

# Двигатель

Научно-технический журнал № 6 (126 + 244) 2019



*В наступающем году 90-летие у многих отечественных ВУЗов и НИИ* **СТР 3**

*Автожир "на экране"* **СТР 4**

*К 90-летию В.М. Толоконникова* **СТР 10**



*И ещё многое, многое другое...*



Научно-техническое издание по освещению проблем в промышленности



Памятная медаль к 100-летию Г.М. Бериева

Медаль АМКЭС "Преодоление"



**Редакционный совет**

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

**РЕДАКЦИЯ**

**Главный редактор**

Александр Иванович Бажанов  
академик Международной инженерной академии

**Заместитель главного редактора**

Дмитрий Александрович Боев

**Ответственный секретарь**

Александр Николаевич Медведь, к.т.н.

**Финансовый директор**

Юлия Валерьевна Дамбис

**Редакторы:**

Александр Григорьевич Лиознов,

Андрей Иванович Касьян, к.т.н.

Юрий Романович Сергей, к.т.н.

**Литературный редактор**

Эрнст Галсанович Намсараев

**Художественные редакторы:**

Александр Николаевич Медведь

Владимир Николаевич Романов

**Техническая поддержка**

Ольга Владимировна Шаронова, к.пед.н.

Аделия Юрьевна Бурова

**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](mailto:dvigatell@yandex.ru)

[boeff@yandex.ru](mailto:boeff@yandex.ru)

[aib50@yandex.ru](mailto:aib50@yandex.ru)

[www.dvigately.ru](http://www.dvigately.ru)

Электронная версия журнала (2006-2019 гг.) размещается также на сайте Научной электронной библиотеки [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) и включена в индекс РИНЦ

**УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ**

ООО "Редакция журнала "Двигатели"©

генеральный директор **Д.А. Боев**

зам. ген. директора **А.И. Бажанов**

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

*Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов.*

Перепечатка опубликованных материалов без письменного согласия редакции не допускается.

Ссылка на журнал при перепечатке обязательна.

Журнал "Двигатель", рекомендован экспертными советами ВАК по техническим наукам, механике, машиностроению и машиноведению, энергетическому, металлургическому, транспортному, химическому, горному и строительному машиностроению, авиационной и ракетно-космической технике в числе журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Индекс 1400 в общероссийском Перечне 2015 г.

Научно-технический журнал "Двигатель"©

зарегистрирован в ГК РФ по печати.

Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.

21-й (112-й) год издания.

Отпечатано

ООО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.

Тираж 3 000 экз.

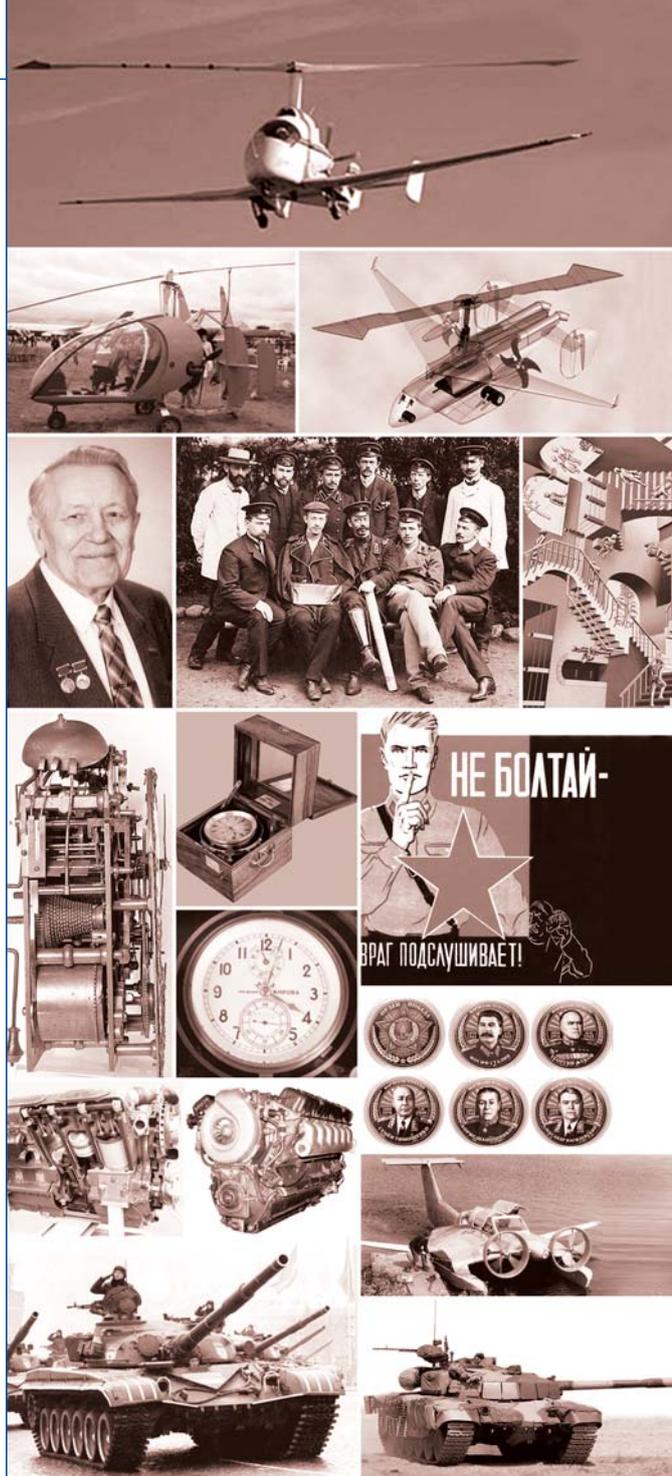
Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная.



# СОДЕРЖАНИЕ

- 2 Вузы России выходят на десятый десяток**  
Д. Соколовский
- 4 Автожир "на экране".**  
**Продолжение статьи "Летать и не бояться земли"**  
**в журнале "Двигатель" № 3, 2019 г.**  
А.Г. Лиознов, М.А. Розсыпало
- 10 "И что мотор - души рождение**  
**И что мотор - всегда мечта".**  
**Толоконникову Валентину Михайловичу 90 лет**
- 12 Аналитическое ценообразование для ГТД**  
И.И. Ицкович, О.В. Камакина
- 14 Развитие стандартизации и сертификации**  
**авиационной техники в СССР**  
**в середине XX века**  
А.Ю. Бурова
- 15 Промежуточные оценки качества работы**  
**турбореактивных двигателей**  
А.Ю. Бурова
- 16 Турбулентность при нестационарных**  
**процессах в ГТД**  
Ю.М. Кочетков
- 19 Контроль уровня вибраций цифровым и**  
**методами многоступенчатого дискретного**  
**преобразования фурье при работе ракетного**  
**двигателя**  
А.Ю. Бурова, Ю.М. Кочетков
- 20 Увидеть и понять**  
Д.А. Боев
- 24 Оригинальные пружинные двигатели**  
**механических часов**  
Т.А. Фокина
- 26 Защита данных в мобильных устройствах**  
А.И. Касьян, И.А. Нестеров
- 28 Высший командный состав Второй**  
**Мировой войны на монетах мира**  
А.В. Барановский
- 34 Танки от и до**  
О.Н. Брилёв
- 40 Правильный выбор - залог успеха**  
Б.Г. Хохряков





# ВУЗЫ РОССИИ ВЫХОДЯТ НА ДЕСЯТЫЙ ДЕСЯТОК

Дмитрий Соколовский, НИУ МЭИ



**"Образование – дорога со встречным движением. И добраться по ней куда-то можно только если двигаться во встречных направлениях и обучаемому и обучающему. Иначе, либо не хватит жизни, чтобы эти знания получить, либо так и не удастся их приобрести."**

Никого сейчас не удивляет, что как-то разом по всей стране в этом году проходит ряд круглых юбилейных дат 90-летия у многих высших учебных заведений страны и отраслевых научных институтов: МАИ, МЭИ, СтанкинА, ЦИАМ, ВЭИ, ВИАМ, НАМИ (и это только в Москве и только малая часть юбиларов). Всего их несколько сотен по стране и бывшему СССР. Из факультетов одного МВТУ "нарубили" более двадцати учебных и научно-исследовательских институтов.

Буквально, несколько замечаний, что, как и почему привело к такой научной подвиге на нашей Родине 90 лет назад.

**1930-й год** – середина Первой пятилетки в СССР (длилась с 1928 по 1932 годы, как первый этап индустриализации страны). Основная задача была – восстановить хозяйство и, буквально, "догнать и перегнать" западные страны, как гласил повсеместно используемый лозунг. Идеологи программы пятилетки – Г.М. Кржижановский, А.И. Рыков и некоторые другие товарищи. Так, например, за восстановление железнодорожной сети и подъём металлургической промышленности в сети отвечал Ф.Э. Дзержинский.

К 1929 году стало абсолютно ясно, что научная и технологическая база страны, возобновление которых страдало с 1914 года, а с началом 1918 становилось всё более и более ущербным – в каком направлении и шло последние десять лет – требуют неотложного внимания, срочного и первоочередного обновления. В мире в это время тоже было не гладко. Многомиллиардные непродуктивные и безвозвратные затраты на войну, колоссальные материальные и людские потери привели к послевоенному кризису (в США он был охарактеризован как "великая депрессия"). Падение производства выбило из колеи множество грамотных специалистов, оставив их не у дел, что дало возможность Советской России рекрутировать их на задачи первой пятилетки и обеспечить кадровое заполнение научно-преподавательского состава новых ВУЗов. Это отчасти позволяло решать наши задачи, а также – обеспечить сохранность и существование этих сотрудников.

10-17 ноября 1929 г. состоялся ноябрьский пленум ЦК ВКП(б). Он, один из немногих, который был освещён и в советском варианте программы "новой истории", и попал в орбиту внимания историков перестроечного времени. Это пленум, от которого каждый историк может "отломать свой кусок" по интересующему его направлению деятельности – кто по колхозам, кто по коллективизации единоличников и "ликвидации кулачества как класса", кто по завершению НЭПа и организации в единый процесс "дела Бухарина" и "Правой оппозиции". И каждый будет прав: всё это там было.

Полагаю, однако, что всё это "всё", так вроде бы важное с точки зрения и современников и историков, для истории страны – не более, чем фон того, что самым решительным образом на этом пленуме повернули дело с подготовки кадров. Наибольшая и самая значительная для дальнейшей жизни часть постановления пленума (по результатам обсуждения доклада Л.М. Кагановича) была посвящена именно этому – о чём как-то никто ни из современников события, ни из современников наших и не говорит особенно. Здесь было принято решение о создании большого количества специализированных ВТУЗов на основе существовавших до того времени политехнических институтов и университетов. В результате, за довоенное время по стране было организовано и развернуло активную профессиональную деятельность около 700 ВУЗов.

В развитие постановления пленума 29-го года, в соответствии с приказом № 1053 по ВСНХ СССР 20 марта 1930 года, последовали крупные реорганизации. На базе полифакультетных высших учебных

заведений были созданы специализированные отраслевые вузы. Например, по специализациям факультетов Московской горной академии основали Горный, Геологоразведочный, Нефтяной и Торфяной институты, институт Стали и институт Цветных металлов и золота. На базе Московского Высшего технического училища – Авиационный, Инженерно-строительный, Станкоинструментальный, Энергетический и Химико-технологический институты в Москве. Отдельные факультеты Московской Академии имени Тимирязева были преобразованы в институты Механизации и электрификации сельского хозяйства, Инженеров водного хозяйства, Рыбной промышленности. Были открыты горные, сельскохозяйственные и металлургические институты и их филиалы в различных районах страны: Ростовский институт Сельскохозяйственного машиностроения, Бежицкий Машиностроительный, Химико-технологические институты, Авиационные в Киеве, Харькове и других городах. Были основаны институты автотранспортной, пищевой и лёгкой промышленности, строительные и архитектурные вузы. Развитие железнодорожного и водного транспорта и связи потребовало открытия институтов этих направлений, институтов связи в крупных (а не только столичных) городах: Днепропетровске, Одессе, Горьком, Ростове-на-Дону и многих других. Наряду с отраслевыми открываются и новые политехнические институты – например, в Куйбышеве и Ереване. На базе университетов, в самом начале 30-х гг. было организовано более 40 различных вузов, в том числе – педагогические, медицинские, экономические и другие.

В 1932 г. для общего руководства вузами при ЦИК СССР создан Всесоюзный комитет по высшему техническому образованию (ВКВТО). В 1936 г. в связи с широким развитием всех отраслей высшего образования вместо ВКВТО учреждён Всесоюзный комитет по делам высшей школы. В 1938 г. утверждён Типовой Устав ВУЗа, определивший его структуру и содержание работы высшего учебного заведения. Но это всё уже будет позже. Хотя и производилось по результатам исполнения решений всё того же пленума 29-го года, который мы больше знаем по взбучке, полученной им на нём Бухариным и "правой оппозицией", и точке, поставленной им на программе НЭП. А реально, почти всё постановление Пленума – об этом: "...3. ЦК обязывает Госплан, ВСНХ, НКЗ и наркомпросы разработать в трехмесячный срок пятилетний план подготовки специалистов высшей и средней квалификации и строительства новых вузов и техникумов в соответствии с конкретными потребностями отраслей народного хозяйства и его отдельных районов. Одновременно с этим необходимо пересмотреть сеть существующих вузов, придав им целевое назначение и устранив параллелизм. наркомпросам, НКПС обеспечить в установленные сроки выпуск специалистов из функционирующих вузов и техникумов (ликвидировать второгодничество). Довести выпуск в этом году до 20 % к общему контингенту обучающихся для вузов с четырехлетним сроком обучения и до 25 % – для вузов с трехлетним сроком..."



# МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

# 2020

## «ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ»



Организатор



15-17 апреля  
Москва, ВДНХ  
павильон 75

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](mailto:forum@assad.ru)

[www.assad.ru](http://www.assad.ru)

# АВТОЖИР "НА ЭКРАНЕ"

**ПРОДОЛЖЕНИЕ СТАТЬИ "ЛЕТАТЬ И НЕ БОЯТЬСЯ ЗЕМЛИ" В ЖУРНАЛЕ "ДВИГАТЕЛЬ" № 3, 2019 г.**

**Александр Григорьевич Лиознов**, зам. гл. конструктора проекта "Гидроавтожир",  
**Максим Анатольевич Розсыпало**, аспирант НИУ МЭИ, корреспондент журнала "Двигатель"

*Рассмотрены вопросы, связанные с возможностью создания летательных аппаратов нового типа – авторотирующих систем, оптимизированных для полета на экране у поверхности земли. Определены возможные области и перспективы этого метода.*

*Issues related to the possibility of creating a new type of aircraft optimized for flight on the screen of autorotation systems are considered. Possible areas and perspectives of this method are defined.*

*Ключевые слова: автожир, экраноплан, газомоторное топливо, высота полета "на экране".*

*Keywords: autogyro, ekranoplan, gas engine fuel, altitude "on the ground screen".*

**В прошлых номерах журнала мы с вами обращались к истории создания и разработки автожирной техники. В предыдущей статье был дан краткий исторический обзор самых значительных по нашему мнению эпизодов в создании автожирной техники. Теперь же стоит проанализировать возможность создания на этой основе транспортной системы, оптимальной для 80 % территории страны и возможный облик летательного аппарата роторного (автожирного) типа, в том числе – исходя из имеющегося опыта эксплуатации легкого автожира на экранном режиме полета. Поэтому, наша статья перешла из историческо-описательной журнальной рубрики уже в аналитическо-научную.**

Каждая системная задача, которую ставит перед нами жизнь, при ближайшем рассмотрении распадается на ряд ключевых подзадач, каждую из которых можно решать теми или иными способами. Всецело это касается и транспортной проблемы в такой протяженной стране, как Россия – транспортной снабжения городов, поселков и производств, проблеме пассажирского сообщения, доступа в самые отдаленные места России – да и вообще – к задаче мобильности населения, не так давно достаточно живо дебатировавшейся в СМИ и интернете.

И если транспортное обеспечение тяжёлых грузопотоков (особенно, на малые и средние расстояния) вряд ли на регулярной основе востребует авиацию, как основной способ устранения проблем, то разрешение задач почтовой, пассажирской связи и транспортной мобильности населения вполне возможно путем развития местных авиалиний и малой авиации. И в некоторых случаях, это – наиболее эффективный, и, более того – единственный путь. В районах с плохо развитой и, более того, с невозможной дорожной инфраструктурой (горах, тундре и тайге, сильно пересечённой и обводнённой – как вариант, напротив – обезвоженной – местностях), это применяется и сейчас.

Малая авиация позволит сэкономить на строительстве дорогостоящих автомобильных и железных дорог. Не нужно строить и дорогие аэропорты для рейсовых лайнеров. Решение этой проблемы (в числе прочих) слишком долго откладывалось, что не сделало её ни более решаемой, ни менее насущной. А время немалым: в ближайшее время будут списаны все самолёты Ан-2, Л-410 (исключая два десятка вновь приобретенных), Ан-28. Да и Ан-24, Ан-26-100 из-за выработки ресурсов ждёт та же судьба, а замены этим самолетам у отечественного авиапрома нет.

Исходя из расчетов ГосНИИ ГА, к 2023 году из эксплуатации выйдет 89 % парка региональных коммерческих самолетов. К 2025 году потребуется 360-490 самолетов на 9-19 мест, а до 2030 года – более 600 (из них свыше 70 % составят аналоги Ан-2 на 7-9 пассажиров).

**Понимание проблемы дошло и до руководства страны:** 11 декабря 2019 года Президент, по итогам совещания с членами Правительства, утвердил перечень поручений, в числе которых самыми острыми являются следующие:

- определить сроки начала, объёмы серийного производства, а также стоимость поставки, владения и эксплуатации воздушных судов (в том числе с российскими силовыми установками), необходимых для осуществления региональных и местных воздушных пассажирских перевозок, а также для нужд авиационной компании,
- внести предложения по созданию авиационной компании, эксплуатирующей воздушные суда российского производства, основной деятельностью которой будет осуществление перевозок пассажиров и грузов в Дальневосточном федеральном округе и в

труднодоступных районах, определив потребность в воздушных судах с указанием их типов и пассажироместности [1].

В этой ситуации одним из альтернативных и перспективных направлений создания транспортной системы, в том числе – в Сибири, степной и Арктической зоне, может стать развитие нового вида транспорта на базе экранопланной техники. Сейчас это многим становится ясно, хотя есть и изрядное количество людей, не воспринимающих этот – пока ещё мало привычный – подвид техники.

**Экраноплан** – это вид транспорта, в котором объединены скоростные качества самолета с мореходностью и грузоподъемностью традиционных судов. Такой аппарат, взлетающий по большей части с водной поверхности, способен совершать устойчивый и управляемый полет в непосредственной близости от подстилающей поверхности (вода, лед, тундра, степи). Экономический это выгоднее чисто авиационного способа передвижения и всевозможности существенно выше, чем у водных видов транспорта.

**Работы по развитию экранопланной тематики классического типа были предусмотрены в рамках технологического направления № 3 "Концептуальные проекты морской техники" ("Новый облик") Федеральной целевой программы "Развитие гражданской морской техники" на 2009-2016 годы, мероприятие п. 3.3.2. "Скоростные морские суда" – Разработка проекта перспективного экраноплана типа "В" схемы "составное крыло". [2]**

**В рамках этой ФЦП было выделено более миллиарда рублей: в том числе на ОКР "Карбон", "Стерх-10" и НИР "Клипер-КП". Минпромторг РФ в 2011 г. финансировал НИР "Разработка программы нормативно-технического обеспечения и проектов нормативных документов в области создания экранопланов". Морской Российский Регистр Судоходства разработал "Правила классификации и постройки малых экранопланов типа А".**

Выбор типоразмера и компоновочного решения экраноплана зависит от целевого назначения и условий эксплуатации на речных, морских и океанских трассах, при этом для достижения высоких технико-экономических показателей требуется обеспечить высокое аэрогидродинамическое совершенство и минимальный вес конструкции.

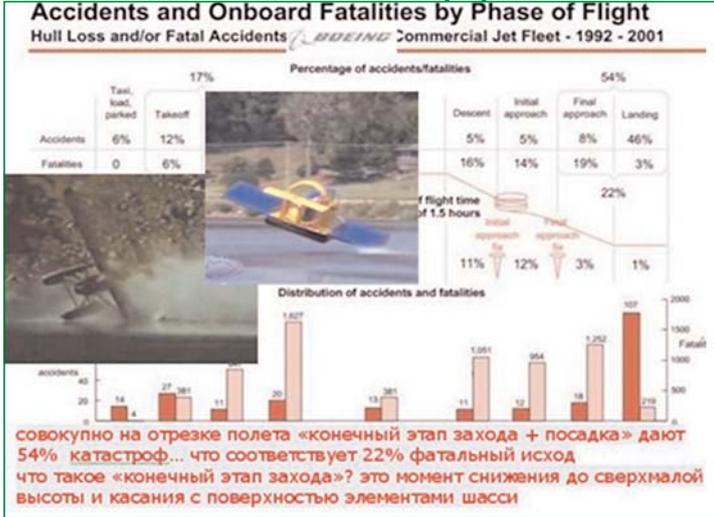
## Проблемы "классики"

Общим недостатком и ранее разрабатываемых, и существующих, и перспективных конструкций классических экранопланов, рассматриваемых в настоящее время, является присущая им относительно высокая взлетно-посадочная скорость, характерная скорее для самолетов и гидросамолетов.

По данным статистики процент катастроф легких самолетов на этапе "заход на посадку-касание-пробег", совокупно на этапе "конечный этап захода + посадка" дает 54 % катастроф, а катастроф с тяжёлыми исходами - 22 %.

Для гидроавиации эти цифры еще выше.

**Таблица 1 Статистика катастроф легких самолетов**



**Авария плавающего вертолёта Ми-14 в 2006 г.**

при зависании на месте или движении с невысокой - до 40...50 км/ч - скоростью, что убедительно описано в работе А.И. Акимова "Аэродинамика и летные характеристики вертолетов" [3].

Причем высота экрана в этом случае существенно больше, чем у крыла самолета - принято считать ее равной радиусу винта.

"Уменьшение потребной мощности несущего винта, работающего вблизи экрана, существенно улучшает летные характеристики вертолета. Положительное влияние близости земли на аэродинамические характеристики несущего винта, называемое эффектом воздушной подушки, позволяет повысить весовую отдачу вертолета, улучшить взлетные и посадочные характеристики и тем самым показатели топливной и транспортной эффективности вертолета.

При эксплуатации вертолетов летчики широко используют эффект воздушной подушки при взлетах и посадках вертолетов, особенно в таких условиях, когда избытки мощности на режимах висения и малых скоростях существенно уменьшаются, например, при взлетах с горных площадок и в жаркую погоду."

Однако и даже для "оморяченного" вертолета Ми-14 проблема взлета с беспокойной водной поверхности при использовании эффекта воздушной подушки и, тем более, увеличения эффективности взлета за счет разгона по поверхности воды, также требует специфических навыков пилотирования и оптимизации (фактически, разработки новой модификации) классического фюзеляжа

Принимая во внимание, что травматизм при авариях на посадке пропорционален, по разным оценкам, от куба до четвертой степени посадочной скорости, можно утверждать, что и потребность в уходе на второй круг ЛА с такими параметрами сильно преувеличена.

[Примечание - В. Лапшина, строителя ВС - цитата с Форума АОН]

Создание под днищем летательного аппарата динамической "воздушной подушки" по схеме, предложенной в свое время Р.Е. Алексеевым и реализованной в различных конструкциях тяжелых и легких экранопланов, построенных в прошедшие годы, позволяет обеспечить снижение динамических нагрузок на корпус и получение некоторых амфибийных качеств (возможность выхода на пологий берег), но не решает проблему недостаточных несущих свойств неподвижного крыла малого удлинения и большого установочного угла, характерного для экранопланов "алексеевской" схемы при взлетно-посадочных скоростях.

Традиционно, на скоростях полётов у самой земли принято считать высотой действия экрана - половину хорды крыла. Следовательно, для небольших аппаратов взлетной массой порядка нескольких тонн высота полёта на экране будет составлять около одного метра. Кроме того, центр давления (общая точка приложения силы) экранного эффекта находится ближе к задней кромке, а центр давления "обычной" подъемной силы - ближе к передней кромке, поэтому, чем больше вклад "экрана" в общую подъемную силу, тем больше центр давления смещается назад, создавая неустойчивость по тангажу. Это приводит к проблемам балансировки. Изменение высоты меняет балансировку, изменение скорости - тоже. Крен вызывает диагональное смещение центра давления. Поэтому управление экранопланом требует специфических навыков и самолётный опыт здесь полностью применим быть не может.

Для вертолетов влияние "экрана" (близости земли) также ярко выражено



**Авария экраноплана "Орион-20"**

Ми-8 для обеспечения более высоких мореходных качеств.

Авария Ми-14 в Анивском заливе Сахалина на международных учениях 11 мая 2006 г. подтверждает недостаточные мореходные качества Ми-14.

Материалы испытаний и опытной эксплуатации экраноплана "Орион-12П" и катастрофа экраноплана "Орион-20"(взлетная скорость последнего достигает 130 км/ч, как у спортивных катамаранов "Формулы-1") показывает, что даже высоко подготовленный летчик-испытатель не всегда может справиться с внезапно проявляющимися эффектами при смещении центра давления в условиях реального полета на экране.

**Новые подходы к "старым проблемам"**

Существует идея, что обеспечить наиболее экономически выгодный экранный режим полета при минимальных взлетно-посадочных скоростях и высокой безопасности эксплуатации можно путем создания экраноплана с несущим винтом (или несколькими несущими винтами), объединяющего положительные стороны винтокрылой техники и экранного режима работы. Это - достаточно новый взгляд на проблему, возникший в результате анализа возможностей разрешения поставленных в предыдущих абзацах проблем экранного полета.

Такой аппарат, относящийся к классу автожиров, оптимизируется для полета на "экране". При этом, высота полета, в отличие от экраноплана с неподвижным крылом составляет не половину хорды крыла (как было сказано выше - около 1м), а из тех же соображений - половину диаметра - то есть радиус несущего винта. Эта величина не менее 5...7 метров, то есть, в 5...7 раз больше, чем у классического экраноплана.

Автожиры принципиально превосходят самолёты и вертолёты по безопасности полета. Самолёту опасна потеря скорости, поскольку он при этом теряет устойчивость полета и может свалиться в штопор. При отказе мотора автожир не падает, его пилот продолжает управлять направлением снижения, используя в нормальном режиме все штатные системы управления машиной. При посадке автожиру не требуется посадочная полоса, что тоже важно для безопасности полета, особенно при вынужденной посадке в незнакомом месте. Вертолёт при отказе двигателя также может перевестись в режим авторотации, но на это теряется время и падают обороты ротора, при этом потеря высоты достигает критических 200...300 м.

**Таблица 2 Ограничение по скорости ветра для ЛА различных типов**

Максимальная скорость ветра	Самолёт	Автожир	Автожир с "прыжковым" стартом
Встречная составляющая, м/с	до 15	до 20	до 20
Боковая составляющая под углом 90°, м/с	до 7	до 15	до 20
Попутная составляющая, м/с	до 2	до 2	до 15

также в несколько раз меньше, чем у вертолёта, благодаря отсутствию сложной трансмиссии.

Типичные автожиры летают с максимальной скоростью до 180 км/ч (рекорд 207,7 км/ч), а расход топлива двухместных автожиров составляет 15 л на 100 км при скорости 120 км/ч.

Кстати, и традиционные современные летательные аппараты (а классикой будем в этой размерности считать Цессну-172) имеют на этой скорости часовой расход 12...13 л при потребной мощности двигателя - около 40 л.с. [4]. Однако полет Цессны на этой скорости становится крайне неустойчивым и чреватым срывом в штопор. Здесь не спасает и механизация крыла, которая отодвигает не более чем на 10 км/ч предел безопасной разрешенной скорости.

Для сравнения с легкими вертолетами приведем данные фирмы Картер Коптер [5].

**Таблица 3 Данные фирмы CarterCopter**

Representative Helicopters	Max Speed (kts)	Range (nm)	Payload (lbs)	Fuel per Mile (lbs per nm)
EC-120	120	340	836	2.15
EC-135	140	334	1,201	3.88
206B3	120	301	818	2.03
407	140	330	1,342	3.41
R44 (Raven II)	116	300	823	1.10
R66	125	325	927	1.86
Average	127	322	991	2.4 lbs per nm
CarterCopter	200	690	1,000	0.72 lbs per nm

Data Source: Conklin & de Decker supplemented with OEM published specifications

Получается, что расход топлива для 4-местного автожира, сравнимого с легким вертолетом класса R44/66, в 1,5...2,5 раза ниже.

