чем в конечной. Эти числа существуют. Отсюда, на каком основании простые в неограниченной форме (хотя бы одно) были отброшены и исключены с самого начала из рассмотрения? Нелогично. Существование простых в неограниченной форме следует из рассмотрения распределения простых в ряду натуральных и наличия указанных бесконечных разрывов. Неевклидова теория чисел, в сложившихся условиях, приобретает ряд преимуществ. **П**

(Продолжение следует.)

Литература

1. П.Г. Дирихле. Лекции по теории чисел. М.: Книга, 2014 г.
2. А.А. Бухштаб. Теория чисел. М.: Просвещение, 1966 г.
3. А.И. Касьян. Бесконечные числа // Двигатель № 1, 2020 г.
4. А.И. Касьян. Бесконечные числа // Двигатель № 3, 2020 г.
5. А.И. Касьян. Бесконечные числа // Двигатель № 4-6, 2020 г.
6. А.И. Касьян. Бесконечные числа // Двигатель № 3, 2021 г.
7. А.И. Касьян. Бесконечные числа // Двигатель № 4, 2021 г.

Связь с автором: a.kasyan1@yandex.ru

ПРОСТЫЕ ЧИСЛА ОТ 2 ДО 997													
2	3	5	7	11	13	17	19	23	29	31	37	41	43
47	53	59	61	67	71	73	79	83	89	97	101	103	107
109	113	127	131	137	139	149	151	157	163	167	173	179	181
191	193	197	199	211	223	227	229	233	239	241	251	257	263
269	271	277	281	283	293	307	311	313	317	331	337	347	349
353	359	367	373	379	383	389	397	401	409	419	421	431	433
439	443	449	457	461	463	467	479	487	491	499	503	509	521
523	541	547	557	563	569	571	577	587	593	599	601	607	613
617	619	631	641	643	647	653	659	661	673	677	683	691	701
709	719	727	733	739	743	751	757	761	769	773	787	797	809
811	821	823	827	829	839	853	857	859	863	877	881	883	887
907	911	919	929	937	941	947	953	967	971	977	983	991	997

ОПРАВДАВШИЙ ДОВЕРИЕ

Дмитрий Александрович Боев



О советской системе управления хозяйством сейчас принято говорить разное. Особенно, когда слушать приходится всё больше тех, кто никогда с ней не сталкивался, или видел её уже в период деструкции, в последнюю четверть XX века. Но и они не могут не отметить, что её передовой отряд всегда составляли компетентные и деловые специалисты, которых - в отличие от значительной части пришедших к ним на смену в более близкое к нам время волонтеристов - и должно называть "эффективными менеджерами". Они знали дело, за которое брались, и были воспитаны и призваны к делу в условиях жесточайшего отбора коллег и профессиональной конкуренции.

Было не так много случаев, когда целую отрасль доводилось представлять отдельным людям - и все они прекрасно известны. Для этого её надо было либо создавать - как делали, скажем Королёв или Курчатов, либо поддерживать своим талантом, знаниями, умениями работать и координировать работу других в кризисные моменты. Именно так, сохраняя плод коллективного разума ведущих специалистов отрасли, тридцать лет олицетворяет наше авиационное двигателестроение одна организация, созданная в 90-91 годы коллективным разумом лучших специалистов отрасли и всё это время управляемая одним и тем же человеком - В.М. Чуйко. Многого за это время объединялось и разъединялось, создавалось и распадалось - но не АССАД.

Существование АССАД - объединяющего стержня - одна из основных причин, что наше авиадвигателестроение сохранилось в наиболее полном объёме по сравнению с большинством отраслей отечественной промышленности. И эта Ассоциация, и её руководство оправдали чаяния её создателей. Одно время, когда в нашей промышленности наступил полный управленческий бардак, распались практически все связи - как организаций между собой, так и промышленности и государственных органов, даже бюджетное финансирование предприятий авиадвигателестроения и их смежников велось при посредстве этой общественной организации, которой поверили и авиадвигателестроители России, и руководители страны. И всё было цело, на месте и по уму. И деньги приходили по назначению и тратились они на то, на что были выделены.

Виктор Михайлович Чуйко, отмечая сейчас ДЕВЯНОСТОЛЕТИЕ продолжает свою деятельность на общее благо. Многие ему лета и сохранение желания и возможности и дальше при всех наших пандемическо-санкционных реалиях стоять на капитанском мостике созданного им корабля.



То, что летом 1978 года Виктора Михайловича Чуйко пригласили работать в Министерство авиационной промышленности, не удивило никого из тех, кто был хоть сколько-то знаком с ним. К отбору претендентов на такую работу, от которой зависела судьба многих людей, предприятий, а зачастую - и целых отраслей, в СССР подходили очень серьёзно. В результате случайные люди на руководящие должности практически не попадали. Это должны были быть работники с большим производственным опытом, всесторонним знанием специальности, хорошо представляющие, чем им предстоит заниматься. И ещё: немаловажно было мнение о них других специалистов отрасли, как работающих в руководящих органах, так и действующих непосредственно на предприятиях. Особенно на тех, откуда приглашался кандидат в руководители.

У Виктора Михайловича всё это было. И широчайшие знания, и практический опыт, и умение красиво разрешать любые, даже самые сложные практические вопросы, и авторитет среди сотрудников, подчинённых и руководителей. Много лет работая на крупнейшем нашем авиадвигателестроительном комплексе в Запорожье, он заслужил репутацию спокойного, надёжного и грамотного работника и руководителя, взвешенно относящегося к решению возникающих проблем и способного идти на тщательно продуманный риск. И ещё одно качество, какое выручало его всю жизнь: великолепная память и аналитический склад ума. В результате он практически ничего не забывал при работе (упущения по мелочи - это не для него) и формулировал мысль так, что она уже сразу была готова к дальнейшей её обработке другими сотрудниками. Ничего не надо было додумывать. Он и сейчас "говорит - как пишет" - готовыми, до конца взвешенными фразами. Мысль в них видна и ясно. Когда берёшь у него интервью, не приходится как-то перестраивать сказанное для улучшения читаемости.

Предполагалось перевести Чуйко из Запорожья в главк заместителем начальника по опытным работам. В е с ь м а престижно, хотя и хлопотно. Он, по его словам, "тянул резину" с ответом почти 9 месяцев: на заводе всё родное и знакомое, а тут - работа непривычная, и надо доказывать, что не зря выбрали именно тебя. Ну, дольше тянуть уже было попросту неприлично. Его действительно ждали в Москве. Процесс пошёл: и с 1 сентября 1979 г. Виктор Михайлович уже работал заместителем начальника ЗГУ МАП по опытным двигателям.

Если ещё при работе в Запорожье через руки Чуйко в той или иной мере проходили все двигатели производства этого завода: АИ-20, АИ-20Д, АИ-24, АИ-24ВТ, АИ-25, АИ-25ТЛ, Д-36, Д-18, то

теперь он был ответственный за разработку и производство всей гаммы отечественных газотурбин-





ных двигателей. Всё, на чём летает современная авиация - и гражданские, и военные двигатели, и ВСУ, а также и наземные ГТУ - прошло через его руки. Это РД-33, АЛ-31, НК-32, Д-18Т, Д-36 со всеми их модификациями. Были созданы двигатели для штурмовиков Р-95, Р-195 и Р-95Ш.

Разработаны и внедрены системы автоматического управления для этих двигателей. Это были годы очень напряженного труда всей авиационной промышленности СССР. В результате у нас появились такие самолеты, как МиГ-29, Су-27, Су-25, Ан-124, Ту-160 и Як-42. Развернуты работы по Ил-96 и Ту-204 с двигателями ПС-90А. В.М. Чуйко любит вспоминать высказывание министра авиационной промышленности П.В. Дементьева: "Заказчику надо дать не то, что он требует, а то, что ему нужно". Это означало, что институты промышленности и ОКБ, изучая мировой опыт, должны знать каждую текущую проблему, тем более - в динамике, лучше, чем эксплуатационники, которые живут сегодняшними, но вчера созданными, самолетами. И то, что они в основном предлагают, это по большей части модернизация существующего. А в комплексе всё это должна знать промышленность с её прикладной наукой. Именно на этой основе была создана вся тактика отечественного авиационного двигателестроения.

Менее чем через два года работы в МАП, в марте 1981 года, Виктор Михайлович был назначен на должность главного инженера 3-го ГУ, а в 1984 году уже стал заместителем министра. К сожалению, в журнальной статье нет возможности рассказать обо всех сложностях, с которыми пришлось столкнуться В.М. Чуйко вместе со всей нашей промышленностью в период "застоя" плавно переходящего в "перестроечный" период стагнации нашей экономики, который пришёлся как раз на время его работы в министерстве. И в том, что наше авиационное двигателестроение не свернулось оконча-



тельно вместе со всей остальной промышленностью, есть и его весьма немалая заслуга.

Когда в конце 80-х годов стали сокращать численность работников министерства, ликвидировали производственные главки. Готовилась более крупная реорганизация, но никто не знал точно: какая. И она нагрелась вместе с событиями 1991-1992 годов - союзные министерства были ликвидированы.

Один из основных провозглашённым высшей администрацией страны (!) лозунгов

в конце 80-х годов XX века было, что "оборонка сидит на шее народа". Гайдар прямо говорил: "Мы же не собираемся ни с кем воевать. Так зачем нам вообще армия? Зачем оборонная промышленность? Их надо заменить маленькими мобильными полицейскими силами". Это стало именоваться "конверсией". Прошедшие годы ясно показали, что делают с теми, кто таким образом "не собирается воевать" и полностью теряет способности к самозащите. Это было ясно и тогда. Надо было заделывать эту брешь в общественном сознании. В 1990 году мотористы МАП, несмотря на колоссальные трудности, организовали выставку "Авиадвигателестроение-90". Эта первая выставка была посвящена конверсии. В это время появились выставки серий "конверсия", "высокие технологии", "наука" и еще целый ряд подобных, проводившихся как в Москве - на ВДНХ, выставочном комплексе на Красной Пресне, Сокольниках, так и в других городах.

Непосредственным организатором выставки и привлечения для участия в ней предприятий, никогда ранее открыто не демонстрировавших свои разработки в экспозиции, выступили специалисты двигательных главков МАП во главе с заместителем министра Виктором Михайловичем Чуйко.



Формировать экспозицию поручили ЦИАМ им. П.И. Баранова - главному институту двигателестроительной подотрасли МАП. Со сроками проведения выставки несколько ошиблись: наплыв посетителей был такой, что вместо предполагаемой недели, она продолжалась более месяца. Надо сказать, что такой же судьбы удостоится и следующая выставка этой серии, 92-го года.

И все увидели, что из общего объёма производства МАП, выпуск двигателей для авиации составляет только 43 %, остальные 57 % - это газоперекачка, энергетика, бурение, перекачка газа и жидкостей, производство большой номенклатуры технически сложных товаров народного потребления. Это прежде всего показало, что авиационное двигателестроение никак не "сидит на шее у Государства". При этом, новые авиационные технологии тут же передаются в народное хозяйство.

Тогда впервые "секретную подотрасль" открыли, в том числе и для иностранцев. Впрочем, начиная с 1985 года МАП уже работал со SNECMA, Pratt&Whitney, MTU, Rolls-Royce. На выставке и другие фирмы увидели, что выгодно устанавливать кооперацию с советскими фирмами. Посетители выставки ощущали гордость за свою страну. Интерес у народа был настолько велик, что сроки работы выставки пришлось продлить.

Конечно, с начала 90-х годов трудности на предприятиях увеличились. К тому же постоянно реформировались государственные структуры, министерства.

Но авиамотористов эти события не застали врасплох. К ним они начали готовиться еще в 1989 году. В это время под руководством В.М. Чуйко была создана рабочая группа руководителей предприятий и сотрудников 3-го и 13-го ГУ с опорой на юристов, которая начала заблаговременную работу над созданием структуры, которая сумела бы в случае ликвидации министерства координировать работу авиационного двигателестроения в новых условиях. Наиболее удачной формой такого объединения посчитали ассоциацию. Рабочие заседания шли в ЦИАМ им. П.И. Баранова при участии его начальника Д.А. Огородникова или в НПО им. Чернышова. Подготовили устав и учредительный договор. Первый вариант предусматривал функции, близкие к министерским. Но большинство директоров это отвергло: "Вы что! Хотите

опять командовать, как и раньше!?" Тогда предложили организацию более свободную. Опять говорят: "Так вы хотите взносы получать и не работать!?" В ре-





зультате уточнения всех взглядов и родился АССАД: Ассоциация "Союз авиационного двигателестроения". Общим мнением, Чуйко стал ее президентом и генеральным директором.

Ассоциация оказалась единственной организацией, которая объединяет двигателистов. Такое качество она сохраняет и в наше время, объединяя как предприятия, входящие в Министерство промышленности, так и те, что в него не вошли, но работают на авиастроение, а также иностранные научные и промышленные организации, с которыми традиционно осуществляется взаимодействие. И это - уникальное явление в нашей промышленности. Организация выставок укрепляет связи двигателистов с аппаратом президента, правительства и структурами, которые руководят оборонной промышленностью. За это время двигателистами руководили последовательно семь ведомств (Минпром, Комитет, Госкомитет по оборонным отраслям, Миноборонпром, Минэкономики, Росавиакосмос, Роспром). Без объединения судьба отрасли было бы весьма плачевна.

АССАД оказался на высоте. Он знал о предприятиях всё: кадры, экономику, номенклатуру выпускаемой продукции, проблемы, решаемые задачи и многое другое. Руководство предприятий всегда для ориентира имело сравнительную информацию о своем месте в "строю".



На первых порах это было очень важно. АССАД стал лоббировать интересы отрасли в Думе, в правительстве. Он взял на себя функции организатора периодических выставок или соответствующих разделов на выставках. АССАД координирует работу предприятий, положительно влияет на их взаимоотношения с руководством страны, во многом берет ответственность на себя за подготовку кадров для собственных предприятий. Как говорил Виктор Михайлович: "Работа с молодыми специалистами - главное, чем надо заниматься, если хотим иметь будущее". Ассоциацией реализуется развернутая программа действий с молодежью. Учрежден целый ряд именных стипендий АССАД в основных вузах авиационного направления. Совместно с головными НИИ отрасли регулярно проводятся конференции и симпозиумы молодых ученых и специалистов, на которых они могут обменяться мнениями и определить свое место и уровень работы в сравнении с национальной и мировой практикой.



По этой же причине Ассоциация поддерживала различные молодежные конкурсы и олимпиады, рассчитанные на привлечение в отрасль наиболее толковых выпускников школ.

Да и наш журнал был создан в ходе одной из первых выставок серии "Двигатель" журналистами и специалистами, в ней участвовавшими, в убеждении того, что работа, проводимая АССАД - во благо нам всем и не поддерживать её доступными нам средствами, было бы неверно.

Под руководством Виктора Михайловича Ассоциация продолжает неуклонно проводить ту же техническую политику, какую проводил МАП: внедрение на предприятиях отрасли всего лучшего и прогрессивного, чем богато мировое авиадвигателестроение.



С 2003 года по решению Правления Генеральной дирекции АССАД издается сборник "Созвездие". Он предназначен для самого широкого круга читателей, которых интересует история развития отечественной промышленности. Сборник посвящен Личностям отечественного двигателестроения. Он состоит из очерков о выдающихся конструкторах, организаторах, руководителях отрасли. По словам В.М. Чуйко: "Это - наша память и долг уважения как к уже ушедшим создателям отрасли, так и к тем, кто составляет её славу сейчас". Работа продолжается - готовится уже 15-я книга сборника.



И сегодня Виктор Михайлович убежден, что отечественное авиастроение (и, конечно же, авиадвигателестроение) не просто возродится, а займёт то место, которое должно занимать. В стране есть все возможности для этого, и есть реальный спрос на продукцию этой отрасли.



В стране есть все возможности для этого, и есть реальный спрос на продукцию этой отрасли.

Президент международного "Союза авиационного двигателестроения", Действительный член Академии наук авиации и воздухоплавания, лауреат премии Правительства СССР. Лауреат Государственной премии УССР, лауреат премии Правительства России, доктор технических наук, профессор - Виктор Михайлович Чуйко - безусловный лидер и душа отечественного двигателестроения.

С юбилеем, Виктор Михайлович!



60 ЛЕТ

В ТАНКОВОМ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ

В 2021 Г. АКЦИОНЕРНОМУ ОБЩЕСТВУ НИИД - 69 ЛЕТ

ОАО "НИИД":

Николай Иванович Троицкий, генеральный директор с 1991 по 2011 г.
Максим Николаевич Лавров, генеральный директор с 2011 г.

ОАО "Научно-исследовательский институт двигателей" 1 ноября отмечает 60-летие со времени своего образования.

60 лет тому назад в этот день вышел приказ № 1 по выделившейся из Центрального института авиационного моторостроения (ЦИАМ) и ставшей самостоятельной научно-исследовательской Лаборатории двигателей (НИЛД). Со времени основания ЦИАМ в 1930 году её предшественник - отдел нефтяных двигателей (ОНД) - был одним из двух ведущих отделов института. Другим был отдел бензиновых двигателей. Организатором и первым руководителем ОНД был выдающийся конструктор и ученый Алексей Дмитриевич Чаромский. Он же - инициатор организации и самого ЦИАМ.

В 1930-40 гг. ОНД являлся передовой организацией в СССР по быстроходным дизелям. Здесь был создан самый мощный в мире в те годы авиационный дизель АН-1. Большое влияние ОНД оказал на создание танкового дизеля В-2, лучшего танкового мотора времен Великой Отечественной войны. На завершающем этапе доводки В-2 Главным конструктором был назначен Т.П. Чухахин - ведущий сотрудник ОНД, которому в 1941 г. за разработку новой конструкции дизеля была присуждена Сталинская премия.

В ОНД (позднее - лаборатории № 7 ЦИАМ) работали такие известные ученые-двигателисты как Т.М. Мелькумов, А.И. Толстов, Л.М. Белинский, И.В. Астахов, Д.А. Портнов, В.А. Кутовой и др.

В 1952 г. в связи с прекращением работ по авиационным дизелям лаборатория № 7 была расформирована. В это время в авиации широко внедрялись газотурбинные двигатели, которые обеспечивали качественный скачок в основных характеристиках - скорости, грузоподъемности и высотности летательных аппаратов.

По инициативе начальника лаборатории № 7 профессора Ана-



Алексей Дмитриевич Чаромский
Заслуженный деятель науки и техники
РФ, д.т.н., профессор
(1899-1982)



Анатолий Игнатьевич Толстов
Заслуженный деятель науки и техники РФ,
д.т.н., профессор, основатель и первый
директор НИИД (1897-1966)

толия Игнатьевича Толстого группа сотрудников лаборатории обратилась с письмом на имя И.В. Сталина с просьбой сохранить ее и передать заинтересованному ведомству. Просьба мотивировалась тем, что в лаборатории был накоплен большой опыт по разработке и испытаниям быстроходных дизелей. В октябре 1952 г. состоялось Постановление Совета Министров СССР о выделении ОНД из состава ЦИАМ им. Баранова и преобразовании ее в самостоятельную единицу - Научно-исследовательскую лабораторию двигателей (НИЛД) с

подчинением Минтрансашу СССР.

Первоначально в НИЛДе, директором которой был назначен А.И. Толстов, были созданы четыре тематических подразделения: отдел дизельных двигателей, отдел топливной аппаратуры и систем автоматического регулирования, конструкторское бюро и группа профессора А.Д. Чаромского, занимавшаяся теорией и конструкцией двухтактного дизеля. В конце 1953 г. был организован отдел газотурбинных двигателей.

Лаборатория двигателей в то время продолжала оставаться на территории ЦИАМ им. П.И. Баранова. Она имела свой производственный участок и несколько экспериментальных стендов для исследования одноцилиндровых дизелей и топливо-регулирующей аппаратуры.

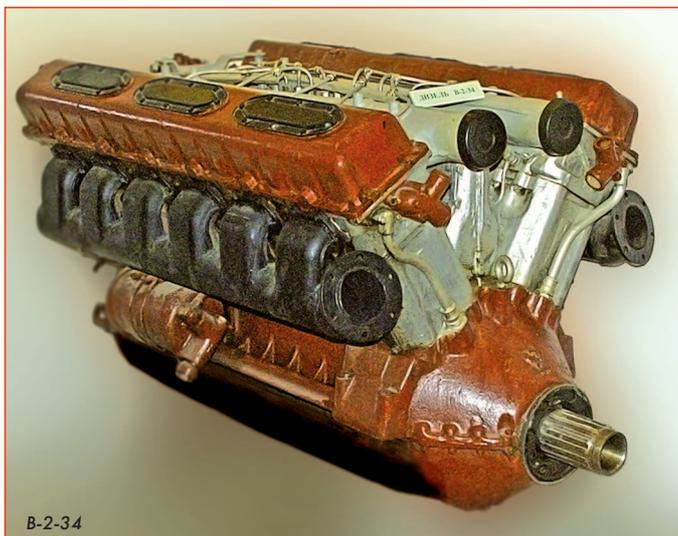
Под председательством А.И. Толстова был организован Ученый совет, в состав которого вошли такие крупные ученые как А.С. Орлин, В.В. Уваров, Ю.А. Степанов, М.А. Хайлов, главные конструкторы И.Я. Трашутин, Б.Г. Егоров.

С конца 1953 г. начала функционировать аспирантура, в которой за прошедшие годы для отрасли подготовлено более двухсот научных работников.

В июле 1957 г. Лаборатория двигателей была передана в ведение Миноборонпрома СССР. Связано это было с необходимостью более плотного ее подключения к работам по двухтактному дизелю 5ТД, создаваемому в Харькове по предложению сотрудника НИЛД А.Д. Чаромского для танка нового поколения - Т-64.

С этого времени в жизни лаборатории, в 1958 г. переименованной в Научно-исследовательский институт двигателей (НИИД), начался более чем 10-летний этап деятельности, связанный с доводкой двигателя 5ТД и 5ТДФ, в который включилось большинство сотрудников института.

А.Д. Чаромский был назначен главным конструктором по моторостроению завода им. Малышева и ему пришлось практически заново формировать конструкторское бюро по танковым двигателям. На первых порах компоновать двигатель 5ТД помогали конструкторы НИЛД. На стенде института уже был создан и работал одноцилиндровый отсек такого двигателя (У-305), на котором велись исследования процессов продувки цилиндра, топливоподдачи, смесеобразования и сгорания.



B-2-34

Конструкция двигателя 5ТД требовала высокого технологического уровня, соответствующего авиационному моторостроению. Таким уровнем технологии завод им. Малышева не располагал. Доводка танка Т-64 и особенно его моторно-трансмиссионного отделения шли с большими трудностями. Причины были как конструкторские, так и производственно-технологические, так как параллельно с доводкой конструкции двигателя шла доработка технологии его изготовления и отладка серийного производства. Несмотря на все трудности в доводке, дизель 5ТД в 1959 г. успешно прошел МВИ.

Однако еще ранее (в 1958 г.) возникла необходимость увеличить мощность двигателя с 426 кВт (580 л.с.) до 510 кВт (700 л.с.). Двигатель 5ТД был форсирован и получил название 5ТДФ. Доводка форсированной модификации потребовала привлечения усилий многих организаций не только оборонной, но и авиационной промышленности и других смежных отраслей. Потребовалось создание новых материалов, присадок к маслам, приборов, оригинальных методик испытаний. По новым материалам особенно успешными были разработки ЦНИИМ, НИРП (Москва), ВНИИСтали, по присадкам к маслам - АЗНИИ (присадка ИХП-3). Большой вклад в доводку двигателя внесли специалисты ВНИИтрансмаш, ВНИТИ, ЦИАМ, ЦНИТИ и многих других институтов.

НИИДом в процессе доводки двигателя 5ТДФ было выполнено более двухсот работ по анализу дефектов и проверке мероприятий по их устранению.

Все работы по танку Т-64 и двигателю 5ТДФ жестко контролировались ЦК КПСС, СМ СССР, Миноборонпромом, Министерством обороны. За ходом опытных работ наблюдал лично секретарь ЦК КПСС Д.Ф. Устинов.

В 1966 г. танк Т-64 с двигателем 5ТДФ успешно выдержал межведомственные испытания и в 1967 г. был принят на вооружение.

В последующие годы на базе двигателя 5ТДФ в ХКБД под руководством Главного конструктора Н.К. Рязанцева были разработаны шестичилиндровые модификации 6ТД, 6ТДФ мощностью 735...1100 кВт (1000...1500 л.с.).

По мере возникновения задач росла и развивалась организационная структура института - были созданы: отдел научно-технической информации (1955), приборный отдел (1959), позднее преобразованный в отдел вычислительной техники и разработки приборов для испытаний двигателей, отдел эксплуатации (1963 г., с 1978 г. - эксплуатационной надежности), отдел прочности, отдел горючесмазочных материалов (1963), отдел стандартизации (1969), патентное бюро, отдел испытаний двигателей (1974), отдел метрологии (1976), отдел народнохозяйственной продукции (1993).

В 1964 г. с Московского тормозного завода институту было передано КБ по специальному электрооборудованию. В 1960-е гг. этим КБ был разработан ряд генераторов (Г-6,5, Г-731 и др.), стартер-генераторов (СГ-10 и СГ-18), пускорегулирующая аппаратура. В 1970-80-х годах КБ разработало вентильные генераторы мощностью от 6 до 30 кВт (ГП-6,5, ГП-10, ГП-26 и др.), превосходящие по удельным массогабаритным показателям коллекторные генераторы в 2...2,5 раза и генераторы переменного тока фирмы "Бош" в 1,25...2 раза.

В 1959 г. приказом Министерства обороны в НИИД было уч-

реждено военное представительство.

Для лучшего взаимодействия с заводами и институтами отрасли были организованы базовые группы на заводе им. Малышева, на Челябинском тракторном заводе, в ЛНПО им. В.Я. Климova, на полигоне МО в Кубинке (с 1972 г. - 38 НИИИ БТТ).

В развитие института в 1960-80-е годы большой вклад внес Лев Иванович Пугачев, который был директором Института на протяжении 25 лет (1966 - 1991). Все эти годы большую организационную работу вели первый заместитель директора по научной работе Радамес Иванович Давтян и главный инженер Виктор Григорьевич Лавров.

Параллельно с работами по 5ТДФ институт постоянно участвовал в развитии модификаций двигателей семейства В2. На примере двигателей этого семейства можно проследить, как удачно выбранная конструктивная схема двигателя обеспечила ему невиданное долголетие и позволила использовать его модификации в четырех поколениях отечественных танков - Т-34, Т-54/55/62, Т-72 и, наконец, современном Т-90. В декабре 2009 г. отмечалось 70-летие создания этого двигателя. Семейство В-2 (главные конструкторы И.Я. Трашутин, В.И. Бутов, В.И. Гордеев, В.С. Мурзин) - это целая эпоха в отечественном танковом двигателестроении, в развитие которого институт также внес большое число принципиальных решений по совершенствованию рабочего процесса, топливной аппаратуры, цилиндропоршневой группы, схемы и агрегатов воздухопитания, а также методологии испытаний, новых ГСМ и др.

Многолетние творческие связи институт имеет и с конструкторским бюро Барнаульского завода транспортного машиностроения. Этим КБ было разработано и освоено в производстве завода унифицированное семейство танковых дизелей УТД (главные конструкторы Е.И. Артемьев, Б.Г. Егоров). Семейство охватывало диапазон мощностей от 220 до 735 кВт (300...1000 л.с.) и нашло самое широкое применение в ВГМ и на колесных шасси.

В середине 1960-х годов в связи с разработкой танков нового поколения остро встал вопрос о создании компактной и мощной силовой установки на базе газотурбинного двигателя.

Отдел газотурбинных двигателей НИИД в это время возглавлял В.И. Гайгеров. Отделом разрабатывались возможные пути реализации в ПТД специфичных требований, предъявляемых к двигателю транспортной машины. Были развернуты работы по расчету, конструированию и испытаниям основных узлов - турбин, компрессоров, камер сгорания, теплообменников, систем топливо-поддачи и регулирования, а также по решению таких проблемных для транспортного ПТД вопросов как экономичность, особенно на режимах "малого газа", тормозная мощность, приемистость.

После многочисленных экспериментальных работ по газотурбинным силовым установкам, проведенных на Ленинградском Кировском заводе, ВНИИТМ, УВЗ, НИИД и других предприятиях, были определены основные концепции создания танкового ПТД и его систем.

Не останавливаясь на всех этапах пройденного пути, следует отметить лишь ряд пионерских работ, выполненных институтом:

- разработка совместно с ОКБ-6 ЧТЗ (Главный конструктор В.Б. Михайлов) первого специального (а не конвертированного из вертолетного прототипа) танкового газотурбинного двигателя с теплообменником ГТД-700, заданные параметры которого были получены буквально с первого образца;

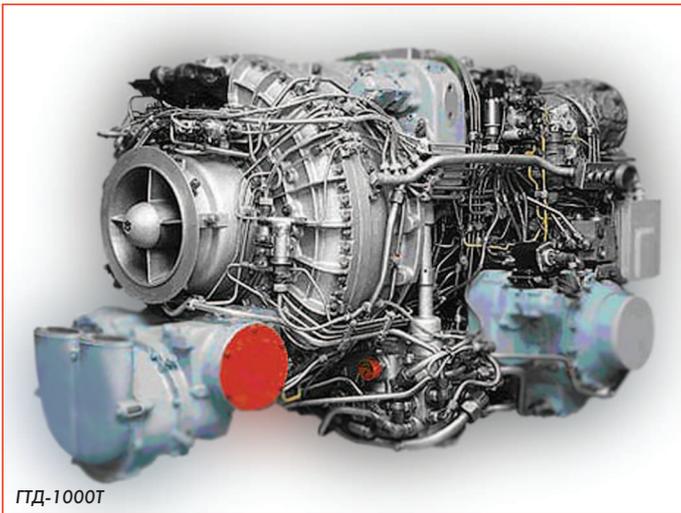
- разработка и экспериментальное исследование на модельном двигателе ТС-12М способов улучшения динамических и тормозных характеристик двухвального ПТД, в том числе проведенное впервые в СССР исследование регулируемого соплового аппарата силовой турбины для этих целей;

- разработка совместно с тем же КБ, впоследствии преобразованном в СКБ "Турбина", газотурбинного двигателя ПТД-ТЗ мощностью 320...450 л.с. для боевой машины пехоты БМП-1, который успешно прошел 300-часовые заводские стендовые испытания.

Создание ПТД мощностью 1000 л.с. для танка Т-80 было поручено ЛНПО им. В.Я. Климova (главный конструктор С.П. Изотов), одному из лучших ОКБ Минавиапрома по вертолетным двигателям. Коллектив ОКБ С.П. Изотова спроектировал трехвальный двигатель, по-



5ТДФ



ГТД-1000Т

лучивший название ГТД-1000Т и довел его по параметрам и надежности. Под этот двигатель на Калужском моторном заводе с 1976 г. было развернуто серийное производство.

В 1977 г. танк Т-80 с двигателем ГТД-1000Т был принят на вооружение, на год раньше, чем разработанный в США танк М1 "Абрамс" с газотурбинным двигателем АGТ-1500. Создание танка Т-80 явилось важным этапом в развитии отечественного танкостроения и подтвердило достигнутый в СССР высокий уровень конструкторской мысли и технологических решений.

Дальнейшие опытные работы по танковому ГТД ЛНПО им. В.Я. Климova продолжало в направлении создания двигателей увеличенной мощности (ГТД-1000ТФ, ГТД-1250, ГТД-1250Г и ГТД-1500Г) и опытного двухвального двигателя (ВТДТ-1000Ф).

На всех этапах создания двигателя ГТД-1000Т и его модификаций НИИД принимал самое активное участие. В отделе ГТД к середине 1970-х годов насчитывалось около 90 ИТР, в том числе 11 кандидатов наук. Исследовались нагрузочные, динамические и тормозные характеристики двигателя, пути совершенствования турбин и компрессоров, повышения надежности силовой турбины и подшипниковых узлов. Изучались средства борьбы с пылевыми отложениями в проточной части, элементы системы регулирования и др. Многие рекомендации и мероприятия, предложенные специалистами института, были введены в конструкторскую документацию двигателя.

Институт принимал участие в испытаниях двигателей в ЛНПО им. В.Я. Климova, в пробеговых и войсковых испытаниях танков, провел ряд работ по снижению расхода топлива на режиме "малого газа", по созданию совместно с ЦНИИАГ (1972) и экспериментальной отработке на стенде НИИД макетного образца системы автоматического и полуавтоматического переключения передач в КП.

Институт предложил перейти на алюминиевые радиаторы системы охлаждения, отработал конструкцию и технологию изготовления этих радиаторов, обеспечивающих снижение массы и повышение в том же объеме теплорассеивающей способности примерно на 20 % по сравнению с латунными радиаторами. Алюминиевые радиаторы прошли необходимые виды испытаний и были введены в конструкторскую документацию.

С увеличением работ по двигателям отрасли рос и

развивался научный и производственно-экспериментальный потенциал института. После преобразования Челябинского филиала НИИД в самостоятельное предприятие СКБ "Турбина" в 1970 г. было принято Правительственное решение о строительстве в подмосковном Солнечногорске экспериментально-производственной базы института (СЭБ). Первая очередь строительства была введена в строй в 1986 г. и включала инженерно-лабораторный корпус, корпус экспериментальных стендов с производственным цехом и компрессорной станцией, электроподстанцию, градирню и обслуживающие системы. Общая площадь производственных и вспомогательных помещений составила 13 тыс. м².

К 1993 г. было в основном завершено создание в СЭБ комплекса экспериментальных стендов (2-я очередь). В составе СЭБ - более 25 стендов для испытаний дизелей и ГТД (мощностью от 3 до 1100 кВт), стенды для испытаний компрессоров и турбин, агрегатов наддува дизелей, теплообменных аппаратов, пылевых испытаний сопловых аппаратов турбин, одноцилиндровые установки, стенды для испытаний узлов и деталей двигателей из керамических конструкционных материалов, а также других узлов, агрегатов и отдельных элементов энергосиловых установок - всего около 30 стендов.

В состав испытательного комплекса входят: электроподстанция мощностью 16 тыс. кВт, система оборотного водоснабжения производительностью 430 м³/ч с теплосъемом 6,5·10⁸ кДж/ч, компрессорная станция производительностью 8 кг/с воздуха давлением 0,8 МПа, склад ГСМ, очистные сооружения для ливневых вод и другие инженерные сооружения. СЭБ НИИД включена в государственный реестр уникальных стендовых испытательных баз организаций научной сферы.

С вводом СЭБ институт сформировался как аналитический, конструкторский и исследовательский центр специального танкового двигателестроения. В 1985-1988 гг. (к пику своего развития) НИИД состоял из 14 тематических отделов с общей численностью около 700 человек, в том числе 6 д.т.н., 36 к.т.н.

В институте сложились общепризнанные научные школы по рабочему процессу двигателей, разработке цилиндропоршневой группы ТПД, центробежных компрессоров и другие.

К числу важных проблем развития отечественного дизелестроения, решенных институтом в 1960-1980 гг., следует отнести решение вопросов работы дизеля на различных сортах топлива ("многоотпливность") и обеспечение его "холодного" пуска при температуре ниже минус 10...20 °С.

В рамках прикладных НИР были исследованы возможности применения в силовых установках объектов БТВТ двигателей новых схем, в том числе роторного двигателя с воспламенением от сжатия, "адиабатного" двигателя, возможности автономного движения объекта по дну водоемов без доступа воздуха, проблемы аккумулирования энергии в силовых установках с механическими накопителями, пути создания малоразмерных энергоагрегатов, системы электронного управления топливоподачей в ТПД и ГТД, новые схемы турбонаддува и другие. Была разработана методология диагностирования технического состояния двигателей и оценки их надежности по результатам эксплуатации.

Многие проведенные работы были доведены до практической реализации в ОКР, другие пока ждут своего времени для внедрения и составляют так называемый научно-технический задел.

Нельзя не отметить регулярные исследования, которые институт проводил по анализу технического уровня и направлений развития отечественных и зарубежных двигателей с оценкой наиболее интересных разработок зарубежных фирм. Информационный центр НИИД ежеквартально выпускал сборники "Анализ технического уровня транспортных двигателей", которые пользовались заслуженным вниманием многих предприятий и организаций отрасли.

Институтом, как базовой организацией отрасли по стандартизации, выпущены свыше 90 нормативных документов (ГОСТы, ОСТы и другие), проведены работы по каталогизации и



Экспериментально-производственная база НИИД (Солнечногорск, Московская область)



оценке надежности двигателей БТВТ, совершенствованию методов стендовых испытаний двигателей.