В 1996 г. для разработки экранопланов, благодаря директору ЦНИИ "Комета" академику РАН А.И. Савину, и по инициативе главного конструктора В.В. Колганова, было организовано закрытое акционерное общество "КОМЕТЭЛ" (сегодня это ООО НПП "ТРЭК"). Итогом совместной с ЦНИИ "Комета" и ведущими предприятиями авиационной промышленности России работы стал экспериментальный экранолет ЭЛ-7 "Иволга".

Средний расход горючего экраноплана ЭЛ-7 при полете на высоте 1 м со скоростью 170...180 км/ч по маршруту с переменным профилем и маневрированием не превышал 35...35 л бензина АИ-95 на 100 км пути при взлетном весе 3300 кг. На "самолетном" же режиме (высоте -10 м) расход "Иволги-2" уже достигал 80...90 л. при работе двух двигателей ЗМЗ-4062.10 по 150 л.с. (в перспективе рассчитывали установить два ЗМЗ-4064.10 с турбонаддувом (по 210 л.с.) [6].

Если же вспомнить историю, то у самого массового самолета СССР У-2 часовой расход составлял 22 кг + 1 кг масла (то есть около 30 л в сумме) при крейсерской скорости 120 км/ч и взлетном весе 1000 кг с двумя пилотами [7].

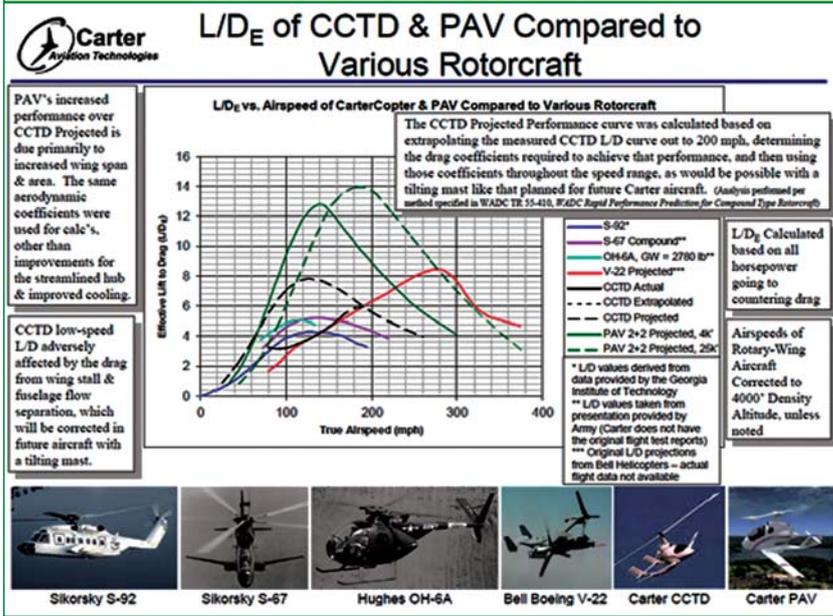
Из приведенных выше примеров следует вывод: с точки зрения минимального расхода топлива для легких самолетов, экранопланов да и вертолетов наиболее эффективной крейсерской (эксплуатационной) скоростью является скорость, не превышающая 120...130 км/ч. Такая скорость обеспечивает и приемлемую взлетную скорость. Считая её как 0,5 от крейсерской, мы приходим к 60 ...50 км/ч, что способствует повышению взлетно-посадочных качеств. Снижение эксплуатационной скорости также способствует повышению безопасности полета, давая время пилоту для реакции на возникающие препятствия.

Но максимальная эффективность перспективных автожиров по данным из материалов фирмы Carter Aviation Technolo-



**Экспериментальный экранолет ЭЛ-7 Иволга-2**

**Таблица 4 максимальная эффективность перспективных автожиров**



gies достигается при скоростях от 150 до 200 миль в час!!! То есть 240...320 км/ч [5].

Перспективные разработки в области скоростных вертолетов предполагают возможность преодоления объективных скоростных ограничений, присущих винтокрылым машинам путём замедления ротора в полете. Если удастся снизить полетные обороты ротора на больших скоростях, но сохранить его управляемость и устойчивость вращения, тогда можно рассчитывать, что винтокрылые машины будут летать со скоростями 600 и более км/ч.



Максимальное значение  $M_{ю}$  (отношение скорости горизонтального полета к относительной скорости законцовки лопасти несущего винта относительно воздуха), достигнутое на сегодня вертолетом, равно 0,8 (опытный штурмовой вертолет LockheedCheyenne), а вообще на винтокрылой машине достигли 0,92 (опытный конвертоплан-автожир McDonnell XV-1) [8].

Из-за этого ограничения мировой рекорд скорости вертолета так и не пересек до сих пор отметку 400 км/ч. У автожира ротор (несущий винт), в отличие от вертолета, вращается с переменной скоростью и не связан по оборотам с двигателем. Поэтому для автожира естественным решением является управление скоростью ротора при решении задачи скоростного полета, недостижимое для вертолетных технологий.

Таким образом, скоростной вертолет - это в той или иной мере автожир.

Характерные взлетно-посадочные скорости автожиров обычно не более 30...45 км/ч. Возможно и создание автожира с "прыжковым стартом", т.е. с "нулевой" горизонтальной взлетной скоростью. Возможность устойчивого полета с минимальными скоростями (30...50 км/ч) как на экране, так и вне его действия, обеспечивает безопасность полета в условиях эксплуатации на речных трассах при низкой видимости с возможностью занять высоту, исключающую столкновения с речными (морскими) судами.

Дополнительным преимуществом автожирной схемы является относительно малая "парусность" аппарата, что позволяет иметь высокие всепогодные качества. Даже для 2-местных автожиров ограничения существенно снижены по сравнению с легкими самолетами (Таблица 2).

В настоящий момент в нескольких странах ведутся работы в этой области, особенно быстро развиваются экранопланные и автожирные технологии в таких странах, как Китай, Южная Корея и даже Иран.

Необходимо особенно отметить успехи фирмы Carter Aviation Technologies, LLC (США) по созданию автожира с прыжковым стартом - технологического демонстратора (4-местного летательного аппарата - Carter Copter Technology Demonstrator). Первый полет демонстратора CCTD состоялся 24 сентября 1998 г., а 22 марта 2002 г. аппарат побил достижение вертолета LockheedCheyenne, достигнув  $M_{ю} = 0,87$ . Успех Дж. Картера определяет, в том числе, и опыт участия в проекте Bell XV-15 Tiltrotor - предшественнике программы конвертоплана V-22 Osprey [5].

Также этой фирмой проектируются лёгкий на 6-9 мест, средний на 45-мест и тяжелый на 100-150 мест летательные аппараты.

Кроме того, CarterAviationTechnologies, LLC входит в международный консорциум по разработке быстрогоходного 100-местного парома HeliFerry (HF) [9].



В этой конструкции скombинированы принципы экраноплана и автожира (динамическая воздушная подушка, возникающая на поверхностях корпуса катамарана и крыльях экраноплана + несущая способность ротора) т.е. своего рода экранолет, в котором роль верхнего "самолетного бипланного" крыла играет ротор автожира.

В этот же концерн входят группы, имеющие опыт разработки экранопланов по схеме Липпиша и знаменитый строитель гоночных катеров открытого моря Найджел Айренс.

**Ещё экономичнее**

В нашей стране, несмотря на ранее достигнутые успехи,





**Экраноплан Липпиша**

существует вероятность растерять технологические заделы и приоритет в создании экранопланной техники, а также и приоритет в применении альтернативных топлив в авиации.

Применение газомоторного топлива становится еще более актуальным в рамках тенденции постоянного повышения цен на авиакеросин и другие виды жидкого топлива. Отдельно необходимо отметить успехи фирмы "Интеравиагаз" по проблеме применения АСКТ в авиации [10].

АСКТ- авиационное сконденсированное топливо, предназначенное для использования взамен или в сочетании с авиакеросином в авиационных двигателях, представляет собой гамму углеводородов от пропана до гексана, доминирующим компонентом в которой, как правило, являются бутаны.

Следует отметить, что проработки самолетостроительных ОКБ им. С.В. Ильюшина, А.Н. Туполева и А.С. Яковлева позволили сделать вывод о том, что АСКТ также можно с успехом использовать и на самолетах.

В 2007 г. работы по внедрению газотопливной технологии в авиационную технику были включены в подпрограмму "Развитие производства авиационной техники малой авиации на 2008-2015 гг." На текущий момент в проекте Государственной программы Российской Федерации "Расширение использования природного газа в качестве газомоторного топлива - 2018-2022 гг." в подпрограмме "Воздушный транспорт" указано: "В связи с ростом стоимости воздушных перевозок и увеличением объемов выхлопных газов от двигателей летательных аппаратов задача перехода на газомоторное топливо стоит и перед воздушным транспортом. В перспективе газомоторное топливо может рассматриваться как альтернатива традиционному авиатопливу. В первую очередь, для региональных воздушных судов гражданской авиации.

В качестве пилотных регионов по применению газомоторного топлива на вертолетах предлагаются Ханты-Мансийский автономный округ - Югра, Ненецкий автономный округ и Ямало-Ненецкий автономный округ" [11]. Это именно те регионы, где получение АСКТ может быть организовано на месте.

Журнал "Двигатель" в 1999 году опубликовал большую полемическую обзорную статью, в которой осветил заседание по малой авиации Севера, проведенного в Госдуме. Очень много дельных и толковых предложений было высказано. Однако, как тогда, так и после принятия упомянутой здесь программы, начатые работы так и не были завершены. Увы, по чисто организационно-финансовым проблемам.

Но всё же жива надежда, что и в проекте подпрограммы "Развитие рынка газомоторного топлива" Государственной программы Российской Федерации "Энергоэффективность и развитие энергетики" будут предусмотрены работы по газификации авиационного транспорта - созданию модификаций воз-



**Скоростной катер Найдžела Айренса**

душных судов (на базе существующих и перспективных), работающих на более дешевом (в 2-3 раза) авиационном топливе - АСКТ (ТУ 39-1547-91).

На конференции организаций-эксплуатантов АН-2 и авиаремонтных предприятий, проведенной в феврале 2020 г. на Московском авиаремонтном заводе "Интеравиагаз" представил презентацию о возможности использования АСКТ на самолетах Ан-2, вертолетах Ми-8 и другой, в том числе, перспективной авиатехнике.

Достижения и технологии "Интеравиагаз"а необходимо учитывать при формировании облика перспективного экранолета.



**Автожир "Инспектор"**

**Работы по применению газового топлива на транспорте получили широкое развитие в СССР в 1986 г., когда было принято Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР "О мерах по увеличению использования в 12 пятилетке природного и сжиженного нефтяного газов в качестве моторного топлива". В авиации работы развернулись, в основном, по применению двух видов газового топлива:**

- сжиженного (криогенного) природного газа (СПГ) - метана, в самолётных двигателях, главным образом, на самолётах АНТК им. А.Н. Туполева - программа по созданию Ту-155;
- авиационного сконденсированного топлива - АСКТ, на вертолётах Ми-8Т.

**В результате в 1995 году впервые в мире (!) на авиакосмическом салоне "МАКС" был показан в полете созданный МВЗ им. М.Л. Миля совместно с "Интеравиагазом" опытно-промышленный экземпляр двухтопливного вертолета Ми-8ТГ, двигатели которого могли работать как на АСКТ, так и на авиакеросине, а также на их смеси. При этом ЛТХ вертолета практически не изменились.**

**Безопаснее, экономичнее, комфортнее...**

Опыт, полученный при разработке и эксплуатации автожира "Инспектор" позволяет приступить к разработке летательного аппарата - быстроходного судна с аэродинамической разгрузкой нового типа - винтокрылого (роторного) экраноплана.

**Отрыв от ВПП происходил на скорости 45 км/ч. Разбег на взлёте 35...40 м, пробег на посадке 10...15 м. Крейсерская скорость 110 км/ч. На скорости 55 км/ч аппарат уверенно летел "на экране" на высоте 1,5...2 м практически на холостых оборотах двигателя. При этом ротор стабильно удерживал полётные обороты.**



Поэтому рассматривая задачу выработки Технического задания на перспективный летательный аппарат, вопрос о выборе оптимальной эксплуатационной скорости становится одним из главных!!

Вера в абсолютную правильность лозунга "Летать быстрее, выше и дальше" - опубликованного в передовице "Правды" от 18 августа 1934 г. в связи с праздником авиации в Москве сегодня может быть поколеблена...

Сегодня на повестке - требования безопасности, экономичности и удобства (комфортности).

Предлагаемый к разработке аппарат будет относиться, в соответствии с классификацией ИМО к экранопланам типа "С" (эк-

ранопланы, способные на длительное время отрываться от экрана на неограниченную высоту полета - экранолеты).

Его облик и характеристики послужат темой следующих статей.

Задачей перспективной работы должно стать создание технологической платформы, обеспечивающей разработку роторных экранопланов различного взлетного веса.

Правильно проанализировав полученные за предыдущие годы результаты, следует найти новые нестандартные решения в создании эффективных образцов отечественных летательных аппаратов, что и требуют упоминавшиеся уже поручения правительству Президента РФ от 11.12.2019 г.

**Литература**

1. Перечень поручений по итогам совещания с членами Правительства от 11.12.2019. <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/62583>
2. Постановление Правительства РФ. № 103 "О федеральной целевой программе "Развитие гражданской морской техники" на 2009 - 2016 годы" от 21.02.2008 г. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/92907/>
3. А.И. Акимов "Аэродинамика и летные характеристики вертолетов", 1988 г, Изд-во

"Машиностроение"

4. Руководство по летной эксплуатации самолета REIMS / CESSNA F172, Перевод с французского издания 1973 г. <http://avia-store.ru/library/47-cessna-172-rle>
5. Презентация фирмы Carter Aviation Technologies- CarterCopterBrochure-June2015.pdf <http://cartercopter.com/home/>
6. "Иволга-2"-испытания продолжаются, Ю.В. Макаров, Журнал "Катера и Яхты", № 175, 2000 г.
7. Самолет У-2, Н.М. Лебедев, ВОЕНИЗДАТ, Москва-1937г., стр. 295
8. Экспериментальный винтокрыл McDonnell XV-1. <http://www.airwar.ru/enc/xplane/xv1.html>
9. Быстроходный 100-местный паром HeliFerry, <http://users.telenet.be/heliferry/index.html>
10. ОАО "Интеравиатранс", <http://gazolet.com>
11. Проект Постановления Правительства Российской Федерации "Об утверждении Государственной программы Российской Федерации "Расширение использования природного газа в качестве моторного топлива" (подготовлен Минтрансом России 18.04.2017), <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56608756/>

Связь с автором: [lio-z@mail.ru](mailto:lio-z@mail.ru)

# О путешествии из Москвы в Петербург

## Авторское дополнение к предыдущему тексту

Все течет - все изменяется... Со времен первой известной в литературе поездки по этому маршруту много чего изменилось.