Перестройка и переход на новые экономические отношения резко изменили положение института. Снизилась нагрузка от двигателестроительных заводов и КБ, которые сами оказались далеко не в лучшей ситуации, резко упало финансирование работ по гособоронзаказу. Не имея собственных производств и товарного выхода, институт оказался в сложном финансовом состоянии, что привело к задержке выплат заработной платы (до 6 месяцев) и низкой ее величине. Это не замедлило сказаться на утечке кадров, в том числе квалифицированных ИТР. Особенно тяжелые времена институт пережил в 1995-1997 гг.

Несмотря на отмеченные трудности того времени, в институте удалось сохранить определяющий состав научных работников и ИТР, сохранить производственную и экспериментальную базу.

Удалось сохранить и основную часть социальной сферы института - его базу отдыха "Импульс" на Пятницком водохранилище, где ежегодно отдыхают многие сотрудники института и члены их семей.

Финансовое положение стабилизировалось только в 1999 г.

В эти годы институт принял участие в работах по модернизации двигателей объектов БТВТ, завершившихся созданием двигателя В-92С2 мощностью 735 кВт (1000 л.с.) в ЧТЗ (главный конструктор В.С. Мурзин) и УТД-32Т мощностью 485 кВт (660 л.с.) в Барнаултрансмаш (главный конструктор А.С. Калюнов).

В 1999 г. три танка Т-90С с радиаторами системы охлаждения, изготовленными в НИИД, успешно прошли в Индии испытания, предшествовавшие заключению известного контракта.

Совместно с ВНИИ НП и заводами отрасли в 1999-2002 гг. проведен комплекс работ по созданию всесезонного термостабильного масла для высокофорсированных дизелей, завершившийся организацией серийного производства масла М5₃/16Д₂.

Проведены НИР по повышению надежности поршней высокофорсированных ТПД и созданию элементов электронных систем топливоподачи и регулирования.

По решению Российского агентства по обычным вооружениям и ГАБТУ МО РФ в 2001 г. при НИИД создан межотраслевой Координационный Совет по проблемам развития перспективных силовых установок для объектов БТВТ.

С начала 2000-х годов в институте было освоено малосерийное производство алюминиевых радиаторов для систем охлаждения силовых установок танков Т-80 и Т-90 и сейчас продукция этого производства составляет значительный объем работ института.

В связи с постоянным дефицитом средств, выделяемых на развитие науки, организация производственных участков и мелкосерийных производств рассматривалась как средство укрепления финансового состояния института.

С этой же целью в 2008-2011 гг. была проведена разработка двигателей на базе минского дизеля Д246 для систем электроснабжения новых ракетных комплексов и также освоено их производство.

Научно-технический потенциал института ус-



Стенды Солнечногорской экспериментальной базы НИИД

пешно был применен в конверсионных разработках. В частности, в работах по Московской программе использования альтернативных видов моторного топлива на автомобильном транспорте города в 2005-2008 гг. отработана топливная аппаратура двигателя а/м "Бычок" на экологически чистом моторном топливе - диметилэфире. Несколько автомобилей с такой дублирующей системой топливоподачи успешно прошли предварительные испытания и опытную эксплуатацию.

В соответствии с Указом Президента РФ от 27 августа 2007 г. институт введен в состав интегрированной структуры - ОАО "Научно-производственная корпорация "Уралвагонзавод" и в январе 2009 г. преобразован в открытое акционерное общество ОАО "НИИД".

Основные работы института с этого времени направлены на научно-техническое сопровождение доводки двигателей ОАО "ЧТЗ" и их дальнейшее совершенствование, создание научно-технического задела по ключевым вопросам их развития с целью радикального повышения технического уровня. В производственном плане - дальнейшее развитие производства радиаторов систем охлаждения и дизелей энергоагрегатов.

С текущего года после долгих лет "перестройки", впервые начато финансирование развития отечественного двигателестроения в рамках ФЦП "НТБ" по подпрограмме "Создание и организация производства в РФ в 2011-2015 гг. дизельных двигателей и их компонентов нового поколения". В институте и смежных предприятиях открыты ряд новых НИОКР, что вселяет надежды на возрождение отечественного дизелестроения, которое за последние 20 лет существенно отстало от зарубежного уровня по многим техническим показателям.

Своим многолетним опытом институт доказал умение решать на высоком профессиональном уровне задачи по оценке технического уровня двигателей, разработке ТЗ на новые двигатели и материалы, разработке новых решений и созданию научно-технического задела, по сопровождению ОКР, информационному обеспечению и др.

На протяжении всей деятельности института ему оказывало поддержку руководство Миноборонпрома: министры С.А. Зверев, П.В. Финюгов, В.К. Глухих, генеральный директор Российского агентства по обычным вооружениям А.В. Ноздрачев.

Работы по двигателям и силовым установкам объектов БТВТ велись в тесном взаимодействии с руководящим составом Минобороны: А.Х. Бабаджаняном, Ю.М. Потаповым, А.А. Галкиным, С.А. Маевым и др. Свой шестидесятилетний юбилей коллектив института встречает напряженным трудом. Опираясь на большой вклад предшественников в создание и развитие двигателей для объектов БТВТ, открытое акционерное общество "Научно-исследовательский институт двигателей" в полной мере готово выполнить возложенные на него задачи. □



Пока верстался этот материал

11 декабря 2021 года на 84 году жизни скончался в больнице от сердечной недостаточности при КОВИДе один из авторов этой статьи Николай Иванович Троицкий, доцент кафедры Э-3 МГУ, многолетний руководитель "танкового НИИД" (с 2009 года АО НИИД), крупнейший в России специалист по газотурбинным двигателям тяжёлых наземных транспортных машин различного предназначения, почетный машиностроитель РФ, автор более 180 научных статей и изобретений, член правления ассоциации "Союз авиационного двигателестроения", постоянный автор журнала "Двигатель" и один из наиболее деятельных членов его Редакционного совета.

И просто хороший человек, отсутствие которого будет ощущаться всегда. Приносим глубокое соболезнование родным и близким Николая Ивановича.



Ирина Ивановна Меркулова старший научный сотрудник Политехнического музея, отдел изучения коллекций и научной работы

В работе рассматривается группа электрических ламп накаливания с угольной нитью из коллекции "Источники света" Политехнического музея как вещественных свидетельств истории развития светотехники. Изготовленные в период существования первого международного электролампового картеля - "Verkaufstelle Vereinigter Glühlampenfabriken" ("Бюро продаж Объединенных электроламповых заводов"), - они являются воплощением тех новаций, которые произошли в светотехнической отрасли с 1903 по 1914 гг.

Электрические лампы с угольной нитью накаливания из музейной коллекции показывают все многообразие выпускаемых почти на протяжении 50 лет этих источников света - от так называемых "русских ламп" до ламп с металлизированной нитью. В те годы изобретатели всего мира активно работали над усовершенствованием угольной нити. Взрыв патентной деятельности на лампу накаливания приходится на период 1880-1890 гг. В многочисленных патентах предлагались изменения, касающиеся конструкции лампы, ее дизайна, применяемых материалов, их обработки. В дополнение к патентам на сами лампы появились патенты на производственные процессы, инструменты для изготовления ламп, которые включали в себя новую технологию изготовления стеклянных колб, улучшенную герметизацию вводов, новые методы крепления углеродных нитей к платиновым вводам и т.п.

Главной задачей было найти способ для получения прочных и однородных угольных нитей. Важнейшим изобретением был способ получения нити путем прессования ее из органической массы [1]. В 1884 г. Дж. Сван предложил прессовать нить из массы коллодия, растворенного в уксусной кислоте, и после непосредственной ее обработки безводным алкоголем обугливать полученную нить в графитовых тиглях без доступа воздуха. Нить, кроме того, подвергалась процессу укрепления посредством накаливания в атмосфере газообразного углеводорода. Впоследствии способ Свана видоизменялся: были предложены другие материалы и для основной массы, и для растворителя. Использовались и новые методы дальнейшей обработки нити. Но принципиально способ Свана сохранялся до "конца жизни" ламп с угольной нитью.

В России производство электрических ламп накаливания было организовано в Петербурге в 1881 г. на заводе "Товарищества П.Н. Яблочков и К". Просуществовав около десяти лет, производство в конце концов оказалось нерентабельным и было прекращено. Основным поставщиком электрических ламп в Россию являлась Германия. На две крупнейшие компании не только Германии, но и мира, - "Siemens & Halske" и "Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft" (AEG) приходилась большая часть импорта. Эти фирмы стали инициаторами создания первого международного электролампового картеля.

Возникшая в 1880-е годы электроламповая индустрия сразу стала международной. К началу XX в. в германской промышленности производством ламп накаливания занималось около 20 заводов. Крупные производители, с одной стороны, использовали меры по защите собственных коммерческих интересов, а с другой - стремились к сотрудничеству с крупными конкурентами, чтобы и затормозить появление новых мелких производителей, и контролировать крупных. К тому же, кризис начала 1900-х гг. ознаменовался ожесточенной конкурентной борьбой, в результате которой цены на лампы накаливания падали. Из достаточно дорогого предмета роскоши 1880-х гг., когда электрический свет считался технологическим чудом, угольная лампа превратилась в доступный элемент быта, приносящий скромную прибыль электротехническим компаниям. Чтобы положить конец дальнейшему падению цен, в сентябре 1903 г. в Берлине "Siemens & Halske" и AEG, совместно с наиболее крупными европейскими производителями электрических ламп учредили "Verkaufstelle Vereinigter Glühlampenfabriken" (VVG).



Рис. 1. Verkaufstelle Vereinigter Glühlampenfabriken GmbH, Berlin (VVG) 1903 - 1914 гг.

К картелю примкнуло большинство крупных фабрикантов Германии, Австро-Венгрии, Италии, Голландии и Швеции, т.к. большинство фабрик в этих странах было организовано при помощи немецких капиталов. На первых порах всего было 18 предприятий. Вне соглашения остались английские, испанские и французские фирмы [2]. (Рис. 1)

Целью сформированного картеля было регулируемое ценообразование, а также - снижение затрат за счет планового распределения продаж, что исключало промежуточную торговлю. Было разработано соглашение о повышении стандартов качества ламп накаливания и снижении конкуренции. Основными задачами картеля являлись установление цен на лампы, установление квот для членов картеля и распределение прибыли. Согласно договору, участники обязались воздерживаться от любой прямой или косвенной продажи своей продукции, кроме как через VVG; они также обязались воздерживаться от любого участия в любых новых или сторонних заводах по производству ламп или деталей. Каждая фирма должна была признать патенты других фирм, предоставить им право пользоваться своими патентами, обмениваться производственным и лабораторным опытом.

В сферу деятельности картеля входила и реклама. Члены картеля были вынуждены ограничивать свои возможности в этом отношении, используя только рекламные материалы, поставляемые центральной организацией.

В большинстве случаев, каждая фабрика занималась производством определенного типа ламп. Определялся объем производства каждого участника, который скупался картелем целиком по твердо установленной цене. Прибыль, полученная сверх

установленных норм, должна была распределяться согласно установленным квотам.

Помимо 22,633%, соответственно, AEG и "Siemens & Halske", основных европейских производителей, компании "Tungsram" и "Philips" получили наибольшие квоты с 11,316% и 11,307% соответственно. (Рис. 2)

Поскольку все участники картеля хотели получать на установленном у них оборудовании максимально возможную прибыль, они обязались не внедрять новую технику, которая позволяла бы выпускать лампы по более низким ценам. К общему удовлетворению, картель сумел в течение ряда лет держать стабильный уровень цен [3].

Однако, целью картеля было не только сдерживание цен, но и повышение качества выпускаемой продукции. На начальном этапе к

Glühlampenproduzent	Herkunftsland	Quote
AEG	Deutsches Reich	22,633 %
Siemens & Halske	Deutsches Reich	22,633 %
Vereinigte Elektrizitäts-Gesellschaft	Österreich-Ungarn	11,316 %
Philips	Niederlande	11,307 %
Watt	Österreich-Ungarn	7,134 %
Pintsch	Deutsches Reich	6,579 %
Kremenezky	Österreich-Ungarn	6,010 %
Goossens & Pope	Niederlande	3,196 %
Geinhausen	NL/Deutsches Reich	2,040 %
Constantia	Niederlande	1,927 %
Schweiz. Glühlampenfabrik Zug	Schweiz	1,626 %
Bayerische Glühlampenfabrik	Deutsches Reich	1,259 %
Sturm & Co	Österreich-Ungarn	2 – 3 %

Рис. 2. Согласованное распределение квот участников VVG
Источник: <http://othes.univie.ac.at/>

лампам предъявлялись претензии по поводу их низкого качества. Из-за несовершенной технологии они были неэкономичны, имели короткий срок службы; неудовлетворительная сортировка и неправильная маркировка были обычным явлением. Существование картеля обеспечивало стабильность для входящих в него компаний при гарантированных продажах, поэтому для них появилась возможность направлять финансовые средства на механизацию и автоматизацию производства, что, в свою очередь, способствовало введению стандартов на лампы и повышению их качества.

Вещественными свидетелями новаций являются лампы из коллекции "Источники света" Политехнического музея, изготовленные во время действия картельного соглашения. Выявленные 8 единиц хранения имеют логотип VVG, 5 из них - клеймо изготовителя. (Рис. 3)

Одна из ламп изготовлена компанией "Siemens & Halske". Она имеет тело накала в виде петлеобразной нити, закрепленной на

двух электродах без поддержки, и снабжена стандартным резьбовым цоколем. (Рис. 4)

Разнообразие цоколей и патронов для ламп было одной из важных проблем на первоначальном этапе.

Цоколь Эдисона, принятый во многих странах, получал все большее распространение несмотря на то, что и в нем контактные поверхности были различной величины. Вопрос о стандартизации цоколя

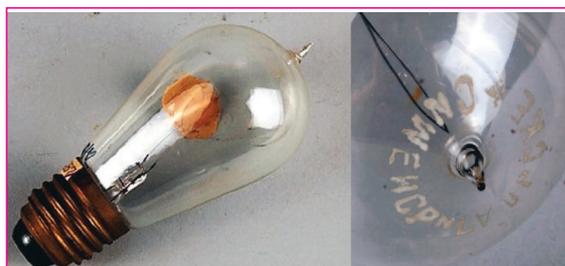


Рис. 4 Лампа накаливания электрическая 110 5 2.3.410 V.V.G.Германия, Siemens & Halske

патрона. К 1900 г. гипсовая изоляция с ее тенденцией впитывать влагу и отслаиваться от стеклянной колбы была заменена на изолирование фарфором, а цоколь крепился к колбе с помощью водостойкого цемента.

Две лампы изготовлены компанией AEG, одна из которых - цветная. (Рис. 5)

Для цветных ламп редко использовали цветное стекло, чаще окрашивали прозрачное стекло, для чего предварительно тщательно мыли спиртом, а затем в горящем состоянии погружали стеклянную часть лампы в цветной спиртовой лак. Вынув лампу, ее не выключали до тех пор, пока лак не засохнет.



Рис. 5 Лампа накаливания электрическая 16 105 п-6 V.V.G.Германия, AEG

Следующая лампа выпущена в Вене на фабрике компании "Watt" в 1910 г. (Рис. 6)

В цилиндрической колбе нить, кроме электродов поддерживается специальным проволочным крючком, прикрепленным с помощью стеклянного держателя к стенке колбы.

Лампа с витой угольной нитью с тремя петлями изготовлена на одной из самых известных немецких компаний - "Pintsch AG". (Рис. 7)

Как и во всех лампах, изготовленных в это время, ее колба в широкой части имеет удлинение, образовавшееся на месте стеклянной трубки, через которую при изготовлении лампы выкачивался воздух.

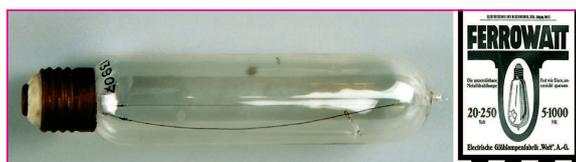


Рис. 6 Лампа накаливания электрическая 8-120 25 II.10. V.V.G.Австро-Венгрия, ВенаWATT A.G.

Все лампы картельного периода служат отражением происшедших в это время процессов, связанных с улучшением световых характеристик и разработкой новых типов ламп. Участие в картеле

облегчало фирмам принятие решений об инвестициях в развитие. В течение срока действия контракта они должны были предоставить

имеющиеся у них патенты на угольные лампы остальным членам картеля. Поскольку картель купил патенты на усовершенствование ламп и отдал их в общее пользование, было возможно поддерживать качество продукции на высоком уровне

не при относительно низких затратах. А успехи в области производства и передачи электроэнергии значительно снижали затраты на освещение.

К 1906 г. объем продаж картеля достиг 31,4 млн. ламп. Вне договора оставалась небольшая группа мелких фабрик с общим объемом производства не более 1 млн. шт. (Рис. 8)

В это время угольные лампы начали вытесняться металлическими, поэтому обороты картеля понемногу сокращались. Картель, созданный для продажи угольных ламп, распался 31 марта 1914 г.



Рис. 7 Лампа накаливания электрическая 16 - 120 V.V.G. Германия, Берлин PINTSCH A.G.



Рис. 8 Лампа накаливания электрическая

в 1924 г. мировому картелю "Phoebus" стать наиболее прибыльным и наиболее надежным способом установления долгосрочного присут-

ствия на мировом рынке электрических источников света. По мнению специалистов, впоследствии опыт, накопленный в картеле VVG, позволил ново-

му, созданному

Литература

- 1 Иванов А. П. Электрические лампы и их изготовление. Петроград: Научное химико-техническое издательство, 1923.
- 2 Киселев В. А. Электропромышленность в ее прошлом и настоящем. М.: 1915.
- 3 Карвайна Г. Электрическая держава. М.: Издательство "Прогресс", 1988.

Связь с автором: iimerkulova@polytech.one

ПРОИЗВОДСТВО

КАДРЫ ПРОДОЛЖАЮТ РЕШАТЬ ВСЁ

Беседа редактора журнала Д.А. Боева с заместителем генерального директора АО НПП "Аэросила" по кадрам и социальной политике Валентином Леонидовичем Автономовым

Боев Д.А.: *Насколько важным является в проведении современной кадровой политики сохранение преемственности в процессе организации трудовой деятельности?*

Автономов В.Л.: АО НПП "Аэросила" существует уже девятый десяток лет. Как достаточно давно работающее градообразующее предприятие - что предполагает взаимодействие нескольких поколений работников - Аэросила может твердо стоять на ногах только опираясь на грамотный и приверженный делу кадровый состав. Это касается и конструкторов, и рабочих, и инженеров, и управленцев. Сохранение преемственности в работе неизбежно предполагает выявление, развитие и поддержание внутри предприятия сотрудников со значительным творческим потенциалом с целью привлечения их в перспективе для рабо-

ты на ключевых должностях - как ведущих специалистов, так и руководителей различного уровня. Это необходимо чтобы обеспечить стабильность работы предприятия, оперативно и без потери качества и темпа работы заменить ушедшего с предприятия или с должности специалиста обученным, специально подготовленным сотрудником.

Б: *Ведётся ли предприятием работа по привлечению к работе на нём подрастающего поколения: школьников старших классов, студентов, обучаемых в ВУЗах и техникумах?*

А: В Аэросиле много лет существует практика постоянно обновляющегося резерва кадров с обучением, тренингами и материальным стимулированием включенных в список резерва специалистов различных направлений работы. Однако же, для того, чтобы реализовать на практике потенциал кадрового резерва, необходима заинтересованность в реализации своих творческих способностей в предлагаемых обстоятельствах входящих в него сотрудников, на которых рассчитывает руководство предприятия. И не последнюю скрипку в этом ансамбле перспективных мер имеет материальное подкрепление творческих устремлений кандидатов на занятие должностей - хотя бы уже для того, что-



В конструкторском подразделении ВСУ АО НПП "Аэросила"



В.Л. Автономов со студентами Ступинского филиала МАИ

бы они ощущали реалистичность происходящего. Потому и в Положении о кадровой политике Аэросилы, действующем с 2012 года, подчеркивается, что "Базовым компонентом системы мотивации и стимулирования сотрудников предприятия является механизм материального вознаграждения". Это безусловно и несомненно. Но этим дело не ограничивается, конечно же. Кадровая служба предприятия работает в тесном контакте с администрациями школ и гимназий Ступинского региона в плане профориентации старшеклассников, с регулярной организацией тематических экскурсий по подразделениям предприятия.

Б: Даёт ли эффект в кадровых вопросах работа Аэросилы с ВУЗами?

А: АО НПП "Аэросила" заключило договора о сотрудничестве с Московским, Самарским, Уфимским, Рыбинским авиационными университетами и Ступинским авиационно-металлургическим техникумом. На основании этих договоров на базе АО НПП "Аэросила" регулярно организуются стажировки и преддипломные практики студентов этих учебных заведений с закреплением за каждым наставника из числа опытных работников предприятия. Студенты упомянутого Ступинского техникума и Ступинского филиала МАИ, помимо экскурсий и встреч с ведущими специалистами предприятия, на постоянной основе проходят оплачиваемую предприятием производственную практику. На договорной основе с филиалом МАИ осуществляется дополнительное углубленное чтение лекций преподавателями института по тематике проектирования авиационных двигателей. И эта система срабатывает: молодежь приходит на предприятие.

Б: Чем ещё заинтересовывает Аэросила молодое пополнение специалистов?

А: Молодым специалистам, прибывающим работать на Аэросилу, предоставляются места в общежитии, а также компенсируется оплата съемного жилья и

части ипотечного кредита. Да и купить жильё в Ступино - что новострой, что "вторичку" можно существенно дешевле, чем в столице.

На Аэросиле с советских ещё времён сохранилась возможность для работников предприятия повышать свою квалификацию на весьма авторитетных курсах и семинарах. Если раньше так было повсеместно по всей стране, то теперь только на таких живых предприятиях,

как Аэросила. Молодые специалисты предприятия посещают и участвуют в качестве стендистов на выставках и форумах авиационной и оборонной направленности, а также предоставляют свои работы на отраслевые конкурсы молодых специалистов.

До пандемии для молодежи предприятия устраивались регулярные выезды на театральные и концертные площадки Москвы, спортивные соревнования, байдарочные походы. Эта практика, несомненно, будет продолжена.

Б: Какой сейчас средний возраст работающих на предприятии?

А: На предприятии много молодежи. И средний возраст работников Аэросилы - 48 лет. И это при том, что опытных сотрудников, передающих молодёжи творческую основу работы предприятия здесь весьма уважают и создают им все условия для такой деятельности. Так, старейшему действующему инженеру-конструктору Станиславу Михайловичу Шушпану идет 83 год. Он - бесценный клад опыта и знаний, охотно делящийся ими с молодежью. И то же можно сказать о практически всех ветеранах Аэросилы.



Стенд АО НПП "Аэросила" на выставке "МАКС-2021"

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

ВЛИЯНИЕ РАВНОВЕСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АДИАБАТЫ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ НА ПРОФИЛИРОВАНИЕ СВЕРХЗВУКОВОГО СОПЛА

ФГБОУ ВО "Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)" (МАИ):

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н., профессор
Николай Юрьевич Кочетков, к.т.н., старший преподаватель

Турбулентность в сверхзвуковом потоке отсутствует, и это упрощает процесс профилирования сверхзвукового сопла ракетного двигателя. Традиционные способы с помощью решения обратной задачи теории сопла предполагают знание точной величины показателя адиабаты Пуассона, которая современными методами определяется не точно. Из термодинамических расчетов известны лишь равновесные значения, являющиеся границами интервала всех возможных значений. В работе предложен метод определения показателей адиабаты Пуассона для реальных газов в зависимости от характерной температуры. Соответствующие показатели учитываются при профилировании сопел. Показано, что отличие в размерах контура сопла весьма заметное даже при небольших изменениях показателей адиабаты и приводит к ощутимым величинам потерь удельного импульса тяги.

There is no turbulence in the supersonic flow, and this simplifies the process of profiling the supersonic nozzle of a rocket engine. Traditional methods by solving the inverse problem of the nozzle theory assume knowledge of the exact value of the Poisson's adiabatic index, which is not accurately determined by modern methods. From thermodynamic calculations, only equilibrium values are known, which are the boundaries of the interval of all possible values. The paper proposes a method for determining the parameters of the Poisson's adiabatic for real gases depending on the characteristic temperature. The corresponding indicators are taken into account when profiling the nozzles. It is shown that the difference in the size of the nozzle contour is very noticeable even with small changes in the adiabatic parameters and leads to noticeable losses of the specific thrust impulse.

Ключевые слова: Турбулентность, профилирование, показатель адиабаты, неравновесность.
Keywords: Turbulence, profiling, adiabatic index, disequilibrium.

Существует большое число способов профилирования сверхзвуковой части сопел ракетных двигателей (ЖРД, РДТТ и т.д.) [1 - 7]. Принцип профилирования основан на достижении максимального уровня энерго-массовых характеристик. Это означает, что при разработке сопловых блоков нужно достичь таких параметров удельного импульса (энергетический аспект) и массы конструкции (механический аспект), при которых их совместное влияние будет выдавать максимальные значения тяги двигателя.

От способа профилирования сопла зависит реализация оптимального термодинамического процесса, происходящего при расширении потока. Применяется формула для расчета массы сопла:

$$M_c = \rho_{\text{мат}} \cdot \delta \cdot S.$$

Здесь $\rho_{\text{мат}}$ и δ - плотность материала сопла и толщина стенки сопла, S - площадь внутренней поверхности сопла.

Следует заметить, что величина удельного импульса тяги сопла зависит от степени его расширения. Важным фактором является и закон формирования термодинамического процесса, который определяет именно профиль расширяющегося канала. При этом важнейшим параметром газового потока продуктов сгорания является показатель адиабаты k . Поэтому при профилировании контура сопла он играет определяющую роль.

Различные способы профилирования сверхзвукового сопла

Многие способы профилирования для удобства конструирования сопел являются инженерными и, как правило, основаны на экспериментальном опыте, либо на использовании уже известных прототипов сопел, которые положительно показали себя в работе ракетных двигателей и зарекомендованы с хорошей стороны.

К таким способам следует отнести метод Вячеслава Даниловича Курпатенкова. Этот метод основан на обобщении большого числа результатов расчетов газового поля. Анализ линий тока в виде многочисленных таблиц позволил доказать результативность аппроксимации контура параболой, которую предлагалось строить методами начертательной геометрии по извест-

ным, либо заданным ограничениям на входе и выходе из сопла. При этом помимо координат точек критического сечения и среза в них задавались углы наклона. Выбор углов наклона на входе обосновывался расширением потока в сопле и желательным брался побольше, но был ограничен величиной некоторого максимального угла, при котором мог бы произойти отрыв потока. Угол на выходе (срезе) из сопла должен быть как можно меньше, но ограничен неким оптимальным углом, зависящим от газодинамических потерь удельного импульса (из-за трения и рассеивания) и массой сопла. Такой способ профилирования хорош своей простотой и часто используется в конструкторских бюро.

Другой способ подобен первому и отличается лишь выбором другой кривой - дугой окружности. Этот способ чаще применяется для высотных сопел, с большой степенью расширения. Здесь также используется в качестве кривой полином n -ой степени. Выбор коэффициентов этого полинома производится с помощью оптимизации на ЭВМ и основан на, так называемом, целенаправленном переборе различных контуров с различными коэффициентами. Этот способ предусматривает выбор внутри кривых различных классов парабол, гипербол, окружностей и называется прямой оптимизацией. Существуют и другие способы оптимизации.

Наиболее точным, в настоящий момент времени, является способ профилирования, основанный на решении обратной задачи теории сопла. В отличие от прямой задачи теории сопла, в которой рассчитывается газовое поле в уже известном контуре, обратная задача предусматривает восстановление крайней линии тока по данным, описывающим желаемое газовое поле. То есть по заданным параметрам поля в критике и на срезе сопла расчётным путём выстраивается линия тока и для каждого варианта расчёта выделяется крайняя, которую принимают за контур сопла.

Восстановление части газового поля производится методом характеристик, полученных из уравнения Эйлера, которое носит название идеального уравнения и не учитывает два важных

свойства: вязкость потока и его сжимаемость. Не вдаваясь в изложение самого способа, отметим, что он даёт в силу своей "идеальности" максимально возможные значения удельного импульса тяги и при этом не учитывает реальные свойства продуктов сгорания.

В связи с этим для коррекции полученных контуров, либо для адекватной оценки удельного импульса тяги в них оценивают потери удельного импульса эмпирическим способом и проверяют (продувают) сопла на эксперименте.

Метод характеристик - это очень изящный способ решения гиперболического уравнения математической физики. В настоящее время он используется при окончательном профилировании сопла. Для этого достаточно задать всего два параметра: число Маха на срезе M_0 , что, по существу, является желаемым удельным импульсом тяги:

$$M_0 = W_0 / a_0,$$

где W_0 - абсолютная скорость газа на срезе сопла, которая тождественно равна удельному импульсу тяги $W_0 \equiv J_{уд}$, и показатель адиабаты газового потока k .

Итак, всего лишь пара значений M_0 и k определяют контур сопла.

Этот контур для различных параметров затабулирован в удобной форме, а табличные значения позволяют его выстроить в виде конструктивного элемента - профиля.

Определение показателя адиабаты термодинамическим путём

Основное искусство при профилировании сверхзвуковой части сопла - это правильный выбор значения k - показателя адиабаты. Если число Маха нулевое может быть взято из технического задания (ТЗ), то показатель адиабаты необходимо правильно определить. Он должен соответствовать реальным свойствам продуктов сгорания.

В настоящее время используемые отечественные и зарубежные программы, предназначенные для термодинамического расчёта (Astra, CEA [8, 9], RPA и другие), не позволяют точно определять реальные значения свойств продуктов сгорания, например, значения теплоёмкостей, теплопроводности, вязкости, показатели адиабаты и другие, а предлагают всего лишь два крайних значения, которые рассчитываются для равновесных случаев при постоянной энтропии $dS = 0$. Это случаи, так называемого, замороженного течения при скоростях химических реакций близких к нулю и равновесного значения, проходящих со скоростью химических реакций, стремящихся к бесконечности. Другими словами, программы выдают две крайние точки: термодинамику очень близкую по составу к исходному топливу (замороженную) и термодинамику, полученную для уже полностью прореагировавшего химического состава - продуктов сгорания (равновесную). Но известно, что химическая реакция проходит не мгновенно, а укладывается, в хоть и весьма малое, но некоторое конечное время и зависит существенно от температуры. Поэтому эти электронные продукты внутри интервала от нуля до бесконечности реальных значений не выдают, а выдают лишь эти два крайних значения. Для различных тепловых характеристик они могут отличаться в разы и сильно влиять на интегральные параметры тепловых и силовых расчётов.

Существует небольшое количество программ, которые учитывают локальные характеристики химической неравновесности. Но эти программы весьма и весьма трудоёмкие с огромным числом нюансов комбинаторики и часто страдают недостатком требующихся для этих расчётов исходных данных. Разработчики этих программ пытаются подробно учесть прямые и обратные химические реакции, промежуточный состав, радикалы, для чего требуется множество условностей и ограничений.

Инженерный метод расчёта неравновесных термодинамических параметров

В работе [10] было показано, что уравнение Навье-Стокса справедливо только для благородных газов и не даёт правиль-

ных решений в случае химически неравновесных потоков. В последующих работах было получено уравнение движения, учитывающее все практические свойства реального газового потока: вязкость, сжимаемость и неравновесность:

$$\frac{d\rho v}{d\tau} = \text{div}\Pi - \frac{k+1}{k-1} \cdot P \text{grad} \ln P \psi(\xi).$$

Здесь неравновесность учитывается правым членом, а конкретнее функцией $\psi(\xi)$ [11, 12]:

$$\psi(\xi) = \frac{1}{\xi} e^{-\frac{1}{\xi}}, \text{ где } \xi = \frac{T}{\frac{E}{R}}.$$

Причём, если $\xi = 0$ - течение замороженное, а если $\xi = 1$ - равновесное.

При замороженном течении правый крайний неравновесный член пропадает, а уравнение превращается в уравнение Навье-Стокса, где Π - тензор Коши.

Таким образом, функция $\psi(\xi)$ определяет динамику химических реакций и в зависимости от температуры может выдавать значения для неравновесных случаев. Величина отношения E/R - энергии активации к универсальной газовой постоянной определяется эмпирически, а значения текущей температуры из равновесных расчётов.

Для определения неравновесных значений показателя адиабаты можно предложить следующую формулу:

$$\frac{k - k_{\text{равн}}}{k_{\text{зам}} - k_{\text{равн}}} = 1 - \psi(\xi).$$

Безусловно, формула является эвристической и не является точным решением, но для инженерных расчётов она вполне приемлема. Ведь решения по, так называемым, "точным" методикам с огромным числом алгебраических, химических и дифференциальных уравнений дают значения с большей погрешностью, определяемой, например, точностью задания исходных данных.

Профилирование с помощью метода характеристик

Первым шагом при профилировании необходимо сделать термодинамический расчёт и определить величины "замороженного" и "равновесного" значений показателя адиабаты. После чего по инженерной формуле для полученной температуры определить неравновесное (реальное) его значение.

Прежде чем сделаем основные расчёты, проведём исследование с целью выявления велико ли отличие в контурах, которые будут спрофилированы. Построим на одном графике контуры для замороженного и равновесного состава продуктов сгорания вдоль трёх линий тока: первой с угловой точкой, второй с небольшим скруглением в районе критического сечения и наиболее удалённой от первой - третьей. На рисунках 1 - 3 различными цветами выделены замороженный и равновесный расчёты.

Из рисунков видно, что разница между кривыми весьма существенна, то есть даже при весьма малом отличии в значениях показателей адиабат ординаты отличаются на величину до нескольких процентов.

Этот факт дал основание для учёта этого различия при профилировании одного из двигателей третьей ступени с диаметром критического сечения $d_{кр} = 53,0$ мм. Из рис. 4 следует, что абсолютное различие в диаметрах среза сопла этого двигателя составляет величину, равную радиусу критики - 26,5 мм.

На основании термодинамического расчёта определим показатели адиабаты для этого двигателя $k_{\text{зам}} = 1,22$ и $k_{\text{равн}} = 1,20$.

Значение E/R возьмём из работы [13]:

$$E/R = 9547 \text{ К.}$$

Температура в соответствии с термодинамическими расчётом составила $T = 3570$ К.

После подстановки в рабочую формулу определяем значение реального показателя адиабаты.

$$k_{\text{реал}} = k_{\text{равн}} + (1 - \psi(\xi))(k_{\text{зам}} - k_{\text{равн}}).$$

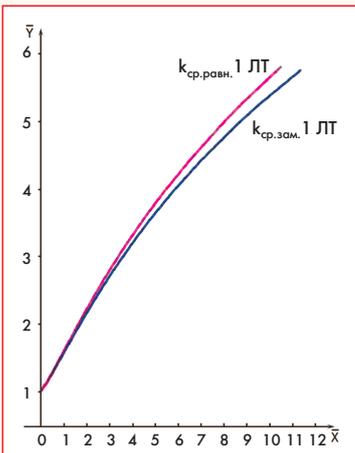


Рис. 1 Спрофилированный контур сопла по первой линии тока (1 ЛТ) для "замороженного" и "равновесного" показателя адиабаты

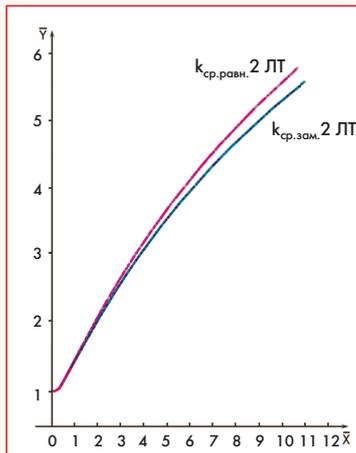


Рис. 2 Спрофилированный контур сопла по второй линии тока (2 ЛТ) для "замороженного" и "равновесного" показателя адиабаты

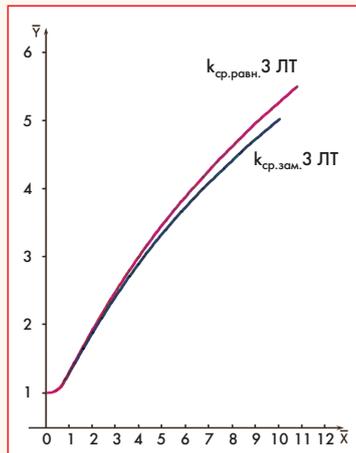


Рис. 3 Спрофилированный контур сопла третьей линии тока (3 ЛТ) для "замороженного" и "равновесного" показателя адиабаты

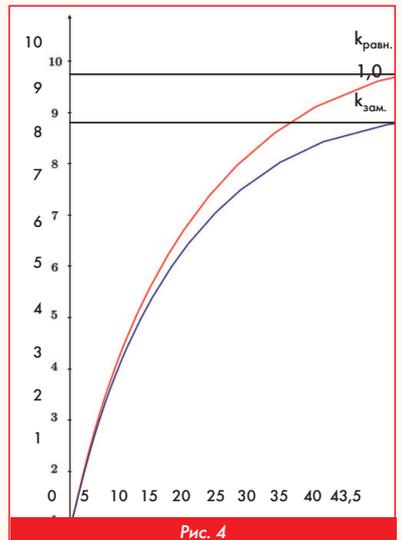


Рис. 4

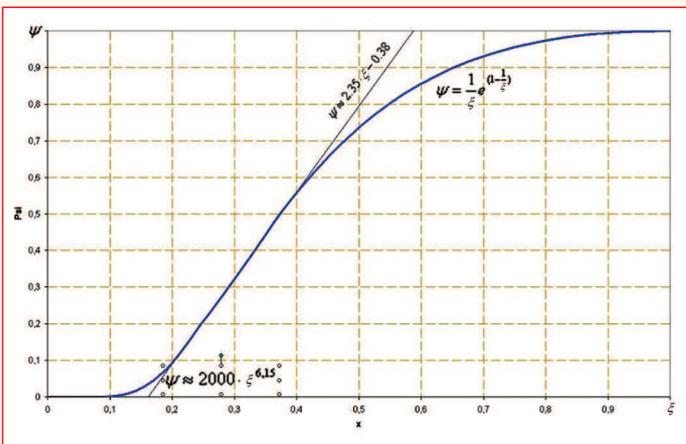


Рис. 5 Функция нормального насыщения

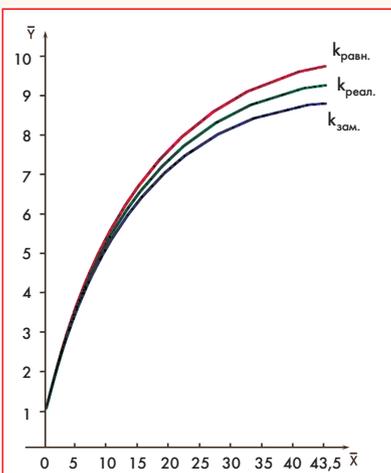


Рис. 6 Контур, спрофилированный по значениям реального показателя адиабаты

Значение функции $\psi(\xi)$ определим из графика рис. 5, где $\xi = T/(E/R) = 3570/9547 = 0,374$ или $\psi(\xi) = 0,5$.