Проложенный по царскому указу прямой путь между столицами - "Чугунка" - превратилась в скоростную железнодорожную магистраль Октябрьской железной дороги, по которой сегодня пролетают немецкие "Сапсаны". В нынешнем 2020 году (по-римски ММXX): всего-то 4 часа и 3600...4 тыс. рублей, и Вы из Москвы оказываетесь в городе Петра.

Интересно, а как можно "пролететь" этот путь например по новой платной трассе "М11" ("Нева") почти полностью законченной в 2019 г. (все 684 км от МКАДа до питерского КАДа будут достроены позже)?

Возьмем для примера опыт, представленный блогерами в интернете и сравним со своей попыткой. И с кое-чем ещё.

**Как писали 6 октября 2019 в интернете**

<https://zen.yandex.ru/media/kia/kaksekonomitnaplatnoi-trasse11moskvasanktpeterburg5d89e38b6f5f6f00aecebee4>

"Новая скоростная автомагистраль М11 позволяет добраться на автомобиле из Москвы до Санкт-Петербурга всего за 6 часов 15 минут, причем без нарушения скоростного режима.

Мы отправились в Санкт-Петербург на новом автомобиле С-класса с двигателем 1,4 TGDl 140 лс в самое "дорогое время", когда тарифы на проезд максимально высокие: в пятницу после обеда. Если купить транспондер "Автодор", то стоимость поездки будет 1413 рублей.

При движении с постоянной скоростью 130 км/ч, средний расход топлива у нас зафиксировался на отметке 6,2 л на 100 километров пути. Таких показателей экономичности можно добиться за счет равномерной езды на адаптивном круизконтроле без торможений и ускорений. В результате, бюджет на бензин у нас составил 1900 рублей в одну сторону. Следовательно, за 3300 рублей можно добраться до Питера целой семьей.

При этом если считать что 130 км/ч это средняя скорость то на дорогу должно было уйти 5 с половиной часа. При 6.25 часа средняя скорость составит только 110 км/ч это с заправкой и возможно небольшим отдыхом. Что в общем то крайне необходимо для удовольствия от дороги и безопасности в "Полёте" до Питера."

Однако в наше время есть и ещё "Лётчики". По словам одного из них у него получилось следующее:

<https://www.drive2.ru/b/551847086077772263/>

"29 января, совсем спонтанно решили таки затестить новую трассу М11 из Питера в Москву на Мерседесе С-класса со 156-сильным мотором.

Вся дорога целиком, включая отдых в районе Бологого и дозаправку в Твери, заняла 4,5 часа. Средняя скорость 170 км/ч.

Вся трасса М11 шириной всего в две полосы. Разрешенная скорость: от 110 км/ч до 130 км/ч, в зависимости от участка. Камер контроля скорости пока не установлено, но судя по навесным элементам на трассе, обещают быть.

В принципе, вполне реально всю дорогу одолеть за 3,5...4 часа, но мы не торопились. Три платных участка дороги в сумме - 1518 рублей". В общем-то на 2020 г. это - средняя цифра оплаты дороги за поездку по М11 в один конец.

На самом деле, если проехать 684 км за 4,5 часа, то средняя скорость составит 152 км/ч, хотя если верить 4 часам, то и правда, получается сумасшедшая средняя в 170 км/ч.

Собственный опыт подсказывает что при езде по М11 рекомендуемая скорость в 120 км/ч на уже не новой "Мазде-трешке" требует 8л/100 км. Езда по спидометру со скоростью 140 км/ч дает уже расход в 10 л/100 км, а к 160 км/ч зашкаливает за 14л.

При этом с учетом подъездов к трассе М11 из пригорода со скоростью 80 км/ч и одной дозаправкой, "средняя" никак не поднималась выше 118 км/ч при среднем расходе в 9,9 л на 100 км до самого конца дороги. Это - при движении по спидометру 140 км/ч и изредка, временами до 160. Удивительно, но бюджет (на 95-й) составил не более 1600 рублей.

Вернемся к истории настоящих Полетов - к тому, что достоверно нам известно.

31 августа 1929 г. лётчик Б.В. Глаголев и механик Н.Н. Фунтиков совершили на опытном гидросамолете Ш-1 с мотором "Вальтер-85" (85 л.с.) перелет в Москву, взлетев с Невы и через 5 ч 30 мин. совершив посадку на Центральном аэродроме.

При серийном строительстве на этом гидросамолете (известном нам уже как Ш-2), двигатель был заменен на отечественный М11 (какое совпадение в названиях трассы и двигателя!) с часовым расходом в 23 кг топлива и масла. То есть, около 30 л/ч.

Надо учесть еще и то, что расстояние по прямой от Москвы до Санкт-Петербурга несколько меньше, чем по любой из платных/бесплатных автодорог и составляет "только" 634 км.

Но эта разница в случае "пригородных" пробок легко добавляет час с лишним ко времени пути.

Конечно, примерно в то же время Водопьянов пролетал этот путь на самолёте Р-5 всего за 3 часа. Но с мотором в 500 лошадей (номинальных)! Перевозка гранок газеты "Правда" требовала в то время не экономии, а только скорости. Дело-то было политическое.

**Таким образом, можно сделать следующие выводы:**

Приведя стоимость проезда по трассе к стоимости топлива получаем коэффициент стоимости поездки от 1,5 до 2. То есть, можем условно считать, что удельный расход автомобиля повышается на этот коэффициент.

Таким образом, с потребительской точки зрения получается, что езда на легковом автомобиле по бесплатным дорогам страны со средней скоростью около 75 км/ч (да и езда по платной дороге со средней скоростью около 120 км/ч), экономически соответствуют проезду одного (!) пассажира по железной дороге с такими же скоростями и не очень отличаются от экономики полета... на самолете начала эры авиации!

Это наводит на мысль, что, может быть (за исключением Европейской части страны), нужно развивать не столько дорожное строительство, сколько персональный авиатранспорт если средняя скорость и экономика езды и полета одинаковы.

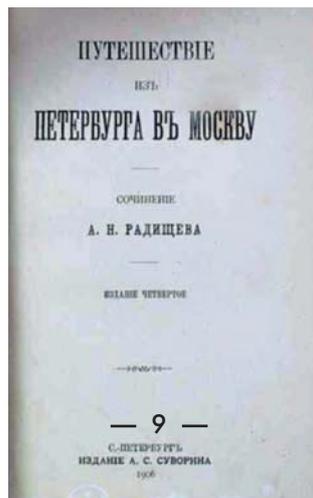
И не будет нужды при этом тратить по миллиону долларов на строительство погонного километра приличной автотрассы...

...А затем ещё и платить за проезд по ней!

И нужно ли требовать от личного авиатранспорта на местных линиях высоких (более чем 120...150 км/ч) крейсерских скоростей?

Надо только решить на чём и с каким мотором можно летать.

Впрочем, как мы и обещали - это одна из тем следующей статьи.



# "И ЧТО МОТОР - ДУШИ РОЖДЕНИЕ И ЧТО МОТОР - ВСЕГДА МЕЧТА"

## ТОЛОКОННИКОВУ ВАЛЕНТИНУ МИХАЙЛОВИЧУ 90 ЛЕТ!

*27 апреля 2020 года - 90 лет нашему постоянному автору и многолетнему другу журнала "Двигатель", выдающемуся организатору отечественного авиамоторостроения, награжденному 8 правительственными наградами, лауреату премии Совета Министров СССР и Государственной премии СССР в области танкостроения, почетному гражданину города Бузулук, действительному члену Академии авиации и воздухоплавания, поэту и писателю (30 сборников) Валентину Михайловичу Толоконникову.*



Валентин Михайлович - из плеяды тех руководителей, руками, опытом и разумом которых было создано уникальнейшее явление - советская авиационная промышленность послевоенного времени. Когда, потеряв за Войну массу сил, средств, людей и времени, ухитрились за считанные годы не просто восстановить гражданскую и оборонную структуру авиапрома, но перейти на ранее невиданные реактивные самолёты, в корне отличающиеся - и моторами, и материалами, и оборудованием, и вооружением, и решаемыми задачами - ото всего, что было раньше. И к восьмидесятым годам XX века (времени, когда В.М. Толоконников был в Министерстве авиационной промышленности СССР начальником 3-го Главного Управления - двигателестроительного) это была наиболее динамично развивающаяся отрасль нашей промышленности, во многом, в частности - именно в двигателях, не имевшая равных на планете. И управлялась она такими же уникальными людьми - досконально знающими все особенности и возможности своего дела, умеющими делать сами всё, что должна была сделать отрасль. Все эти люди прошли все ступени производственных циклов отрасли. Их знали все, и они знали всё.

Вся жизнь Валентина Михайловича была связана с авиационными моторами. Сразу после окончания КАИ (ныне СГАУ) он начал работать над созданием ГТД на Рыбинском моторостроительном заводе, затем - на ММЗ "Салют", в Минавиапроме, различных предприятиях отрасли, после - Уфимском моторном заводе. Безо всякого преувеличения можно сказать, что Толоконников - один из наиболее состоявшихся инженеров-авиастроителей в России. Диапазон применения его способностей был настолько широк, что об этом не всем дано даже мечтать. Так,



В.М. Толоконников и И.С. Силаев на ММЗ "Салют"

на заре еще своей технической карьеры, в Рыбинске, он настолько глубоко освоил технологию производства авиамоторов, что результатом этого стало более 200 усовершенствований технологических процессов, восемь авторских свидетельств, 23 научные работы и звание "Заслуженный рационализатор РСФСР".

В отрасли он был славен как инженер и организатор, приложивший руку к созданию практически всех самых известных авиадвигателей послевоенного времени. Более того, если намечалась какая-то неполадка с пуском очередной модели, самым верным решением было обратиться за помощью к Толоконникову: он выручит. Ничего особенного - просто три месяца почти круглосуточной работы Валентина Михайловича, а в результате - новые технологические приемы и полное отсутствие брака. Неудивительно, что, когда в конце 70-х годов встал вопрос о руководителе двигателестроительного главка в Минавиапроме, выбор совершенно естественно пал именно на Толоконникова: настолько велик был его авторитет в отрасли. И он стал заниматься организацией производства уже не на каком-то одном конкретном предприятии, а во всей отрасли в целом. Но и будучи "управленцем" высокого ранга, не смог Толоконников перестать быть инженером высочайшей квалификации, постоянно применяющим свои знания, опыт и интуицию для решения различных постоянно возникающих технических проблем отрасли - в Уфе ли они возникали, в Запорожье, Казани или Москве.

Успешное совмещение решения глобальных стратегических задач отрасли с тактическими и даже с конкретно техническими проблемами под силу далеко не каждому. И, конечно, только умение подобрать коллектив единомышленников, достойных друг друга и поставленной проблемы, правильно распределить задачи и добиться слаженной работы всех - ключ к успеху, которым в совершенстве владеет В.М. Толоконников. За время его работы в должности начальника 3 ГУ Минавиапрома СССР были созданы, доведены и запущены в серию двигатели ВД-7, РД-7М, АЛ-7Ф, АЛ-21Ф, АЛ-31Ф, РД-33, НК-25, Д-18, Д-36, НК-86, Р-95Ш, ГТД-1250 для самолетов Су-7 Ту-22, Су-24, Су-17, Су-27, МиГ-29, Ил-62М, Ту-154М, Ил-86, Ил-76, Су-25 и танка Т-80У. Большинство функционирующих сегодня руководителей наших крупнейших предприятий - из его команды специалистов, юбиляр или работал с ними в то или иное время или просто, зная их, рекомендовал их на соответствующие должности.

Страна по достоинству оценила работу Валентина Михайловича. Он награжден восемью правительственными наградами, отмечен рядом различных почетных званий. И никого не удивляет, что написанные им стихи идут нарасхват. Во-первых, они талантливы, а во-вторых - о том, что он знает и для тех, кто знает его и их общее дело.

Как говорил Валентин Михайлович, он, будучи лично ответственным за все этапы создания и производства новейших двигателей, выработал для себя несколько основных принципов, которым старался следовать в течение всей своей жизни. Представляется, что в юбилейной статье неплохо и очень полезно будет вспомнить их все.

- Руководитель должен до мелочей, до заклепки знать проблему, не допуская верхоглядства и бесконтрольности и с полной самоотдачей, показывая пример своими действиями, полностью погружаться в решение проблем или того или иного проекта.

- Руководитель должен быть нацелен ежесекундно на будущие проекты. Внедрение новой техники - его главная характеристика.

- Любые провалы чаще всего создаются на высших уровнях управления, а вот устранять их приходится потом и руководителям министерского уровня, и коллективам тех или иных заводов.

- "Рецептов спасения" производства, особенно в критические моменты запуска новой продукции, не было, нет, и не будет. Всегда - индивидуальный подход к каждой проблеме, всегда - вовлечение в решение дополнительных ресурсов, и всегда - испробовать эти просчеты на всех этапах работы.

И - несколько слов об отношении к работе.

- Если работа приносит удовлетворение - это норма. Это - твоя работа. Если удовольствие - это позиция жизни, источник творчества и вдохновения.

- Если работаешь только на зарплату - это ремесленничество и пустота.

- В современном производстве главным давно уже стал сплоченный эффективный труд многих тысяч учёных, инженеров, управленцев, рабочих, специалистов самого завода.

- Успех - это всегда их энтузиазм и творческая инициатива, самоотдача каждый час и каждый день на каждом рабочем месте.

- Необходимо постоянное повышение профессиональной квалификации от рабочих до директоров, иначе Ваше изделие может и не найти своего места на современном рынке.

"И еще, мне кажется, что неправильно ставить вопрос: "Как удаётся совмещать такие разные стороны творчества - инженерное и поэтическое?"

- Если ты - натура творческая, то разных сторон творчества не может не быть. Творчество - это состояние ума и души, и где бы ни была творческая натура, она всегда будет творить - и в производственной сфере, и в искусстве, в том числе и в поэзии. Все дело в том, что ты делаешь.

- Если время отдается производству, то ты творишь в реальной сфере, но творишь, а не просто занимаешься ремесленничеством.

- Если время не занято производством - начинаешь заниматься садоводством, каким-то хобби, занимаешься воспитанием детей и внуков, но и там - тоже творишь.