Тогда:

$$k_{\text{реал}} = 1,2 + 0,5 \cdot 0,02 = 1,21.$$

Новый показатель адиабаты естественно находится между двумя крайними значениями: замороженным и равновесным. С этим значением и при том же значении $M_0 = 5$ рассчитаем новый контур сопла. На рис. 6 представлен новый контур, спрофилированный по значениям реального показателя адиабаты.

Анализ влияния показателя адиабаты на профилирование

Анализ, проделанный на основании результатов расчетных исследований, показал, что при профилировании совершенно необходимо правильно выбрать (рассчитать) величину показателя адиабаты. Несмотря на малые отличия в абсолютном значении ($k_{\text{зам}} = 1,22$ и $k_{\text{равн}} = 1,20$), линия контура, особенно степень расширения сопла, могут отличаться весьма заметно, и это может повлиять на величину удельного импульса тяги.

Если будет наблюдаться существенное отличие "замороженного" показателя адиабаты от "равновесного" и сопло в отличие от реального будет на несколько процентов более расширенное, то это необоснованное увеличение приведет к необоснованному увеличению удельного импульса тяги пропорционально разности пло-

щадей на срезе сопла. В случае равновесного - наоборот. И придется учитывать потери удельного импульса тяги из-за неравновесности химических процессов. Эти потери в настоящее время традиционно оцениваются величиной порядка 0,2 процента, и в пересчете их на полезную нагрузку или дальность они оказываются весьма ощутимыми. Уточненный контур позволит избавиться от расчета дополнительных потерь на химическую неравновесность. **П**

Литература

1. В.Д. Курпатенков. Расчет профиля сопла с изломом образующей // М. МАИ, 1975 г.
2. Д.А. Мельников, У.Г. Пирумов, А.А. Сергиенко. Сопла реактивных двигателей // Аэродинамика и газовая динамика, М. Наука, 1976 г.
3. А.М. Губерт, В.В. Миронов, Ю.М. Кочетков и др. Газодинамические и теплофизические процессы в ракетных двигателях твердого топлива // М. Машиностроение, 2004 г.
4. В.В. Семенов, А.А. Сергиенко, И.Э. Иванов, И.А. Крюков. Профилирование круглых сопел и регулирование их высотности // М. Вузовская книга, 2018 г.
5. И. Тимнат. Ракетные двигатели на химическом топливе // М. Мир, 1990 г.
6. А.Д. Рычков. Применение прямых оптимизационных методов для оптимизации осесимметричных сопел Лавала в случае равновесных и неравновесных двухфазных течений // Изв. АН СССР. МЖГ № 1, 1982 г.
7. Н.Ю. Кочетков. Энергетика и профилирование сверхзвуковых сопел РДТТ с двухсоставными зарядами // Двигатель № 1, 2010 г.
8. Трусов Б.Г. Моделирование химических и фазовых равновесий при высоких температурах. АСТРА-4. М.: МГТУ им. Э.Н. Баумана. 1991.
9. The NASA Computer program CEA (Chemical Equilibrium with Applications) URL: <https://www1.grc.nasa.gov/research-and-engineering/ceaweb/> (дата обращения: 08.04.2021)
10. Кочетков Ю.М. Турбулентность реальных газов. Благородное уравнение газовой динамики // Двигатель № 1, 2017 г.
11. Н.Ю. Кочетков. Разработка математического аппарата для расчета двухсоставных зарядов перспективных твердотопливных двигательных установок космического назначения // ж. РКТ ч1. Расчет, проектирование, конструирование и испытание космических систем № 1, 2010 г.
12. Кочетков Ю.М. Турбулентность. Закон пси от кси // Двигатель № 2, 2017 г.
13. Computational simulation and design applications for research and development in the field of Chemical Rocket Propulsion and Combustion. Rocket Propulsion Analysis. URL: <http://www.propulsion-analysis.com> <http://www.propulsion-analysis.com/index.htm> (дата обращения 08.12.2021)

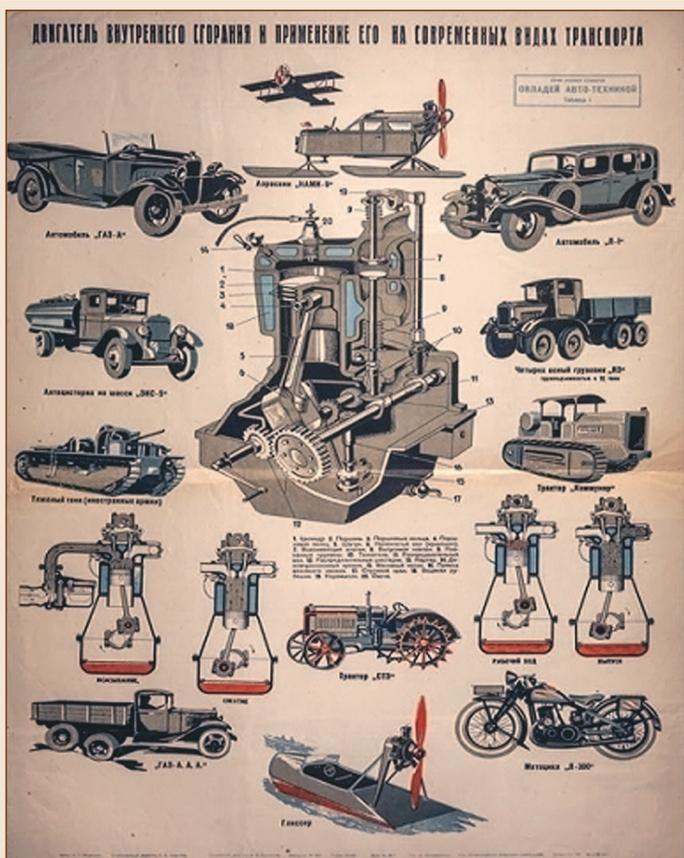
Связь с авторами: swgeorgy@gmail.com



СТАЦИОНАРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ СЕРИИ "Л" НА СУШЕ И НА ВОДЕ

Ольга Ильинична Тархова, старший научный сотрудник Политехнического музея

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС), с момента своего изобретения, стал сердцем автомобиля. Появление в дальнейшем многого множества разнообразных мощных и лёгких двигателей стало источником ускоренной эволюции транспорта. ДВС стали основным силовым агрегатом практически всего, что ездит, плавает или летает. Иллюстрацией этому служит изданный в 30-е годы прошлого века цветной учебный плакат из серии "Овладей автотехникой", имеющийся в фондовом собрании Политехнического музея.



мости масло в картер. Затем производился запуск двигателя, наблюдение за его действием и остановка по окончании работы. [1]

Самым старым в коллекции Политехнического музея является двигатель Л-12/2, изготовленный в 1937 году на Московском "Заводе № 37". Завод в тридцатые годы XX века являлся одним из центров отечественного легкого танкостроения и возможно такие двигатели выпускались для обеспечения работы оборудования ремонтных баз танковых частей.



Рис. 1 Стационарный двигатель Л-12/2 1937 год из фондового собрания Политехнического музея

Из всего разнообразия ДВС для рассмотрения в данной статье выбраны двигатели серии "Л", получившие широкое применение в качестве силовых агрегатов передвижных электростанций, подвижных подъемников, компрессоров, центробежных помп, моторных лодок и т. п.

Серия "Л" включала в себя три стационарных малолитражных четырехтактных карбюраторных двигателя эксплуатационной мощностью 3, 6 и 12 л.с., унифицированных по цилиндру - поршневой группе и имеющих значительное количество общих деталей.

В фондовом собрании Политехнического музея хранятся образцы двигателей серии "Л": Л-12/2, Л-3/2, Л-6/2 и Л-12/4.

В принятом обозначении двигателей серии "Л" числитель означает число сил, на котором двигатель может бесперебойно и длительно работать, а знаменатель - серию выпуска этого двигателя.

Двигатели серии "Л" имеют вертикально расположенные цилиндры и центробежный регулятор оборотов, поддерживающий автоматически при изменении нагрузки номинальное число оборотов в узких пределах. Зажигание осуществляется магнето высокого напряжения. Система питания двигателей - самотеком, система смазки - разбрызгиванием. Охлаждение двигателей - водяное термосифонное. Удачные технические решения, реализованные в конструкции двигателей серии "Л", упростили и облегчили их эксплуатацию. Для обслуживания двигателей не требовался персонал высокой квалификации. Достаточно было заправить топливо в топливный бак, залить воду в радиатор и пополнить при необходи-



Рис. 2 Испытатели малолитражных двигателей Л 3/2. Фото 1944 года. <https://ulpravda.ru/rubrics/soc/ulianovskii-motorny-zavod-stranitsy-voennoi-istorii>

С начала 40-х и до 60-х гг. 20 века выпуск двигателей серии "Л" стал осуществляться на Ульяновском заводе (УльЗИС), а затем на выделенном из него 6 сентября 1944 года Приказом Наркома среднего машиностроения Ульяновском заводе малолитражных двигателей (УЗМД).

Двигатели Л-3/2, выпускавшиеся в период Великой Отечественной войны, обеспечивали работу фронтowych передвижных электростанций. Во время Великой Отечественной войны двигатели серии "Л", не будучи оружием, способствовали Победе. В составе фронтowych передвижных электростанций они давали освещение блиндажам и землянкам, штабам воинских подразделений, полевым госпиталям, обеспечивали работу оборудования ремонтных баз. В художественном фильме "Дорогой мой человек" есть эпизод, где военный хирург спасает жизнь человека в операционной полевой госпитальной, освещаемой передвижной электростанцией. Все действие происходит под аккомпанемент работающего двигателя, стук которого символизирует борьбу за жизнь. В двигателе, показанном на экране крупным планом, легко узнать серию "Л". Самый известный стал Л-3/2 мощностью 3 л. с., которому фронтовики дали название "движок". Всего за время войны на Ульяновском заводе малолитражных двигателей было выпущено более 25 тысяч "движков". [2]

Наследие Ульяновского завода малолитражных двигателей (УЗМД) представлено в Политехническом музее стационарными двигателями Л-3/2 и Л-6/2 выпуска 50-х гг. 20 века.

Производство ДВС серии "Л" было организовано также на Петропавловском заводе малолитражных двигателей (ПЗМД) в Казахской ССР. Завод был организован в 1942 году на базе эвакуированных цехов московского завода им. Серго Орджоникидзе и Литейно-Механического Завода Наркомместпрома Казахской ССР на месте бывшего Менового двора в Петропавловске.

В фондовом собрании Политехнического музея хранится передвижная электростанция типа ЖЭС-9, приводимая в действие четырехцилиндровым двенадцатисильным двигателем Л-12/4, выпущенным в 1954 году. Учитывая тот факт, что на информационной пластинке (шильдике) нет логотипов "Завода № 37" г. Москва и Ульяновского завода малолитражных двигателей можно предположить, что двигатель был выпущен на Петропавловском заводе. Помимо двигателя в состав электростанции входят трехфазный синхронный генератор СГ-9С защищенного исполнения с возбуждением от селенового выпрямителя, распределительный щит с измерительными приборами и пуско-защитной аппаратурой, трансформатор-стабилизатор типа ТСТ-15/1 и бак для горючего. Двигатель Л-12/4 вращал СГ-9С через редуктор. Все оборудование смонтировано на общей сварной раме, закрытой капотом в форме прямоугольного параллелепипеда.



Рис. 3 Передвижная электростанция типа ЖЭС-9 1954 год из фондового собрания Политехнического музея

Передвижная электростанция, выпущенная на Бакинском электромеханическом заводе, предназначалась для питания электроэнергией электрифицированного инструмента, мелких электродвигателей и для освещения. Она широко применялась при механизации трудоемких работ в путевом хозяйстве железнодорожного транспорта и в других отраслях народного хозяйства. ЖЭС-9 могла эксплуатироваться в закрытых помещениях и на открытом воздухе в летнее и зимнее время при температуре воздуха не выше 35° С и была рассчитана на длительную работу под полной нагрузкой. [3,4]

Сохранившиеся в фондовом собрании Политехнического музея подлинники двигателей серии "Л" отражают конструктивные особенности полного ряда моделей стационарных бензиновых малолитражных двигателей данной серии.

Заслуженную популярность двигатели серии "Л" получили и как лодочные моторы.

Успех семейства "Л" обусловлен полным соответствием их параметров основному требованию к двигателю для лодки - надежности работы при наименьшем весе со всеми устройствами, входящими на 1 л. с. мощности. Эти двигатели стационарного типа до сих пор интересны нашим современникам и активно обсуждаются на многочисленных форумах водномоторников, где происходит обмен опытом восстановления и использования раритетной техники. В развитие этой темы в статье приведены сведения о двигателях серии Л, представленные в книге М.С. Глушенко, Б.В. Кузнецов, И.И. Шпинар "Лодочные двигатели". [5] Технические характеристики представлены в таблице 1, а конструктивные особенности - на рис. 1 и рис. 2.

Таблица №1 [5. с.30]

Техническая характеристика двигателей Л-3/2, Л-6/3, Л-12/4			
Показатели	Л-3/2	Л-6/3	Л-12/4
Мощность, л. с.	3	6	12
Число оборотов в минуту	2200		
Число цилиндров	1	2	4
Диаметр цилиндра, мм	65		
Ход поршня, мм	90		
Рабочий объем (литраж), см ³	298	597	1195
Степень сжатия	4,5—5		
Топливо	Бензин А-66 или А-72, ГОСТ 2084—56		
Смазка	Разбрызгиванием		
Сорт масла	АК-10 и АК-6		
Количество масла, л	1,6	2,25	5,5
Зажигание	От магнето типа М-27Б левого вращения	От магнето типа М-48Б или М-68 правого вращения	От магнето типа СС-4827 или М-6 правого вращения
Число оборотов магнето в минуту	1100	2200	2200
Запальные свечи	М-12/20 с диаметром резьбы 18 мм		
Тип карбюратора	К-12 Г-Б	К-12 Д-Б	
Регулировка числа оборотов	Центробежным регулятором		
Высота оси коленчатого вала от плоскости крепления картера, мм	150	160	160
Габаритные размеры, мм			
длина	625	705	890
ширина	515	475	575
высота	780	800	940
Сухой вес, кг	80	92	160

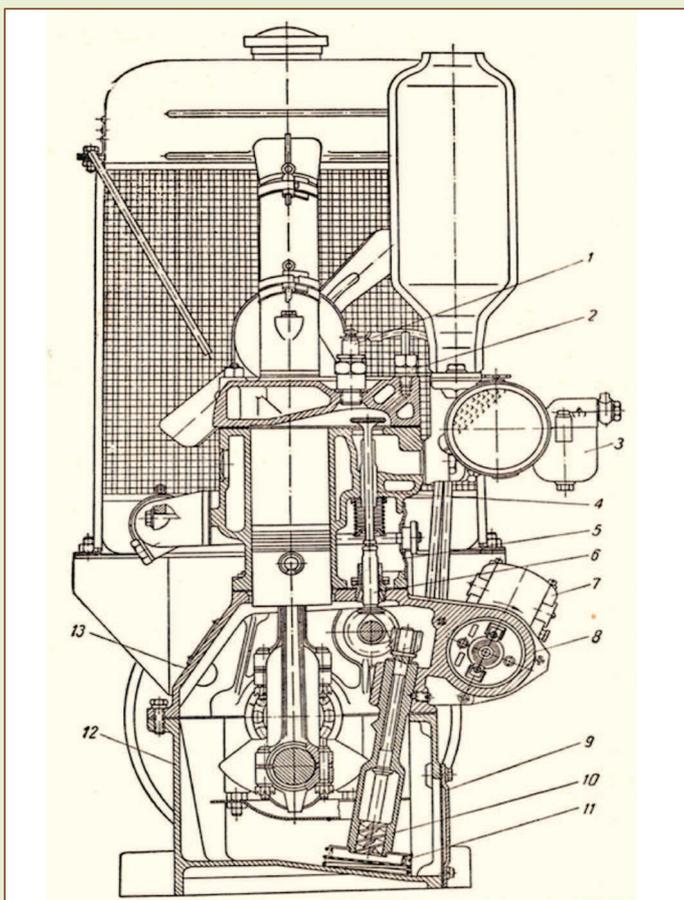


Рис. 4 Поперечный разрез двигателя Л-6/3 [5. с.32]

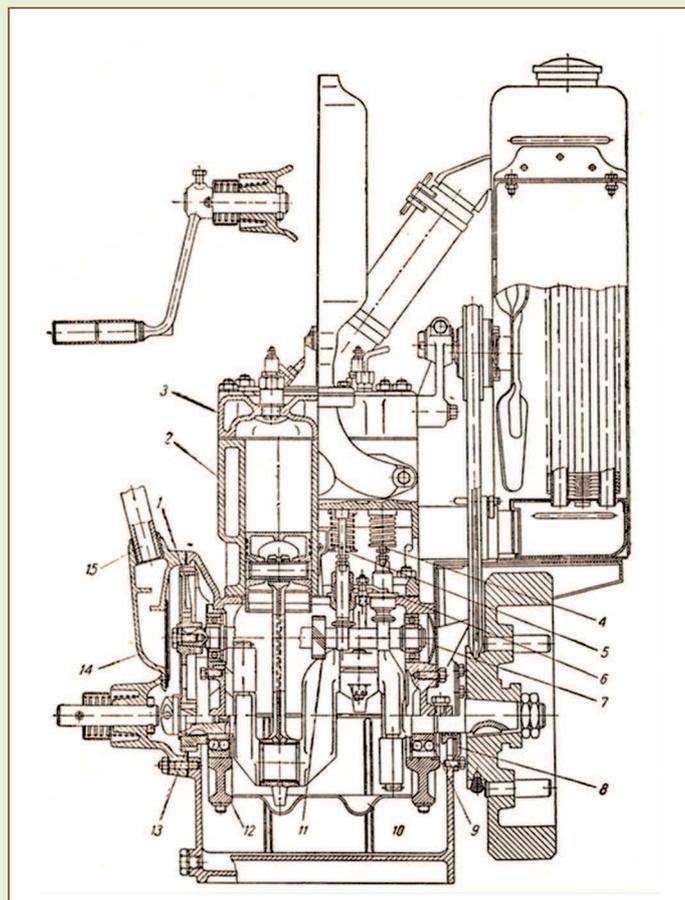


Рис.5 Продольный разрез двигателя Л-6/3 [4. с.31]

Рассмотренные в статье стационарные малолитражные четырехтактные карбюраторные двигатели серии "Л" свидетельствуют о сферах их применения, дают представление о конструкциях моторов, а также об отечественных заводах - изготовителях данной техники. Продолжительная и разносторонняя востребованность двигателей серии "Л" обуславливалась их технологичностью и высокими эксплуатационными параметрами.

Литература

1. Инструкция по эксплуатации стационарных малолитражных двигателей "Л-3/2", "Л-6/3" и

- "Л-12/4м" 1955 г. Министерство автотракторного и сельскохозяйственного машиностроения СССР Главмотовелопром Ульяновский завод малолитражных двигателей Петропавловский завод малолитражных двигателей
 2. <https://ulpressa.ru/2017/09/06/brandergofer-ulyanovskiy-motornyiy/>
 3. Брошюра: Передвижная электростанция типа ЖЭС-9: Краткая инструкция по обслуживанию/Мин-во электростанций и электропромышленности СССР. - М., 1954. - 16 с.: ил.
 4. Брошюра: Передвижные электростанции типа ЖЭС-2 ЖЭС-9: Назначение, технические данные и принцип действия/Министерство электростанций и электропромышленности СССР. - Л., 1953. - 8 с.: ил.
 5. М.С.Глушенко, Б.В.Кузнецов, И.И.Шпинар "Лодочные двигатели". Киев 1963 г.

НОВЫЙ БОЕВОЙ ВЕРТОЛЕТ СТАЛ ЧАСТЬЮ ВОЕННОГО УЧЕБНОГО ЦЕНТРА НИУ "МЭИ"



В ночь с 7 на 8 декабря 2021 г. на площадке перед Военным Учебным центром (ВУЦ) НИУ "МЭИ" было установлено новое учебное пособие - боевой вертолет МИ-24.

Боевая машина станет частью учебного комплекса ВУЦ МЭИ, на которой курсанты будут отрабатывать навыки аэродромной и инженерной подготовки.

Вертолет с неофициальным прозвищем "Крокодил" стал уже шестым учебным объектом военно-воздушного флота НИУ "МЭИ". Здесь, в самом центре Москвы, на Красноказарменной улице, уже установлены боевые самолёты Су-34 и Су-27, а также вертолет Ми-8. Вся техника на площадке - действующая, с неотработанным бое-

вым ресурсом. Ещё два самолёта находятся внутри ВУЦ МЭИ - на них отрабатывают операции по тестированию электроники и систем обеспечения самолётов.

"Сегодня НИУ "МЭИ" - единственный гражданский вуз страны, обладающий таким солидным и, главное, действующим боевым воздушным флотом", - отметил проректор по модернизации имущественного комплекса, директор Военно-инженерного института МЭИ Евгений Лейман - "Наши курсанты имеют возможность проходить полномасштабную военную подготовку исключительно на базе НИУ "МЭИ". Новый вертолет в нашем "флоте" позволит расширить возможности подготовки, обеспечить полный комплекс задач по подготовке военных инженеров".



УОС НИУ МЭИ

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОГАЗОДИНАМИКИ РДТТ С ДВУХСОСТАВНЫМИ ЗАРЯДАМИ

ФГБОУ ВО "Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)" (МАИ):

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н., профессор

Николай Юрьевич Кочетков, к.т.н., старший преподаватель

Термогазодинамика двигателей на твердом топливе с двухсоставными зарядами существенно отличается от аналогичных двигателей, в составе которых используется один монолитный заряд. Этот факт обусловлен именно тем, что величина подмеса продуктов сгорания низкотемпературного топлива существенно зависит от начальной конфигурации заряда и закона совместного выгорания. Термодинамические расчеты показали немонотонность изменения основных параметров в зависимости от величины подмеса охлаждающего топлива. Для определяющих параметров зафиксированы экстремумы. Показана независимость влияния термодинамических параметров камеры сгорания и газодинамических параметров сверхзвукового сопла на величину удельного импульса тяги двигателя и дополнительных потерь, связанных с переходом на двухсоставные заряды. Показана необходимость учета динамики выгорания зарядов и особенностей термогазодинамики на профилирование сверхзвуковых сопел.

The thermogasodynamics of solid fuel engines with twocomponent charges differs significantly from similar engines, which use one monolithic charge. This fact is due precisely to the fact that the amount of the combustion products of low temperature fuel significantly depends on the initial configuration of the charge and the law of joint burnout. Thermodynamic calculations have shown the nonmonotonicity of changes in the main parameters depending on the amount of the cooling fuel admixture. Extremes are fixed for the defining parameters. The independence of the influence of the thermodynamic parameters of the combustion chamber and the gasdynamic parameters of the supersonic nozzle on the magnitude of the specific impulse of the engine thrust and additional losses associated with the transition to two component charges is shown. It is shown that it is necessary to take into account the dynamics of charge burnout and the features of thermogasodynamics for profiling supersonic nozzles.

Ключевые слова: турбулентность, термогазодинамика, двухсоставной заряд, подмес, дополнительные потери удельного импульса.

Keywords: turbulence, thermogasodynamics, twocomponent charge, suspension, additional loss of specific impulse.

Создание новых ракетных двигателей сопровождается не только появлением оригинальных конструктивных решений, но и ростом энергетических характеристик твердых топлив. В результате температура продуктов сгорания (ПС) приближается к 4000 К. Этот уровень природные материалы не выдерживают, в связи с чем нужны новые конструктивные решения [1]. Производители топлив интенсивно работают над созданием новых рецептов с повышенной энергетикой. За рубежом появляются новые, так называемые "тяжелые окислители" типа CL, у которых прогнозируются более высокие температуры продуктов сгорания.

Сегодня современная прикладная химия может предложить синтезированные топлива с высокими энергетическими характеристиками, сопоставимыми с топливами современных ЖРД, работающими на компонентах кислород+керосин, кислород+метан и, в перспективе, кислород+водород. Но при создании таким путем топлив на новом качественном уровне, сопоставимом с уровнем ЖРД, возникает ряд трудностей. Продукты сгорания приобретают новые свойства. Новые химически активные элементы более интенсивно воздействуют на детали конструкции и разрушают их.

Детали соплового блока РДТТ в основном состоят из углеродных композиций и графитов [2]. Так, например, в дозвуковой части утолщенного сопла применяются углепластики. В трансзвуковой части и непосредственно в критике + углерод+углеродные композиционные материалы (УУКМ) с пространственным плетением каркаса и плотные графиты. В сверхзвуковой части + сверхлегкие и сверхпрочные УУКМ. Эти материалы надежно работают при температурах не более 3700 К [3]. При достижении температуры ~4000 К и давления у поверхности материала $P_k \sim 100$ атм, углерод переходит в состояние характерное для тройной точки, когда материал одновременно существует как твердое вещество, жидкость и газ. Для конструкции такое состояние недопустимо. Повышение температуры до названных величин приводит к появлению новых механизмов разрушения стенок деталей соплового блока из углеродных материалов:

1. Интенсифицируется химический унос углерода из-за допол-

нительного взаимодействия с компонентами (H_2 и N_2).

2. Добавляется новая составляющая уноса стенок, связанная с испарением углерода.

3. В связи с большими температурными перепадами в тонком слое материала, омываемого продуктами сгорания, возникает поверхностное трещинообразование, что приводит к поверхностному шелушению.

4. Возможен механизм сдувания жидкого слоя под воздействием высоконапорного потока, особенно в области критического сечения.

Конструкторские решения

Для решения проблемы стойкости материальной части соплового блока были предложены двухсоставные заряды, состоящие из высокотемпературного и низкотемпературного топлив. Низкотемпературное топливо, расположенное вблизи соплового блока, создает более холодную область из продуктов сгорания + газовую завесу.

Известно несколько патентов на тему о двухсоставных зарядах. Например, в патенте на конструкцию РДТТ [4] для защиты конструкции утолщенной части сопла от воздействия продуктов сгорания твердого топлива служит теплозащитный элемент из графита или из абляционного материала на основе фенольной смолы, размещенный над утолщенной частью сопла и разрушающийся при нагреве. Недостатком такой конструкции является низкий коэффициент использования уносимого материала, что приводит к увеличенной пассивной массе конструкции и снижению эквивалентного удельного импульса тяги.

Известен патент на ракетный двигатель [5], содержащий камеру сгорания, сопло и заряд из двух частей, одно из топлив которого имеет пониженное содержание окислителя в продуктах сгорания. Это необходимо для сохранения углеродного сопла от химического воздействия. Недостаток данной конструкции в том, что не предусмотрено снижение температуры продуктов сгорания, что исключает тепловую составляющую при разрушении

углеродного сопла.

Известен также патент [6], где предлагается решить задачу снижения уносов за счет двухсоставного заряда из низкотемпературного топлива. При этом основной заряд из высокотемпературного топлива с продуктами сгорания >4000 К закрывается низкотемпературным, расположенным вблизи омываемой части сопла и создающим "холодную" завесу (рис. 1).



Рис. 1 Вариант конструкции двухсоставного заряда: 1 - камера сгорания; 2 и 4 - заряды; 3 - эластичная мембрана; 5 - проточка; 6 - сопло; 7 - уплотненная область течения; 8 - проточный канал; 9 - воспламенитель

Недостатком такой конструкции может оказаться одновременное увеличение окислительного потенциала B_m продуктов сгорания, поскольку современные твердотопливные составы обладают таким свойством, что снижение температуры ПС приводит к увеличению окислительного потенциала и, собственно, к увеличению уносов со стенок углеграфитовых конструкций.

Термодинамические расчеты

Последний факт был тщательно проанализирован в работе [7] на примере термодинамических расчетов пары топлив высокотемпературного (основного) и подмешанного к нему низкотемпературного (дополнительного) топлив. Расчеты проводились по программе АСТРА для условного топлива и различных процентных соотношений подмеса. Было показано, что с увеличением величины подмеса G температура заметно падает (рис. 2), а величина окислительного потенциала растет (рис. 3). Это означает,

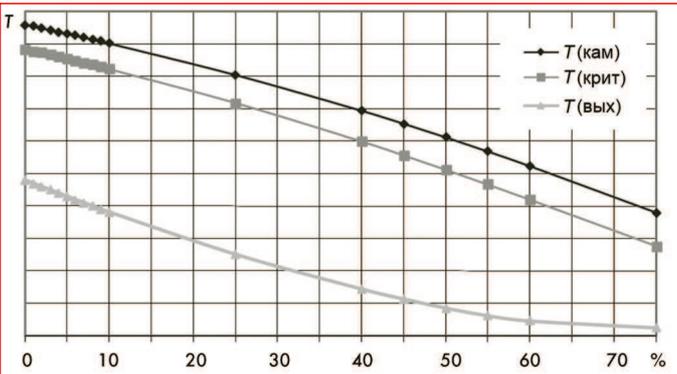


Рис. 2 Зависимость температуры от содержания низкотемпературного топлива

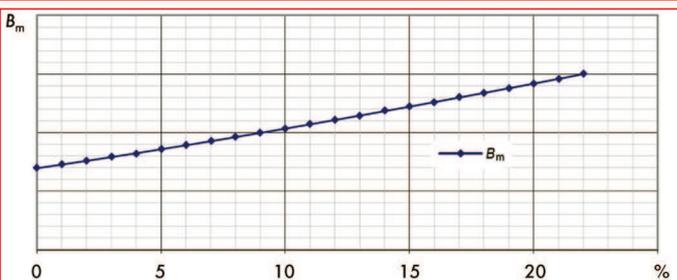


Рис. 3 Изменение значений окислительного потенциала

что в соответствии с формулой И.В. Бояринцева [8] величина линейного уноса материала конструкции может практически не изменяться после мероприятий, связанных с заменой монозаряда на двухсоставной. При этом был отмечен любопытный факт.

Изменение значения удельного импульса тяги с увеличением подмеса ведет себя немонотонно и не всегда падает. Вначале оно растет, достигает своего максимального значения и только потом снижается (рис. 4).

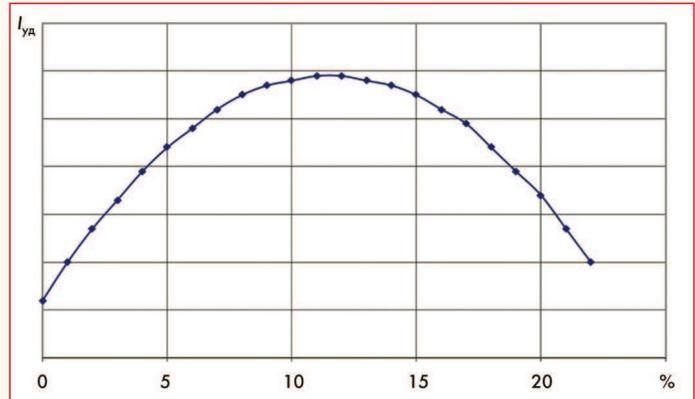


Рис. 4 Изменение удельного импульса тяги в зависимости от содержания охлаждающего топлива, %

Он максимален при оптимальном значении, которое для выбранной пары "основное + дополнительное" топливо составляет величину порядка 11 % подмеса в основное высокотемпературное топливо. Любопытным оказалось и то, что и коэффициент теплообмена тоже имеет минимум в том же месте (рис. 5).

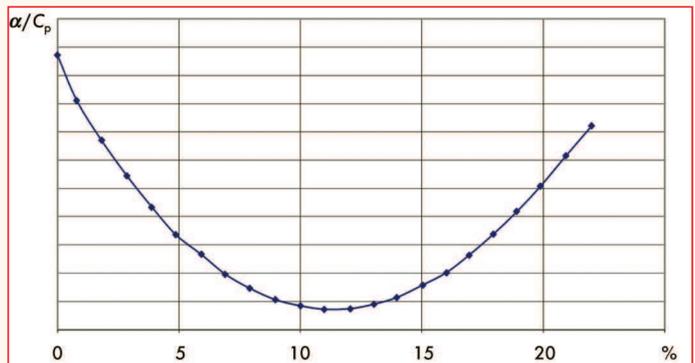


Рис. 5 Изменение значений коэффициента теплообмена в зависимости от содержания охлаждающего топлива

Аналогично ведет себя коэффициент теплопроводности (рис. 6), расходный комплекс β , плотность продуктов сгорания, и другие параметры.

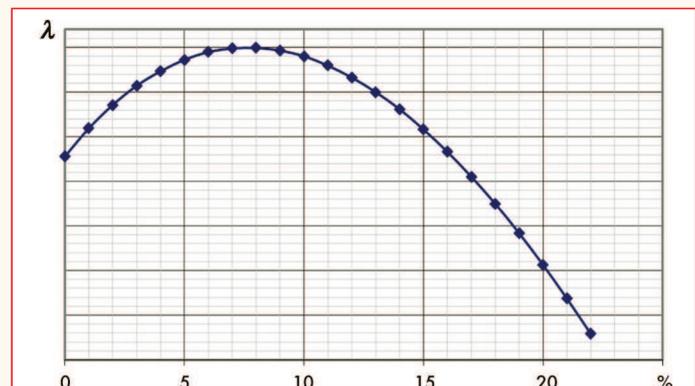


Рис. 6 Изменение значений коэффициента теплопроводности в зависимости от содержания охлаждающего топлива

Этот ранее неизвестный факт можно объяснить тем, что при совместном сгорании высокотемпературного металлизированного твердого топлива и небольшого процента безметалльного низкотемпературного, происходит дополнительное тепловыделение благодаря более полному сгоранию частиц металла в среде продуктов сгорания низкотемпературного топлива, которое

имеет большой окислительный потенциал. Оно дополнительно окисляет высокотемпературное топливо. С увеличением величины процента подмеса начинают существенно проявляться свойства низкотемпературного топлива.

Соотношения для удельного импульса тяги

Величину пустотного удельного импульса тяги записывают в виде:

$$I_{удп} = W_a + \frac{F_a \cdot P_k}{G} \cdot \frac{P_a}{P_k}$$

Для сопла со степенью расширения на выходе $r = r_a/r_{кр} = 1$, формула принимает вид:

$$I_{удпкр} = W_{кр} + \frac{F_{кр} \cdot P_k}{G} \cdot \pi_{кр}$$

или $I_{удпкр} = W_{кр} + \beta \cdot \pi_{кр}$.
После подстановки

$$W_{кр} = \sqrt{\frac{2k}{k+1}} \cdot RT_{кр} \quad \beta = \sqrt{\frac{RT_{кр}}{k \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}} \quad \text{и} \quad \pi_{кр} = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$$

получаем

$$I_{удпкр} = \alpha_{кр} \left(1 + \frac{1}{k}\right)$$

Или, выражая через параметр β , получим $I_{удпкр} = \beta \cdot (k+1) \cdot \pi_{кр}$.