В.М. Толоконников на презентации очередной книги стихов

"Если душа переполняется образами и чувствами, ответственностью за нашу жизнь, чувствами, которые невозможно не передать другим, чтобы добро и красота улучшили мир - ты начинаешь слышать какие-то мотивы, которые и выливаются в музыку, стихи."

## ГИМН МОТОРУ

**Мотор наша гордость, Мотор наша слава!  
Мотор наша Вера, Надежда, Любовь!  
Мотор - это сила Славянской державы,  
Благополучия основа основ!**

**Мотор поднимает ракеты и крылья,  
Ломает могучий арктический лёд, -  
И покоряются тысячи миль...  
В неведомый мир человека ведёт.**

**Бурим ли землю, нефть добывая,  
Вгрызаемся ль в шахтах богатства достать, -  
Мотор даёт силы, нам помогая,  
Выше и дальше, быстрее летать...**

**Мотор - достижения тысяч талантов,  
Творчества их многолетний итог;  
Он силы даёт могучих атлантов;  
Который и космос осваивать смог.**

**Мотор - это счастье полётное птицы!  
Мотор - это скорость дорожных путей!  
Мотор - отстают любые границы  
В мечтах, чтобы выше, вперёд и быстрее!**

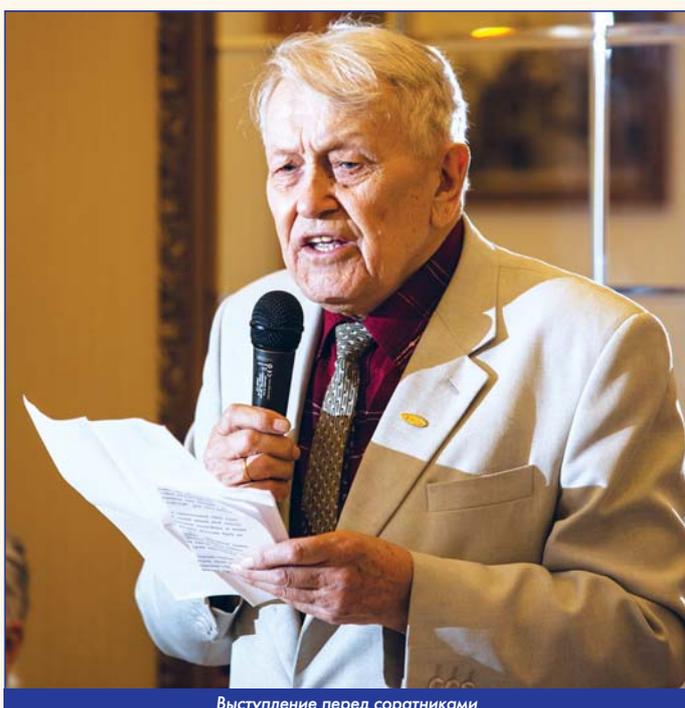
**И создаются чудо-моторы,  
Чтоб добывать дары от природы,  
Чтоб покорялись любые просторы  
Во благо Отчизны, на счастье народу!**

**Жизнь ведь ценна не днями прожитыми  
И не весельем шопов и шоу.  
Ценно, что миру настужь открыты  
Окна в блаженство творения нового.**

**И, чтоб реально было всё это,  
Силы Мотор нам даёт достигать.  
Им вдохновляться должно поэтам,  
Гимны Мотору свои создавать.**

**Пока неуклонно идёт круговерть:  
Создан Мотор, а вслед уже новый, -  
Не одолеет нас даже и смерть!  
Ведь созидание - жизни основа.**

**С юбилеем, Мастер!  
С совершенным почтением и уважением.  
Редакция журнала "Двигатель"**



Выступление перед соратниками

# АНАЛИТИЧЕСКОЕ ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ ГТД

ФГБОУ ВО Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева

**Игорь Исаакович Ицкович**, к.т.н, доцент кафедры экономики, менеджмента и экономических информационных систем

**Ольга Владимировна Камакина**, к.э.н., доцент, зав. кафедрой экономики, менеджмента и экономических информационных систем.

*В статье предложен алгоритм решения задачи обоснования цены и партии заказа с учетом основных экономических и производственных условий деятельности промышленного предприятия, производящего газотурбинные двигатели.*

*The article proposes an algorithm for solving the problem of justifying the price and order batch, taking into account the basic economic conditions of the economic activity of an industrial enterprise producing gas turbine engines.*

**Ключевые слова:** газотурбинный двигатель, ценообразование двигателя.

**Keywords:** gas-turbine engine, engine pricing.

Производимые в России газотурбинные двигатели обладают широким диапазоном рентабельности производства - от минус 40 % (заказы ГАЗПРОМ с агентской скидкой) до плюс 20 % (ГОЗ) и плюс 40 % (ремонт гражданской авиатехники). В существующем ценообразовании для газотурбинных двигателей выделим следующие направления:

- продукция ГОЗ: заказчиком согласовывается калькуляция себестоимости  $S$  и им назначается рентабельность производства в диапазоне  $r = 5...20\%$ , цена двигателя рассчитывается по уравнению  $C = S \cdot (1 + r)$ , другие расчеты заказчиком не требуются;
- промышленные ГТД: заказчиком предлагается договорная цена двигателя на уровне существующих аналогов, для обсуждения рассчитывается поправка к цене, исходя из разности стоимости жизненного цикла в эксплуатации для аналога и предлагаемого двигателя (предельная цена), и принимается, в ходе беседы, контрактная цена отгрузки.

Оба существующих направления ценообразования для ГТД имеют следующие недостатки:

- в цене не учитываются капитальные затраты производителя на технологическую подготовку производства двигателя;
- рентабельность производства двигателя назначается заказчиком произвольно (продукция ГОЗ и ГАЗПРОМ). Промышленные двигатели, конвертированные из старых авиационных двигателей, при этом рентабельны, а неконвертированные двигатели обычно убыточны для предприятия в связи с повышенной себестоимостью, низкой монопольной ценой заказчика и вынужденным принятием посреднических (агентских) скидок. Убытки от производства промышленных двигателей предприятием покрываются валовой прибылью от другой продукции (ГОЗ, гражданская авиатехника) и ратущими кредитами;
- постоянное возрастание себестоимости промышленных двигателей в связи с инфляцией и совместным производством с военными двигателями, у которых рост себестоимости фактически ничем не ограничен.

Таким образом, для предупреждения экономических последствий от существующего, в значительной степени, произвольного назначения рентабельности производства ГТД и насущной необходимостью учета в цене дополнительных производственных факторов (суммы капиталовложений в подготовку производства, схемы финансирования заказчиком, стоимости привлекаемых кредитных ресурсов в оборотные средства, структуры себестоимости продукции, косвенного налогообложения НДС и НП, величины партии закупки двигателей и других факторов), предлагаем авторский расчетный подход к ценообразованию, который назовем аналитическим ценообразованием.

Авторы не претендуют на обязательность предлагаемого подхода, но его опытное применение показало, что заказчик с вниманием относится к предлагаемым нами формулам, и тогда обоснованная данным многофакторным расчетом контрактная цена двигателя (и договорная рентабельность производства) на практике может быть принята.

При подготовке контракта на поставку партии двигателей предлагаем предварительно рассчитывать необходимую рентабельность производства и соответствующий размер партии поставки, ниже которого производство будет менее рентабельным или убыточным. С изменением размера партии двигателя может измениться и его цена, согласно предлагаемого далее расчета.

тавки, ниже которого производство будет менее рентабельным или убыточным. С изменением размера партии двигателя может измениться и его цена, согласно предлагаемого далее расчета.

1. Вычислим необходимую рентабельность производства на основе ранее полученных нами формул для минимальной и дополнительной рентабельности производства:

1.1. Расчет минимальной рентабельности производства:

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

где:

- $Y$  - цена привлекаемого в оборотные средства банковского капитала, в % годовых (десятичная дробь);
- $K$  - доля цены изделия, авансированная заказчиком;
- $(ДС/S)$  - доля добавленной стоимости в себестоимости изделия;
- $НДС$  и  $НП$  - ставки налогов на добавленную стоимость и на прибыль, если изделие облагается косвенным налогом. Для двигателей  $НП = 0$ , т.к. облагается только сумма результатов производственной и финансовой деятельности предприятия;

1.2. Расчет дополнительной рентабельности производства:

$$r_{\text{доп.}} = I_{\text{нв. пред}} \times (1 - (T_{\text{ок.}} / T_{\text{ам.}})) / (S \times T_{\text{ок.}} \cdot n_{\text{шт. в год}}), \quad (2)$$

где:

- $I_{\text{нв. пред}}$  - сумма инвестиций предприятия на технологическую подготовку производства изделия;
- $T_{\text{ок.}}$  - период окупаемости инвестиций, допустим, 5 лет;
- $T_{\text{ам.}}$  - период амортизации приобретенных на инвестиции основных средств;
- $S$  - плановая себестоимость изделия;
- $n_{\text{шт. в год}}$  - плановая годовая программа производства изделия.

1.3. Расчет полной рентабельности производства, как суммы минимальной и дополнительной рентабельности:

$$r = r_{\text{мин.}} + r_{\text{доп.}} \quad (3)$$

2. Расчет соответствующей партии продажи и цены изделия при принятой рентабельности производства:

2.1. Расчет величины валовой прибыли, как разности выручки и текущих затрат при заданной рентабельности производства:

$$(p \cdot n - (Z_c + n \cdot Z_{\text{в.ед.}})) = (n \cdot p \cdot r) / (1 + r), \quad (4)$$

где:

- $r$  - рассчитанная рентабельность производства данной продукции, как сумма минимальной и дополнительной рентабельности производства, т.е.  $r = (r_{\text{мин.}} + r_{\text{доп.}})$ ;
- $p$  - предлагаемая цена данного изделия;
- $n$  - размер партии закупки;
- $Z_c$  - постоянные затраты, относимые на данную продукцию, т.е. не зависящие от программы производства (соответствующие общехозяйственные расходы и часть накладных цеховых расходов);
- $Z_{\text{в.ед.}}$  - переменные затраты на единицу продукции, включающие основные материалы, заработную плату и социальные отчисления основных рабочих, а также переменную часть цеховых накладных расходов;

2.2. Расчет из выражения (4) формулы для определения соответствующего размера партии закупки изделия:

$$n = Z_c / (p - Z_{\text{в.ед.}} - (p \cdot r) / (1 + r)) \quad (5)$$

Формула (4) показывает, что при заданной цене оптимальный размер партии отгрузки зависит от структуры себестоимости и заданной рентабельности производства изделия.

**2.3.** Расчет цены изделия (без НДС), если задан размер закупочной партии двигателей при заданной структуре себестоимости и рентабельности производства, предлагаем по формуле (6):

$$p = (Z_c + n \times Z_{v.ед.}) / n / (1 - r / (1 + r)) \quad (6)$$

Выражения (5) и (6) взаимно обратимы и позволяют подготовить обоснование цены с учетом размера партии, структуры себестоимости и принимаемой рентабельности производства.

**3.** Пример расчета рентабельности производства, оптимальной партии продажи и цены отгрузки изделия для следующей модельной ситуации:

ДС/S - уровень добавленной стоимости в себестоимости изделия равен 0,5;

НДС - ставка НДС равна 20 %;

НП - ставка налога на прибыль в цене каждого изделия равна 0 %;

Y - ставка процентов по кредиту банку 12 % годовых, финансирование банком идет ежеквартальными траншами в течение года;

K - авансовые платежи заказчика 50 % от себестоимости изделия;

I<sub>нв. пред.</sub> - предельные инвестиции в технологическую подготовку производства изделия 1000 млн руб.;

S - себестоимость изделия 100 млн руб. при заданной программе производства (переменная часть плюс условно-постоянная составляющая часть себестоимости на единицу продукции);

n<sub>шт. в год</sub> - программа производства 20 шт. в год;

T<sub>ок.</sub> - период окупаемости предельных инвестиций 5 лет;

T<sub>ам.</sub> - амортизационный период основных средств, приобретенных за счет предельной суммы инвестиций, равен 10 лет;

Z<sub>c</sub> - постоянные затраты, относимые на данную продукцию составляют 1000 млн. руб. (независимо от размера партии);

Z<sub>v.ед.</sub> - переменные затраты на единицу продукции составляют 50 млн руб.;

p - цена данного изделия 120 млн руб.

**3.1.** Расчет минимальной рентабельности производства по формуле (1)

$r_{мин.} = (0,625 \times Y \times (1 - K) + (ДС/S) \times НДС) / (1 - НДС - НП)$ , где, соответственно подставляем условные значения :

$$r_{мин.} = (0,625 \times 0,12 \times (1 - 0,5) \times (0,5) \times 0,2) / (1 - 0,2 - 0) = 0,1625.$$

**3.2.** Дополнительная рентабельность производства для покры-

тия инвестиций в технологическую подготовку производства рассчитывается по формуле (2)

$r_{доп.} = I_{нв. пред.} \times (1 - (T_{ок.} \times T_{ам.})) / (S \times T_{ок.} \times n_{шт. в год})$ , где соответственно подставляем условные значения:

$$r_{доп.} = 1000 \times (1 - (5 \times 10)) / (100 \times 5 \times 20) = 0,05.$$

**3.3.** Суммарная рентабельность производства по выражению (3) составляет  $r = r_{мин.} + r_{доп.}$ , где, подставив рассчитанные выше значения минимальной и дополнительной рентабельности, получим:

$$r = 0,1625 + 0,05 = 0,2125.$$

Полученное значение суммарной рентабельности производства необходимо для производства изделия.

**3.4.** Оптимальный размер партии закупки при произвольной цене (выше себестоимости) рассчитаем по выражению (4)

$$n = Z_c / (p - Z_{v.ед.} - (p \times r) / (1 + r)), \text{ где,}$$

подставив соответствующие значения, получим:

$$n = 1000 / (120 - 50 - (120 \times 0,2125) / (1 + 0,2125)) = 20,4 \text{ шт.}$$

Расчет показал, что при цене 120 млн руб., постоянных затратах 1000 млн руб. на партию и переменных затратах 50 млн руб. на одну штуку, оптимальный размер партии составит 21 изделие.

**3.5.** Приемлемая цена изделия, при увеличении партии до 30 штук, определится по выражению (5)

$p = (Z_c + n \times Z_{v.ед.}) / n / (1 - r / (1 + r))$ , где, подставив соответствующие значения (для другого размера партии), получим:

$$p = (1000 + 30 \times 50) / 30 / (1 - 0,2125 / (1 + 0,2125)) = 101 \text{ млн руб.}$$

Расчетом по формуле (5) показано, что при изменении закупочной партии с 21 до 30 штук, аналитическая цена понижается с 120 до 101 млн руб. за счет снижения постоянной составляющей себестоимости на единицу продукции, при сохранении выше рассчитанной рентабельности производства и затрат в производстве.