Далее преобразуем уравнение для пустотного удельного импульса обычного сверхзвукового сопла, домножив и поделив его на величину удельного импульса сопла со степенью расширения 1:

$$I_{удп} = \beta \cdot (k+1) \cdot \pi_{кр} \cdot \frac{W_a + \frac{P_a \cdot F_a}{G}}{\alpha_{кр} \cdot \left(1 + \frac{1}{k}\right)}$$

После преобразований окончательно получим:

$$I_{удп} = \beta \cdot (k \cdot \pi_{кр} \cdot \lambda_a + \pi_a \cdot r_a^2)$$

Полученная газодинамическая функция, стоящая в скобках справа от комплекса β , не зависит от давления в камере. Её значение изменяется от величины $(k+1)\pi_{кр}$ при $\lambda = 1$ до бесконечности при $\lambda = \lambda_{пред}$.

Эта функция $\zeta = R_{удп}/\beta = k \cdot \pi_{кр} \cdot \lambda_a + \pi_a \cdot r_a^2$ представленная на рис. 7, отражает изменение удельного импульса тяги в зависимости от степени расширения сопла [9].

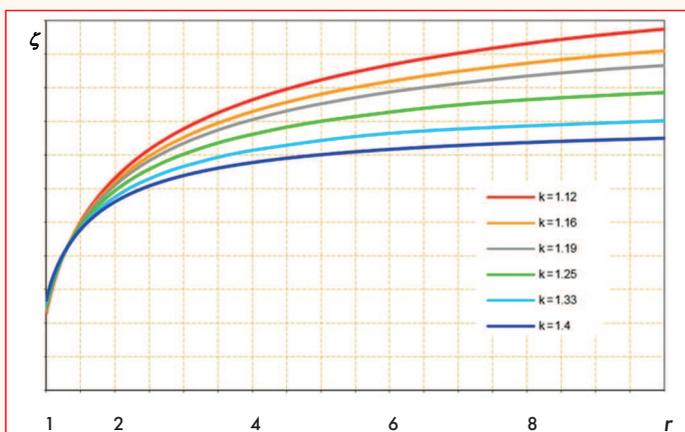


Рис. 7 Изменение коэффициента удельного импульса тяги в зависимости от степени расширения сопла

Видно, что она возрастает с увеличением степени расширения сопла r_a , и интересно, что в точке $r_a \approx 1,3$ функция не зависит от коэффициента адиабаты k . Этот факт можно использовать при моделировании процессов РДТТ с помощью, например, воздушных продувок.

Термодинамические расчеты показывают немонотонную зависимость расходного комплекса с максимумом от величины

подмеса (рис. 8), который при выгорании двухсоставного заряда одновременно будет зависеть и от времени работы двигателя.

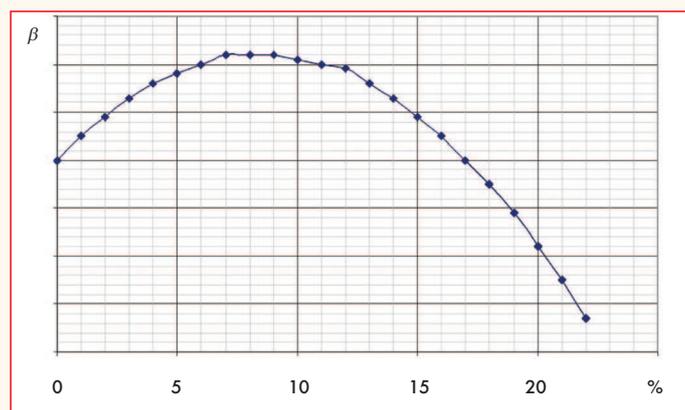


Рис. 8 Изменение параметра beta в зависимости от содержания охладителя в составе общей массы топлива

Сама же зависимость для удельного импульса тяги состоит из произведения двух разделяющихся независимых переменных: расходного комплекса, отвечающего за камеру сгорания и газодинамической функции, отвечающей за сверхзвуковое сопло.

Величина расходного комплекса - чисто термодинамическая, а функция дзета - чисто газодинамическая, и поэтому расчеты интегральных величин можно проводить независимо для камеры и сопла. Покажем это на примере потерь удельного импульса тяги для двигателей с двухсоставными зарядами.

Они представляют собой три вида потерь:

- дополнительные потери удельного импульса тяги из-за несовершенства формы заряда;
- потери удельного импульса тяги при частичной замене основного высокотемпературного топлива на низкотемпературное;
- потери из-за несовершенства профилирования сверхзвуковой части сопла РДТТ с двухсоставными зарядами.

Дополнительные потери удельного импульса тяги из-за несовершенства формы заряда

Функция $\zeta(k, \lambda_a)$ в случае конкретного сопла принимает постоянное значение и тогда величина пустотного удельного импульса тяги становится пропорциональной параметру β : $R_{удп} \sim \beta$.

Воспользовавшись этим фактом, отметим появление нового вида дополнительных потерь удельного импульса тяги, обусловленного несовершенством заряда твердого топлива. Под несовершенным зарядом будем понимать такой заряд, осциллограмма давления которого при работе отличается от заданного постоянного значения давления или значений, соответствующих заданному закону выгорания. Этот вид потерь удельного импульса тяги может быть записан в следующем виде:

$$\xi_{нз} = \frac{\beta_{тз} - \beta(\tau)}{\beta_{тз}}$$

Величина $\beta_{тз} = f(P_{к ном})$ определяется в соответствии с заданной величиной номинального давления $P_{ном}$. Текущие значения $\beta(\tau)$ рассчитываются в соответствии с кривой выгорания $P(\tau)$ по программе для расчета термодинамики с учетом значений подмеса G , полученных при расчете выгорания заряда, например, по программе на стадии проектирования значения. Значения $P(\tau)$ могут быть определены по программе FILIKON [10]. В соответствии с этим на рис. 9 представлена зависимость $\beta(P_k)$.

Из графика видно, что при больших уровнях давления в камере сгорания зависимость $\beta(P_k)$ достаточно слабая, тогда очевидно и потери на небольшое несовершенство заряда будут незначительны. Но при отдельных условиях, когда абсолютный уровень давлений низкий $P_k < 50$ атм или когда разность в давлениях существенна, например область глубокого спада, эти потери могут быть заметными. Они могут достигать долей и даже единиц процентов удельного импульса тяги.

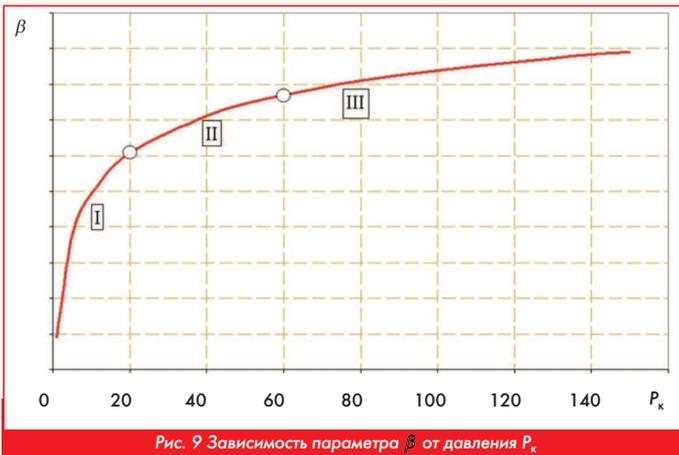


Рис. 9 Зависимость параметра β от давления P_k

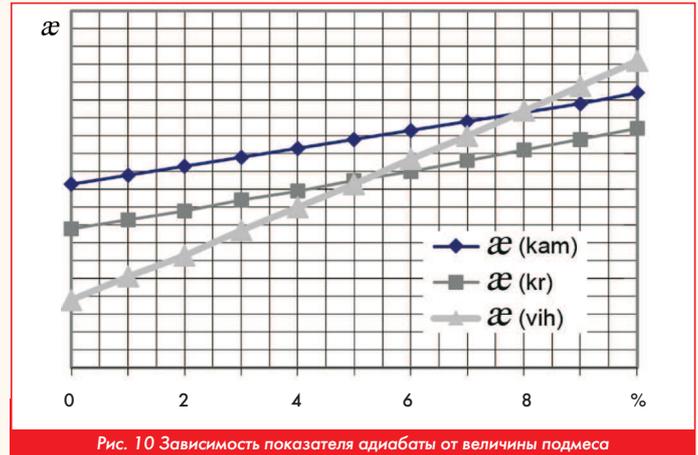


Рис. 10 Зависимость показателя адиабаты от величины подмеса

Потери удельного импульса тяги при частичной замене основного высокотемпературного топлива на низкотемпературное

При использовании двухсоставных зарядов температура продуктов сгорания снижается. В предельном случае, когда потоки перемешались полностью, температура снижается до величины $T_{см}$. Этой температуре соответствует удельный импульс тяги $R_{уд-см}$, отличный от удельного пустотного импульса монотоплива $R_{уд-м}$. В этом случае дополнительные потери составляют:

$$\xi_2 = \frac{R_{уд-м} - R_{уд-см}}{R_{уд-м}} \text{ или } \xi_2 = \frac{\beta_m - \beta_{см}}{\beta_m}.$$

Здесь β_m - текущий параметр β для РДТТ с монозарядом; $\beta_{см}$ - величина β для смеси продуктов сгорания двигателя с двухсоставным зарядом. Величина $\beta_{см}$ определяется в каждый момент времени для конкретной величины подмеса. При оптимальном выборе массового соотношения основного и дополнительного зарядов вместо потерь может реализоваться приобретение удельного импульса тяги.

Потери из-за несовершенства профилирования сверхзвуковой части сопла РДТТ с двухсоставными зарядами

Из изложенного в предыдущей главе материала следует, что есть ещё потери, связанные с несовершенством профилирования сверхзвуковой части сопла РДТТ с двухсоставным зарядом. Действительно, если в процессе выгорания заряда формируется состав продуктов сгорания, существенно зависящий от величины подмеса, то и основной параметр, по которому производится расчет профиля сверхзвукового сопла - коэффициент адиабаты α , также будет зависеть от величины подмеса. Это означает, что при неравномерном выгорании двухсоставного заряда сопло, рассчитанное на минимальный режим, будет недодавать удельного импульса тяги в соответствии с изменением величины подмеса. Оно будет работать периодически в условиях либо перерасширения, либо недорасширения. Степень нерасчетности сопла будет определяться зависимостью $\alpha(\bar{G})$ при постоянной величине M_0 - числа Маха на срезе сопла. Характерная зависимость коэффициента адиабаты от величины подмеса низкотемпературного топлива $\alpha(\bar{G})$ представлена на рис.10.

Из рисунка видно, что с увеличением подмеса значение ко-

эффициента адиабаты заметно возрастает, что говорит о возможном и достаточно существенном изменении формы профиля сверхзвуковой части сопла. Формально потери из-за несовершенства профилирования сопла РДТТ с двухсоставным зарядом могут быть записаны через газодинамическую функцию $\zeta(\alpha, \tau)$, которая зависит от режимов выгорания и, в первую очередь, от величины подмеса.

Из изложенного выше следует прямая зависимость термодинамических параметров от величины подмеса продуктов сгорания низкотемпературного топлива в РДТТ с двухсоставными зарядами, величину которого можно определить с помощью специально созданных для этого программ по расчету их выгорания [11].

Литература

1. Ахмадеев В.Ф., Бурский Г.В., Филимонов М.Л. и др. Внутренняя баллистика РДТТ, М. Машиностроение, 2007 г.
2. Конструкции ракетных двигателей на твердом топливе. Под редакцией Л.Н. Лаврова. М. Машиностроение, 1993 г.
3. Губертов А.М., Кочетков Ю.М., Филимонов М.Л. и др. Газодинамические и теплофизические процессы в ракетных двигателях твердого топлива. М. Машиностроение, 2004 г.
4. Патент США № 3648461, МПК F 02 K 1/00.
5. Патент США № 6226979, МПК F 02 K 9/28.
6. Патент РФ № 2225524, С1, RU.
7. Н.Ю. Кочетков. Разработка математического аппарата для расчета двухсоставных зарядов перспективных твердотопливных двигательных установок космического назначения. ж. РКТ ч. 1. Расчет, проектирование, конструирование и испытание космических систем № 1, 2010 г.
8. В.И. Бояринцев, Ю.В. Звягин. Исследования разрушения углеродистых материалов при высоких температурах. Ж. Теплофизика высоких температур 13, N5, 1975 г.
9. Н.Ю. Кочетков. Энергетика и профилирование сверхзвуковых сопел РДТТ с двухсоставными зарядами // Двигатель № 1, 2010 г.
10. Н.Ю. Кочетков. Точное проектирование моно- и двухсоставных зарядов РДТТ // Двигатель № 5, 2009 г.
11. Н.Ю. Кочетков. Математическое моделирование выгорания двухсоставных зарядов // Двигатель № 4, 2009 г.

Связь с авторами: swgeorgy@gmail.com

ИНФОРМАЦИЯ. Электродвигатель из 3D-принтера

Английскими инженерами создан первый в мире электрический двигатель, изготовленный при помощи технологии трехмерной печати (3D-ЭД). На первом этапе отработывалась технология трехмерной печати корпуса электродвигателя с каналами охлаждения. Затем была разработана технология и изготовлены другие основные компоненты. В итоге получился 3D-ЭД с удельной

мощностью, превышающей традиционные двигатели сопоставимых габаритов, для изготовленные которых требуется много различного оборудования и... ручной труд. Необходимо отметить значительное уменьшение массы нового двигателя.

В настоящее время проводится оптимизация технологии для обеспечения массового производства 3D-ЭД.



МЕХАНИКА СПЛОШНЫХ СРЕД

РЕОЛОГИЯ И РЕЛАКСАЦИЯ

Александр Иванович Бажанов, академик МИА

Николай Юрьевич Кочетков, к.т.н., старший преподаватель ФГБОУ ВО "МАИ (НИУ)"

Анатолий Алексеевич Сперанский, вице-президент РИА, DExpert ISCED, академик РИА и МИА

Представлено систематическое изложение фундаментальных понятий реологии науки, описывающей свойства реальных рабочих тел (твердых, жидких и газообразных). Подробно рассмотрены модели, построенные на базе электрической аналогии и проанализированы уравнения, описывающие модельные задачи, претендующие на реальные условия. Проанализированы классические подходы к описанию реологических и релаксационных процессов Кельвина, Максвелла, Френкеля и др. Разобраны известные примеры практического применения моделей Максвелла и Фойгта. Предложен новый способ определения релаксационных функций с помощью нормальной функции насыщения.

A systematic presentation of the fundamental concepts of rheology the science describing the properties of real working bodies (solid, liquid and gaseous) is presented. Models constructed on the basis of electrical analogy are considered in detail and equations describing model problems claiming to be real conditions are analyzed. Classical approaches to the description of rheological and relaxation processes of Kelvin, Maxwell, Frenkel, etc. are analyzed. The wellknown examples of practical application of Maxwell and Voigt models are analyzed. A new method for determining relaxation functions using the normal saturation function is proposed.

Ключевые слова: реология, релаксация, модель процесса, нормальная функция насыщения.
Keywords: rheology, relaxation, process model, normal saturation function.

$$P_n = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta F_n}{\Delta S}; \quad \tau = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta F_\tau}{\Delta S}.$$

Физико-химическая кинетика и статистическая физика снабжают расчетные исследования исходными данными в виде свойств такие науки как механика сплошной среды, теория упругости, механика жидкости и газа, механика твердого тела и др. Такие свойства как вязкость, сжимаемость, теплопроводность присутствуют в уравнениях молекулярной акустики, которая тесно связана с молекулярной физикой и кинетикой.

Совершенно ясно, что процессы, происходящие на макро уровне тесно связаны и дополняются микроскопическими движениями внутри тел, и в зависимости от фазы рабочего тела (твердая, жидкая, газообразная) эти процессы сильно различаются. Так, например, основным свойством твердого тела является упругость, жидкого текучесть, а газообразного сжимаемость. Все эти свойства справедливы для так называемых идеальных фаз. Идеальным так же является газ без вязкости. Это конечно гипотетический случай, но он часто необходим для анализа. Свойства фаз проявляются часто отнюдь не в чистом виде: упругое тело, вязкая жидкость и т.д., а в комбинированном. И тогда необходимо учитывать каждое из свойств в их совокупности и взаимосвязи.

Движение сплошной среды, как и абсолютно твердого тела происходят под действием сил [1]. По характеру действия, вне зависимости от конкретной природы различают два класса сил: массовые и поверхностные. Массовыми силами называют силы, величина которых пропорциональна массе среды, на которую они действуют. Это гравитационные, электромагнитные силы, силы инерции. Поверхностными силами называют силы, величина которых пропорциональна площади поверхности, на которую они действуют. Это силы давления и трения. Причины, которые вызывают движение и внутренние напряжения, это силы внешние и внутренние. Внешние силы по отношению к системе - те, которые вызваны другими системами, а внутренние частями самой системы.

Деформация тел

В недеформируемом теле расположение молекул соответствует состоянию его теплового равновесия. Это значит, что в некотором выделенном объеме равнодействующая всех сил, действующих на этот объем со стороны других частей равна нулю. При деформировании же расположение молекул меняется и тело выводится из состояния равновесия, в котором находилось первоначально. Если тело не деформировано, то внутреннее напряжение в нём отсутствует. Если же оно деформировано, то в каждой точке присутствуют нормальное P_n и касательное τ напряжение.

Если перенести данные рассуждения на трехмерный случай, то для элементарного объема будет актуальным тензор напряжений с нормальными напряжениями по диагонали (давление) и касательными (сдвиг):

$$\begin{Bmatrix} P_{11} & \tau_{12} & \tau_{13} \\ \tau_{21} & P_{22} & \tau_{23} \\ \tau_{31} & \tau_{32} & P_{33} \end{Bmatrix}$$

Этот тензор называется тензором напряжений Коши.

Многие определяющие соотношения в механике отражает связь тензора напряжений и тензора скоростей деформаций, чем однозначно описывают свойства материала.

Характерной чертой движения сплошной среды является её деформация, то есть изменение расстояния между отдельными точками среды.

Компоненты тензора скоростей деформаций задаются следующим выражением:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_i}{\partial x_j} + \frac{\partial V_j}{\partial x_i} \right).$$

Напряжение давления и сдвига измеряются в Н/м² или Па (паскалях).

Как мы видели раньше, физические свойства вещества входят в различные системы уравнений (акустические, газодинамические и др.) через соотношение между напряжением и деформацией.

Связь между напряжением и деформацией называется реологическим уравнением состояния. А собственно наука реология - это наука о поведении различных текучих и пластичных тел при механическом нагружении [2, 3].

Реологические модели

Различают некоторое количество реологических моделей. В основную классификацию положено отличие ньютоновских и неньютоновских сред.

Исходные понятия реологии ньютоновская жидкость, вязкость которой не зависит от режима деформирования и идеальное упругое тело, в котором в каждый момент времени величина деформации пропорциональна приложенному напряжению.

Эти понятия были обобщены для тел, проявляющих одновременно пластичные (вязкоэластичные) и упругие свойства.

Практические приложения реологии описывают поведение конкретных материалов при нагрузках и трении.

Так, например, один из подходов в описании пассивных механических свойств биологических тканей заключается в замене реальной среды реологической моделью, которая отражает какое-нибудь определенное ее свойство или совокупность свойств.

Греческое словосочетание реология строится из слов течение и учение. Это (реология) - учение о течении. Это наука о деформациях и течении реальных сплошных сред.

Именно изменение деформации во времени и подразумевает термин течение.

Как следует из феноменологической теории, вязкость - это свойство реальных жидкостей оказывать сопротивление перемещению одного слоя жидкостей относительно другого.

При перемещении одних слоев реальной жидкости относительно других возникают силы внутреннего трения, направленных по касательной к поверхностям слоёв.

Особенность этих сил проявляется в том, что со стороны слоя, движущегося быстрее, на слой, движущийся медленнее, действует ускоряющая сила. А со стороны слоя, движущегося медленнее, на слой, движущийся быстрее, действует тормозящая сила.

С молекулярно-кинетического взгляда, вязкость объясняется следующим образом. В равновесном состоянии различие части фазы движутся друг относительно друга, при их относительном движении возникают факторы, стремящиеся уменьшить относительную скорость. То есть возникают силы торможения, или вязкость. Механизм этих сил в газах сводится к обмену импульсом упорядоченного движения между разными слоями газа, то есть и переносу импульса упорядоченного движения.

Поэтому возникновение сил трения в газах и жидкостях обусловлено процессом переноса импульса упорядоченного движения молекул.

Величина динамической вязкости зависит в основном от температуры так как средняя скорость молекул именно ей пропорциональна. От давления вязкость не зависит.

Под упругостью понимают способность тела возвращать свои формы и объём в первоначальное состояние после воздействия на него напряжением и появлением деформаций.

Характеристикой упругого движения является модуль упругости, который для идеального упругого тела является величиной постоянной.

При изучении свойств вещества неизбежно требуется реологическое уравнение состояния. То есть зависимость появляющихся деформаций от приложенных напряжений (или наоборот напряжений от деформаций). Для текучих сред удобнее использовать скорости деформаций.

Как было показано, все реальные вещества от очень упругих до текучих находятся в интервале между двумя крайними значениями физических свойств. То есть между упругостью, характеризующую модулем упругости (Юнга) E и вязкостью - динамической вязкостью Ньютона η .

Кроме того, реологическое уравнение состояния определяется внешним напряжением σ , деформацией ε и скоростью деформации $\dot{\varepsilon}$. Другими словами, все вещества находятся внутри между абсолютно упругими (гуковскими) и абсолютно вязкими (ньютоновскими). По этому их реологические уравнения состояния будут характеризоваться некими эквивалентными вязкоупругими коэффициентами, зависящими от особенностей вещества (тела).

На сегодняшний день существует достаточно много реологических уравнений состояния для материалов и рабочих тел, характеризующих некое приближение к реальности процессов для неньютоновских жидкостей.

Реологические уравнения

Наибольший интерес при изучении свойств вещества вызывает экспериментальное (из акустических измерений) и теоретическое из молекулярных теорий нахождение реологического уравнения состояния, связывающего напряжение с деформациями. Но, к

сожалению, таких решений, весьма мало и обычно предсказания делают с помощью феноменологических подходов, используя разнообразные модели и их сочетания [4].

Простейшее реологическое уравнение состояния, это - закон Гука для идеального упругого тела $\sigma = E \cdot \varepsilon$.

Как уже говорилось представление для твердых тел в таком виде является общепринятым. Для газов и жидкостей это уравнение состояния выводится из уравнений сохранения.

Работает это уравнение в весьма узком диапазоне малых деформаций, а само тело предполагается изотропным. Только в этом случае тензор деформации можно выразить с помощью свободной энергии тела F :

$$\sigma_{ik} = \left(\frac{\partial F}{\partial \varepsilon_{ik}} \right)_T$$

Другое простейшее реологическое уравнение состояния - закон Ньютона для вязкого течения

$$\sigma = \eta \cdot \dot{\varepsilon}$$

который характеризуется линейным профилем скорости потока у стенки. При этом предполагается, что поток благодаря наличию вязких сил к ней прилипает, а последующие слои равномерно сдвигаются друг относительно друга (рис. 1).

Чтобы придать реологическим моделям большую наглядность разрабатывают механические модели и выстраивают простейшие схемы, используя электрическую аналогию. При этом пружиной обозначают чисто гуковские тела, а демпфером - вязкие ньютоновские (рис. 2).

Модели Гука и Ньютона являются одноэлементными и в практических задачах встречаются весьма редко. Поэтому естественным считается разработка более сложных двухэлементных и даже трехэлементных моделей.

С помощью таких моделей можно выяснить многие свойства среды без всяких вычислений. Так уже с первого взгляда на модель кельвиновской среды (рис. 3) можно видеть, что мгновенная деформация в ней невозможна: что бы растянуть демпфер с бесконечно большой скоростью необходимо бесконечная сила.

Если же приложено постоянное конечное напряжение f_0 , то деформация будет развиваться постепенно, пока не достигнет равновесного значения, зависящего от жесткости пружины.

Точно так же для максвелловской среды видно, что при постоянном напряжении она может неограниченно течь (рис. 4).

Если же мгновенно создать деформацию, приложив силу растяжения f_0 , то пружина растянется (демпфер не успеет растянуться), а затем будет постепенно сокращаться, растягивая демпфер. При этом сила, необходимая для поддержания постоянного удлинения всей модели, будет уменьшаться. Начнется процесс релаксации [5, 6].

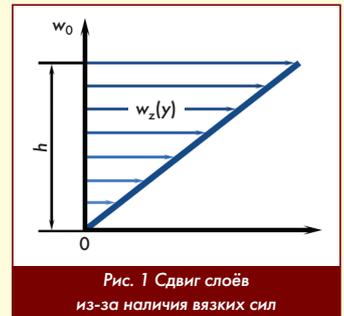


Рис. 1 Сдвиг слоёв из-за наличия вязких сил

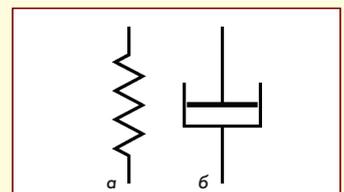


Рис. 2 Механические модели среды: а - упругой, б - вязкой

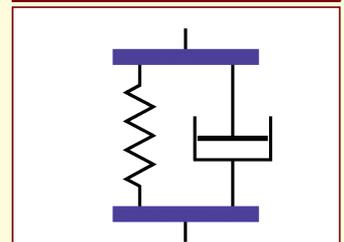


Рис. 3 Механическая модель кельвиновской среды



Рис. 4 Механическая модель максвелловской среды

Существуют более сложные модели сред (рис. 5 - "Механическая модель кнезеровской среды"; рис. 6 - "Механическая модель для продольных волн в жидкости с равновесной объёмной упругостью K , сдвиговой вязкостью (η') и релаксирующей объёмной вязкостью (η''); рис. 7 - "Механические модели Френкеля и Образцова для деформации: а - объёмной, б - сдвиговой").

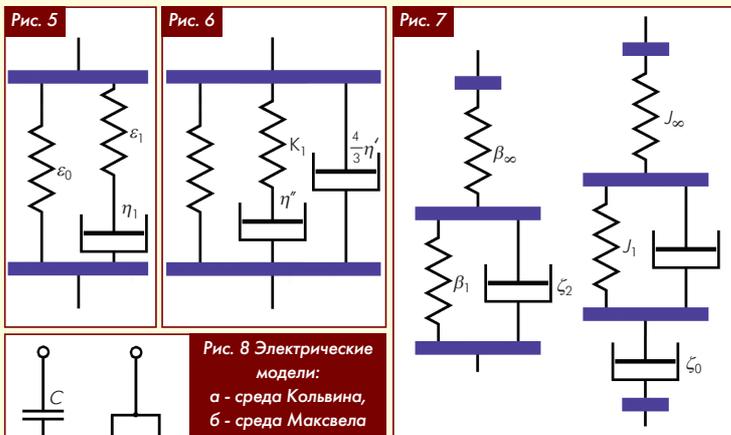


Рис. 8 Электрические модели: а - среда Кольвина, б - среда Максвелла

Иногда используют преобразованные модели по аналогии с электрическими элементами. Это дает возможность применить математический аппарат для расчета неньютоновских жидкостей (рис. 8).

Имеются модели для вязкопластических (тела Шведова) жидкостей. Степенная модель с тремя

различными типами реологического поведения: $\sigma = k \cdot \dot{\epsilon}^n$,
1) если степень $n < 1$ - жидкость разжижается при сдвиге (псевдопластические, неньютоновские жидкости).

2) $n = 1, k = \eta$ - ньютоновская жидкость.

3) $n > 1$ - дилатантная жидкость (загустевает при сдвиге).

На рис. 9 изображены реологические кривые, соответствующие различным классификациям жидкостей, поведение которых можно описать при помощи степенного закона.



Рис. 9 Реологические кривые

Рациональность использования механических моделей

Рассмотрим более подробно модели Максвелла и Кельвина-Фойгта [7, 8] и проиллюстрируем на классических примерах рациональность использования механических моделей в целях использования свойств реологических неньютоновских тел.

Известно, что биологические ткани, такие как: мышцы, сухожилия, кровеносные сосуды, легочная ткань и др. сочетают в себе упругие и вязкие свойства. В результате механические свойства этих тканей можно моделировать сочетанием идеально упругих и вязких элементов. Взяв совокупность моделей можно более-менее адекватно описать механические свойства реальной биологической среды.

Тело Максвелла - это тело, которое под действием напряжения упруго деформируется и в то же время может течь. Это одна из возможных моделей мягких биологических тканей. Представляет собой последовательно соединенные упругие и вязкие элементы. Общая деформация подобного тела под влиянием, например, сдвиговых напряжений равна сумме его упругой деформации и деформации течения, т.е.:

$$\epsilon = \epsilon_E + \epsilon_\eta \text{ или } \dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}_E + \dot{\epsilon}_\eta$$

где ϵ , как и раньше, означает дифференцирование ϵ по времени. При этом,

$$\sigma = \sigma_E + \sigma_\eta.$$

Т.е., напряжения на упругом и вязком элементах тела равны.

Скорость упругого смещения можно определить из закона Гука, а скорость течения из закона Ньютона:

$$\dot{\epsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{E} + \frac{\sigma}{\eta}.$$

Пусть тело подвергается деформации и затем удерживается в этом состоянии. В таком случае $\epsilon = \text{const}$, $\dot{\epsilon} = 0$ и уравнение сводится к следующему:

$$\frac{\dot{\sigma}}{E} + \frac{\sigma}{\eta} = 0.$$

Разделим переменные в уравнении и проинтегрируем его:

$$\int_{\sigma_0}^{\sigma} \frac{d\sigma}{\sigma} = -\frac{E}{\eta} \int_0^t dt.$$

Или

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{E}{\eta} t}.$$

Таким образом, ослабление напряжения в теле со временем носит экспоненциальный характер и характеризуется временем релаксации

$$t = \eta/E.$$

Уменьшение напряжения при постоянной нагрузке носит название релаксации напряжения. Начальное напряжение $\sigma = \sigma_0 = \sigma_{\text{нр}} = \epsilon E$, обусловленное упругостью элемента E , постепенно исчезает из-за необратимой деформации в вязком элементе η . Время, в течение которого напряжение уменьшается в e раз (до $\approx 0,37\sigma_0$) называется временем релаксации (см. рис. 10) Если время воздействия на систему t много меньше времени релаксации ($t \ll \tau$), то система проявляет только упругие свойства.

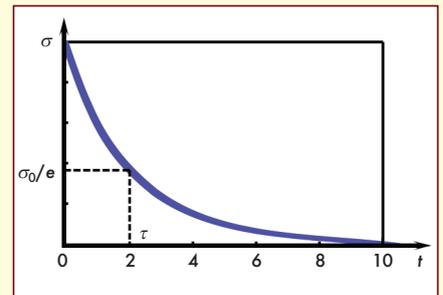


Рис. 10 Зависимость напряжения от времени и время релаксации в модели Максвелла

При изотоническом наложении напряжения в некоторый момент пружина начинает мгновенно растягиваться на величину σ/E , а поршень начинает равномерно перемещаться со скоростью σ/η . Когда в некоторый другой момент напряжение снимается, пружина мгновенно сокращается, но поршень остаётся в выдвинутом положении.

Численное решение такого поведения при $\sigma = \text{const}$ даёт интегрирование уравнения:

$$\dot{\epsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{E} \rightarrow \epsilon = \frac{\sigma}{\eta} t$$

и характерно также для модели Ньютона.

Гладкие и скелетные мышцы ведут себя в основном подобно телу Максвелла. Это способствует большей растяжимости полых органов, например, кровеносных сосудов, обладающих гладкомышечной мускулатурой. В таком случае её можно представить в виде вязкоупругой системы с параллельно расположенными вязким и упругим элементами и запаздывающей упругой реакцией. Если к такой системе приложить постоянную силу, то пружина растянется, но вязкий элемент не позволит этому процессу произойти быстро: поршень будет постепенно вытягиваться. Если снять нагрузку, то пружина будет сжиматься постепенно, т.к. быструю сжатую будет мешать вязкий элемент.

Поведение тела Кельвина-Фойгта описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\sigma = \sigma_E + \sigma_\eta = E_\epsilon + \eta \dot{\epsilon},$$

т.е. полное напряжение распределяется между упругим и вязкими элементами.

При растяжении в условиях постоянного приложенного напряжения $\sigma = \text{const}$ решение данного уравнения будет:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right),$$

где $\tau = \eta/E$ - время запаздывания (ползучести, релаксации), $\varepsilon_{\infty} = \sigma/E$ - максимальная относительная деформация.

Зависимость относительной деформации от времени у модели Кельвина-Фойгта показана на рис. 11. После снятия постоянного напряжения образец будет медленно возвращаться к своей первоначальной форме, также следуя экспоненциальной кривой (экспоненциальная ползучесть).

Последнее написанное уравнение с экспоненциальным членом может трактоваться как приближённое в силу ограниченности модели.

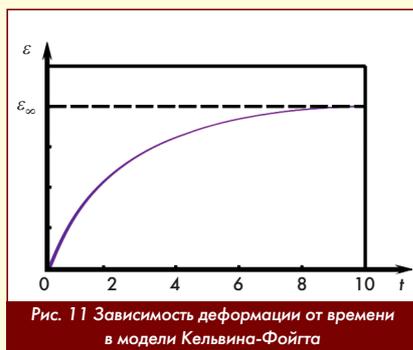


Рис. 11 Зависимость деформации от времени в модели Кельвина-Фойгта

Вспомянув нормальную кривую насыщения [9, 10], воспользуемся ею для написания последующего соотношения: $\varepsilon = \varepsilon_{\infty} \psi(\xi)$, где ε_{∞} - по-прежнему максимальная относительная деформация;

$\psi = \varepsilon/\varepsilon_{\infty}$ - коэффициент релаксации.

Значение

$$\xi = \frac{\tau}{\tau_{\text{рел}}} = \frac{\tau E}{\eta},$$

где $\tau_{\text{рел}} = \eta/E$.

Тогда окончательно

$$\psi(\xi) = \frac{1}{\xi} e^{-\frac{1}{\xi}} \quad \text{или} \quad \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{\infty}} = \frac{\eta}{\tau E} e^{-\frac{\eta}{\tau E}}.$$

Изложение теории реологии предполагает знания основных свойств, описываемых с её помощью сред. И это основная трудность: где взять E и η для реальных веществ?

Остается надеяться только на возможности молекулярной акустики. В случае синусоидальной нагрузки можно использовать уравнения для скорости и поглощения звука, зависящих от частоты, а по ним восстанавливать вязко-упругие свойства. **П**

Литература

1. Л.Г. Лойцянский. Механика жидкости и газа // Дрофа, М. 2005 г.
2. Рейнер М., Десять лекций по теоретической реологии // Гостехиздат, 1947 г.
3. Реология. Теория и приложения. Сб. статей под. ред. Ф. Эйриха, ИЛ, 1962 г.
4. И.Г. Михайлов, В.А. Соловьев, Ю.П. Сырников. Основы молекулярной акустики //изд. Наука, 1964 г.
5. Ю.М. Кочетков, Н.Ю. Кочетков. Турбулентность. Математический анализ релаксационных процессов // Двигатель № 3, 2020 г.
6. Ю.М. Кочетков, Н.Ю. Кочетков. Турбулентность. Кинетическое уравнение Больцмана // Двигатель № 3, 2021 г.
7. Thomson W. (Kelvin), Elasticity, Encyclop. Brit., 9-th ed., London, 1985.
8. Voigt W. Ueber die innere Reibung der festen Korper, insbesondere der Kricthalle, Abh. konigl Gessel. Wiss. Gottingen, Math., K1., 36, 3, 1890.
9. Н.Ю. Кочетков. Разработка и верификация метода и программы расчета внутрибаллистических характеристик двигателей твердого топлива с двухсоставными зарядами для перспективных летательных аппаратов // Космонавтика и ракетостроение № 1, 2010 г.
10. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Закон пси от кси // Двигатель № 2, 2017 г.

Связь с авторами: kolabuy@gmail.com

ИНФОРМАЦИЯ. Новые рекорды БПЛА

В журнале "Двигатель" №4 - 2018 г. была опубликована статья о том, что британская компания QuinetiQ в 2003 г. приступила к разработке беспилотных летательных аппаратов под названием "Zephyr", способных осуществлять многомесячные полеты в стратосфере на высотах порядка 30 км на электрической энергии, получаемой от бортовых аккумуляторов и солнечных батарей.