В заключение, отметим, что предложенный аналитический подход к ценообразованию в производстве ГТД может являться базой для переговоров с покупателями продукции с учетом множества привлекаемых дополнительных факторов, позволяющих обосновать приемлемую рентабельность производства, цену продукции и соответствующую партию поставки. **!**

Связь с авторами: [iitskovichi@yandex.ru](mailto:iitskovichi@yandex.ru),  
[kamakina@mail.ru](mailto:kamakina@mail.ru)

Телефон/Факс: +7 (495) 362-7891  
E-mail: [boeff@yandex.ru](mailto:boeff@yandex.ru),  
[aib50@yandex.ru](mailto:aib50@yandex.ru), [dvigatell@yandex.ru](mailto:dvigatell@yandex.ru)  
<http://www.dvigatelly.ru>  
111250, Москва, Красноказарменная, 14

**Двигатель**  
Научно-технический журнал

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



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

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

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

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

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

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

# РАЗВИТИЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ В СССР В СЕРЕДИНЕ XX ВЕКА

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

*Рассмотрены вопросы, связанные с историей развития стандартизации и сертификации авиационной техники в СССР в 1924–1964 гг. Определены этапы этого развития. Приведены их важнейшие события.*

*The issues related to the history of development of standardization and certification of aviation equipment in the USSR in 1924–1964 are considered. The stages of this development are defined. Their most important events are given.*

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

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

В № 5 2019 г. журнала "Двигатель" была опубликована статья о начале работ в России по сертификации авиатехники "Стандартизация и сертификация авиационной техники в России в конце XIX века - начале XX века". В следующее сорокалетие жизни страны были призваны к использованию не менее сложные и интересные процессы, которые стоит рассматривать отдельно и более пристально. И это понятно, особенно, с учётом того, что в это время происходило и массовое становление промышленного производства в стране, и Великая Отечественная война и послевоенное восстановление народного хозяйства - что для авиации означало переход на совершенно новую - реактивную - технику.

Исследование событий истории развития стандартизации и сертификации авиационной техники (АТ) в СССР с 1924 г. до 1964 г. позволяет определить тенденции этого развития [1-5]. Учёт таких тенденций способствует поиску новых путей повышения качества и конкурентоспособности российской АТ на всех этапах её проектирования и производства [2-4].

Цель исследования - периодизация истории развития стандартизации и сертификации АТ в СССР до и после Великой Отечественной Войны и выявление путей и перспектив их развития перед реформой советской экономики при "Хрущёвской оттепели". Материалами исследования стали документы, содержащие сведения о стандартизации и сертификации АТ в СССР в 1924-1964 гг. При проведении исследования использовались методы сравнительного анализа исторических событий и их последствий. В результате проведённого исследования предложено деление этой истории на три этапа и определены их важнейшие события.

**Восстановление хозяйства после Гражданской, первые пятилетки и этап до начала Великой Отечественной войны (1924-1941 гг.).** В 1924 г. Главвоздушфлот преобразован в Управление Военно-воздушных сил. В 1925 г. создан Комитет по стандартизации и начата разработка государственных стандартов СССР. Переход к государственному планированию в невиданных прежде масштабах привёл к необходимости более жёсткой стандартизации выпускаемой продукции. В том же году Центральным отраслевым органом руководства авиационным стал Авиатрест. Тесные связи с мировыми техническими центрами развития авиации в Европе и Америке позволили очень быстро преодолеть технологическую отсталость, сложившуюся было в результате Гражданской войны. В 1931 г. таким органом стало Всесоюзное авиационное объединение Высшего совета народного хозяйства СССР. В 1932 г. создан первый Воздушный кодекс СССР и образованы Главное управление (ГУ) гражданского воздушного флота "Аэрофлот" как орган, отвечавший за всю деятельность гражданской авиации (ГА) в СССР, и Инспекция по наблюдению за технической эксплуатацией летательных средств всех гражданских ведомств и организаций. В том же году Центральным отраслевым орга-

ном руководства авиационным стало ГУ авиационной промышленности (АП) Наркомата тяжёлой промышленности СССР. В 1936 г. образовано ГУ АП Наркомата тяжёлой промышленности СССР, отвечавшее за проектирование и создание АТ и выполнение технических требований на АТ. В 1939 г. образован Наркомат АП СССР для организации серийного и массового производства АТ. В 1940 г. издан Указ Президиума Верховного Совета СССР "Об ответственности за выпуск недоброкачественной или некомплектной продукции и за несоблюдение обязательных стандартов промышленными предприятиями".

**Военный этап (1941-1945 гг.).** При рассмотрении этого этапа следует прежде всего учитывать, что в промышленности происходило два взаимосвязанных процесса. Прежде всего, это - мобилизация всех сил в интересах обороны страны и, во-вторых, эвакуация предприятий из зоны боевых действий с одновременным созданием их аналогов и дублёров в глубине страны. В ходе этого неизбежны были колоссальные утраты производственных мощностей, а также уход весьма и весьма значительного количества производственников для участия в боевых действиях с необходимостью в срочном порядке введения в производственный процесс малоподготовленного персонала - при сохранении, тем не менее, требуемого уровня производства.

В 1941-1942 гг. организовано серийное производство АТ на базе эвакуированных в тыл промышленных предприятий. В 1943 г. внедрена поточная система производства на авиазаводах Москвы, и этот метод стал внедряться в СССР повсеместно. В 1945 г. основные показатели авиационного производства стали утверждаться Совнаркомом СССР в виде народно-хозяйственных планов, обеспечивавших постепенный перевод отрасли на рельсы мирного развития.

**Послевоенный период (1945-1964 гг.).** Восстановление промышленности на территориях, где пришлось вести боевые действия и перевод предприятий всей страны на работу в мирных условиях - основной смысл этого этапа. Производственная инфраструктура в местах, где прошла война была сильно подорвана, многие из производственников погибли во время войны или стали инвалидами, а участвовавшие в боевых действиях во многом потеряли производственную квалификацию. Кроме того, военная авиация начала переводиться на работу с реактивной техникой, что заставило полностью менять структуру производства, техники и технологий авиапредприятий. В 1946 г. Наркомат АП СССР преобразован в Министерство АП СССР. В 1953 г. Министерство АП СССР объединено с Министерством вооружения СССР, но затем вновь образовано Министерство АП СССР. В 1954 г. образован Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР. В 1957 г. снова упразднено Министерство АП СССР и

на его базе образован Государственный Комитет Совета Министров СССР по АТ. В 1964 г. упразднён "Аэрофлот", а на его базе создано Министерство ГА СССР.

Результаты исследования показали и подтвердили, что тенденцией развития стандартизации и сертификации АТ в СССР в середине XX века можно и должно считать интенсивный переход на разработку отечественных конструкций авиамоторов, самолётов, их оборудования и вооружения, а также их серийное производство [1, 2, 5]. Развитие стандартизации и сертификации АТ в СССР в 1924-1964 гг. обеспечило развитие ГА в СССР и РФ в конце XX - начале XXI века [4].



#### Литература

1. Афанасьев В.А., Лебедев В.А., Монахова В.П., Мышелов Е.П., Ножницкий Ю.А. Техническое регулирование и управление качеством. - М.: Книжный дом "Либроком", 2013.
2. Бурова А.Ю. Сертификация авиационной техники: Учебное пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: ЛЕНАНД, 2019.
3. Бурова А.Ю. Стандартизация и сертификация авиационной техники в России в конце XIX века - начале XX века. // Двигатель. - 2019. - №5 (125).
4. История отечественной авиапромышленности. Серийное самолётостроение, 1910-2010 гг./Под общ.ред. Д.А. Соболева. - М.: РУСАВИА, 2011.
5. Пономарев С.В., Мищенко Е.С. История стандартизации и сертификации. - Тамбов: ТГУ, 2009.

Связь с автором: frambe@mail.ru

НАУКА

УДК 621.45.00.112.03.54-225

## ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ТУРБОРЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

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

*Рассмотрены вопросы, связанные с автоматизацией многоуровневой оценки качества работы турбореактивных двигателей авиалайнера. Описана последовательность формирования промежуточных оценок качества их работы в полёте. Проведена формализация таких оценок.*

*The issues related to the automation of multi-level evaluation of the work quality of the airliner turbojet engines are considered. The sequence of formation of intermediate evaluations of the quality of their work in flight is described. The formalization of such evaluations is carried out.*

**Ключевые слова:** контроль качества, многоуровневая оценка, промежуточные оценки, рабочие параметры, турбореактивный двигатель.

**Keywords:** quality control, multi-level evaluation, intermediate evaluations, operating parameters, turbojet engine.

Многомерность постановки задачи контроля качества работы турбореактивных двигателей (ТРД) авиалайнера по соотношениям заданных и измеряемых значений сразу нескольких его рабочих параметров актуализирует проблему многоуровневости оценки качества работы таких двигателей согласно техническим регламентам [1-5]. Целью исследования явились поиски решения такой проблемы. Одно из её решений - расчёт  $m_n$ -ых промежуточных оценок качества работы  $j$ -го ТРД в полёте  $Result_i(l_k, m_n)$   $n$ -ых уровней по результатам расчёта его промежуточных оценок предыдущих уровней по формуле (1), если  $m_n=1,2,\dots,M_N$  и  $n=1,2,\dots,N$  при  $j=1,2,\dots,J$  [2]:

$$Result_i(l_k, m_n) = f_R \{ Result_i(l_k, 1), Result_i(l_k, 2), \dots, Result_i(l_k, M_{n-1}) \}. \quad (1)$$

Эти оценки рассчитываются по результатам сравнения  $l_k$ -ых контролируемых  $Sequel_i(l_k)$  и  $l_k$ -ых контрольных  $Select_i(l_k)$  показателей качества работы  $j$ -го ТРД по их  $k$ -ым рабочим параметрам по формуле (2) при  $k=1,2,\dots,K$  и  $l_k=1,2,\dots,L_K$  [3]:

$$Result_i(l_k, m_1) = f_S \{ |Sequel_i(l_k) - Select_i(l_k)| \}. \quad (2)$$

Разработанные цифровые алгоритмы промежуточных оценок  $Result_i(l_k, m_N)$  имеют рекуррентную структуру пирамидального типа с  $N$  уровнями расчёта  $l_k$ -ых контролируемых показателей  $Sequel_i(l_k)$  на основе показаний датчиков  $k$ -ых рабочих параметров  $j$ -ых ТРД для выработки  $m_n$ -ых промежуточных оценок  $Result_i(l_k, m_n)$   $n$ -ых уровней и  $m_{n+1}$ -ых промежуточных оценок  $Result_i(l_k, m_{n+1})$   $(n+1)$ -ых уровней по всему набору  $K$  контролируемых рабочих параметров  $j$ -го ТРД. Такие оценки выполняются методом сравнительного анализа необходимого и достаточного набора  $l_k$ -ых показателей  $Sequel_i(l_k)$  и  $Select_i(l_k)$  методом направленного перебора промежуточных оценок результатов этого анализа  $Result_i(l_k, m_n)$  и методом направленного перебора промежуточных оценок  $Result_i(l_k, m_{n+1})$ . Промежуточные оценки  $Result_i(l_k, m_N)$  формируются по формуле (3) путём

направленного перебора всех  $m_{N-1}$ -ых промежуточных оценок  $Result_i(l_k, m_{N-1})$   $(N-1)$ -го уровня, которые, в свою очередь, формируются по формуле (1) путём направленного перебора соответствующих  $m_n$ -ых промежуточных оценок  $Result_i(l_k, m_n)$   $n$ -ых уровней при  $n=1,2,\dots,N-2$ :

$$Result_i(l_k, M_N) = \text{minimum} \{ Result_i(l_k, 1), Result_i(l_k, 2), \dots, Result_i(l_k, M_{N-1}) \}. \quad (3)$$

Предлагаемые промежуточные оценки можно использовать в цифровых алгоритмах автоматического контроля соотношений заданных и измеряемых значений рабочих параметров ТРД для повышения точности этого контроля. Использование таких оценок в алгоритмах управления ТРД авиалайнера позволит повысить безопасность его полёта за счёт повышения точности контроля качества работы двигателя.



#### Литература

1. Бурова А.Ю. Авиационные ТРДД - программа-прогноз на средне-срочную перспективу развития методов их модернизации и глубокого тестирования для минимизации "разнотяговости" и асимметрии тяги ТРДД и ТРДДФ самолётов ГА и ВВС // Фундаментальные исследования. - 2014. - № 12 (часть 9).
2. Бурова А.Ю. Автоматическая оценка качества работы турбореактивных двигателей // Двигатель. - 2019. - № 5 (125).
3. Бурова А.Ю. Сертификация авиационной техники: Учебное пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: ЛЕНАНД, 2019.
4. Бурова А.Ю., Кочетков Ю.М. Контроль разнотяговости турбореактивных двухконтурных двигателей двухдвигательного самолёта при появлении разницы частот вращения их роторов // Двигатель. - 2018. - № 6 (120).
5. Бурова А.Ю., Кочетков Ю.М. Оценка разнотяговости турбореактивных двухконтурных двигателей двухдвигательного самолёта, обусловленной разницей частот вращения их роторов // Двигатель. - 2019. - № 1 (121).

Связь с автором: frambe@mail.ru

# ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

## ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССАХ В РД

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н., профессор, (ФГБОУ ВО) "Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)" (МАИ)

*Проанализированы нестационарные процессы в ракетных двигателях: выход на режим, спад давления при останове, перекадки, возникновение неустойчивости, ситуации при авариях и взрывах, импульсные режимы работы, воспламенение топлива, нестационарная и неравновесная работа газогенераторов, срабатывание клапанов регуляторов и прочей арматуры, воспламенение СТТ и его выгорание. Предложены методы расчета параметров при этих условиях. Установлена прямая зависимость нестационарных процессов от вязкости, сжимаемости и неравновесности.*

*Non-stationary processes in rocket engines are analyzed: entering the mode, pressure drop when stopped, shifting, instability, situations during accidents and explosions, pulse modes of operation, fuel ignition, non-stationary and non-equilibrium operation of gas generators, actuation of regulator valves and other valves, STT ignition and its burnout. Methods for calculating parameters under these conditions are proposed. The direct dependence of non-stationary processes on viscosity, compressibility, and nonequilibrium is established.*

**Ключевые слова:** турбулентность, нестационарность, вязкость, сжимаемость, неравновесность.  
**Keywords:** turbulence, unsteadiness, viscosity, compressibility, nonequilibrium.