В начальной версии БПЛА "Zephyr" имел размах крыльев 18 м, а взлетную массу - 31 кг. В первом полёте продолжительностью 54 ч была достигнута высота 18 000 м. Следующая модификация с размахом крыла 22,5 м и массой 50 кг в 2008 г. продержалась в воздухе 82 ч 37 мин. В дальнейшем, благодаря ультралегкому карбоновому корпусу и новой аэродинамической форме, удалось в 2010 г. продержаться в воздухе 168 ч. Следующий рекордный полёт продолжительностью 11 суток состоялся в 2014 г. на высоте более 23 км, и тогда впервые на борту была установлена полезная нагрузка.

Если на всех этих ЛА отработывались отдельные элементы конструкции и система управления полётом, то в 2018 г. состоялся первый полёт беспилотника "Zephyr", выполненного уже в серийной версии. Тогда аппарат достиг рекордной для своего класса высоты - 21 562 м, а в воздухе он продержался 25 дней 23 ч и 57 мин. В ноябре 2020 г. сос-



тоялись испытания модернизированной версии серийного варианта. В сентябре 2021 г. БПЛА "Zephyr-S" были завершены очередные испытания, в ходе которых был установлен новый рекорд высоты - 23 915 м. К этому моменту общий налёт всех аппаратов типа "Zephyr" достиг 2435 часов.

Два электродвигателя мощностью по 0,6 л.с обеспечивают БПЛА массой 75 кг крейсерскую скорость порядка 32 км/ч (максимальная скорость полета ограничена 50 км/ч).



Предполагается, что БПЛА "Zephyr" будут изготавливаться в двух версиях: однофюзеляжном - "Zephyr-S" и двухфюзеляжном - "Zephyr-T", который отличается увеличенным размахом крыла, позволяющем нести до 20 кг полезной нагрузки.



В ходе создания, испытания и модернизации БПЛА использовались различные типы аккумуляторов. На первых машинах стояли серно-литиевые аккумуляторы, разработанные компанией Sion Power Inc. Затем настала очередь литий-ионных аккумуляторов компании Amprius. На последней версии БПЛА "Zephyr-S" для хранения электрического заряда используются литий-ионные нанопроводниковые аккумуляторы той же компании Amprius. У разработчиков появилась уверенность, что новые, более эффективные батареи позволят увеличить продолжительность беспосадочного полёта до полугода. **П**



ТАНКИ ОТ И ДО

Олег Никитич Брилёв,

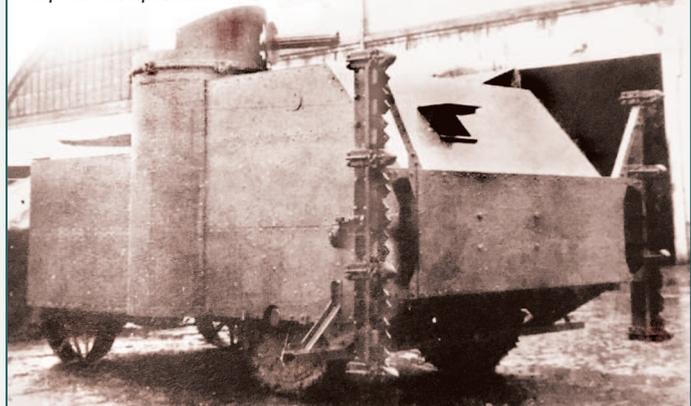
д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки и техники РФ,
начальник кафедры танков ВАБТВ (1975-1987 гг.)



(Продолжение. Начало в 6-2014 - 4-2021)

Ещё одной страной, которая подключилась к созданию танков в годы, соответствующие времени разработки, производства и модернизации танков второго послевоенного поколения, можно считать Италию. Хотя Италия до этого времени не являлась страной массового производства танков как СССР, Германия, Англия и США (а после Второй Мировой войны и вообще не имела право производить тяжёлое вооружение), но, тем не менее, оставила в истории мирового танкостроения свой след, о котором теперь следует упомянуть. Тем более, что этого не было сделано раньше. Когда противоборствующие армии стран, участвующие в I Мировой войне, перешли к позиционному противостоянию - все атаки пресекались пулемётным огнём, конструкторы стали одевать в броню всё, что могло перемещаться по полю боя и помогать атакующим огнём. Когда англичане готовились к первому применению танков в битве на Сомме итальянский конструктор Уго Павези спроектировал боевую инженерную машину, которая должна была прокладывать путь пехоте через проволочные заграждения - машину разграждения, в которой на бронекорпусе устанавливались два вертикальных резака, работающие по принципу газонокосилки.

Разрезатель проволоки Павези



Основой для шасси этой машины послужило двухосное шасси серийного трактора Pavesi-Tolotti Тиро А, которое повернули задом наперед: ведущие колеса теперь находились впереди, а рулевые колёса - сзади, и там же размещался двигатель. В этой машине ведущие колеса имели специальную конструкцию, предложенную Павези и Толлотти. Благодаря наличию в центре колеса эксцентрика и пружинящих спиц можно было - в зависимости от состояния грунта - менять количество одновременно прилегающих к земле башмаков. А шпоры на башмаках, вертикально вдавливаясь в землю, повышали сцепление.

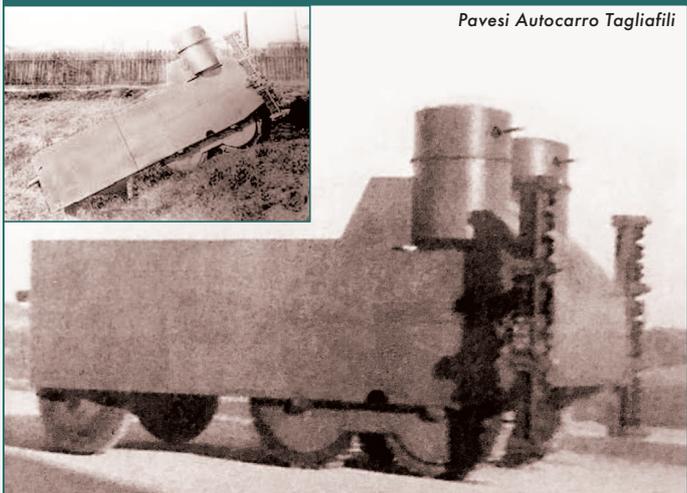


Конструкция колёс Павези-Толлотти

Для обороны на машине разграждения в башенке кругового вращения установили пулемёт Fiat-Revelli Modello 1914. В корпусе из 4...5-мм брони размещался экипаж из 5 - 6 человек и двигатель мощностью 56 л.с. Испытания подтвердили работоспособность разрезателя проволоки, но двухосное шасси не обеспечило необходимую проходимость из-за высокой удельной нагрузки - масса машины составила порядка 9...12 тонн. Поэтому Павези построил её новый вариант, в которой вместо передней одной оси была установлена тележка с двумя осями и, соответственно, с четырьмя колесами конструкции Павези. Вместо одной, установленной в центре корпуса, башенки с пулемётом было установлено две в углах передней части с двумя пулемётами Villar-Perosa М1915. За башенками крыша корпуса была приподнята и там находился пулемёт Fiat-Revelli Modello 1914, ещё один такой же пулемёт устанавливался

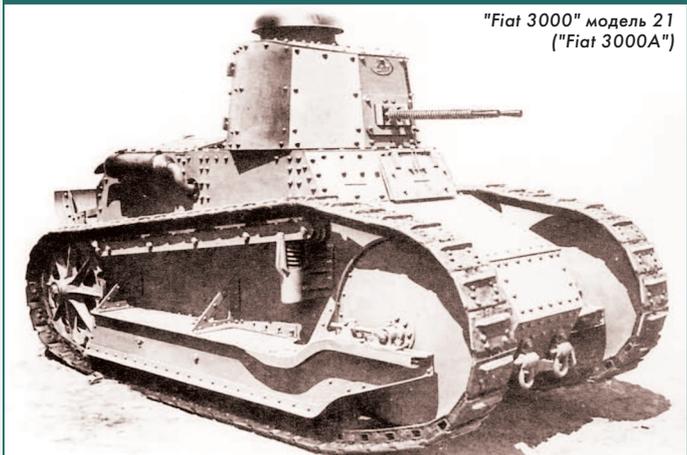


в задней части корпуса. Масса новой машины подросла до 12...15 тонн, хотя мощность двигателя осталась прежней. По идее, добавление ещё одной оси должно было снизить удельное давление на грунт, а увеличение огневых точек должно было обеспечить огневую поддержку пехотинцам после выполнения прохода в проволочных заграждениях. Машина получила название Pavesi Autocarro Tagliafili, но не получила одобрения для принятия на вооружение, т.к. её бронирование не защищало даже от стрелкового огня, а задние управляемые колеса на мягком грунте не могли изменить траекторию разградителя из-за наличия двухосной передней тележки.



Pavesi Autocarro Tagliafili

Испытания Pavesi Autocarro Tagliafili завершились в 1917 году, и в этом же году в Италии появился французский танк FT-17, который сразу привлек внимание военных. В 1918 году итальянцы для своей армии попытались закупить 1400 этих машин, но промышленность Франции и для своей армии не справлялась с заказами. Поэтому было принято решение о лицензионном производстве этих танков на предприятиях Италии. Но тут война закончилась, и заказ на изготовление FT-17 в Италии упал до 100 машин. Пока готовилось производство шли испытания танка в Италии, в ходе которых у FT-17 выявился ряд недостатков, например, плохую устойчивость из-за высокого расположения центра тяжести, недостаточное мощное вооружение и плохую подвижность. Пришлось доделать танк самим, для чего разработку танка поручили фирмам Gio. Ansaldo & C. ("Ансальдо") и Societa Italiana Ernesto Breda ("Бреда"), которые, взяв за основу FT-17, немного его переделали. Клёпаный корпус немного упростили, применив плоские бронелисты (особенно заметно отличие башни от FT-17). В кормовом отсеке установили карбюраторный 4-цилиндровый жидкостного охлаждения двигатель FIAT мощностью 50 л.с., но, в отличие от оригинала, не вдоль, а поперёк. Благодаря этому кормовая часть стала короче. Вооружение состояло из двух спаренных 6,5-мм пулеметов SIA, установленных в 9-гранной башне кругового вращения и имеющих вертикальный угол наведения от +24° до -17°. Боезапас из 50 магазинов для



"Fiat 3000" модель 21 ("Fiat 3000A")

пулеметов (2000 патронов) размещался по бортам боевого отделения. На башне находилась командирская башенка грибовидной формы. Посадка и выход экипажа (механик-водитель и командир) осуществлялись через двустворчатый люк в кормовом бронелисте башни. Стрельбу из пулеметов осуществлял командир.

Первый из пяти прототипов был построен в 1920 году. В течение трёх лет проводились испытания и доработка конструкции, первые серийные машины под названием "Fiat 3000" модель 21 ("Fiat 3000A") поступили в войска в 1923 году. Всего было изготовлено 100 машин. В 1936 году на всех танках "Fiat 3000A", находящихся на вооружении итальянской армии, были установлены 8-мм пулемёты Fiat 35.

"Fiat 3000A" с 8-мм пулемётами Fiat 35

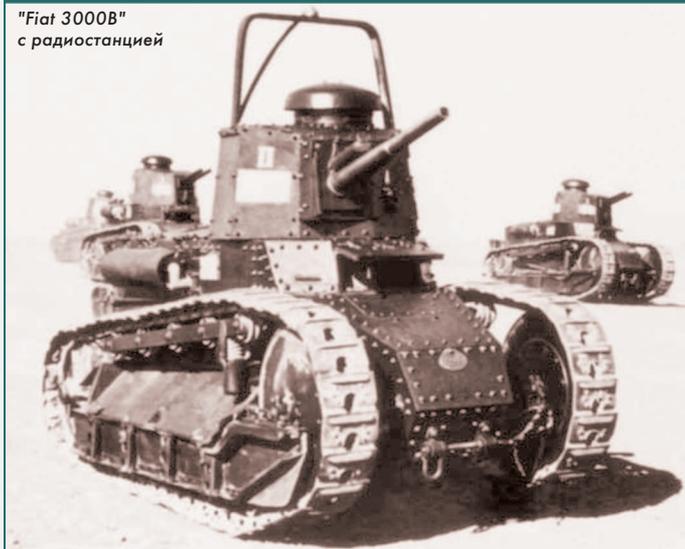


В 1928-1929 годах разрабатывался пушечный вариант танка. В 1929 году был изготовлен первый танк с 37-мм пушкой, после завершения испытаний он был принят на вооружение под наименованием "Fiat 3000" модель 30 ("Fiat 3000B"). Пушка была установлена в башню со смещением от центра в правую сторону (с левой стороны находился командир танка, он же заряжающий и наводчик), угол её наводки по вертикали от +20 до -10°, а боекомплект состоял из 68 выстрелов. Помимо установки пушки на танке доработали подвеску и установили более мощный двигатель, развивавший 63 л.с., которых было достаточно на разгон 5,5-тонной машины до 21 км/ч (у FT-17 максимальная скорость была всего 8 км/ч), а запаса топлива хватало при движении по шоссе на 130 км (поэтому была предусмотрена транспортировка танка "Fiat 3000" на специальных платформах).

Всего было изготовлено 52 пушечных "Fiat 3000B".

На некоторых машинах устанавливались радиостанции, и это, как правило, были командирские танки.

"Fiat 3000B" с радиостанцией



"Fiat 3000" как в пулемётном варианте, так и в пушечном поставлялся за рубеж, правда общим числом немногим более двух десятков машин. В самой Италии эти танки длительное время составляли основу танковых войск страны и участвовали в различных боевых операциях. В последний раз "Fiat 3000" принимали участие в боевых действиях летом 1943 года при отражении высадки англо-американских войск на Сицилии.

Вместе с тремя FT-17 в Италию из Франции был доставлен один танк "Шнейдер". И если FT-17 стал прототипом для лёгкого танка "Fiat 3000", то делать копию с танка "Шнейдер" итальянские конструкторы не стали и продолжили разработку собственной конструкции. Дело в том, что на фирме Fiat ещё с 1916 года на свой страх и риск без официального заказа от военных приступили к проектированию боевой машины, которая, по замыслу, должна была стать огневым подвижным форпостом для поддержки наступающих войск. Эта концепция и послужила основой для выбора конструкции, которая получила оригинальную - ярусную схему компоновки.

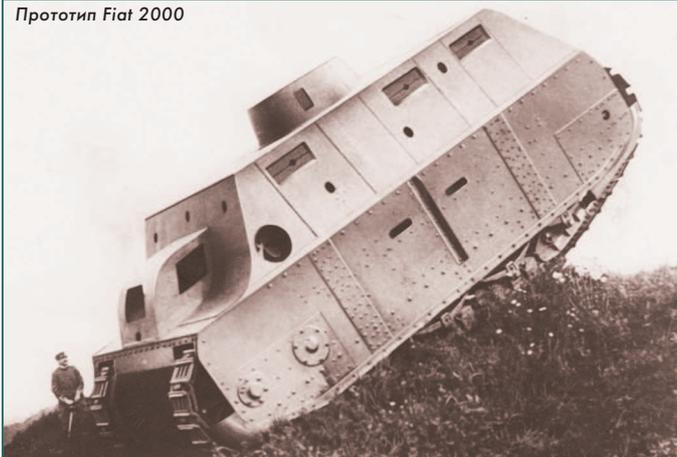
Проект танка был готов в начале 1916 года, а летом 1917 года начались ходовые испытания, но не танка как такового, а только шасси, без бронекорпуса и вооружения.

Шасси Fiat 2000 на испытаниях ходовой 1918 г.



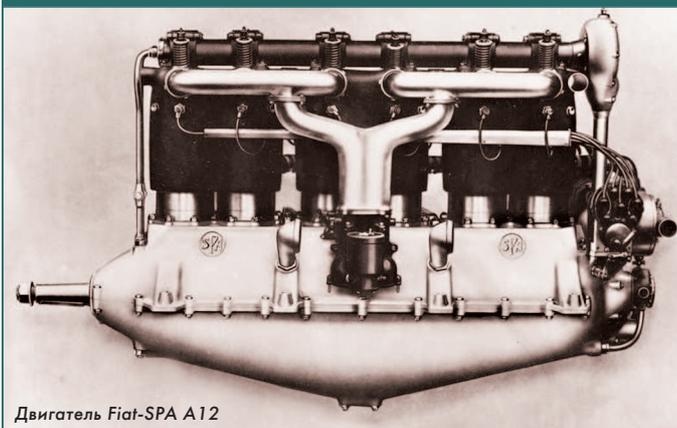
К концу года шасси получило бронекорпус с цилиндрической башней на шаровой опоре, таким образом получившаяся машина стала первым прототипом танка, который направили на дальнейшие испытания. Впервые этот танк был представлен военному командованию без вооружения.

Прототип Fiat 2000



В феврале 1918 года армия согласовала с фирмой Fiat серийное строительство танка, получившего название "Fiat 2000".

Внизу, на днище корпуса, было моторно-трансмиссионное отделение, в задней части которого располагался авиационный двигатель "Fiat-12A" мощностью 240 л.с. Радиатор обдувался вентилятором, засасывавшим воздух через кормовые жалюзи.

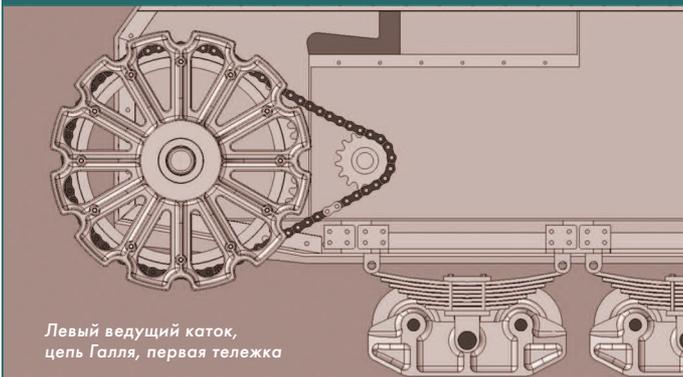


Двигатель Fiat-SPA A12

Далее следовала трансмиссия, в которую входили: главное сцепление, коробка передач, вращение от которой передавалось через конические шестерни на поперечные валы с бортовыми сцеплениями.

Ходовая часть включала на борт восемь сдвоенных опорных катков, сблокированных попарно в тележки, подвешенные на полуэллиптических рессорах. Впереди первой и сзади четвёртой тележек были установлены натяжные ролики ("упорные катки"). Динамический ход катков был

небольшой, что создавало тряску машины при наезде даже на небольшие неровности. Трансмиссия шла вдоль танка к ведущим колесам, которые располагались впереди и приводились во вращение цепями Галля.



Левый ведущий коток, цепь Галля, первая тележка

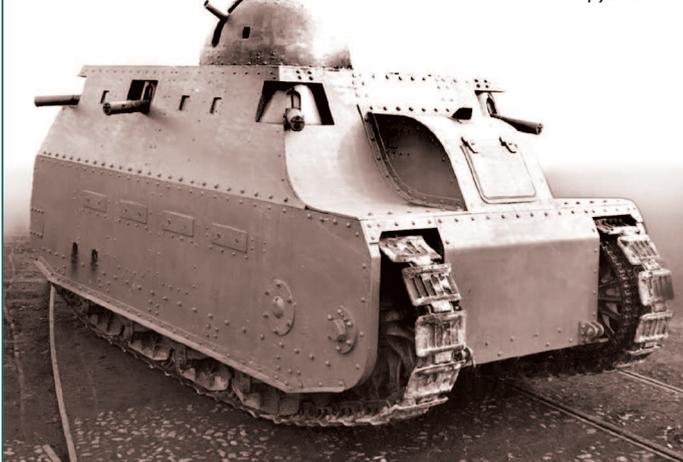
В это же время на фирме закончили строительство второго прототипа. Он отличался формой башни, которую сделали в форме шара, что повысило её защищённость, и четыре пулемёта переместили в углы боевого отделения.

Остальные три установили посередине бортов и кормы.

Таким образом семь 6,5-мм пулеметов "Фиа-Ревелли" с водяным охлаждением обеспечивали круговой обстрел.

После долгого выбора приняли решение об установке в башню 65-мм горной гаубицы, что позволило вести огонь и прямой наводкой, и под большим углом. Вращение башни и наведение пушки производились вручную. Максимальная дальность стрельбы из неё составляла 6,8 км. Пушка могла использовать бронейные, осколочно-фугасные и шрапнельные снаряды.

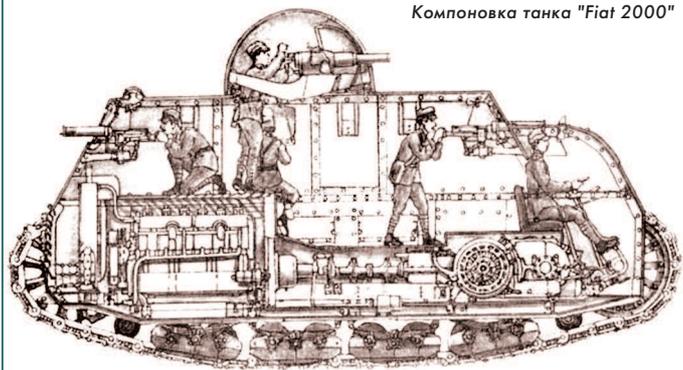
Второй прототип танка "Fiat 2000" с вооружением



Из-за большой высоты двигателя пол над ним был приподнят, что послужило основанием для названия боевого отделения двухъярусным, а конструкция всей машины - трёхъярусной. В центре боевого отделения во вращающейся башне стоя располагались наводчик и заряжающий, по периметру корпуса - пулеметчики. Командир танка выполнял функцию водителя, его рабочее место размещалось по оси машины в выступающей вперёд рубке. Наблюдать за впереди лежащей местностью водитель мог через люк при открытой крышке, а в боевых условиях, при закрытой крышке, используя впервые установленным на танке перископическим прибором наблюдения.

Клепаные корпус и башня собирались из катаной брони толщиной от 15 мм (крыша корпуса) до 20 мм (периметр корпуса и башня) с наклоном лобового, бортовых и кормового листов корпуса на 15...30°. Ходовая часть прикрывалась большими экранами, так что защита экипажа и силовой установки была неплохой. Однако даже применение 20-мм брони довело массу танка до 42 тонн, и двигатель мог обеспечить ему скорость не более 6...7 км/ч, да и запаса топлива (600 л) хватало только на 75 км.

Компоновка танка "Fiat 2000"



На одной из машин для повышения его огневой мощи была проведена модернизация путём замены двух передних пулеметов на 37-мм противотанковые пушки. Как это реально сказалось на боевые возможности,

Трёхпушечный "Fiat 2000"



сказать трудно - в реальных сражениях участвовать танку так и не пришлось. "Fiat 2000" больше не производился и не модернизировался.

Существовал проект 35-тонного танка повышенной проходимости GL-4, вооруженного двумя пушками и четырьмя пулеметами. Предполагалось на этом танке установить 8-цилиндровый двигатель Fiat с водяным охлаждением мощностью 200 л.с., который обеспечил бы этой машине максимальную скорость до 14 км/ч.

Проект танка GL-4 в исполнении современных художников



Но производство тяжелых танков (а ещё был проект танка массой 7000 т, длиной 35...40 м, вооружённого 19 пушками и имевшего скорость 20 км/ч) оказалось Италии не по силам. Было принято решение создавать только легкие машины и средние, которые по своим характеристикам не должны были значительно отличаться от лёгких.

Имея на вооружении танк "Fiat 3000", но не имея возможность с его помощью преодолеть оборону противника, итальянские военные в 1932 году поручили компаниям Fiat и Ansaldo разработать средний танк прорыва, назвав его "Carro di Rottura".

Требование военных сводилось к одному: танк должен обладать хорошим бронированием и вооружением. Инженеры компаний Fiat и Ansaldo взяли за основу проект легкого танка, разработанный ещё в 1929 году. И этот выбор вызывает некоторое недоумение: по компоновке эта машина больше соответствовала конструкции самоходки - у неё не было вращающейся башни. А ведь уже был танк с вращающейся башней - "Fiat 2000". Но таково было требование военных.

В 1935 году был построен первый экземпляр нового танка.

Carro di Rottura



Даниил Назаров, Андрей Синякович

Его корпус был полностью клепанный из бронеплит разной толщины: из 30-мм была изготовлена верхняя лобовая плита, из 15-мм - нижняя лобовая и боковые, из 8-мм - днище и задние бронеплиты.

Масса танка составила около 9 тонн.

Ходовая часть, применительно на один борт, состояла из 6 опорных катков с пластинчатыми рессорами, из которых были сформированы две группы, три поддерживающих ролика, переднее ведущее и заднее направляющее колесо. Ходовая часть закрывалась 8-мм бронелистом.

Вооружение состояло из 65-мм пушки "Obice 65/17 mod. 1908" (65-мм полевое орудие обр. 1908 года, приспособленное для установки в танк) и 8-мм пулемета "Fiat-Revelli mod. 35", установленных на шаровых опорах в лобовой части боевой рубки. Угол горизонтальной наводки составлял $\pm 11^\circ$ от оси танка, вертикальная наводка ограничивалась 17° вверх и 20° вниз.

В рубке размещалось 80 фугасных и бронебойных снарядов.

Экипаж состоял из командира, заряжающего-наводчика и механика-водителя. Но в ходе испытаний выяснилось, что пушка уже не способна пробить броню существующих на тот момент танков противника, а отсутствие башни с круговым вращением снижает боевые возможности "Carro di Rottura".

Поэтому в 1937 году, ещё до завершения испытаний этого танка, было принято решение сделать новый корпус с башней, но (опять по требованию военных) пушку оставить в корпусе, а в башне установить пулемёт! Работа закипела, и, недолго думая, в 1938 году изготовили новый корпус, к которому приспособили подвеску танка "Carro di Rottura", и послали машину на испытания.

Новый корпус с башней на старой подвеске



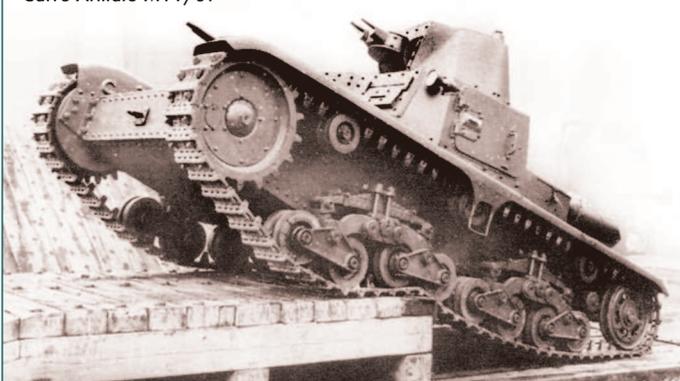
Но так как к подвеске претензии были и раньше, то следующим шагом стала её замена. За основу была взята конструкция подвески от английского танка "Виккерс 6-тонный". Восемь катков малого диаметра были сблокированы по два катка в четыре тележки, которые попарно через листовые полуэллиптические рессоры крепились к корпусу танка.

Верхняя гусеничная ветвь поддерживалась тремя роликами, впереди были ведущие колёса, а сзади - направляющие.

Трансмиссия от двигателя к ведущим колёсам проходила по центру корпуса.

Конструкция подвески была отработанной, и она отличалась высокой надёжностью. В дальнейшем эта ходовая часть без существенных изменений переходила на последующие модели средних итальянских танков, а эта машина получила название "Carro Armato M11/39".

"Carro Armato M11/39"



В правую часть лобового листа корпуса, имеющего полукруглую форму, должна была устанавливаться 47-мм противотанковая пушка (танковая модификация орудия "Cannone da 47/32"), но из-за её неготовности на танк M11/39 установили ту же 37-мм пушку, что стояла на "Fiat 3000B".

В одноместную башню кругового вращения, находящейся в левой части корпуса машины, установили спарку из двух 8-мм пулемётов "Vreda 38". К пушке боезапас состоял из 84 выстрелов, а к пулемётам - 2008 патронов. В экипаже танка было три человека: командир, он же стрелок из спаренного пулемёта; заряжающий, он же наводчик и стрелок орудия; водитель-механик.

Опытные образцы танка имели в качестве штатного средства связи радиостанцию со штыревой антенной, однако в серии радиостанции не было. Корпус танка и башня собирались из бронелистов по-прежнему - с помощью заклёпок: башня и лобовая часть корпуса из 30-мм листов, борта корпуса - 15 мм, крыша и днище - 7 мм. На момент создания этого танка такая броня легко пробивалась 40-мм противотанковыми пушками. Одновременно с плохой защитой и установленная на танк 37-мм пушка не была способна бороться с танками противника. Из положительных моментов можно отметить

только применение на M11/39 V-образного 8-цилиндрового дизельного двигателя Fiat SPA 8T жидкостного охлаждения мощностью 105 л.с. Танк массой 11 тонн по шоссе мог двигаться со скоростью 32 км/ч, топлива при этом хватало на преодоление 210 км.

Недостатки, выявленные в ходе испытаний, были существенными, и танк требовалось переделывать. Но армии нужны были средние танки, поэтому было принято решение о начале создания нового танка, и о принятии на вооружение M11/39 после завершения его испытаний. Промышленность получила заказ на 100 машин, который был выполнен в 1939-1940 годах. Создавать принципиально новый танк не было не только времени, но и, как сейчас сказали бы, научно-технического задела и промышленного потенциала, поэтому просто переработали конструкцию M11/39, оставив практически без изменений ходовую часть и трансмиссию, немного изменив корпус и башню. Прежде всего броня стала потолще. У корпуса: лоб - 42 мм, борта и корма - 25 мм, крыша - 15 мм. У башни, в которую теперь установили пушку: лоб - 42 мм, борта - 30 мм, корма - 25 мм, крыша - 14 мм. Кроме того, на пушку была установлена маска толщиной 45 мм. Башня стала двухместной, теперь в ней помимо командира танка, который дополнительно выполнял функцию наводчика пушки и стрелка, находился заряжающий. Наконец-то установили ранее запланированную к установке на танк 47-мм противотанковую пушку с длиной ствола 32 калибра - танковую модификацию орудия "Cannone da 47/32". Спарка 8-мм пулемётов "Vreda 38" из башни была перенесена в правую переднюю часть корпуса, ещё один такой же пулемёт был установлен в башне в оружейной маске. Общий боекомплект к пулемётам состоял из 3048 патронов. К пушке боекомплект состоял из 104 выстрелов. В правой части танка, где раньше находилась пушка, освободилось место для радиостанции, которую обслуживал пулемётчик, так он стал называться в экипаже стрелком-радистом. Четвёртым членом экипажа был незаменимый механик-водитель, рабочее место которого осталось на прежнем месте.

Двигатель форсировали до 125 л.с., что позволило сохранить скорость по шоссе порядка 32 км/ч, но немного (на 10 км) упала дальность хода на одной заправке. Виной тому увеличившаяся на две тонны масса. Тем не менее, этот танк под названием "Carro armato M13/40" стал самым массовым в итальянской промышленности, за три года (1940-1942) было выпущено почти 800 танков.

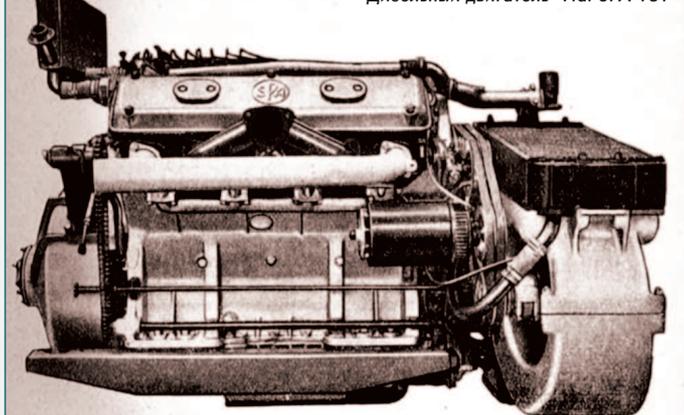
"Carro Armato M13/40" в Африке



Участие этих танков в боевых операциях на севере Африки показало, что M13/40 подвержен не только огню противника, и его броня не выдерживает снарядов английских пушек, но и дизельный двигатель слабо защищён от пыли и песка, что приводило к их выходу из строя. Вследствие этого была проведена модернизация путём установки новых воздушных и топливных фильтров, способных работать в условиях повышенной запылённости воздуха.

Уже в ходе выпуска первой серии (300 машин) стал устанавливаться дизельный двигатель "Fiat SPA 15T" мощностью 145 л.с., что дало незначительное (на 1 км/ч) увеличение скорости.

Дизельный двигатель "Fiat SPA 15T"



Также в конструкцию были введены кронштейны для дополнительных канистр с топливом и некоторые другие усовершенствования для облегчения эксплуатации. Масса танка достигла 14,5 тонн. Первые танки под названием "Carro armato M14/41" были изготовлены летом 1941 года и сразу стали поступать в войска.

"Carro armato M14/41"



В 1942 году производство этого танка было завершено. За полтора года было выпущено около 800 этих машин. Отправив чертежи танка M14/41 для начала его серийного производства, тут же приступили к черчению новых. Причём при этом приходилось делать шаги и в обратном направлении. Например, из-за дефицита дизельного топлива на танк снова установили бензиновый двигатель мощностью 190 л.с. Увеличенные размеры этого двигателя привели к изменению крыши моторного отсека. В башню установили пушку L40 (усовершенствованный вариант орудия Mod. 47/32) с длиной ствола 40 калибров. Теперь броневой снаряд на дистанции 500 метров мог поражать броню толщиной 50 мм (предшествующая пушка могла пробить только 43 мм), но в этом случае сражаться в Африке с английским танком "Valentine" эта пушка не могла. Лобовой лист башни стал на 3 мм толще, причём на него и на лоб корпуса дополнительно навесили 12-мм броневые листы. На башне появился четвёртый пулемёт "Vreda 38" для ведения огня по воздушным целям. Внешним отличием этого танка под названием "Carro armato M15/42" от предшественников был перенос бокowego люка для экипажа с левой стенки подбашенной коробки корпуса на правую.

"Carro armato M15/42"



Хотя масса танка достигла 15 тонн, но благодаря большей мощности двигателя максимальная скорость возросла почти до 40 км/ч. А увеличение объёма топливных баков (до 351 литра) дало возможность на одной заправке проехать 220 км по шоссе и 130 км по бездорожью. Новые машины серийно стали выпускаться с ноября 1942 года и к концу года было изготовлено 104 танка. За весь 1943 год сделали ещё 115 штук. В 1944 году, после оккупации севера Италии немецкими войсками, уже для их армии было собрано 28 машин. Бурное развитие мирового танкостроения накануне Второй мировой войны заставило итальянских военных, а затем и конструкторов ускорить принятие решения о своём перспективном тяжёлом танке, способном противостоять на поле боя новым танкам противника. Разработанный перед началом войны танк M13/40 ни по бронированию, ни по огневой мощи не мог с ними сравниться, а программа создания тяжёлого танка застряла на стадии рассмотрения проектов и макетов. Ещё в декабре 1938 года военные подготовили ТЗ на Carro P ("Carro Pesante", или тяжёлый танк), в котором предусматривались основные параметры танка, в том числе: масса - 20...25 тонн; вооружение - одна 47-мм пушка и три пулемёта; максимальная скорость - 32 км/ч; экипаж - 6 - 8 человек. И эти требования постоянно корректировались, например, в 1940 году уточнили, что основным орудием должна быть гаубица калибром 75 мм. Проект танка под уточнённым ТЗ стал называться "Carro Pesante 75". Затем последовала череда проектов, в которых уточнялось вооружение (калибр, количество, размещение), тип двигателя, состав экипажа, масса танка и т.д. И только летом 1941 года приняли решение о постройке опытного образца. Танк получил новое название - "Carro Armato P 40" и был вооружён 75-мм гаубицей Cannone da 75/18 (длина ствола 18 калибров) и спаренный с ней 8-мм пулемет Vreda mod.38.

Боекомплект пушки составлял 65 снарядов. Ещё спарка пулемётов стояла на правой стороне подбашенной коробки. Броневой снаряд, выпущенный из этой гаубицы, мог пробить лишь 60-мм броневой лист, установленный на расстоянии в 500 метров под прямым углом. Инженеры компаний Fiat и Ansaldo сохранили верность уже отработанной и налаженной в производстве ходовой части от M13/40, тем более что расчёты подтвердили её возможность выдержать увеличенную массу танка. В таком виде танк вышел на испытания.

"Carro Armato P 40" с 75-мм гаубицей



Но в декабре 1941 года гаубицу сняли и установили 75-мм пушку с длиной ствола 32 калибра.