Важным фактором при решении практических задач ЖРД является прогнозирование термогазодинамических параметров в процессе всего времени его работы. Особенно следует выделить нестационарные режимы, такие, где рабочие параметры существенно зависят от времени. Из самых характерных можно назвать несколько, среди них:

- Для маршевых ЖРД:
    - область по времени выхода двигателя на номинальный режим;
    - область спада давления при останове двигателя;
    - области перекадок для многорежимных ЖРД;
    - работа ЖРД в период возникновения НЧ- и ВЧ-неустойчивостей;
    - ситуации при авариях и взрывах.
  - Для ЖРДМТ:
    - импульсные режимы работы;
    - воспламенение топлива.
  - Для узлов и агрегатов ЖРД:
    - нестационарная и неравновесная работа газогенераторов;
    - срабатывание клапанов, регуляторов и прочей арматуры (гидроудар).
  - Для вспомогательных РДТТ:
    - воспламенение СТТ и его выгорание.
- Расчет перечисленных областей необходимо проводить с помощью нестационарных уравнений термогазодинамики. А с учетом сильной зависимости параметров от внутренних процессов, с безусловной необходимостью от вязкости, сжимаемости и неравновесности. Все эти свойства необходимо учитывать в уравнениях движения и дополнительных уравнениях.

### Уравнение движения

Вывод нестационарных, вязких, сжимаемых и неравновесных уравнений движения ранее неоднократно приводился и опубликован в [1, 2].

Он базируется на классических Началах термодинамики и опирается на опыт, наработанный в последние годы в этом направлении. Прежде всего, это четвертое Начало термодинамики. Вначале записываются 1-е и 2-е Начала термодинамики с учетом внутренней и внешней энергии.

$$\text{grad}Q = \text{grad}U + P\text{grad}V + \text{grad}Q_{\text{внеш}} + \text{grad}Q_{\text{внутр}}$$

После соответствующих преобразований и использования математической формулировкой четвертого Начала термодинамики, основное уравнение может быть представлено в виде:

$$\rho^2 \text{grad}Q = -\rho \frac{d\rho\bar{v}}{d\tau} - U\text{grad}\rho^2 + \rho^2 \text{grad} \frac{P}{\rho} - \rho \text{grad}P + \rho^2 R_{\mu} T \text{grad} \frac{Q_p}{R_{\mu} T} + \rho \text{div}\Pi.$$

Введение энтальпии и энтропии позволяет в будущем выделить

неравновесные члены:

$$\frac{d\rho\bar{v}}{d\tau} = \text{div}\Pi - \rho T \text{grad}S - \frac{k+1}{k-1} R_{\mu} T \text{grad}\rho - P \text{grad} \frac{Q_p}{R_{\mu} T},$$

в явном виде которые могут быть представлены:

$$\frac{d\rho\bar{v}}{d\tau} = \text{div}\Pi - P \text{grad} \ln \left( \frac{P^{k+1}}{(R_{\mu} T)^{k+1}} e^{\left( \frac{Q_p - ST}{R_{\mu} T} \right)} \right).$$

Последнее уравнение является неравновесным уравнением движения и при отсутствии правого члена плавно переходит в уравнение Навье-Стокса. Числитель показателя при экспоненте, отнесенный к молекулярной массе, является химическим потенциалом, в практических расчетах идентифицируется как энергия активации и записывается в форме Аррениуса.

Далее после преобразований функцию в скобках представим в зависимости от нового аргумента:

$$\xi = \frac{T}{\left( \frac{E}{k+1} \right)^{\frac{1}{R}}}$$

выделив при этом зависимость

$$\psi = \frac{1}{\xi} e^{-\frac{1}{\xi}} \text{ (закон пси от кси [3]).}$$

Это - нормальная функция насыщения. Уравнение в итоге принимает вид:

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

а значение под логарифмом есть константа химического равновесия. Полученное уравнение математически описывает нестационарные процессы, происходящие в газодинамических трактах РД. Помимо прочего из них следует безусловно сильная связь с процессами вязкого трения (теплообмен, диффузия), процессами, учитывающими сжимаемость (неустойчивость в камере, ударные волны в сопле) и неравновесность процесса (реальные свойства газов). Анализ этого уравнения, проделанный применительно различным агрегатам и узлам ЖРД (РДТТ) позволит достоверно описать нестационарные процессы в них.

### Переходные процессы в РД

К переходным процессам относятся: выход на режим, спад после выключения двигателя и перекадки.

Рассмотрим **выход на режим при запуске** на примере РДТТ.

Составим уравнение баланса расходов. Расход по камере сгорания будет иметь вид:

$$\frac{dM}{d\tau} = \frac{V}{RT} \frac{dP}{d\tau}$$

Уравнение прихода продуктов сгорания со стороны заряда:

$$G_{\text{пр}} = \rho_{\text{T}} \cdot S_{\text{T}} \cdot U = \rho_{\text{T}} \cdot S_{\text{T}} \cdot b \cdot p^{\nu}$$

Зависимость для расхода перед соплом:

$$G_{\text{р}} = \frac{P \cdot F_{\text{кр}}}{\beta}$$

Тогда

$$\frac{V}{RT} P' + \frac{F_{\text{кр}}}{\beta} p = \rho_{\text{T}} \cdot S_{\text{T}} \cdot b \cdot p^{\nu}$$

Полученное уравнение есть обыкновенное дифференциальное нелинейное уравнение первой степени - классическое уравнение Якоба Бернулли. Оно имеет аналитическое решение. Уравнение приводится к обыкновенному линейному уравнению с постоянными коэффициентами путем следующих действий: сначала делим каждый его член на  $p^{\nu}$ :

$$\frac{V}{RT} \frac{P'}{p^{\nu}} + \frac{F_{\text{кр}}}{\beta} p^{1-\nu} = \rho_{\text{T}} \cdot S_{\text{T}} \cdot b$$

далее вводим новую переменную  $y = p^{1-\nu}$  и находим её производную:

$$\frac{P'}{p^{\nu}} = \frac{y'}{1-\nu}$$

При этом получаем

$$y' + \frac{F_{\text{кр}} \cdot RT \cdot (1-\nu)}{\beta \cdot V} y = \frac{\rho_{\text{T}} \cdot S_{\text{T}} \cdot b \cdot RT \cdot (1-\nu)}{V}$$

Для новых переменных:

$$\eta = \frac{F_{\text{кр}} \cdot RT \cdot (1-\nu)}{\beta \cdot V} \text{ и } q = \frac{\rho_{\text{T}} \cdot S_{\text{T}} \cdot b \cdot RT \cdot (1-\nu)}{V}, \text{ получаем:}$$

$$\frac{dy}{d\tau} = -\frac{d(-y)}{d\tau} = -\frac{1}{\eta} \frac{d(-\eta y)}{d\tau} = -\frac{1}{\eta} \frac{d(q-\eta y)}{d\tau}$$

Вводим логарифмическую производную и составляем уравнение дифференциалов  $d \lg(q-\eta y) = -\eta \cdot d\tau$ .

Тогда решение получаем в общем виде:

$$q - \eta y = e^{-\eta\tau + c}$$

Конкретизируя константы, окончательно получаем

$$p = p_k (1 - e^{-\eta\tau})^{\frac{1}{1-\nu}}$$

Последнее уравнение с конечной производной в нуле имеет вид кривой насыщения, которая приближенно характеризует выход двигателя на режим. Очевидно, что более точное описание этого процесса будет с помощью нормальной кривой насыщения:

$$P = P_k \cdot \psi(\bar{\tau})$$

При условии спада давления уравнение упрощается:

$$\frac{V}{RT} \frac{dP}{d\tau} + \frac{p \cdot F_{\text{кр}}}{\beta} = 0$$

Для интегрирования его удобно записать в следующем виде:

$$\frac{dp}{p} = \frac{F_{\text{кр}} \cdot RT}{V \cdot \beta} d\tau; \quad \frac{dp}{p} = -\eta d\tau$$

Решение этого уравнения ищем из уравнения для логарифмических дифференциалов:  $d \ln p = -\eta d\tau$  и оно после конкретизации констант будет иметь вид:  $\ln p - \ln p_k = -\eta(\tau - \tau_{\text{роб}})$ .

Последнее уравнение показывает, что свободное опорожнение камеры сгорания происходит по экспоненциальному закону (экспоненциальный спад).

**В случае перекадок**, когда поднимается или опускается давление в камере сгорания, закономерности не изменяются. Подъемы соответствуют универсальной кривой насыщения, закону пси

от кси, а спады - экспоненциальному закону.

**В случае воспламенения** твердого топлива подъем давления зависит от массы навески воспламенителя, что влияет на размерные производные кривой выхода. В ЖРД наклоны кривой выхода зависят от закона подачи в камеру компонентов топлива.

Следует непременно отметить, что **в РДТТ** процесс выгорания заряда за исключением двух случаев (торцевой и нормальной горения), всегда нестационарный, при этом **динамика образования свободного объема нестационарна** без исключительных случаев. Поэтому, **в отличие от ЖРД, где объем камеры зафиксирован, в РДТТ невозможна ВЧ-неустойчивость**.

### Высокочастотная неустойчивость

Процесс неустойчивости является сугубо нестационарным, так как весьма сильно зависит от временного фактора. Но этот процесс также циклический и характеризуется периодом колебаний и частотой.

Как было упомянуто выше, о ВЧ-неустойчивости следует говорить применительно только к ЖРД. В РДТТ неустойчивости быть не может в силу переменности свободного объема по времени (не устанавливается газодинамическая структура) и в силу невозможности формирования автоколебаний. Очень серьезной ошибкой является понятие линейная неустойчивость. Точное определение понятия автоколебаний следующее. Автоколебания - это незатухающие колебания, поддерживаемые внешними источниками энергии в нелинейной диссипативной системе, вид и свойства которых определяются самой системой и не зависят от начальных условий.

Математический аппарат, описывающий процесс возникновения неустойчивости базируется на преобразованиях и анализе уравнения Навье-Стокса [4, 5]:

$$\frac{d\vec{v}}{d\tau} = -\frac{1}{\rho} \text{grad} P + \nu \Delta \vec{v} + \frac{\nu}{3} \text{grad} \text{div} \vec{v}$$

Оно преобразуется в главное уравнение колебательного звена. Для каждой фиксированной точки это уравнение записывается для колебательной составляющей давления:

$$\frac{d^2 \tilde{P}}{d\tau^2} + 4 \frac{\nu}{R^2} \frac{d\tilde{P}}{d\tau} + 4 \frac{\nu}{R^2} kM^2 \frac{d \ln \frac{R}{\omega}}{d\tau} \tilde{P} = 4\mu\omega^2 \frac{\nu}{R^2} kM^2 \frac{d \ln \frac{R}{\omega}}{d\tau}$$

С использованием критериев оно приобретает вид:

$$\frac{d^2 \tilde{p}}{d\tau^2} + 8\pi \text{Ve} \frac{d\tilde{p}}{d\tau} + 8\pi \text{Ve} \cdot \text{Me} \cdot \tilde{P} = 8\pi R\mu \frac{\omega}{\omega_0} \frac{d \frac{\omega}{R}}{d\tau}$$

После решения характеристического уравнения получаем единственное условие возникновения колебаний.

$$\frac{\text{Me}}{\text{Ve}} > 2\pi, \text{ где } \text{Ve} = \frac{\nu}{R^2 \omega_0} \text{ и } \text{Me} = kM^2 \frac{d \ln \frac{R}{\omega}}{d\tau}$$

При этом объединенный критерий

$$\Phi Z = \frac{kv^3}{\nu \alpha^2} \frac{d \frac{\nu}{\text{rot}^2 v}}{d\tau} > \frac{1}{4},$$

определяет области неустойчивости и подтверждает смысл критерия Рейля.

Таким образом, для решения устойчивости требуется решение уравнения для главного колебательного звена при начальных условиях. Этими условиями могут быть условия мягкого или жесткого возбуждения:

$$P_{\tau=0} = P_0 \text{ или } \left( \frac{dP}{d\tau} \right)_{\tau=0} = \alpha$$

Для расчета критериев требуется газовое поле  $\vec{v}(x, y, z)$ . Оно рассчитывается с помощью уравнения:

$$\text{rot} \vec{v} = \pm \sqrt{M^2 (1 - M^2)} \frac{1}{\mu} \vec{v} \text{grad} p = \pm M \sqrt{\frac{1 - M^2}{\mu}} \frac{dp}{d\tau}$$

при граничных условиях прилипания и сопровождения

$$\vec{v}_w = 0 \text{ и } \frac{d\vec{v}_{осн}}{dy} = 0.$$

Последний критерий  $\text{ФЗ} \geq 1/4$  является лишь необходимым условием возникновения автоколебаний. Достаточным является условие постоянства вихря.

Для автоколебаний уравнение записывается в виде:

$$\frac{d^2 \tilde{p}}{d\tau^2} + 4\nu \frac{kM^2}{R^2} \frac{d \ln \frac{R}{\omega}}{d\tau} \tilde{p} = 0.$$

Оно имеет решение в виде синуса, а частота при этом рассчитывается по формуле:

$$\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right) = \frac{4k\nu}{a^2} \frac{d \ln V}{d\tau}.$$

из которой наглядно видна зависимость  $\omega_0$  от  $\omega$ , причем в качестве коэффициентов перед угловой скоростью стоят параметры вязкости  $\nu$  и сжимаемости  $a^2$  среды.

Интерпретация этого результата: *пространственная циклика в виде угловой скорости вихря при определенных условиях переходит во временную  $\omega_0$ , а природа собственных колебаний среды зависит строго от турбулентных конфигураций.*

### Импульсные режимы в ЖРДМТ

Характерной особенностью при работе ЖРДМТ в импульсном режиме является ярко выраженная нестационарность и неравновесность процессов. Оба эти процесса определены ситуацией, когда времена маршевого режима (собственно импульсы) соизмеримы с временами перехода (выход на режим и спад после завершения импульса). Нестационарность и неравновесность напрямую связаны друг с другом и вместе влияют на соотношение компонентов, которое влияет на потери удельного импульса тяги. Расчет параметров процессов ЖРДМТ следует неукоснительно проводить с учетом отмеченных процессов в соответствии с уравнением движения:

$$\frac{d\rho\vec{v}}{d\tau} = \text{div}\Pi - \frac{k+1}{k-1} P \text{grad} \ln K_p.$$

### Динамика запорно-отсечной арматуры

К запорно-отсечной арматуре относятся элементы ПГС, с помощью которых плавно или скачкообразно гидравлические системы переходят с одного режима на другой. Если переход осуществляется плавно (регулятор давления), то, как правило, он - аperiодический. Если скачкообразно (клапан), то в системе могут возникать колебания. Этот последний режим рассматривается как основной при изучении динамики системы.