Первый опытный образец "Carro Armato P 40" с 75-мм пушкой (32 калибра)



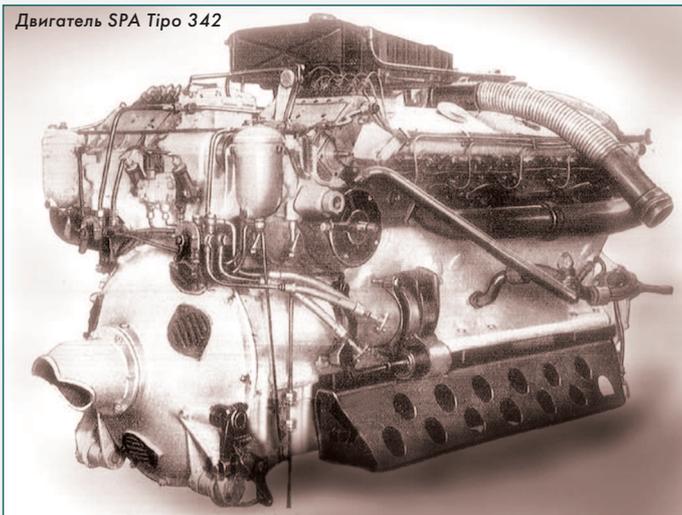
Испытания продолжались, но продолжалась и работа над совершенствованием танка, причём на конструкторов повлияла полученная в 1941 году информации о советском танке Т-34. В конце 1941 года представителям генерального штаба итальянской армии был продемонстрирован новый макет танка под коротким названием P26. Танк имел корпус с лобовыми 50-мм листами, установленными под большими углами наклона. Причём в верхнем лобовом листе были сделаны люки для обслуживания трансмиссии, что несколько ослабляло защиту. Что бы ещё больше не ослаблять верхний лобовой лист на него не стали устанавливать спарку курсовых пулемётов. Но сохранился основной недостаток в изготовлении корпуса и башни - соединения листов с помощью заклёпок. Переделали и башню: её лоб тоже изготовили из 50-мм листов, а высоту уменьшили, на крыше установили два люка. Заменяли и пушку, теперь на P26 стояла 75-мм пушка с длиной ствола 34 калибра. Броневой снаряд, выпущенный из этой пушки, имел начальную скорость 610 м/с. Первый прототип среднего танка P26 был готов в начале 1942 года, но на испытания попал только летом.

P-26



Причём не в той комплектации, в которой его заказывали военные, требовавшие установку дизельного двигателя мощностью 420 л.с., но его к сроку сделать не успели, поэтому установили 12-цилиндровый дизель SPA Tipo 342 мощностью 330 л.с., который всё же обеспечивал 25-тонному танку скорость до 40 км/ч.

Двигатель SPA Tipo 342



В экипаже P26 было четыре танкиста: командир танка (он же наводчик и стрелок), заряжающий, механик-водитель и радист, который занимался только обеспечением связи с помощью установленной радиостанции RF 1 SA. Третий прототип был фактически аналогичен первым двум, а четвертый получил доработанную башню (вместо двух маленьких люков на башне появился один большой) и корпус с лобовыми листами с ещё большим наклоном. На корме корпуса установили ящики для хранения ЗИП и крепление для запасного опорного катка. Этот прототип и стал эталоном для серии. На вооружение итальянской армии танк приняли 25 ноября 1942 года. Его полное название должно быть "Carro Armato P 26/40", но в большинстве документов он проходит коротким названием "P26/40" (и даже под ещё более коротким - "P40"). Серийное производство началось весной 1943 года, но в итальянскую армию успел попасть только один танк. Все предсерийные машины и почти 200 комплектов для выпуска серийной продукции достались немцам после оккупации севера Италии. Осенью 1943 года немецким командованием было принято решение о принятии на вооружение своих войск итальянских танков под обозначением Panzerkampfwagen P40 737(i), и было сделано два заказа (по 75 штук) этих машин.

Panzerkampfwagen P40 737(i) для немецкой армии



Пока шло выполнение заказа конструкторами предлагалось увеличить толщину лобового листа до 100 мм и устанавливать не итальянский дизельный двигатель, а карбюраторный Maybach мощностью 480 л.с. Эта машина должна была называться P43, но сил на модернизацию уже не было. К 30 марта 1945 года удалось собрать 101 экземпляр среднего танка P40, причём для 40 машин двигателей так и не нашлось.

Нельзя пройти мимо ещё одной попытки итальянских танкостроителей создать танк, способный на равных бороться с танками противника. А ими в первые годы Второй мировой войны были англичане, борющиеся за колониальные владения на севере Африки. В ходе боёв выяснилось, что итальянские M11/39 и M13/40 значительно уступают по скорости от английского среднего танка A13 Mk.I, и это сподвигло военных заказать аналогичную разработку своим конструкторам, благо, что в руках оказался трофейный танк.

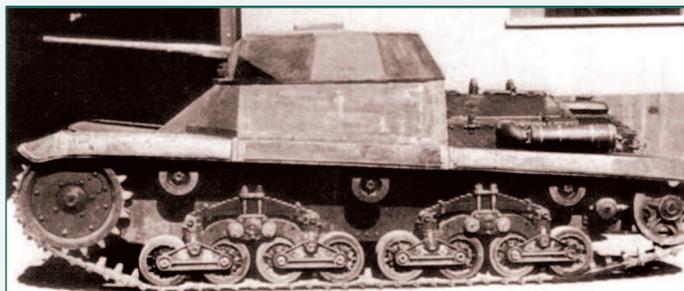
A13 Mk.1



В мае 1941 года военные выдали предварительное ТЗ на разработку проекта под названием Carro Armato Celere Sahariano, а ровно через месяц фирма Ansaldo изготовила полноразмерный макет танка. Шасси было взято от M14/41, на

котором бронеплиты установили под большими углами наклона, башня стала шире и ниже, и в неё установили 47-мм орудие 47/40.

Ещё через два месяца, в августе 1941 года появился новый проект, по которому изготовили не полноразмерный деревянный макет, а в масштабе. Теперь машина в большей мере соответствовала прототипу - английскому танку A13 Mk.I: ходовая часть включала по 4 опорных катка и 2



"Carro Armato Celere Sahariano" на шасси от M14/41

поддерживающих ролика на борт. Индивидуальная подвеска опорных катков была выполнена на витых пружинах, которые работали на скручивание. Их попарное размещение в барабанах позволяло взаимно компенсировать скручивающее усилие, передаваемое на корпус, от первого и второго катков, а также третьего и четвертого катков.

На этом танке отказались от трансмиссии с передним ведущим колесом: двигатель и ведущие колёса находились сзади.



Бензиновый двигатель SPA мощностью 275 л.с. должен был обеспечить танку массой до 14 тонн при движении по шоссе максимальную скорость порядка 55 км/ч. Такая масса была получена путём уменьшения толщины брони: так лоб корпуса изготавливался из 30-мм листов, установленных под углом 50° (ВЛД) и 45° (НЛД). Лоб башни тоже был изготовлен из 30-мм брони, а маска орудия имела толщину 35 мм. Корпус и башня танка имели клёпаное соединение, что, естественно, снижало их прочностные характеристики. Хотя на макете стояла 47-мм танковая пушка 47/40 и спаренный с ней пулемет, предусматривалась установка 75-мм пушки.

"Carro Armato Celere Sahariano"



Опытный танк изготовили весной 1942 года. На испытаниях он смог развить более 70 км/ч, но это было его единственное преимущество, т.к. на фронте появились новые танки - американский M4 Sherman, которые превосходили новую итальянскую разработку по всем статьям.

И уже в июле 1942 года проект Carro Armato Celere Sahariano закрыли, производственные мощности были сосредоточены на выпуске M15/42, а вот конструкторская мысль приступила к работе над новым проектом.

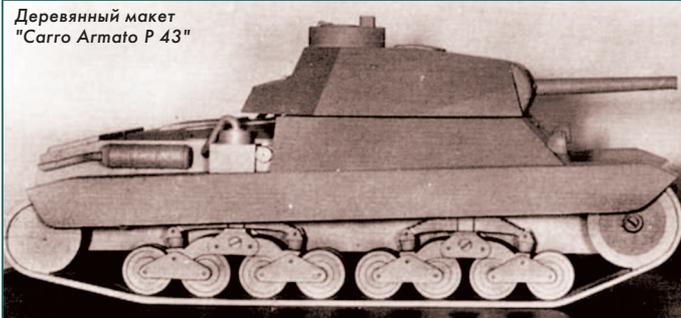
"Carro Armato Celere Sahariano" - внешне очень прилично, но броня тонка, и пушка слабовата



Если быть точным, то не к новому проекту, а к дальнейшему развитию проекта Carro Armato P 40. По массе и калибру пушек этот танк был самым тяжёлым серийным итальянским танком военного периода. По мировой классификации его следует относить к средним танкам, но у итальянских военных была своя точка зрения. Тем не менее, и они понимали, что надо идти по пути увеличения защиты и повышения огневой мощности. Проектирование новой версии танка под обозначением Carro Armato P 43 началась в конце 1942 года. Во-первых, башня была увеличена в размерах и стала трёхместной. Теперь командир, получивший свою башенку, мог наблюдать за полем боя и давать необходимые команды экипажу, а не обслуживать пушку или пулемёт.

Для этого вместе с ним в башне находились наводчик и заряжающий.

Деревянный макет "Carro Armato P 43"



И, во-вторых, хотя на первом этапе проектирования предусматривалась установка на Carro Armato P 43 прежней 75-мм пушки с длиной ствола 34 калибра, был проект этого танка с установленной на него 105-мм гаубицы с длиной ствола 25 калибров. В боекомплекте к этой гаубице помимо мощного осколочно-фугасного снаряда входил кумулятивный снаряд, пробивавший 100-мм броню.

Для повышения защиты толщину лобовых частей корпуса танка довели до 80 мм, а бортов - до 50 мм. Из-за применения более толстой брони и увеличенных габаритных размеров танка, его боевая масса достигла 30 тонн. Для сохранения подвижности танка на базе дизеля SPA Tiro 342 разработали бензиновый вариант - Tiro 242, мощность которого достигла 430 л.с. С этим двигателем скорость танка должна была вырасти как минимум до 42 км/ч. Дальнейшее увеличение скорости ограничивалось возможностями подвески.

Работы по Carro Armato P 43 дошли до стадии изготовления макета. Но, не приступая к изготовлению прототипа танка, конструкторы в апреле 1943 года "модернизировали" проект Carro Armato P 43, который получил обозначение Carro Armato P 43 bis.

"Carro Armato P 43 bis"



Модернизация была настолько существенной, что, можно сказать, это был во многом новый, более совершенный танк. При использовании тех же бронелистов, его защита стала выше благодаря внесённым изменениям в конструкцию танка.

Вместо ступенчатой носовой части была установлена единая деталь под большим углом наклона, что повысило защищённость танка до уровня немецкой "Пантеры". И это при боевой массе всего в 34 тонны! Конструкция башни танка Carro Armato P 43 bis была разработана с чистого листа, т.к. в неё предполагалось разместить 90-мм пушку с длиной ствола 44 калибра, созданную на базе 90-мм зенитной пушки. Был предусмотрен вариант с 90-мм пушкой 53 калибра.

"Carro Armato P 43 bis" с 90-мм пушкой 53 калибра



И тогда по мощности вооружения танк стал бы вровень с немецким "Тигром". Новая башня получилась довольно широкой и низкой, благодаря чему общая высота танка составляла всего 2367 мм, что меньше, чем высота P 40. После завершения проектирования был изготовлен макет танка Carro Armato P 43 bis в масштабе 1:10.

Сведений о постройке опытного образца нет, да и быть не могло, т.к. времени у итальянских разработчиков на это не осталось, но есть сведения, что ими прорабатывались варианты дальнейшей модернизации уже этого танка. Во-первых, должна была устанавливаться 90-мм пушка с длиной ствола 53 калибра. Во-вторых, броня должна была стать 100-миллиметровой. И, в-третьих, должна была произойти замена подвески с тележной на торсионную, аналогичную подвеске танка Carro Armato Celere Sahariano.

"Carro Armato P 43 bis" с торсионной подвеской



В результате, итальянским конструкторам в 1943 году удалось создать вполне современную на тот момент машину, но реализовать её в металле не удалось, да и возможности промышленности были ограничены: конструкция танков так и оставалась клепаной.

Итальянская армия помимо танков нуждалась и в более мощных подвижных артиллерийских установках - САУ, которые, естественно, создавались на базе существующих на тот момент танков. Основная задача, которую ставили военные перед такой САУ, не только поддерживать пехоту на поле боя, но и участвовать в штурмовых операциях. Первое САУ создавалось на фирме Ansaldo на базе среднего танка M13/40, шасси которого было способно выдерживать массу до 30 тонн. Основное вооружение состояло из 75-мм гаубицы с длиной ствола 18 калибров (Cannone da 75/18), которую для установки на САУ пришлось дорабатывать. Гаубица крепилась в корпусе с помощью двух 50-мм полусферических масок, скользящих одна внутри другой. Отдача механизмов гаубицы составляла всего 350 мм. Ствол пушки относительно оси САУ по горизонту наводился в секторе $\pm 40^\circ$, вертикальный угол наводки составлял от -12° до $+22^\circ$. Скорострельность составляла порядка 4 выстрелов в минуту. Стрелковое вооружение состояло из зенитного

8-мм пулемета Vreda, установленный на крыше боевого отделения. Боекомплект включал два типа боеприпасов: осколочно-фугасные и бронебойные снаряды. Бронебойный снаряд массой 6,3 кг на срезе ствола имел скорость 400 м/с и пробивал на дистанции 1000 метров 50-мм броню средней твердости. Для осколочно-фугасного снаряда максимальная дистанция ведения огня составляла 8000 метров. Боекомплект САУ составлял 44 снаряда и 1104 патрона. Для установки гаубицы на корпусе танка вместо башни и подбашенной коробки была установлена рубка. Вертикально установленные 30-мм бронелисты рубки соединялись при помощи заклёпок. Боевое отделение вмещало трёх членов экипажа: водителя, заряжающего и наводчика.

Масса САУ составила 13 тонн (как и у танка M13/40), поэтому двигатель и трансмиссия без изменений перешедшие от этого танка, обеспечили САУ те же ходовые качества. И сохранившийся объём топливных баков оставил запаса хода в тех же пределах.

Прототип такой машины был построен 10 февраля 1941 года. После успешных испытаний последовал заказ на первую серию новых САУ (30 единиц), получивших обозначение "Semovente da 75/18 su scafo M40".

"Semovente da 75/18 su scafo M40"



Причём этот заказ был получен фирмой Ansaldo ещё до полного завершения испытаний. К концу 1941 года общий объём производства довели до 180 машин. Две трети из них (120 единиц) собирались на базе среднего танка M14/41, который отличался только усиленным двигателем и незначительными мелкими доработками. Передача 75-мм самоходных орудий в войска

началось в январе 1942 года. Хотя отзывы о боевом применении *Semovente da 75/18* были, в целом, весьма положительные очень скоро стало ясно, что мощности орудий с длиной ствола 18 калибров уже недостаточно. Самоходке требовалась более мощная артсистема, которая более эффективно могла бороться с танками союзников. Более оптимальным являлся вариант с пушкой имеющей длину ствола 34 калибра (*Cannone da 75/34*), но из-за их нехватки в конце 1942 года, в качестве временного решения, была установлена 75-мм пушка с длиной ствола 32 калибра. Весной 1943 года была выпущенная небольшая партия самоходок "*Semovente da 75/32*", для которых использовалось шасси танка *M14/41*. Впрочем, наиболее удачной модификацией, как и ожидалось, стала самоходка "*Semovente da 75/34*" оснащенная 75-мм орудием с длиной ствола 34 калибра. В качестве базового шасси вначале использовалось *M14/41*, но с 1943 года его полностью заменили на *M15/42*.

"*Semovente da 75/34 su scafo M42*"



Новое орудие предназначалось для борьбы с бронетехникой противника, поскольку бронебойный снаряд этой пушки имел начальную скорость 620 м/с. Теперь самоходка могла поражать любой танк союзников на дистанциях до 500 метров за исключением пехотного "*Churchill*" с его 110-мм лобовой броней. По остальным параметрам обновленная самоходка не отличалась от "*Semovente da 75/18*". На вооружение "*Semovente da 75/34*" была принята 29 апреля 1943 года. Всего было заказано 500 самоходок "*Semovente da 75/34*", но до 8 сентября успели собрать только 25 машин.

Кроме этих САУ итальянские конструкторы создали ещё несколько оригинальных машин. Так, например, в 1942 году 149-мм пушку установили на существенно модифицированном шасси танка "*Carro armato M15/42*". Но пушка была такой длины, что места для рубки не осталось - незащищённая казённая часть свисала за кормой корпуса. Расчёт орудия стоял на открытом месте. Первый (и единственный) образец САУ под названием "*Semovente da 149/40*" был готов для огневых испытаний в конце 1942 года, в ходе которых 46-кг снаряд улетал на 23,7 км. По горизонтали ствол орудия наводился разворотом корпуса, а по вертикали - специальным подъёмным механизмом.

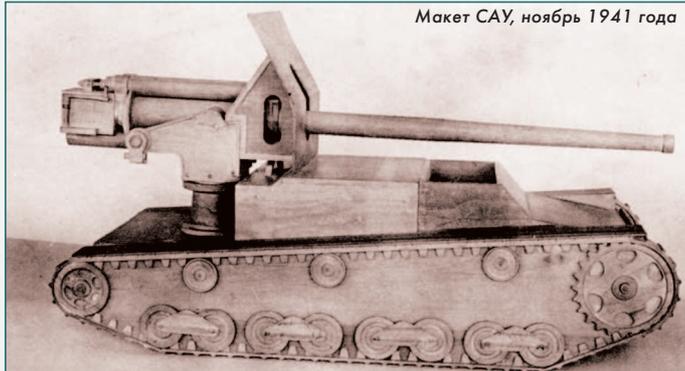
"*Semovente da 149/40*" на испытаниях



В конце лета 1941 года итальянские военные впервые столкнулись с советскими танками Т-34 и КВ, против которых их 47-мм пушки были бессильны. Тогда же было принято решение о создании мощных противотанковых пушек на основе имеющихся у них 90-мм зениток *Cannone da 90/53 mod. 1939*. Однако масса этого орудия составляла почти 9 т, поэтому для неё стали искать подходящее самоходное шасси. На тот момент единственным подходящим вариантом был средний танк *M13/40*. В ноябре 1941 года изготовили полномасштабный деревянный макет противотанковой САУ на таком шасси. Через месяц военные пожелали иметь САУ на модифицированном шасси танка *M14/41*.

При переделке под установку 90-мм пушки шасси среднего танка удлинили на 17 см, а также основательно перекомпоновали. Отделение управления осталось в передней части корпуса, двигатель перенесли в среднюю часть, а боевое отделение - в корму. 90-мм пушка размещалась в кормовой части

Макет САУ, ноябрь 1941 года



машин на поворотной установке, обеспечивавшей горизонтальный обстрел в секторе 80°. Диапазон углов вертикальной наводки составлял от -5° до +24° - этого противотанковой самоходке вполне хватало. Орудие и расчёт спереди и частично с боков прикрывал бронированный щит толщиной 14 мм. В целом самоходка, получившая наименование "*Semovente M41M da 90/53*", получилась довольно компактной: её высота составляла 2,15 м (на 22 см ниже, чем базового танка), а смещение длинноствольного орудия в корму позволило уменьшить общую длину машины - пушка не выступала за габариты корпуса. С другой стороны, по сравнению с базовым танком существенно усложнились доступ к двигателю и его обслуживание.

"*Semovente da 75/34 su scafo M42*"



Небольшие габариты машины вынудили конструкторов ограничить возимый боекомплект всего восемь (по другим данным - шесть) снарядами. Более того, в походном положении в самоходке размещалось лишь два члена экипажа: механик-водитель и командир (в отделении управления). Поэтому с самоходкой шёл транспортёр боеприпасов "*Transporto Munizioni L40*". Эта машина перевозила 26 снарядов, а ещё 40 размещалась на одноосном прицепе. На транспортёре боеприпасов размещались ещё два члена экипажа самоходки - наводчик и заряжающий.

Транспортёр боеприпасов "*Transporto Munizioni L40*" с прицепом



Ходовая часть "*Semovente M41M da 90/53*" соответствовала базовому танку, за исключением направляющего колеса, несколько сдвинутого назад в связи с удлинением корпуса. Двигатель остался прежним: 8-цилиндровый V-образный дизельный двигатель жидкостного охлаждения SPA 15, развивавший мощность 140 л.с. Этой мощности для САУ массой 16 т было недостаточно, поэтому скорость на шоссе не превышала 25 км/ч. Максимальная дальность стрельбы достигала 17 400 м, но главными для ПТ САУ являются бронебойные качества. Обычный бронебойный снаряд массой 10,1 кг на срезе ствола имел скорость 840 м/с, что позволяло на дистанции 460 м пробивать броню толщиной 143 мм.

Кумулятивный снаряд итальянской разработки был способен пробить 200-мм лист брони на максимальной прицельной дальности 2200 м. Опытный образец "*Semovente M41M da 90/53*" начал испытания 5 марта 1942 года. Всего же фирма "Ансальдо" изготовила 30 таких самоходок, по некоторым данным, все они были готовы уже к концу апреля 1942 года. А

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ФОРУМ
ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

2022

«ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ»



Организатор

Москва
ВДНХ



При поддержке



Генеральный партнер



ООО «АССАД-М»

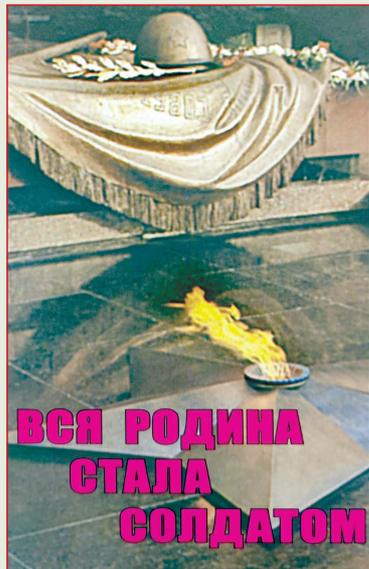
Россия, 105118, Москва, проспект Буденного, 19
+7 (495) 366-18-94, +7 (495) 366-85-22, +7 (495) 366-79-38

Тел./факс: +7 (495) 366-45-88

e-mail: forum@assad.ru

www.assad.ru

ЮБИЛЕЙНЫЙ ПОЭТИЧЕСКИЙ СБОРНИК В.М. ТОЛОКОННИКОВА



Валентин Михайлович Толоконников родился в 1930 г. в селе Елшанка-1 Бузулукского района Оренбургской области. После окончания в 1953 г. Куйбышевского авиационного института прошёл трудовой путь от мастера до главного инженера авиамоторостроительных заводов в Рыбинске и Москве. С 1978 г. по 1992 г. - начальник 3 Главного Управления Минавиапрома. Один из основателей АССАД. С 1991 г. по 1996 г. - вице-президент АССАД. Автор 10 изобретений и 30 научных трудов. Лауреат Государственной премии СССР за 1990 г. и Премии Совета Министров СССР за 1982 г. в области авиационного моторостроения и танкостроения. Академик Академии наук авиации и воздухоплавания. Имеет почётное звание "Выдающийся выпускник КуАИ-СГАУ". Почётный авиастроитель. Заслуженный авиадвигателю. Лауреат литературной Премии имени маршала авиации дважды Героя Советского Союза Николая Скоморохова.



Валентин Михайлович Толоконников, постоянный автор журнала "Двигатель" вновь порадовал наших читателей, выпустив юбилейный, 30-й поэтический сборник "Вся Родина стала солдатом". Этот сборник вышел в год празднования 75-летия Победы в Великой отечественной войне и 90-летия автора. Выход этого сборника не случаен. Несмотря на то, что Валентину Михайловичу не пришлось воевать, война оставила свой след в его жизни. Как написала газета "Российская провинция" г. Бузулук за май 2020 г. в статье "Слово гвардейца", что учащийся 5Д класса городской школы № 6 посылал подарки на фронт бойцам армии. Ученик этого класса Валя Толоконников получил с фронта письмо: "Дорогой Валя! Я командир, имею большое счастье получить по-

дарок, который Вы посылали на фронт. В ответ на подарки я и мои боевые товарищи даем Вам слово ещё беспощаднее бить и уничтожать ненавистного врага, каждый день освобождать от фашистов не менее десяти населенных пунктов. Валя прочти это письмо громко в классе и передай мой горячий гвардейский привет всем ребятам и педагогическому коллективу. Федор Щукин. 23.02.1942 г."

А вот как он вспоминает о жизни школы в период войны: "В школе по моей собственной инициативе мне поручили отмечать флажками на громадной карте линию фронта. Это меня накрепко привязывало ко всем сообщениям "Совинформбюро" - по радио и в газетах.

Пришлось иногда откладывать, более важные, как мне казалось, наши ребячьи, уличные дела и внимательно слушать радио и всегда приходиться в школу в числе первых, чтобы вовремя поставить красные флажки на школьной карте. До Сталинградской битвы флажки ползли на восток, и было тревожно. И даже были предложения: "не ставь ты эти флажки - только тоску наводишь, да и какой в этом смысл?". Но я был непреклонным и считал, чем тревожнее на фронте, тем здесь в тылу мы должны делать всё для фронта во имя Победы.

А поэтому работа на заводе им. Куйбышева, где мы после учебы по 2-3 часа передавали корпуса мин и снарядов для обточки их на токарном полуавтомате Невьянского станкостроительного завода от рабочего до рабочего, нам не казалось в тягость. Уставали очень, но гордились - мы помогаем фронту.

После разгрома немецкой 6-й армии в Сталинграде, где воевала и дивизия, сформированная в Бузулуке под командованием генерала Родимцева, мне стало легче, я стал самым уважаемым учеником - флажки ползли на запад, а вот уже и чехословацкая воинская часть под командование полковника Л. Свободы, сформированная у нас (её штаб был в здании школы № 2, где я учился во 2, 3 и 4 классах), приняла боевое крещение под Харьковом... И уже после Курского сражения, когда началось стремительное наступление, я с каждым днем, передвигая флажки на запад, испытывал причастность к великим победам. И вот уже флажки у Вены, Торгау, Берлина. И Победа, Победа, Победа! Салюты, салюты были каждый день."

В сборник стихов "Вся Родина стала солдатом" включены стихи о выдающихся авиационниках - А.И. Шахурине, П.В. Дементьеве, В.П. Баландине, В.Я. Климове, Н.Д. Кузнецове, В.В. Чернышеве, М.А. Ферине, которые обеспечили победу в небесах и на земле. П



СПАСИБО ТЕБЕ, СОЛДАТ! (Благодарственная солдатская)

Спасибо тебе, Солдат!
Не испугался ты стали,
Взорвал её связкой гранат -
И танки подбитые встали!

Спасибо тебе, Солдат!
Горящий ты свой самолёт
Направил в колонну - и в ад
Отправил захватчиков сброд!

Спасибо тебе, Солдат!
Собой амбразуру закрыл,
Расчистил ты путь для ребят,
Дорогу к Победе открыл!

Спасибо тебе, Солдат!
Что вынес дитя из огня.
И вот они вместе стоят,
Мир на земле храня.

И вот уже внуки и дети
На страже надёжно стоят,
За мир они ныне в ответе.
Спасибо тебе, Солдат!

В мир вечно паролю звучать:
"Москва, Ленинград, Сталинград!"
И отзыв весь мир должен знать:
"Мы помним тебя, Солдат!"

Редакция журнала "Двигатель" желает Валентину Михайловичу крепкого здоровья и творческих успехов на поэтическом и литературном поприще.

СИЛА СОЮЗА

РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВРД
НА МОСКОВСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ
АМНТК "СОЮЗ"

ФГБОУ ВО "МАИ (НИУ)"
Аркадий Львович Берне,
Валерий Григорьевич Нестеренко

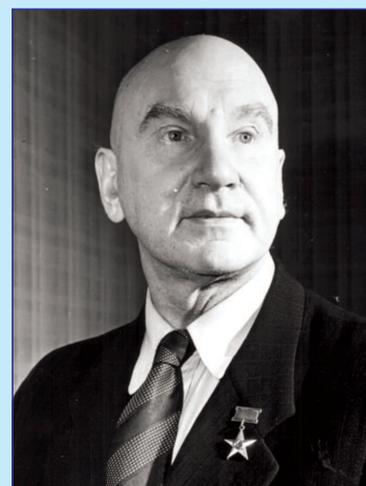


Эта статья посвящена всем сотрудникам предприятия АМНТК "Союз". Каждый из них - в чем-то "первый" или "самый первый". За пределами данной статьи оставлены работы Главного конструктора А.А. Микулина по поршневым двигателям, а также так называемые "сторонние" разработки предприятия АМНТК "Союз", такие как малоразмерные ЖРД,

турбохолодильные машины, космический электрогенератор и многое другое. Эти темы и разработанные конструкции явились основой для создания нескольких самостоятельных фирм и ОКБ, которые заслуживают отдельных публикаций.

Завод, впоследствии названный "Авиационный моторный научно-технический комплекс (АМНТК) "Союз" был создан в предвоенное время в Лужнецкой пойме Москвы. Вот как описано это в последнем советском справочнике по авиадвигателям "Отечественные авиационные двигатели, XX век", вышедшем

уже в XXI веке: "В конце 1940 г. Александр Микулин, Владимир Климов и Сергей Туманский - наши выдающиеся авиационные конструкторы - обратились с письмом к И.В. Сталину с обоснованием необходимости выделения ОКБ, созданных при серийных заводах, в самостоятельные структуры - отдельные заводы. Руководитель страны положительно отнесся к этому предложению, но начавшаяся война и связанное с ней перебазирование промышленности на восток задержали выполнение этого решения. Наиболее настойчивым оказался Александр Александрович Микулин. В конце 1942 г. он добился передачи ему почти пустых корпусов бывшего завода "Оргавиапром". На их базе, в 1943 году Микулин создал завод № 300, которому была поручена разработка новых авиационных двигателей. Позднее завод получил название "Союз". Руководителем завода и его главным (впоследствии генеральным) конструктором назначили А. А. Микулина." [1]



А.А. Микулин в период создания "завода 300"

За время своего существования он сменил ряд наименований - "завод 300", "п/я 2480", ММЗ "Союз", МНПО "Союз". [2]

На АМНТК "Союз" были созданы семейства одновальных российских турбореактивных авиационных двигателей (ТРД), включая АМ-3, АМ-5, РД-9Б. Далее появилась идея двухвальности роторов, которая была высказана сотрудниками ЦИАМ К.В. Холщевнико-

вым и О.Н. Фаворским. Это позволяло облегчить работу подшипников и существенно повысить запасы по помпажу. В 1951 году были изготовлены первые образцы нового двухвального ТРДФ РД-300, первоначально именовавшегося АМ-11.

К сожалению, в середине 50-х А.А. Микулин был отстранён руководством МАП от работы в авиационной промышленности по надуманному обвинению: "Тов. Микулин допускает ошибки в выборе направления развития авиационных двигателей, выступает с порочными идеями в части применения сверхзвуковых компрессоров, высоких температур и ряда других вопросов, чем вносит путаницу и затрудняет работу по созданию двигателей". Это - из текста приказа о снятии А.А. Микулина от 20 января 1955 года, который имелся в той или иной копии у каждого работника АМНТК.



А.А. Микулин и Б.С. Стечкин в лаборатории Института Двигателей

Близкий друг, соратник и заместитель Генерального конструктора А.А. Микулина на заводе "Союз", академик Б.С. Стечкин, которого в настоящее время называют основоположником теории ВРД [3], принял А.А. Микулина на работу научным сотрудником в лабораторию двигателей АН СССР, где он работал до 1959 года.

Это - продолжение их совместной деятельности. Ещё до революции А.А. Микулин и Б.С. Стечкин (двоюродные братья и племянники "Отца русской авиации" Н.Е. Жуковского) вместе работали над проектом самодвижущейся бронированной машины Лебедева, а в 20-х годах проектировали оппозитный авиационный двигатель. Он, к слову сказать, не пошёл дальше опытной модели и даже обращение к великому Жуковскому его судьбы не поправило. Когда в 1930 году, в ходе реализации Первой Пятилетки, для подготов-

были также использованы трофейные немецкие материалы - чертежи и экспериментальные данные [3].

Созданию двигателя во многом способствовало инициированная А.А. Микулиным разработка нового отечественного жаропрочного материала на заводе "Электросталь", расположенного в Подмоскowie, около Ногинска. Без создания этого материала разработка высокотемпературных турбин ВРД в России была бы невозможна.

В 1948-49 гг. этот новый двигатель проходил летные испытания на опытном самолете ЕФ-140. Его основные параметры на максимальном режиме: тяга - 3300 кг (32,36 кН), удельный расход топлива - 1,2 кг/кг ч (0,122 кг/Н ч). На номинальном режиме: тяга - 3000 кг (29,4 кН); удельный расход топлива - 1,2 кг/кг ч (0,122 кг/Н ч); максимальный расход воздуха - 65 кг/с.; степень повышения давления воздуха в компрессоре - 4,0; максимальная температура газа перед турбиной - 1120 К; масса - 1720 кг., удельная масса - 0,52. [5]

Модификация этого двигателя **АМРД-02** с тягой, увеличенной до 41,7 кН, успешно прошла государственные стендовые испытания в 1949 г. Принципиальные схемы двух двигателей аналогичны. С целью уменьшения массы и длины двигателей трубчато-кольцевая камера сгорания выполнена противоточной. Восьмиступенчатый осевой компрессор АМТКРД-01 (на АМРД-02 - девятиступенчатый) приводился во вращение одноступенчатой турбиной. На АМТКРД-01 установлено регулируемое реактивное сопло с электроприводом, а на АМРД-02 нерегулируемое. Запуск двигателей производился воздушным стартером. Двигатель был снабжен противообледенительной системой. В 1948-49 гг. двигатели проходили летные испытания на опытном самолете ЕФ-140. Максимальный режим: тяга - 4250 кг (41,65 кН), удельный расход топлива - 1,05 кг/кг ч (0,107 кг/Н ч) Номинальный режим: тяга - 3850 кг (37,7 кН), удельный расход топлива - 1,02 кг/кг ч (0,104 кг/Н ч). Максимальный расход воздуха - 75 кг/с. Степень повышения давления воздуха в компрессоре - 5,0. Максимальная температура газа перед турбиной не изменилась - 1120 К. Масса - 1675 кг

2. АМ-3 - в 1949 г. было начато проектирование самого мощного в мире для того времени ТРД [5]. В 1952 г. он успешно прошел государственные стендовые испытания и был запущен в крупносерийное производство на заводе №16 в Казани. Около 10 лет после создания этот ТРД оставался самым большим в мире. Для него были разработаны лента перепуска воздуха из средних ступеней компрессора, втулочно-пальцевое бандажирование лопаток турбины, шарнирное соединение роторов турбины и компрессора, интенсификация процесса охлаждения стенок жаровой трубы. Двигатель запускался от турбостартера собственной разработки СЗ-300. Потребовались новые материалы и технологии: штамповка алюминиевых заготовок большого диаметра, фрезерование и шлифовка труднообрабатываемых никелевых сплавов. Для внедрения в серию была создана группа (позднее - отдельное КБ) П.Ф. Зубца в Казани. Помимо сопровождения серийного производства эта группа занималась модификациями АМ-3 и увеличением их ресурса. Первые двигатели имели межремонтный ресурс 50 час., а последние - 2000 час.

3. АМ-5 - представляет собой образец применение идеи Микулина о "законе квадрата-куба": "маленький двигатель будет легче". Это был первый крупносерийный ТРД полностью отечественной разработки. На нем впервые были преодолены трудности масштабирования. Также и во время доводки возникли многочисленные трудности. В частности, с устойчивостью компрессора и организацией процесса горения. Опыт создания ТРД АМ-3 и АМ-5 был успешно применен для создания ТВД АИ-20, газогенератор которого по параметрам и конструкции был "между" ними. В результате цикл доводки АИ-20 был значительно сокращен, он "обогнал" конкурирующий двигатель, и в результате оказался одним из самых успешных и долгоживущих проектов.

4. АМ-9 (РД-9) - прямое продолжение линии АМ-5, первый ТРД для сверхзвукового истребителя. Для его внедрения в серию была создана группа В.Г. Сорокина в Уфе, ОКБ-26 при заводе № 26 приказом МАП СССР от 26 сентября 1955 г. Серийно выпускалось более десяти его модификаций, в том числе и для крылатой ракеты.

5. Р11-300 - двигатель с очень высокой степенью конструктив-

ной и аэродинамической инновации, проектировался под руководством Б.С. Стечкина [7]. Первый в СССР двухвальный двигатель, первый сверхзвуковой компрессор. Лопатки СА первой ступени компрессора одновременно являются передней опорой ротора НД. Оптимальное сочетание газодинамических, конструктивных и прочностных характеристик обеспечило этому проекту удивительно долгую жизнь. Считая вместе с модификациями, это - самый массовый ТРД в мире. Поздние модификации его (Р 95Ш) выпускаются до настоящего времени. При создании этого двигателя было решено множество проблем, в том числе в области сверхзвукового течения в относительном движении в лопатках компрессора, динамической прочности лопаток, критических скоростей вращения роторов, высоких температур в камере сгорания и форсажной камере, поджига, устойчивого горения интенсификации процесса в форсажной камере и т.д.

6. КР7-300 - первый ТРД, спроектированный специально для низко летящей противокорабельной КР со сверхзвуковым подлетом к цели. Стендов для имитации полетных условий не было, доводка в большой степени проходила на моделях и на летных испытаниях. Двигатель создавался как предельно простой и надежный, что позволило в дальнейшем использовать его для испытаний новых технологий, материалов, конструктивных решений.

7. КР7Ф-300 (Р26-300) - глубокая модификация КР7-300 на увеличенную тягу. Впервые была полностью отработана охлаждаемая лопатка турбины с дефлекторной схемой охлаждения в то время самой эффективной. На ней была отработана технология литья по выплавляемым моделям.

8. РУ19-300 -двигатель, разработанного под руководством Ю.И. Гусева. Он был заявлен как "комсомольско-молодежный", специально для учебно-тренировочных Як-30 и Як-32. Впоследствии этот двигатель имел множество применений, в том числе как ВСУ на Ан-24 РВ и Ан-26, как основной двигатель на опытном экраноплане Р.Е. Алексеева, а также для подогрева воздуха на испытательных стендах.

9. Р15-300 - основное назначение - крейсерский полет с $M > 2,8$, $H > 20$ км. Первые применения двигателя - экспериментальный Е-152 и крылатая ракета ТУ-123 "Ястреб". Серийное производство для самолетов семейства МиГ-25 было организовано на заводе "Салют" в Сокольниках под руководством Ф.В. Шухова. Модификация Р15Ф2-300 на увеличенные расход, степень сжатия и температуру газа перед турбиной, с тягой 14500 кг, по требованию заказчика была взаимозаменяема с ранними модификациями. Всего на этих двигателях установлено более 10 мировых рекордов, некоторые не побиты до сих пор.

10. Р21В-300 - первый в СССР подъемно-маршевый ТРД, был разработан на базе Р21Ф-300, модификации Р11-300 на увеличенную тягу для самолета Е-8. Двигатель с рекордно низкой удельной массой устанавливался на экспериментальном СВВП Як-36. На нем впервые были отработаны особенности работы на СВВП - точное регулирование тяги, отборы воздуха на струйные рули, подсос на вход выхлопных газов.

11. Р27В-300 - подъемно-маршевый ТРД для СВВП Як-38 разработан на основе Р27Ф-300. Самолет Як-38 - первый в СССР боевой самолет палубного базирования.

12. ТВД ТВО-100 - первый для этой фирмы турбовальный вертолетный ГТД. Комплект документации на этот двигатель был передан в ОМКБ и после его доводки и летных испытаний на Ка-126 он был по линии СЭВ передан для изготовления в Румынию.

13. Главная традиция фирмы АМНТК "Союз" - широкий диапазон разработок. Это отразилось в одновременной работе над первыми в истории фирмы двухконтурными двигателями, РДК-300 и Р79В-300, различающимися по тяге в 42 раза.

13.1. ТРДД РДК-300 - двухконтурный двигатель малой тяги. Его особенности обусловлены размерностью и ограниченными сроками доводки и начала массового производства. В отличие от конкурентов, двигатель одновальный с осевым вентилятором и компрессором. Высота лопатки последней ступени компрессора 8,0 мм. Для уменьшения габаритов и расширения диапазона рабочих режимов камера сгорания имеет "улиточное" фронтное устройство, разработанное на предприятии "Союз".

13.2. ТРДД Р79В-300 - двухконтурный, двухвальный подъемно-маршевый форсажный двигатель для СВВП Як-141. При большом различии в размерностях и назначении, в ряде элементов просматриваются общие с РДК-300 черты.

Хотелось бы еще раз упомянуть, что этот двигатель как бы "стоял на плечах" огромного опыта. Например, из средних ступеней компрессора на струйные рули самолета на "вертикальных" режимах отбиралось до 10% расхода воздуха, на "горизонтальных" режимах отбор закрывался. Несмотря на эту очевидную сложность, газодинамика компрессора "была угадана с чистого листа": создан и испытан только один вариант компрессора. Для сравнения: в то же время иностранной фирме для схожего компрессора потребовалась разработка и испытание 9 вариантов. Многие элементы двигателя, в первую очередь форсажная камера и сопло, намного опередили свое время.

Новые конструкции этого двигателя потребовали разработки и освоения ряда новых технологий. От многих из них, в частности, паяных корпусов камеры сгорания, сопловой и рабочей лопаток турбины ВД, пришлось отказаться из-за ограниченных сроков доводки. Позже стало известно, что паяные лопатки турбины были успешно изготовлены фирмой GE, но они не пошли в серийное производство. Первый полёт самолёта Як-141 состоялся 9 марта 1987 года. С 2003 года работы по этому проекту закрыты. Всего было произведено четыре экземпляра Як-141. Он установил множество мировых рекордов, почти все они не побиты до сих пор.

Очевидно, что на предприятии АМНТК "Союз" и в настоящее

время имеются реальные перспективы разработки и совершенствования новых авиационных двигателей, а также модернизации имеющихся, но не принятых к серийному производству. Всё это в полной мере относится к ТРДДф Р79В300, турбокомпрессор которого позволяет, в соответствии с выполненными расчётами, поднять его максимальную тягу до величины 18500 кгс и применить систему управления вектором тяги в вертикальной плоскости на $\pm 20^\circ$ с цифровой ЭДСУ. Не устарел технически и ТВД ТВ0-100, малогабаритный модульный турбовальный двигатель. Он проектировался и устанавливался на вертолёт Ка126. Позже был выполнен проект другого ТВД

128-300, максимальной мощностью 1300 л.с. Заместитель О.Н. Фаворского, В.А. Журавлёв разработал винтовентилятор, но он не был установлен на этот ТВД из-за повышенного уровня шума. Следует отметить, что исследованиями эффективности винтовентиляторов заняты многие фирмы США, Англии, ФРГ и Франции. В настоящее время новый двигатель по схеме "открытый ротор" Open Rotor (ТВВД) был разработан французской фирмой Safran. По её оценке экономия топлива может составить от 5 до 10%.

Технически, возможности продолжить творческие работы на АМНТК "Союз", несомненно, сохраняются. Есть и проекты, и площадки, и оборудование.



P110-300 для беспилотных летательных аппаратов

P579-300 для сверхзвуковых пассажирских лайнеров

TB128-300 для перспективных вертолетов



В современных экономических условиях в России АМНТК "Союз" потерял самое ценное - коллектив опытных квалифицированных специалистов по проектированию авиационных двигателей. Однако, Московский, Самарский, Рыбинский, Казанский и др. авиационные университеты (не так ещё давно именовались "институты"), и технологические колледжи ежегодно продолжают выпускать значительное количество молодых специалистов по этому направлению профессиональной подготовки. Для того, чтобы страна наша имела будущее, будущее самой российской молодёжи должно быть финансово стимулировано для реализации её способностей в авиационной или любого другого вида машиностроительной отрасли как государством, так и частным капиталом, рассчитывающим существовать в нашей стране. **П**



Литература.

1. Берне Л.П., Боев Д.А., Ганшин Н.С. Отечественные авиационные двигатели, XX век.-М., Авико-пресс, 2003, 212 с. ISBN-5-86309-028-7
2. Берне Лев Павлович . Как всё начиналось. Издание II, дополненное. Издательство журнала "Двигатель", М., 2013, 464 стр. с ил., ISBN 978-5-98962-011-1
3. Стечкин Борис Сергеевич. Теория воздушного реактивного двигателя // Техника воздушного флота. 1929, № 2.
4. Берне Лев Павлович. Как всё начиналось. Издание II, дополненное. Издательство журнала "Двигатель", М., 2013, глава Стечкин - стр 81-103
5. Журнал "Двигатель" № 1 (19) 2002 стр 46. <http://engine.aviaport.ru/issues/19/page46.html>
6. Журнал "Двигатель" № 3 (21) 2002, стр 34, <http://engine.aviaport.ru/issues/21/index.html>
7. Журнал "Двигатель" № 6 (24) 2002, стр 24, <http://engine.aviaport.ru/issues/24/index.html>
8. Болотин Александр, Энтис Яков. Век Микулина. npre. ru. библиотека. http://npre.ru/transport_i_aviacija/aviacija_i_kosmonavtika_1996_12/p7.php
9. Турбореактивный авиационный двигатель амткрд-01 (ам-01). 23.03.2017 <http://stroimsamolet.ru/turboreaktivnyj-aviacionnyj-dvigatel-amikrd-01-am/>
10. Феклистов Игорь. АМНТК "Союз" - 77 лет лидерства в разработке уникальных авиационных двигателей и газотурбинных установок. Читайте на WWW.KP.RU: <https://www.kp.ru/daily/217176/4279299/>.
11. Белов Вс. Июль 16, 2017 2:27 am. Микулин Александр Александрович (легенды технической мысли). Биография представлена Антоном Бочаровым. <https://mirovid.profforum.ru/t639-topic>

В заключение этой темы авторы считают себя обязанными выразить искреннюю благодарность редактору журнала, Дмитрию Александровичу Боеву за те принципиально важные дополнения, которые он сделал при редактировании статьи.



В.А. Журавлёв

Фото двигателей с сайта https://www.instagram.com/soyuz_amnkp/?hl=ru

Къ подписчикамъ журнала

„Двигатель“ и „Технической Математики“.

Редакция „Техническаго Издательства инж. Н. Кузнецова“ заведена письмами подписчиковъ, жалующихся на неполучение очередныхъ номеровъ журнала и — преимущественно — на невысылку уже давно обѣщанной и неоднократно откладывавшейся выпускомъ первой части „Технической математики“.

Однако, до сего времени Издательство лишено было возможности дать удовлетворительныя объясненія творимымъ задержкамъ. Дѣло въ томъ, что, твердо проводя (въ цѣляхъ сепаратнаго мира) свою провокационную политику, лишая рабочія массы наиболѣе производительныхъ элементовъ и искусно поселяя во „взятыхъ на учетъ“ глухое раздраженіе и неувѣренность въ завтрашнемъ днѣ, правительство царя въ то же время принимало всѣ мѣры къ тому, чтобы свѣдѣнія объ истинномъ положеніи вещей не распространялись. И въ силу цензурныхъ стѣсненій редакция была лишена возможности объяснить своимъ подписчикамъ, что въ Петроградѣ набирать и печатать книги *почти что некому*, а среди немногихъ работниковъ печатнаго дѣла за послѣдній годъ забастовка *почти что не прекращалась*. При такихъ условіяхъ сроки, назначаемые Издательствомъ, поимки воли послѣдняго отодвигались и отодвигались, вызывая въ подписчикахъ подозрѣніе, ужъ не собирается ли Издательство (существующее *обиндюченный* годъ) присвоить задаточныя суммы.

Издательство можетъ сказать лишь слѣдующее. Задержки въ выпускѣ книгъ прежде всего нарушаютъ матеріальные интересы самого Издательства, которое теряетъ десятки тысячъ рублей изъ-за невозможности вести свой торговый оборотъ въ намѣченномъ размѣрѣ. Такимъ образомъ болѣе чѣмъ странно было бы предположить, будто происшедшія задержки входятъ въ какой-то коммерческой (?) расчетъ Издательства.

Во всякомъ случаѣ всѣ принятыя на себя Издательствомъ обязательства будутъ осуществлены въ полномъ размѣрѣ. Въ отношеніи „Двигателя“ ближайшія планы таковы. Для возобновленія нормальныхъ сроковъ выпуска ближайшій номеръ журнала выйдетъ тройной тетрадью (№№ 4, 5 и 6), а слѣдующій — двойной (№ 7 и 8). Однако, общая емкость журнала отъ этого не только не уменьшится, но даже наоборотъ *увеличится*. Такъ, несмотря на обѣщаніе выпускать журналъ въ размѣрѣ 12-ти полосъ, № 3-й заключаетъ въ себѣ 16, а утроенный номеръ предположенъ въ размѣрѣ не 36-ти полосъ, а по крайней мѣрѣ 40-а.

Что касается обѣщаннаго въ приложеніи справочника „Вся техника“, то таковой будетъ разосланъ *не ранѣе конца года*.

Относительно „Технической математики“ Издательство затрудняется давать какія-либо срочныя обѣщанія. Можетъ сказать только, что типографія *формально* обязалась сдать 1-ую часть не позднѣе 15-го декабря 1916 года, а между тѣмъ и понынѣ книга еще полностью не отпечатана. Скажемъ одно: если нормальный порядокъ работъ возобновится быстро, тогда 1-ая часть (Ариеметика) выйдетъ *сейчасъ-же послѣ Пасхи*. Если же въ рабочей жизни Петрограда произойдутъ новыя осложненія, Издательство слагаетъ съ себя всякую отвѣтственность и можетъ лишь, какъ оно дѣлаетъ это и теперь, вернуть подписчикамъ „Математики“ ихъ задатки.

Теперь еще два слова о размѣрѣ изданія и выходѣ въ свѣтъ остальныхъ частей. Подписчики должны знать, что изъ всѣхъ четырехъ книгъ „Ариеметика“ — самая *маленькая* по размѣру. Поэтому печатаніе остальныхъ частей не можетъ произойти такъ быстро, какъ этого бы хотѣлось. Тѣмъ не менѣе предположено „Геометрію“ и „Алгебру“ печатать въ двухъ типографіяхъ и выпустить ихъ слѣдомъ другъ за другомъ.

Во всякомъ случаѣ Издательство еще разъ подтверждаетъ подписчикамъ, что всѣ, принятыя имъ на себя обязательства, будутъ строго выполнены, какъ выполнялись они и до сихъ поръ.

Техническое Издательство Инж. *Х. Кузнецова*.



риал и куда более слабый профессиональный базис, сильно размываетъ собственную же роль и значимость. „Больше“ отнюдь не всегда означаетъ „лучше“. И это не интересно.

По этимъ и иным, не такимъ глобальным — но не значит, что не настолько действенным — причинам, мы, возможно, перейдемъ к не столь регулярной форме выпуска. Если не будетъ каких-либо еще более радикальных переменъ в нашей жизни.

От имени редакции: Д.А. Боев, генеральный директоръ издательства журнала.

*„Всѣ, имеющее начало, обрететъ и конецъ, все, что начинается, родится из окончившагося.“
Жозе Сармаго, „Евангелие от Иисуса“*



Убивая завтра, утреннимъ дирижаблемъ

Уважаемые авторы, читатели, члены редакционного совета, партнёры, рекламодатели и сотрудники журнала! Я приветствую Вас на страницах этого сдвоенного номера второго года пандемии по КО-ВИД-19. И с наступающим третьим её годом.

Да не затронет Вас ни эта, ни все иные болезни! Мы в журнале „Двигатель“ проработали уже более чем вдвое по сравнению со своими предшественниками начала прошлого века — и по времени, и по количеству статей и затронутых тем. Но всё это время чётко держали переданный ими нам через года курс технического просветительства. И если в начале 17-го года XX века поперёк этой благородной задачи легли войны и революции, то сейчас — эпидемия и смена технической политики в стране, исключающая из рассмотрения общеинженерные издания, не связанные с корпоративными задачами. В этом поле остаётся всё меньше участвующих в деле коллективов. И многих, известных ранее, мы уже не считываемся. Наверное, пришла пора...

К тому же, принятая сейчас ориентация на электронные издания, имеющие большую аудиторию, меньшую ответственность за размещаемый мате-



*из журнала ДВИГАТЕЛЬ 1915 г.
Бюджет мотор -
бюджет и самолёт*

Механикъ Щербакъ и развито Вяземъ.

МЕХАНИКА СПЛОШНЫХ СРЕД

РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ЛАМИНАРНОГО ТЕЧЕНИЯ МЕТОДАМИ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Александр Иванович Бажанов, академик МИА

Николай Юрьевич Кочетков, к.т.н., старший преподаватель ФГБОУ ВО "МАИ (НИУ)"
Анатолий Алексеевич Сперанский, вице-президент РИА, DExpert ISCED, академик РИА и МИА

В продолжении цикла работ по теме "Механика сплошных сред" рассматривается специальная газодинамическая задача ламинарного течения, применимая для расчетных исследований течений жидкости, газа и плазмы. Записаны новые уравнения математической физики параболического типа, описывающие большой класс газодинамических задач, встречающихся в практике ракетной техники, промышленной и космической энергетики и других народно-хозяйственных отраслей. Новая математическая задача может быть решена с помощью известных методов решения параболических уравнений математической физики. Для иллюстрации возможного решения приведен в виде цитаты [1] аналогичный классический пример решения уравнения теплопроводности. Полученное уравнение для ламинарного течения строго описывает пристенные течения в камерах ЖРД, течение продуктов сгорания в РДТТ по всему тракту и течения в сверхзвуковых соплах ракетных двигателей.

In the continuation of the cycle of works on the topic "Continuum mechanics", a special gas-dynamic problem of laminar flow is considered, applicable for computational studies of fluid, gas and plasma flows. New parabolic-type mathematical physics equations describing a large class of gas-dynamic problems encountered in the practice of rocket technology, industrial and space energy and other national economic sectors are written down. A new mathematical problem can be solved using well-known methods for solving parabolic equations of mathematical physics. To illustrate a possible solution, a similar classical example of solving the heat equation is given in the form of a quote [1]. The resulting equation for laminar flow strictly describes the wall-to-wall flows in the LRE chambers, the flow of combustion products in the RDTT along the entire path and the flow in supersonic nozzles of rocket engines.

Ключевые слова: механика сплошных сред, ламинарное течение, параболическое уравнение математической физики.
Keywords: continuum mechanics, laminar flow, parabolic equation of mathematical physics.

Многие задачи газовой динамики описываются уравнением движения или уравнением Навье-Стокса, которое записывается в следующем виде:

$$\rho \frac{\partial \vec{V}}{\partial \tau} = -\text{grad } P + \mu \Delta \vec{V} + \frac{1}{3} \mu \text{grad div } \vec{V}.$$

Если раскрыть субстанциональную производную и лапласиан скорости, то получим векторное уравнение вида:

$$\rho \frac{\partial \vec{V}}{\partial \tau} + \rho \text{grad} \frac{V^2}{2} + \rho [\text{rot } \vec{V} \cdot \vec{V}] + \text{grad } P - \frac{4}{3} \mu \text{grad div } \vec{V} + \mu \text{rot rot } \vec{V} = 0.$$

Учитывая основные утверждения о невозможности существования в сверхзвуковом потоке вихрей, избавляемся от них, вычеркивая из уравнения все роторы: остаётся уравнение описывающее ламинарное течение и включающее в себя вязкие и упругие члены.

$$\rho \frac{\partial \vec{V}}{\partial \tau} + \rho \text{grad} \frac{V^2}{2} + \text{grad} \left(\rho - \frac{4}{3} \mu \text{div } \vec{V} \right) = 0.$$

Вывод уравнения ламинарного течения и постановка задачи

Прежде всего преобразуем уравнение к виду удобному для анализа:

$$\rho \frac{\partial \vec{V}}{\partial \tau} + \text{grad} \left(P + \frac{\rho V^2}{2} \right) - \frac{V^2}{2} \text{grad } \rho = \frac{4}{3} \mu \Delta \vec{V}.$$

Воспользовавшись понятием постоянства полного давления, получаем:

$$\rho \frac{\partial \vec{V}}{\partial \tau} - \frac{V^2}{2} \text{grad } \rho = \frac{4}{3} \mu \Delta \vec{V}.$$

Далее, превращая $\text{grad } \rho$ в $\text{grad } P$, получаем:

$$\rho \frac{\partial \vec{V}}{\partial \tau} - \frac{V^2}{2a^2} \text{grad } P = \frac{4}{3} \mu \Delta \vec{V}.$$

Разделим на коэффициент при производной по времени и запишем в каноническом виде:

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial \tau} = \frac{4}{3} \nu \Delta \vec{V} + \frac{M^2}{2\rho} \text{grad } P. \quad \text{© Кочетков Н.Ю., 2021}$$

Далее, если переобозначить переменные и коэффициенты, получим привычную математическую запись уравнения:

$$u_t = a^2 \Delta u + f(x,t),$$

где:

$$u_t = \frac{\partial \vec{u}}{\partial \tau}; \quad \Delta u = \frac{\partial^2 \vec{u}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{u}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vec{u}}{\partial z^2}; \quad a^2 = \frac{4}{3} \nu; \quad f(x,t) = \frac{M^2}{2\rho} \text{grad } P.$$

Полученное уравнение относится к типу параболических уравнений и называется уравнение теплопроводности.

Уравнение теплопроводности, постановка первой краевой задачи

Полученное уравнение движения ламинарного потока совпало полностью с уравнением теплопроводности, которое в девятнадцатом веке открыл великий учёный Жан Батист Жозеф Фурье. Поражает поистине методическое совершенство этого человека, который сформулировал и обосновал физическую задачу, предложил метод её решения, один из немногих в теории математической физики, и дал способ представления решения в виде наглядных функций. Его достижения в этой области можно сформулировать тремя позициями:

1. Уравнение теплопроводности Фурье;
2. Метод разделения переменных Фурье;
3. Разложение функций в ряды Фурье.

Постепенно изложим последовательность решения однородной краевой задачи - исследование ламинарного течения на примере задачи теплопроводности. При этом будем подразумевать под значением (u) температуру, а под величиной (a) - коэффициент температуропроводности. Функция $f(x,t)$ идентифицируется как источник член.

Для отличия задач условно принято преобразование временного аргумента $\tau \rightarrow t$.

Перейдём к решению первой краевой задачи для уравнения теплопроводности в одномерной постановке:

$$u_t = a^2 u_{xx} + f(x,t) \quad (1)$$

с начальным условием:

$$u(x,0) = \varphi(x), \quad (2)$$

и граничными условиями:

$$\begin{aligned} u(0,t) &= \mu_1(t); \\ u(l,t) &= \mu_2(t). \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь $\varphi(x)$ - значение функции в начальный момент времени; μ_1 и μ_2 - значение температуры на границе области.

Изучение общей первой краевой задачи начнём с решения следующей простейшей задачи: найти решение однородного уравнения $u_t = a^2 u_{xx}$ (4), удовлетворяющее начальному условию $u(x,0) = \varphi(x)$ (2), и нулевым граничным условиям

$$\begin{aligned} u(0,t) &= 0, \\ u(l,t) &= 0. \end{aligned}$$

Метод разделения переменных

Вспользуемся методом разделения переменных Фурье. Иллюстрация этого метода применительно к задаче параболического типа исключительно хорошо представлена в классической книге по теории математической физики авторами А.Н. Тихоновым и А.А. Самарским. Вспользуемся представленным в ней изложением. Ниже процитируем оригинальный текст:

"Для решения этой задачи рассмотрим, как принято в методе разделения переменных, сначала основную вспомогательную задачу.

Найти решение уравнения

$$u_t = a^2 u_{xx}, \quad (5)$$

не равное тождественно нулю, удовлетворяющее однородным граничным условиям:

$$\begin{aligned} u(0,t) &= 0, \\ u(l,t) &= 0, \end{aligned}$$

и представимое в виде:

$$u(x,t) = X(x)T(t), \quad (6)$$

где $X(x)$ - функция только переменного x , $T(t)$ - функция только переменного t .

Подставляя предполагаемую форму решения (6) в уравнение (4) и произведя деление обеих частей равенства на $a^2 X T$, получим:

$$\frac{1}{a^2} \frac{T'}{T} = \frac{X''}{X} = -\lambda, \quad (7)$$

где $\lambda = \text{const}$, так как левая часть равенства зависит только от t , а правая - только от x .

Отсюда следует, что:

$$\begin{aligned} X'' + \lambda X &= 0, \\ T' + a^2 \lambda T &= 0. \end{aligned} \quad (8)$$

Граничные условия (5) дают:

$$X(0) = 0, \quad X(l) = 0. \quad (9)$$

Таким образом, для определения функции $X(x)$ мы получили задачу о собственных значениях

$$X'' + \lambda X = 0, \quad X(0) = 0, \quad X(l) = 0. \quad (10)$$

Использование рядов Фурье

Фурье было показано, что только для значений параметра λ равных

$$\lambda_n = \left(\frac{\pi n}{l}\right)^2 \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (11)$$

существуют нетривиальные решения уравнения (8), равные

$$X_n = \sin \frac{\pi n}{l} x. \quad (12)$$

Этим значениям λ_n соответствует решения уравнения (8')

$$T_n(t) = C_n e^{-a^2 \lambda_n t}, \quad (13)$$

где C_n - не определенные пока коэффициенты.

Возвращаясь к основной вспомогательной задаче, видим, что функции

$$u_n(x,t) = X_n(x) T_n(t) = C_n e^{-a^2 \lambda_n t} \sin \frac{\pi n}{l} x \quad (14)$$

являются частными решениями уравнения (4), удовлетворяющими нулевым граничным условиям.

Обратимся теперь к решению задачи (1). Составим формальный ряд:

$$u(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} C_n e^{\left(\frac{\pi n}{l}\right)^2 a^2 t} \sin \frac{\pi n}{l} x. \quad (15)$$

Функция $u(x,t)$ удовлетворяет граничным условиям, так как им удовлетворяют все члены ряда. Требуя выполнения начальных условий, получаем:

$$\varphi(x) = u(x,0) = \sum_{n=1}^{\infty} C_n \sin \frac{\pi n}{l} x, \quad (16)$$

то есть C_n являются коэффициентами Фурье функции $\varphi(x)$ при разложении её в ряд по синусам на интервале $(0, l)$:

$$C_n = \varphi_n = \frac{2}{l} \int_0^l \varphi(\xi) \sin \frac{\pi n}{l} \xi d\xi. \quad (17)$$

Рассмотрим теперь ряд (15) с коэффициентом C_n , определяемыми по формуле (17), и покажем, что этот ряд удовлетворяет всем условиям задачи (1). Для этого надо доказать, что функция $u(x,t)$ определяемая рядом (15), дифференцируема, удовлетворяет уравнению и области $0 < x < l, t > 0$ и непрерывна в точках границы этой области (при $t = 0, x = 0, x = l$).

Так как уравнение (4) линейно, то в силу принципа суперпозиции ряд, составленный из частных решений, также будет решением, если он сходится и его можно дифференцировать, почленно дважды по x и один раз по t . Покажем, что при $t > t_0 > 0$ (t_0 - любое вспомогательное число ряда производных)

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\partial u_n}{\partial t} \quad \text{и} \quad \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\partial^2 u_n}{\partial t^2}$$

сходятся равномерно. В самом деле,

$$\left| \frac{\partial u_n}{\partial t} \right| = \left| -C_n \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 a^2 n^2 e^{-\frac{\pi n^2}{l^2} a^2 t} \sin \frac{\pi n}{l} x \right| < \left| C_n \right| \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 a^2 n^2 e^{-\frac{\pi n^2}{l^2} a^2 t}.$$

В дальнейшем будут сформулированы дополнительные требования, которым должна удовлетворять функция $\varphi(x)$. Предположим сначала, что $\varphi(x)$ ограничена, $|\varphi(x)| < M$; тогда:

$$\left| C_n \right| = \left| \frac{2}{l} \int_0^l \varphi(\xi) \sin \frac{\pi n}{l} \xi d\xi \right| < 2M.$$

Откуда следует, что

$$\left| \frac{\partial u_n}{\partial t} \right| < 2M \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 a^2 n^2 e^{-\frac{\pi n^2}{l^2} a^2 t} \quad \text{для} \quad t \geq t_0.$$

И аналогично

$$\left| \frac{\partial^2 u_n}{\partial t^2} \right| < 2M \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 a^2 n^2 e^{-\frac{\pi n^2}{l^2} a^2 t} \quad \text{для} \quad t \geq t_0.$$

Вообще

$$\left| \frac{\partial^{k+1} u_n}{\partial t^k \partial x^k} \right| < 2M \left(\frac{\pi}{l}\right)^{2k+1} a^{2k} n^{2k+1} e^{-\frac{\pi n^2}{l^2} a^2 t} \quad \text{для} \quad t \geq t_0.$$

Исследуем сходимость мажорантного ряда $\{\alpha_n\}$, где

$$\alpha_n = N n^q e^{-\frac{\pi n^2}{l^2} a^2 t}.$$

По признаку Даламбера этот ряд сходится, так как:

$$\left| \frac{\alpha_{n+1}}{\alpha_n} \right| = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(n+1)^q e^{-\frac{\pi}{l^2} a^2 (n^2 + 2n + 1)t}}{n^q e^{-\frac{\pi}{l^2} a^2 n^2 t}} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^q e^{-\frac{\pi}{l^2} a^2 (2n+1)t} = 0.$$

Отсюда вытекает возможность почленного дифференцирования ряда (15) любое число раз в области $t > t_0 > 0$. Далее, пользуясь принципом суперпозиции, заключаем, что функция, определенная этим способом, удовлетворяет уравнению (4). В силу произвольности t_0 это имеет место для всех $t > 0$. Тем самым доказано,

что при $t > 0$ ряд (15) представляет функцию, дифференцируемую нужное число раз и удовлетворяющую уравнению (4).

При доказательстве того, что ряд (15) удовлетворяет уравнению $u_t = \alpha^2 u_{xx}$ при $t > 0$, была использована только ограниченность коэффициентов Фурье C_n , которая, в частности, будет иметь место для любой ограниченной функции $\varphi(x)$.

Если функция $\varphi(x)$ непрерывна, имеет кусочно-непрерывную производную и удовлетворяет условиям $\varphi(0) = 0$ и $\varphi(l) = 0$, то ряд

$$u(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} C_n e^{-\left(\frac{\pi n}{l}\right)^2 \alpha^2 t} \sin \frac{\pi n}{l} x$$

определяет непрерывную функцию при $t \geq 0$.

Действительно, из неравенства

$$|u_n(x,t)| < |C_n|,$$

получается, что при $t \geq 0$ $0 < x < l$ сразу же следует равномерная сходимость ряда (15) при $t \geq 0$, $0 < x < l$, что и доказывает справедливость сделанного выше утверждения, если учесть, что для непрерывной и кусочно-гладкой функции $\varphi(x)$ ряд из модулей и коэффициентов Фурье сходится, если $\varphi(0) = \varphi(l) = 0$.

Итак, задача нахождения решения первой краевой задачи для однородного уравнения с нулевыми граничными условиями и непрерывным, кусочно-гладким начальным условием решена полностью".

Возможности практического использования

Возможности практического использования уравнения, описывающего ламинарное движение, весьма обширны. Практически все области течения в РДТТ являются ламинарными. Исключение представляют зоны встречных потоков из-под уплотненной части сопла и части зонтичных и звездообразных каналов. Газящие поверхности заряда и сопла так же не способствуют появлению турбулентности [5, 6].

В ЖРД на протяжении всего тракта движения рабочего тела поток разгоняется и градиент давления всегда отрицательный. Препятствием ускоряющемуся потоку, приводящему к турбулентности, могут оказаться вязкость, конструктивные выступы и пересекающиеся струи в области смесительной головки. Трение вдоль стенок не оказывает влияния на возникновение турбулентности внутри ламинарного подслоя.

Абсолютно **все задачи конвективного теплообмена**, встречающиеся в ракетных, промышленных и добывающих установках, **всегда ламинарные**. Это обусловлено тем, что при любой конфигурации конструкции, при любой паре: материал стенки-омываемое его рабочее тело, всегда найдется область, примыкающая к стенке, обладающая свойствами ламинарного потока. То есть свойствами стратификации (послойности), сжимаемости (упругости) и вязкости.

Таким образом, имея основное уравнение, появляется возможность постановки одной из классических задач уравнений математической физики. Важно отметить, что для подобных уравнений доказаны теоремы существования и единственности.

Основной вывод работы

Получено новое уравнение математической физики параболического типа, описывающее ламинарное течение рабочего тела и позволяющее получить точное решение в виде полей скоростей. Один из способов получения такого точного решения был проиллюстрирован на примере решения уравнения теплопроводности методом разделения переменных и процитирован из книги А.Н. Тихонова и А.А. Самарского. Другой очевидный способ будет в ближайшее время разработан и представлен в последующих статьях. Это - классический метод характеристик. **П**

Литература

1. А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. Уравнения математической физики // М. Наука, 1977 г.
2. В.В. Струминский. Механика турбулентных потоков. Основные направления теоретических исследований проблем турбулентности // М. Наука, 1980 г.
3. Л.Г. Лойцянский. Механика жидкости и газа // М. Физматлит, 1959 г.
4. Ю.М. Кочетков. Турбулентность сверхзвуковых течений (памяти Гилевича) // Двигатель № 2, 2013 г.
5. Ю.М. Кочетков, Н.Ю. Кочетков. Турбулентность. Особенности термогазодинамики РДТТ // Двигатель № 4, 2021 г.
6. Н.Ю. Кочетков, Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Особенности термогазодинамики РДТТ с двухсоставными зарядами // Двигатель № 5,6, 2021 г.

Связь с авторами: kolabuy@gmail.com

ИНФОРМАЦИЯ. Рекорды "Spirit of Innovation"



Во время проведения испытательных полётов, состоявшихся 16 ноября 2021 г. на экспериментальном авиационном полигоне британского Министерства обороны Boscombe Down полностью электрический самолет "Spirit of Innovation" компании Rolls-Royce на дистанции 3 км разогнался до 555,9 км/ч, побив существующий рекорд на 213 км/ч. Во время последующих полетов этот самолет смог разогнаться на 15-километровой дистанции до скорости 532,1 км/ч, побив предыдущий рекорд на 292,8 км/ч. Ещё один рекорд, установленный на нём, касался скороподъёмности на высоту 3000 м, на которую электрический самолет поднял-

ся всего за 202 с, улучшив время предыдущего рекорда на 60 с.

И уже не на мерной дистанции, а в свободном полёте был установлен рекорд максимальной скорости, который теперь для самолетов с электрической силовой установкой составляет 623 км/ч.

Собранные во время этих полетов данные будут использованы в будущем при разработке электрических двигательных установок, предназначенных для электрических и гибридных самолетов местных авиалиний.

Самолет "Spirit of Innovation" приводится в движение электрической силовой установкой мощностью 400 кВт (более 500 л.с.). Электрическая энергия для электродвигателя запасается в системе аккумуляторных батарей, имеющих на сегодня самый высокий показатель плотности хранения заряда среди подобных систем.

Партнерами компании Rolls-Royce в разработке и создании самолета "Spirit of



Innovation" является компания Electroflight, специализирующаяся на технологиях хранения электрической энергии, и компания YASA, направлением деятельности которой является разработка и изготовление двигателей и трансмиссий для электрических транспортных средств.

Разработка самолета "Spirit of Innovation" проводилась в рамках британской программы ACCEL (Accelerating the Electrification of Flight), проводимой институтом ATI (Aerospace Technology Institute) и несколькими другими британскими государственными предприятиями. **П**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ ЛЕТАЮЩИХ ТАРЕЛОК ПРИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КРИЗИСЕ

Виталий Михайлович Мельников, доктор технических наук, профессор, академик Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского (РАКЦ) и Международной академии информатизации, Заслуженный деятель науки и образования, профессор Российского университета дружбы народов (РУДН)

Владимир Павлович Мельников, доктор технических наук, профессор Московского авиационного института (национальный исследовательский университет), академик Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, руководитель секции "Аномальные процессы на Земле и в космосе" НТС Федерации космонавтики России, Президент РОО "Общественная академия изучения проблем информатологической и прикладной аномалогии" (АИПАН).

Энергетический кризис инициировал в мире волну повышенного интереса к энергетике летающих тарелок. В потерпевших крушение аппаратах не находят традиционных энергодвигательных средств, что указывает на использование в них энергии из окружающей среды и возможность перехода всех транспортных средств на принципиально более мощную экологически чистую энергетику. До Второй Мировой войны были созданы аппараты, использующие принцип работы униполярного генератора и создаваемое на борту аппарата высоковольтное электрическое поле. Этот принцип может использоваться сегодня. Приводится информация об открытии методами криптографии в 1984 тайны феномена НЛО. Высказывается гипотеза о возможном использовании для большинства типов НЛО материалов, практически отсутствующих на Земле (дальних лантанидов) с аномальными свойствами, неизвестными современной науке.

The energy crisis has initiated a wave of increased interest in the energy of flying saucers in the world. The wrecked vehicles do not find traditional energy-motive means, which indicates the use of energy from the environment in them and the possibility of switching all vehicles to a fundamentally more powerful environmentally friendly energy. Before the Second World War, devices were created using the principle of operation of a unipolar generator and a high-voltage electric field created on board the device. This principle can be used today. Information is provided about the discovery of the secret of the UFO phenomenon by cryptography methods in 1984. The hypothesis is expressed about the possible use for most types of UFOs of materials that are practically absent on Earth (distant lanthanides) with anomalous properties unknown to modern science. Keywords: unidentified flying objects; environmentally friendly energy; cryptography methods; distant lanthanides; anomalous properties.

Летающие тарелки известны с глубокой древности, но привлекли особое внимание руководства нашей страны в период войны 1941-1945 г.г., появляясь в небе во время крупных военных операций, в том числе на Курской дуге и Сталинградской битве. Имелось большое число донесений от сухопутных войск и авиации о действиях неопознанных летающих объектах (НЛО). Сразу после войны И.В. Сталин дал задание С.П. Королёву разобраться, не являются ли летающие тарелки оружием потенциального агрессора. После тщательного изучения экспертами донесений из армии, занимавших два книжных шкафа (2000 отчётов и донесений) предприятия, носящего сегодня название РКК "Энергия" им. С.П.Королёва, было дано заключение о том, что с точки зрения ведения современных стратегии и тактики военных и разведывательных действий летающие тарелки не являются оружием потенциального агрессора. Вопрос: "а что это?" - оставался открытым. В силу чрезвычайно больших возможностей НЛО, в том числе военных, вокруг этого направления для широкой общественности на много лет организовалась информационная блокада. Якобы нет такого феномена!

Феномен НЛО

Представляет большой интерес раскрытие тайны энергетики НЛО при начавшемся во многих странах энергетическом кризисе. Летающие тарелки часто наблюдаются в разных точках мира, в том числе над Москвой. В Китае недавно наблюдали приземлившуюся летающую тарелку диаметром 300 м и высотой 40-50 м (выше самых высоких деревьев). В такую тарелку поместилось бы население среднего города или армия с техникой. На Луне в телескопы наблюдают аппараты сигарообразной формы длиной несколько километров, вылетающие преимущественно с полюсов. Форма аппаратов может быть как круглой, так и треугольной и продолговатой. Реже встречаются ещё 15 видов форм (шар, бумеранг, звезда и проч.) [1,2], которые также могут быть объяснены свечением вокруг аппарата в зависимости от режима его полёта. Широко известно, что СССР и США активно вывозили после войны из Германии информацию о ракетах. Значительно меньше известно о вывозе в США информации о летающих тарелках и специалистов по ним, что также имело место [2]. НЛО исследуют в США в "Зоне 51" (штат Невада) с послевоенного времени. Приказ о создании центра был подписан 23 сентября 1947 г., инициированный разгромом в начале марта 1947 г. военно-морского флота США под командованием адмирала Бэрда (12 кораблей и авианосец), у берегов Антарктиды в районе Земли Королевы Мод, вылетающими из-под воды летающими тарелками [3,7]. Тип тарелок не ясен: немецкие или инопланетные. Автор [2] считает, что в этом случае это были инопланетные аппараты, поскольку их технические характеристики были чрезвычайно высокими. По данным разведки в этом районе Антарктиды активно базировались немцы, обеспечивающие себя из портов Южной Америки. Это и было причиной посылки флота в

данный район. В книге [1] описываются последствия контактов с НЛО, в том числе гибель Ю. Гагарина и подводной лодки "Курск". Демонстрируются энергетические возможности НЛО диаметром всего 4 м, протаскившего 50 км железнодорожный состав весом 15,7 тыс. тонн. В потерпевших крушение аппаратах не находят традиционных энерго-двигательных средств, что указывает на использование в них энергии из окружающей среды и возможность перехода всех транспортных средств (кораблей, самолётов, автомобилей, ракет и проч.) на принципиально более мощную экологически чистую энергетику. С 50-х годов прошлого века в большом числе работ говорится о существовании энергетической сети в солнечной системе и вне её (энергии вакуума или нулевых колебаний), возможно питающей НЛО и землянам пока не доступной. Примеры случайного попадания в поле этой сети и его использования приведены ниже (п.3).

НЛО на Луне

Необходимость освоения Луны имеет два основных аспекта: первое - Луна является форпостом для исследования солнечной системы и дальнего космоса; второе - с Луны удобно следить за Землёй и околоземным пространством. Американцы в период 1969-1972 г. были на Лу-



не 6 раз, о чём свидетельствует деятельность созданного до американских полётов Центра космической связи в Крыму. На это указал академик РАН Б.Е. Черток. Прилетев на Луну, астронавт Нейл Армстронг транслировал на Землю сообщение, что его аппарат сел на полигон летающих тарелок. Через 6 часов пришёл ответ с приказом немедленно стартовать назад на Землю. Приказ был нарушен. Умирая, Нейл Армстронг сказал: "всю жизнь я давал подписку о неразглашении, сейчас мне всё равно... на Луне нам делать нечего, там давно всё освоено". Это появилось в Интернете сразу после его смерти, но очень быстро исчезло. Почему американцы после 6 удачных полётов на Луну закрыли программу "Аполлон" при 3-х подготовленных к запуску аппаратах (которые потом с большим трудом были пристроены в другие программы), и экипажах этих аппаратов? Видимо экспедиции столкнулись с трудностями не технического характера (например, вошли в конфликт с хозяевами НЛО), так что последующие 50 лет полётов на Луну не было.

Классификация летающих тарелок

Возможна следующая классификация летающих тарелок.

1. Земные рукотворные аппараты с круглой формой крыла и на "воздушной подушке", использующие тепловые авиационные двигатели.

2. Земные рукотворные аппараты, использующие высоковольтное электрическое поле величиной несколько миллионов вольт от униполярного генератора.

3. Аппараты на неизвестных современной науке принципах.

Первый вид аппаратов достаточно хорошо известен. Очень интенсивно развивался в 1935-1945 г.г. в Германии [6]. Десятки вариантов конструкций были доведены до лётных испытаний. Самым впечатляющим был полёт под Прагой в начале 1945 г. диска диаметром 68 м с горизонтальной скоростью 2200 км/час и потолком в 15 тыс.м. Использовались известные к тому времени авиационные двигатели, в том числе турбореактивные прямоточные. У аппаратов на "воздушной подушке" нагнетание воздуха в нижнюю часть конструкции осуществлялось винтовыми двигателями. Окончание войны приостановило развитие таких аппаратов, однако с меньшей интенсивностью они продолжали развиваться в США и других странах по настоящее время. Известный конструктор ракет Вернер фон Браун в послевоенное время в США много внимания уделял тарелкообразным аппаратам. Одной из наиболее успешных разработок являлся "Проект 1794" конструктора Д.Фроста (середина 50-х годов). Диаметр диска 8,9 м, вес пустого аппарата 9548 кг, запас топлива 3600 л, максимальная скорость 2768 км/час, потолок 21823 м, дальность 998 км. В СССР в середине 50-х годов В.П.Бурдаков и Ю.И.Данилов, будущие известные учёные, в дипломном проекте в Московском Авиационном Институте (МАИ) разработали аппарат диаметром 500 м. Аппараты отличались возможностью вертикального взлёта и посадки, высокой грузоподъёмностью, но широкого распространения не получили из-за относительно низкой скорости полёта, сложности эксплуатации, плохой манёвренности, высокими энергозатратами. Вертолёты оказались эффективнее для требуемых задач. Космические системы Спейс - Шаттл и Энергия - Буран не пошли по пути тарелчатого крыла или конструкции типа летающей тарелки. Интенсивное развитие ракетной техники ещё в большой мере ослабило позиции тарелкообразных аппаратов. Но в последнее время в связи с развитием техники наблюдается возврат интереса к ним. Огромный опыт разработок

стал использоваться во многих странах для создания летающих автомобилей [8]. Широкое их использование требует повышения надёжности самих аппаратов; выработки и введения правил полёта, взлёта и по-

садки; обучения пилотов и выдачи им лётных удостоверений; обеспечения мер безопасности полёта и борьбы с нарушителями и проч. На это могут уйти десятилетия. Вертолёты так и не стали достоянием широкой общественности из-за сложности пилотирования и эксплуатации (гибель глазного хирурга Фёдорова и генерала Лебеда), а также высокой стоимости.

Второй вид аппаратов, назовём их аномальными аппаратами (АА) поскольку не ясен их принцип работы, начал развиваться после того, как в начале 30-х годов прошлого века в Европе начали разработку униполярных генераторов, представляющих собой проводящие тяжёлые диски, разгоняемые до высоких угловых скоростей и затем тормозящиеся в магнитном поле, выдавая ток в миллионы ампер. Щётки для съёма тока располагались на периферии вращающегося диска. Исследователи столкнулись с фактом того, что при разгоне диска в определённый момент вокруг генератора вспыхивал электрический разряд голубоватого цвета, при этом диск продолжал разгоняться, более не потребляя внешнюю электроэнергию. Затем генератор взлетал от пола и улетал на расстояние до 400 м. Скорее всего устройство "случайно" попадало под воздействие вышеупомянутого силового поля. Электрический разряд свидетельствовал о наличии напряжения между щётками и осью генератора порядка нескольких миллионов вольт. При этом создавалась большая подъёмная сила. Магнитное поле Земли скорее всего не могло быть использовано из-за чрезвычайно малой величины (0,5 эрстеда). Поскольку генератор вырабатывает ток очень большой величины, то возможно создание на борту аппарата сверхсильных магнитных полей. По-видимому, это явление было использовано до войны 1941-1945 г.г. в Германии для создания подобных НЛО аппаратов. Имеются фотографии предвоенного времени (рис.4), указывающие на наличие таких устройств [2,3]. Работы велись в условиях высокой секретности. Известен интерес в 30-е годы в Европе к созданию керамики с повышенным электрическим пробойным напряжением. Униполярные генераторы существуют и исследуются 200 лет, начиная с диска Фарадея, однако даже сегодня у специалистов нет единой точки зрения на принцип работы некоторых типов конструкций. Имеется сообщение о том, что одна деревня в Европе более 20 лет питается электроэнергией от униполярного генератора без подвода внешней энергии. Это второй пример использования сверхсильного внешнего поля. Третьим примером является полёт мужчины 30 лет на высоте 1,5 м перед журналистами без каких либо технических средств в Нижнем Новгороде, переданный недавно по телевидению. Левитация, но как? Как 80 кг человеческого веса могут летать?

В 1923 г. учёные США Т.Браун и Бифильд, исследуя связь электричества с тяготением, открыли эффект электрогравитации ("Эффект Бифильда-Брауна"), когда движение заряженного тела происходит в направлении положительного электрода. Явление предполагало высоковольтный разряд вокруг тела с положительным и отрицательным электродами. По теории плазмы и газового разряда направление силы должно было быть противоположенным. Эффект открыл новые возможности создания АА, но требовал высоковольтного электрического поля. В 1946 г. Д. Серл (Англия) открыл новое явление, когда определённым образом намагниченные цилиндры начинали самопроизвольно вращаться вокруг кольцевого магнита. При этом создавалось электрическое поле величиной порядка 1 млн. вольт, питавшее построенные и испытанные в полёте АА. Генератор Серла по существу являлся разновидностью униполярного генератора.

Почему отработанный ещё до войны с Германии способ движения, пусть не до конца осознанный, не используется в настоящее время? Это препятствовало бы энергетическому кризису, сохраняя традиционные энергоресурсы.

Третий тип классификации аппаратов, не рукотворных и наиболее часто наблюдаемых АА, использует неизвестный современной науке способ обеспечения движения, основан на более глубоком понимании картины микромира, в частности гравитации и электричества. Несмотря на большой объём теоретических и экспериментальных исследований в настоящее время у зарубежных



стран нет в арсеналах аппаратов, полностью отвечающих возможностям третьего типа НЛО. Однако в разработках США последних десятилетий самолётов В-2, Х-33 и Х-43А, а также некоторых других, используются ряд принципиально новых решений, выявленных при исследовании летающих тарелок [2]. Например, организация высоковольтного электрического разряда по поверхности аппарата для снижения аэродинамического сопротивления и обеспечения радионевидимости. Х-33 это гиперзвуковой аппарат с кислород-водородным жидкостным ракетным двигателем (ЖРД), скоростью до 13М, потолком 120 км, стартовым весом 131 т.

Возможно, второй и третий тип АА использует одну и ту же "энергию вакуума или нулевых колебаний", однако различные способы подключения к ней. Во втором типе это высоковольтное поле величиной более 1 млн. вольт от униполярного генератора или генератора Серла, в третьем - это пока нам неизвестный, но чрезвычайно эффективный и технически простой способ, поскольку в потерпевших крушение аппаратах каких либо сложных систем управления не выявлено.

В Интернете встречаются сообщения о раскрытии методами криптографии тайны энергетики третьего типа НЛО в 1984 г. в США. В комментариях говорится, что всё оказалось очень просто. Техническая сторона не разглашается. При этом отмечается, что дальнейшие разработки по направлению решено было прекратить, поскольку при их развитии произошла бы революция в технике (ракетной, авиационной, судостроении и наземном транспорте) и половина населения развитых стран могла лишиться работы из-за экономического кризиса. Об этом сообщается также в книге [4], автор которой был главным редактором известного технического журнала и общался с многими высокопоставленными генералами в США. Однако переход на новый тип энергетики произойдёт не за один день, на это уйдут десятилетия и потребуются новые научно-технические кадры.

Верится с трудом, что без малого за 40 лет никто не попробовал реализовать открытую в 1984 г. тайну, если это возможно. А если нет?

Аномальные материалы

Имеется факт, относящийся к концепции невозможности осуществления принципа полёта НЛО третьего типа на Земле. В газете "Гудок" в конце 70-х годов прошлого века, была опубликована

заметка о том, что на реке Подкаменная Тунгуска был найден предмет двойкой кривизны, как бы часть разбитого корпуса НЛО, от которого при ударах отлетал сильный сноп искр. Предмет был отослан в материаловедческий институт Москвы. Выяснилось, что предмет сделан из дальнего лантанида, не вошедшего в таблицу Менделеева, методом порошковой металлургии (прессованием порошка при высоком давлении и температуре). На Земле такой материал практически отсутствует. Более того, Менделеев не включил лантаниды в свою таблицу, поскольку заполнение электронных слоёв у них не подчиняется общим закономерностям. Такой материал и его соединения могут обладать аномальными свойствами. Если нас на Земле окружают в основном кремний, железо, углерод, то возможно где-то в галактике есть планеты с другим окружением и другими, нам не доступными законами.

Заключение

При энергетическом кризисе, затронувшем в настоящее время страны Евросоюза, Китай и ряд других стран, представляет большой интерес раскрытие и использование энергетики НЛО, как аномальных аппаратов, черпающих энергию из окружающей среды (энергию вакуума или нулевых колебаний). Возможен переход всех транспортных средств (кораблей, самолётов, автомобилей, ракет и проч.) на принципиально более мощную экологически чистую энергетику, что препятствовало бы энергетическому кризису, сохраняя традиционные энергоресурсы. Энергетика созданных в довоенной Германии летающих тарелок на принципе использования электрического поля величиной порядка 1 млн. вольт от униполярного генератора или генератора Серла, представляет в настоящее время большой практический интерес.

Литература

1. В.Г Ажажа, В.И. Забелышенский. НЛО. Реальность и воздействие. ОНЛАЙН. mir.knig.com>read_225938-1.
2. Мельников В.П. Аномальные летательные аппараты - транспорт будущего. -М: ООО "Буки Веди", 2016, -416с.
3. Интернет сайт "летающие тарелки третьего рейха".
4. Cook N. The Hunt for Zero Point. Broadway Books. New York. 2001. -291p.
5. Фоменко В.Н. Технология чудес от полтергейста до пришельца. -Дзержинский: М. "Информационный центр", 1999.
6. Козырев В.М., Козырев М.Е. Рукотворные НЛО. -М: Эксмо, Яуза, 2005.
7. Бирюк А.В. НЛО - секретный удар. - Северная столица, М.: Гамма Пресс, 2000.
8. Интернет сайт "летающие автомобили".

Связь с авторами:

vitalymelnikov45@yandex.ru, anommpv2009@bk.ru

Как известно, драконов не существует...

Имеется три типа драконов: нулевые, мнимые и отрицательные. Все они, как было сказано, не существуют, однако каждый тип — на свой особый манер. Мнимые и нулевые драконы, называемые на профессиональном языке мнимоконами и нульконами, не существуют значительно менее интересным способом, чем отрицательные (отриконы)...

Эти отвратительные чудовища существуют совершенно иначе, чем, например, шкафы, комоды или столы: дракон характеризуется в первую очередь своей вероятностью, как правило, достаточно большой, раз он уже возник...

Дракон существует на уровне, зависящем от его настроения и от состояния общего насыщения, а также что единственным надёжным методом ликвидации является сведение вероятности к нулю и даже к отрицательным значениям. ...

В старых небылицах рассказывается много ложного о драконах. Например, утверждается, что драконы имеют иной раз до семи голов. Этого никогда не бывает. Дракон может иметь только одну голову — наличие двух тут же приводит к бурным спорам и ссорам; вот почему многоглавцы, как их называют ученые, вымерли вследствие внутренних распрей.

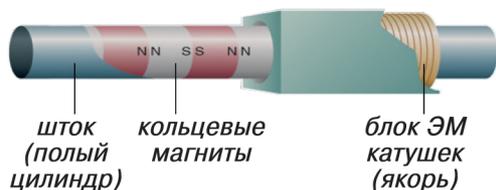
«Путешествие третье, или Вероятностные драконы»

Станислав Лем

ПЛАНАРНЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ И ШТОКОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Штоковые двигатели

Shaft Motor - штоковые (цилиндрические) линейные двигатели в ЭИ станках



Первый показ ЭИ станка со штоковыми двигателями - JIMTOF-2010

Штоковые двигатели производятся рядом фирм.

Например, японской **JMC Hillstone** совместно с Nippon Pulse Company (NPC). **Производство - с 2005 г.**

Другие изготовители штоковых ЛД: LinMot, PBA Systems, Orientalmotor, Parker, Ametek, Delta и т.д.

Помимо названия shaft motor (штоковые двигатели) такие двигатели известны как “трубчатые” и “цилиндрические”.

Штоковые двигатели разрабатывались для замены пневмо-, гидро- и ШВП-приводов в роботах-манипуляторах, штабелеукладчиках, сборочных платформах, а также в мед- и спецоборудовании. Проволочные электроэрозионные станки - первое известное применение штоковых двигателей в станках вообще.

Штоковые двигатели (ШД) имеют бессердечниковые катушки и, как результат, недостаточную тягу. Такими двигателями можно оснащать лишь малые и средние модели ЭИ вырезных станков. Для прошивных станков такие двигатели непригодны - штоковый двигатель попросту не поднимет тяжелый электрод!

Главное достоинство штоковых двигателей (ШД):

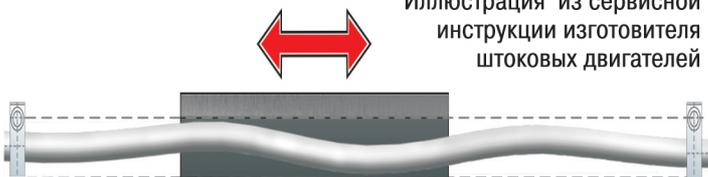
- ШД легко встроить на место ШВП-привода в существующие устройства (станки).

Но это, по сути, единственное достоинство!

Главные недостатки:

- **дефицит тяги** (ЭМ катушки - бессердечниковые!);
- **проблемы с теплоотводом** (его отсутствие!);
- **разнонаправленные биения магнитного штока и динамическая асимметрия зазора (вектор тяги пляшет хаотично от направления подачи!);**
- **хлипкая конструкция** (шток крепится лишь на концах внатяг и периодически требует перенатяжений).

Иллюстрация из сервисной инструкции изготовителя штоковых двигателей



Из-за продольных волн и разнородности параметров магнитов и их частей шток при движении “выплясывает твисты”

Sodick

Разработка электроискровых (ЭИ) станков с линейными двигателями (ЛД) с 1990 г.



Серийное производство стартовало в 1998 г.

До 2000 г. производились лишь электроискровые (электроэрозионные) прошивные станки с линейными двигателями (ЛД) только по оси Z. С 2000 г. появились ЭИ вырезные станки с ЛД по XY и прошивные с ЛД по XYZ.

С 2001 г. станки оснащаются ЛД по всем осям:

- **ЭИ координатно-прошивные - по осям XY и Z**
- **ЭИ проволочно-вырезные - по осям XY и UV**

Линейные двигатели Sodick - собственная разработка компании, а также и собственное производство Sodick - вплоть до редкоземельных Ne-Fe-B магнитов.

ЛД Sodick - это плоские панели постоянных магнитов и электромагнитные (ЭМ) катушки, которые разделяет **постоянный зазор = 0,4 мм**. Плюс линейки **10 нано**.

ЛД Sodick можно назвать “плоскопараллельными”, однако более распространен термин **планарные ЛД**.

Станки Sodick с планарными линейными двигателями суть **единые мехатронные системы**: ЛД создаются для станков “индивидуально”, а станки, в свою очередь, создаются под эти ЛД и соответствующие нагрузки.

Главные достоинства планарных ЛД Sodick:

- **большая мощность и тяга** благодаря сердечниковым ЭМ катушкам;
- **идеальный теплоотвод** - блок электромагнитных катушек крепится всей плоскостью на массивные элементы конструкции с высокой теплопроводностью;
- неизменный **константный зазор = 0,4 мм**;
- высочайшая динамическая точность в течение всей эксплуатации (**вектор тяги максимально совпадает с направлением подачи**);
- **надежность и долговечность**, подтверждаемые двумя с лишним 10-летиями успешной эксплуатации;
- особо **жесткая конструкция**.

Недостаток:

- планарный ЛД нельзя встроить в обычный станок “под ШВП”; планарные ЛД “индивидуальны” для каждого станка, который, в свою очередь, разрабатывается под эти ЛД и соответствующие им нагрузки.

ШД встраивается в станок на место ШВП.

(на фото ниже: как была ШВП смещена от центра в старом станке, так и в новом смещен от центра уже штоковый ЛД).

Тонкий магнитный шток - толщиной чуть больше пальца - легко деформируется, возникают разнонаправленные боковые биения, фатально влияющие на точность станка. Причин "гуляния" по меньшей мере две:

- 1) продольные волны, вызываемые силами сжатия и растяжения, которые порождаются неоднородностью плотности магнитных полей ЛД;
- 2) отклонения параметров отдельных магнитов на штоке, а также разнородность магнитных параметров разных частей одного магнита - двух совершенно одинаковых магнитов не бывает!



"Твисты" магнитного штока рождают переменные разнонаправленные боковые нагрузки на направляющие. Известно, что направляющие рассчитаны на вертикальные нагрузки, но быстро изнашиваются и теряют точность, если нагрузки боковые. Чтобы тонкий магнитный шток меньше гулял, изготовители штоковых двигателей предписывают крепить магнитный шток клиньями внатяг (!) в опоры на станине еще на заводе-изготовителе станков.

Насколько хватает такого натяга? Как часто придется "перенатягивать" шток уже в рабочем станке самим пользователями? И "почём" это будет обходиться?

Опасность хаотичных плясок и твистов штока возрастает многократно, когда частота таких колебаний совпадает с собственной резонансной частотой конструкции... В любом станке имеется множество резонансных областей, которые зависят от физических характеристик и от изменений температуры. Ситуаций предостаточно!

Штоковые двигатели бессердечниковые и демонстрируют **хронический дефицит тяги**. Известно, что сердечниковая ЭМ катушка создает магнитное поле на порядок ($\approx \times 1000$) сильнее, чем генерирует бессердечниковая. Правда, коэффициент использования магнитного поля в штоковых двигателях несколько выше (благодаря кольцевым магнитам и трубчатой конструкции) - примерно в 2 раза. Но это лишь незначительно компенсирует потери от отсутствия сердечников в катушках.

Именно из-за недостатка тяги ШД не ставят в прошивные станки и крупногабаритные проволочно-вырезные. Дефицит тяги порождает проблемы с плавностью на малых приращениях, когда отрабатываются подачи с микронной дискретностью. Здесь штоковый двигатель ведет себя словно трюгающийся рывками маломощный перегруженный грузовик!

Компания Sodick начала разработку ЛД в начале 90-х в обстановке секретности. У компании уже был печальный опыт: "заимствование" первоначальной схемы безизносной ЭИ обработки.

Разработчики перепроверили и испытали на стандах множество схем ЛД. Тестировались и конструкции с кольцевыми магнитами, как в новомодных штоково-цилиндрических ЛД. Все было забраковано, и только планарная (плоско-параллельная) схема ЛД оказалась идеальной для станков. Но с одной оговоркой:

под приводы с планарными ЛД необходимо заново создавать весь станок. По сути,

линейный станок Sodick с планарными линейными двигателями - есть единая мехатронная система.

Машина, создаваемая заново, - это большие затраты, но... **дешево хорошо не бывает!** Это подтверждает опыт других станкостроительных компаний: практически все станки с ЛД ведущих мировых изготовителей (не электроискровые) используют именно планарные ЛД - другой проверенной временем альтернативы нет!

Сила взаимного притяжения между панелью постоянных магнитов и блоком электромагнитных катушек примерно в 6 раз больше той тяги, которая создается при работе ЛД в направлении подачи. Однако если станок изначально конструируется для установки такого ЛД, проблема решается сама собой: жесткость литых конструкций значительно выше тех сил, которые возникают при работе ЛД, а нагрузка приходится на направляющие, которые на эти нагрузки как раз и рассчитаны. В станках Sodick применены направляющие SSR фирмы ТНК (технология caged ball), сконструированные для использования прежде всего в прецизионных измерительных машинах. Эти направляющие выдерживают перемещения в 100 раз больше, чем расстояние от Земли до Луны и обратно.

Нагрузки на направляющие только вертикальные или в направлении, перпендикулярном плоскости ЛД. **Боковые нагрузки при работе планарных ЛД отсутствуют.** И это гарантирует сохранение первоначальной точности позиционирования в течение многих лет.

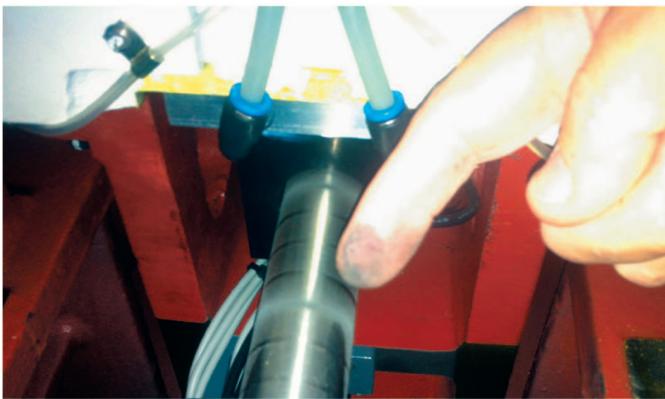
С 2006 г. Sodick предоставляет 10-летнюю гарантию точности позиционирования на все свои линейные станки. На практике точность сохраняют даже станки, выпущенные в 1998 г.

В линейных станках Sodick используются сердечниковые ЛД. **Магнитные сердечники усиливают магнитные поля и тягу на порядки.** Бессердечниковые ЛД Sodick применяет лишь в нанопрецизионных станках с дискретностью подач менее 10 нм, но ставит на каждую ось подач по два и более таких линейных двигателей.

Штоковые (цилиндрические) двигатели

У бессердечниковых ШД теоретически должна отсутствовать прерывистость подач, возникающая из-за зубцовых составляющих магнитных полей. На практике плавность подач зависит не только от наличия или отсутствия сердечников, но и от взаиморасположения катушек и постоянных магнитов, а также - и прежде всего - от системы управления ЛД.

Прерывистость и скачкообразность подач может возникать, с другой стороны, как результат дефицита тяги в штоковых бессердечниковых двигателях. Особенно это может проявляться на малых приращениях, когда отрабатываются подачи с дискретностью порядка микрона при резании, например, маломодульного зубчатого колеса.



Шток штоково-цилиндрического двигателя и трубки системы охлаждения бессердечниковых катушек

Из-за дефицита тяги бессердечниковые ШД большую часть времени работают в режимах, близких к максимальным. Чтобы тяга выросла, через бессердечниковые катушки должен идти многократно больший ток, чем через катушки сердечникового ЛД. Это провоцирует как больший нагрев, так и повышенное электропотребление в ШД.

Планарные линейные двигатели

Теоретически у линейных двигателей с сердечниковыми ЭМ катушками может возникать прерывистость подач. Однако за много лет успешной эксплуатации линейных ЭИ станков Sodick с сердечниковыми катушками не было ни одной рекламации о якобы имевшей место быть неплавности подач! Все приводы станков Sodick работают плавно и эффективно обрабатывают подачи с особо малыми приращениями при микрорезании.

Плавность подач обеспечивается собственной системой управления ЛД K-SMC (Kaneko Sodick Motion Controller), разработанной под руководством ведущего специалиста Sodick Юджи Канеко. Особое соотношение числа Ne-Fe-B магнитов и сердечниковых катушек и их взаимное расположение определено многолетними исследованиями и экспериментами. Это know-how компании Sodick. Контроллер K-SMC, а также взаиморасположение и соотношение числа магнитов и катушек вкуче с уникальным алгоритмом управления катушками полностью гарантируют плавность и равномерность подач на любых режимах.

Прерывистость и скачкообразность подач на малых приращениях исключается также благодаря большому резерву тяги в сердечниковых ЛД Sodick.

Еще одно достоинство планарных ЛД в станках Sodick - отсутствие нагрева или незначительный нагрев, в чем легко убедиться, потрогав двигатель рукой (лучше собственной!). Попробуйте! Это относится ко всем проволочно-вырезным ЭИ станкам Sodick с ходами по XY до 600 мм.

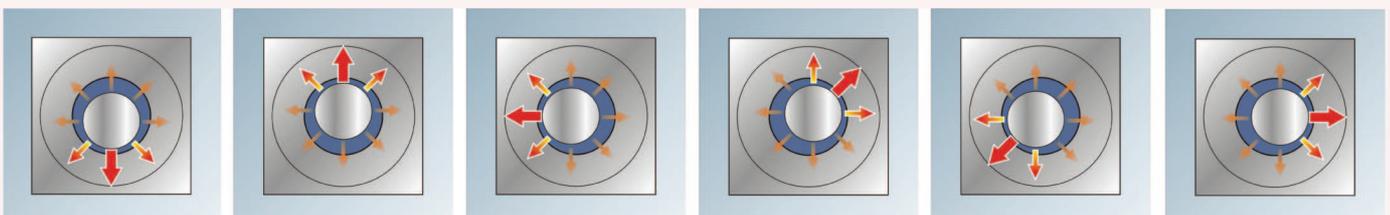
Греются лишь постоянно сильно нагруженные ЛД прошивных станков, но они очень эффективно охлаждаются. (См. на след. странице.)

Иллюстрация из сервисной инструкции изготовителя штоково-цилиндрических двигателей:



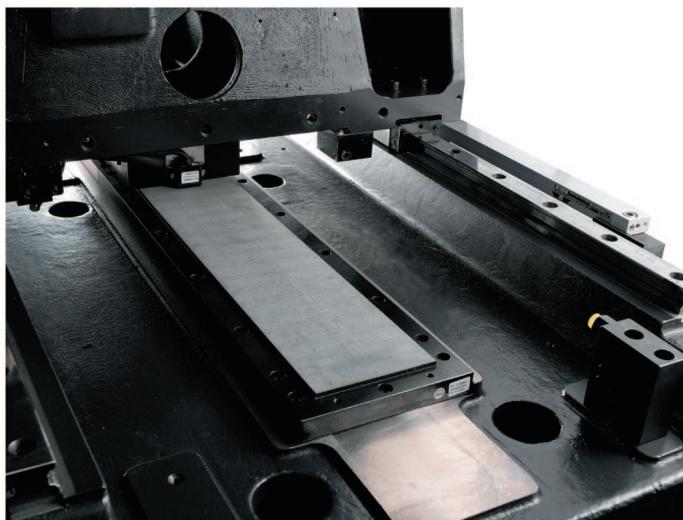
Прогибы штока изготовитель предлагает регулировать и устранять с помощью клиньев. Вот такой вот "хай-тек"!

Изменение зазора в штоковых линейных двигателях в процессе их работы:



Тонкий шток неизбежно прогибается как под воздействием меняющихся магнитных полей, так и под собственной тяжестью. В результате при любом перемещении катушек вдоль штока последний разнонаправленно "гуляет", меняя, как следствие, зазор. Ширина зазора в штоковых двигателях - величина неопределенная, фактически "танцующая".

Проверенные временем планарные ЛД собственной разработки и производства



Массивные литые чугунные конструкции, к которым крепятся ЭМ катушки, обеспечивают идеальный теплоотвод, если катушка нагревается. Это один из важных факторов, обеспечивающий **отсутствие нагрева или лишь незначительный нагрев.**

Трубки масляного охлаждения ЛД оси Z.



Чтобы предотвратить нагрев, часть станков Sodick оборудуются системами охлаждения.

Охлаждение необходимо в ЭИ прошивных станках, в которых длительно нагружены ЛД по Z (отработка быстрых релаксаций электрода) и ЛД по осям XY, (отработка осцилляций).

В прошивных станках Sodick приводы по Z сдвоенные, и они охлаждаются.

Что касается проволочно-вырезных станков Sodick, то принудительным охлаждением оснащаются лишь катушки планарных ЛД по оси X, если ход подач превышает 750 мм.

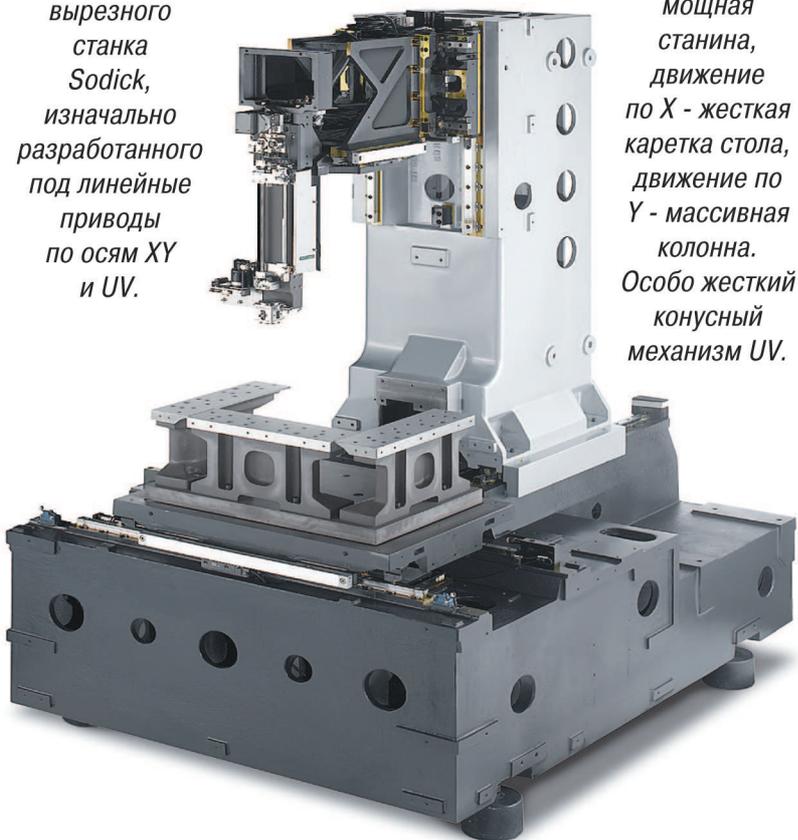
Принудительное охлаждение в компактных и средних вырезных ЭИ станках Sodick не требуется, т.к. нагрева практически нет!

Как панели магнитов, так и блоки ЭМ катушек планарных линейных двигателей Sodick жестко крепятся на массивные конструкции станков, что полностью исключает какие-либо деформации частей ЛД и станков.

**Попробуйте-ка согнуть чугунную станину или колонну!
Или массивный стол!**

Зазор между магнитами и катушками всегда постоянен - 0,4 мм.

Конструкция вырезного станка Sodick, изначально разработанного под линейные приводы по осям XY и UV.



Широкая мощная станина, движение по X - жесткая каретка стола, движение по Y - массивная колонна. Особо жесткий конусный механизм UV.

В обратной связи управления ЛД Sodick использует оптические линейки с дискретностью **10 или 5 или 1 нм (нанометров).**



Satisfaction Guarantor.



Сервисный отдел.

Мы относимся к вашим запросам со всей серьезностью и сделаем все возможное, чтобы ваш станок работал – лично прибыв на место, средствами дистанционного обслуживания или по линии прямой связи. Сервисный отдел Hermle является образцовым в отрасли. Это подтверждают клиенты, пресса, а также наши партнеры по рынку.

www.hermle-vostok.ru

000 Hermle Vostok, info@hermle-vostok.ru



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