Скачкообразный переход на другой режим сопровождается явлением гидроудара. Это - фундаментальное явление в гидродинамике, которое несет за собой новое качество в отличие от размеренных плавных течений по каналам. Резкое наложение связей на гидросистему приводит к появлению ударной волны и следующему за ней каскаду отраженных волн. Гидроударом весьма фундаментально занимался знаменитый русский ученый Н.Е. Жуковский. Он вывел формулу для расчета амплитуды ударной волны ( $P_A$ ) и скорости звука ( $a$ ) жидкости в трубах с податливыми стенками [6]:

$$P_A = \rho(V_0 - V_1)a \text{ и } a = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1}{1 + \frac{E D}{E_{тр} h}}}.$$

К решению задачи о гидроударе продуктов сгорания в полостях арматуры ПГС привлечем уравнение Навье-Стокса и, как следствие из него, уравнение для вязко-упругого колебательного звена, записанного в скалярной форме **применительно к динамической задаче:**

$$\frac{d^2 \tilde{p}}{d\tau^2} + 2\delta \frac{d\tilde{p}}{d\tau} + \omega_0^2 \tilde{p} = -\omega_0^2 p_0,$$

где  $\tilde{p}$  - по-прежнему амплитудная функция;  $p_0$  - давление в соединительной трубке;  $\delta$  - параметр затухания;  $\omega_0$  - собственная частота системы.

Вынуждающая сила справа с учетом гидроудара задается ступенчатой функцией и при  $\tau > 0$ , она будет величиной постоянной.

Из теории линейных дифференциальных уравнений известно, что общим решением линейного неоднородного уравнения будет сумма соответствующего однородного уравнения и любого частного решения неоднородного уравнения. Путем простой подстановки решения в виде

$$\xi = \frac{(-\omega_0^2 \cdot p_0)}{\omega_0^2}.$$

убеждаемся, что оно справедливо и превращает дифференциальное уравнение в тождество. Тогда общее решение однородного уравнения записываем в виде:

$$\tilde{p} = A e^{-\delta\tau} \sin(\omega_0\tau + \varphi) + p_0.$$

Зависимость  $\tilde{p}(\tau)$  имеет вид синусоиды с затухающей амплитудой. Причем асимптотой в данном случае является горизонтальная прямая  $p_0(\tau) = \text{const}$ . На рис. 1 представлена зависимость, полученная в процессе испытания натурального клапана.

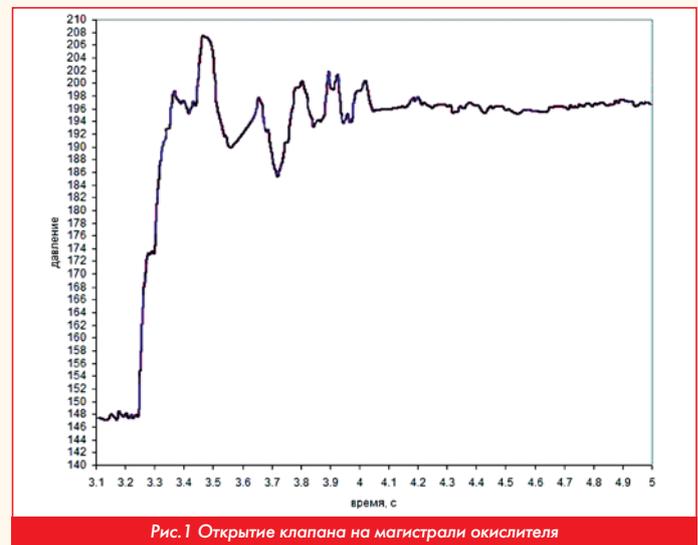


Рис. 1 Открытие клапана на магистрали окислителя

В завершение анализа процессов в агрегатах и узлах ЖРД можно отметить несанкционированные нестационарные процессы, такие, как авария и взрыв. Их предсказать весьма трудно, но, зная их исход и, решая обратную задачу, можно с использованием предложенных уравнений установить причину. Ведь понятно, что прямая задача это - прогноз, а обратная - история!

### Литература

1. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Вывод уравнения импульсов из начал термодинамики // Двигатель №3, 2016.
2. Ю.М. Кочетков. Турбулентность реальных газов. Благородное уравнение газовой динамики // Двигатель №1, 2017.
3. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Закон пси от кси // Двигатель №2, 2017.
4. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Неустойчивость при работе тепловых турбомашин // Двигатель №2, 2018.
5. В.В. Струминский. Основные направления теоретических исследований проблемы турбулентности // Механика турбулентных потоков, М. Наука, 1980.
6. Н.Е. Жуковский. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. М. изд. технико-теоретической литературы, 1949 г.
7. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Гидроудар в пневмогидравлической системе // Двигатель №4, 2013.
8. Ю.М. Кочетков, Т.Н. Кравчик, О.А. Подымова. Пять теорем турбулентности и их практические приложения. // Вестник машиностроения №7, 2019 г.

Связь с автором: swgeorgiy@gmail.com

# КОНТРОЛЬ УРОВНЯ ВИБРАЦИЙ ЦИФРОВЫМИ МЕТОДАМИ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ДИСКРЕТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ ПРИ РАБОТЕ РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аделия Юрьевна Бузова, старший преподаватель,  
Юрий Михайлович Кочетков, профессор, д.т.н.

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

**Рассмотрены вопросы, связанные с надёжностью двигательных установок ракет. Описаны принципы оценки уровня вибраций ракетного двигателя цифровыми методами многоступенчатого дискретного преобразования Фурье. Приведены формулы такого преобразования разностными цифровыми фильтрами.**

**The issues related to the reliability of rocket propulsion systems are considered. The principles of estimating the vibration level of a rocket engine using digital methods of multi-stage discrete Fourier transform are described. Formulas for such a transformation using difference digital filters are given.**

**Ключевые слова: коэффициенты фильтрации, преобразование Фурье, разностная фильтрация, ракетный двигатель, цифровой сигнал.**

**Keywords: filtration coefficients, Fourier transform, difference filtering, rocket engine, digital signal.**

Вибрации ракетных двигателей (РД) снижают надёжность двигательных установок ракет [1]. Возникновение вибраций РД в полёте приводит к усугублению прочностного состояния конструкции двигательных установок и, следовательно, к разрушению как самих установок, так и деталей корпусов ракет. В зависимости от уровня вибраций РД могут возникать такие нежелательные эффекты, как, например, ухудшение теплового состояния с последующими прогаром стенок камеры сгорания и сопла РД.

Опасность возникновения этих эффектов обуславливает актуальность повышения качества диагностики вибраций РД и увеличения информативности используемых методов контроля уровня этих вибраций.

Такой контроль можно обеспечить цифровыми методами дискретного преобразования Фурье (ДПФ) [2]. Методы многоступенчатого ДПФ (МДПФ) на основе алгоритмов разностной цифровой фильтрации и CORDIC (Coordinate Rotation Digital Computer) успешно реализуются на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС) и были верифицированы и апробированы в радиотехнических системах [3-4]. Эти методы предлагается использовать для решения задач контроля уровня вибраций РД, поскольку такие вибрации являются сложными колебаниями, которые могут быть представлены суммой гармонических колебаний (гармоник).

Цель настоящего исследования - формализация условия автоматического контроля вибраций РД цифровыми методами МДПФ без выполнения аппаратно затратных операций умножения. Исследование проводилось методами программного моделирования алгоритма контроля уровня вибраций РД цифровыми методами МДПФ. Сущность моделирования заключается в программной реализации методов оценки уровней гармоник цифровых сигналов с датчика амплитуды колебаний путём их МДПФ многополосной фильтрацией разностными цифровыми фильтрами (ЦФ).

На базе ПЛИС был разработан и исследован модифицированный алгоритм МДПФ, в основу которого положен анализ замеров параметров амплитудно-частотных характеристик вибраций в процессе работы двигательной установки. При этом анализируются показания датчика.

Результаты исследования подтвердили возможность использования методов МДПФ цифрового сигнала с датчика  $x(nT)$  с периодом дискретизации  $T$  путём его  $L$ -полосной фильтрации разностными ЦФ  $K+M$ -го порядка с  $k_M$ -ми коэффициентами  $M$ -го порядка разности  $h_p(M, k_M, l)$  для расчёта значений  $y_l(nT)$  оценок уровней  $l$ -ых гармоник этого сигнала по формуле (1) при  $k_M=0, 1, 2, \dots, K+M-1$ ,  $l=1, 2, 3, \dots, L$  и  $n=0, 1, 2, \dots, N-1$ :

$$y_l(n \cdot T) = \sum_{k=0}^{K+M-1} \sum_{k_0=0}^k \dots \sum_{k_{M-1}=0}^{k_{M-2}} \sum_{k_M=0}^{k_{M-1}} h_p(M, k_M, l) \cdot x(n \cdot T - k_M \cdot T). \quad (1)$$

Причём,  $k$ -ые коэффициенты  $l$ -ой полосовой фильтрации  $h(k, l)$  при  $k=0, 1, 2, \dots, K-1$  и  $l=1, 2, 3, \dots, L$  формируются на основе  $k_m$ -ых коэффи-

циентов  $m$ -ых порядков разности  $h_p(m, k_{mv}, l)$  по формуле (2) при  $km=0, 1, 2, \dots, K+m-1$  и  $m=1, 2, 3, \dots, M$  [4]:

$$h(k, l) = \sum_{k_0=0}^k \sum_{k_1=0}^{k_0} \dots \sum_{k_{M-1}=0}^{k_{M-2}} \sum_{k_M=0}^{k_{M-1}} h_p(M, k_M, l). \quad (2)$$

Поэтому, условием выполнения МДПФ такого сигнала только сложениями его временных отсчётов является тривиальность коэффициентов  $h_p(M, k_M, l)$ , поскольку по формуле (3) при  $l=1, 2, 3, \dots, L$ :

$$h_p(M, k_M, l) \cdot x(n \cdot T - k_M \cdot T) = \begin{cases} x(n \cdot T - k_M \cdot T) & \text{при } h_p(M, k_M, l) = 1; \\ 0 & \text{при } h_p(M, k_M, l) = 0; \\ -x(n \cdot T - k_M \cdot T) & \text{при } h_p(M, k_M, l) = -1. \end{cases} \quad (3)$$

Такая формализация условия автоматического контроля вибраций РД цифровыми методами МДПФ без выполнения операций умножения позволяет снижать аппаратные затраты на ПЛИС-реализацию вычислительных алгоритмов такого контроля [5].

## Литература

1. Перфильев А.С., Султанов А.Э., Герасименко С.Ю. Условия возникновения высокоамплитудных низкочастотных колебаний корпуса ракеты-носителя, снижающих надёжность агрегатов двигательных установок // Известия Тульского государственного университета. - 2018. - №7.
2. Залманзон Л.А. Преобразование Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях. - М.: Наука, 1989.
3. Щербаков М.А., Стешенко В.Б., Губанов Д.А. Цифровая полиномиальная фильтрация в реальном масштабе времени: алгоритмы и пути реализации на ПЛИС // Цифровая обработка сигналов. - 2000. - № 1.
4. Бузов Ю.Я., Бузова А.Ю. Дедуктивная обработка цифровых сигналов на основе метода конечных разностей и методов разностной цифровой фильтрации и многоступенчатого дискретного преобразования Фурье, не требующего выполнения арифметических операций умножения // Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи имени А.С.Попова: 65 Научная сессия, посвященная Дню радио: Доклады. - М.: РНТОРЭС, 2010.
5. Стешенко В.Б. ПЛИС фирмы ALTERA: элементная база, система проектирования и языки описания аппаратуры. - М.: ДО-ДЭКА-XXI, 2007.

Связь с авторами: frambe@mail.ru

# УВИДЕТЬ И ПОНЯТЬ

(В продолжение статей в журнале "Двигатель"  
№6 2017 г. "О физиках и математиках" и  
№3 2019 г. "Зачем нам помнить ошибки".)

Дмитрий Александрович Боев

ЗАЧЕМ  
НАМ ПОМНИТЬ ОШИБКИ

*Эта статья помещена в развитие предыдущих тем. Материал к ней взят из того, что подбиралось и осмысливалось не один десяток лет, но, полагаю, ещё не доведёно до состояния отдельной книги. То же, что публикую здесь (как и то, что было опубликовано на эту тему чуть раньше) - не более, чем краткие выжимки некоторых аспектов задуманного. Это несколько слов о том, как же человек, имея ограниченный опыт жизни в безграничном мире, всё же ухитряется действовать не выпадая за границы его реальности, и даже, без излишнего напряжения, более-менее верно прогнозировать развитие ситуаций, в которых он так или иначе принимает участие.*

Итак... Всё живое для самоориентирования и действия в мире и пространстве конструирует из ощущений и опыта предыдущей жизни свой собственный образ мира. Пусть даже это живое - одна отдельная клетка - простейшее одноклеточное, etc. Просто у него и образ мира строится соответствующий возможностям. В этой способности к самоидентификации, самоотделению себя от мира для понимания себя в мире - коренное отличие живого существа от всего остального окружающего мира. В конечном итоге можно принять, что **способность воспринимать отдельные, наиболее существенные для восприятия взаимосвязи бесконечно взаимосвязанного мира, обрабатывать эту информацию, экстраполировать ее в будущее и строить свое поведение по этим экстраполяциям и есть основное отличие живого от неживого.** В этом смысле можно говорить, что живое существует как бы одновременно в двух мирах: реальном, частью которого оно само, фактически, является, и где происходят все события, течет время и осуществляются все планы, и абстрагированном из него (но от этого не становящемся ненатуральным, хотя и есть он только в восприятии этого живого, что как раз очень важно и нужно осознать каждому!) мире своего восприятия окружающего. Именно в последнем из упомянутых миров - своём собственном у каждого живого - мы, например, оцениваем события, пытаемся прогнозировать их дальнейшее развитие, и строим схему своего поведения. При этом, учитывая, что мы располагаем средствами обмена информацией - вербальными, невербальными - можно сказать, что этот самый абстрагируемый, построенный чувствами и разумом мир, является миром общественным, общим и для коллективного взаимопонимания человечества. Учитываем, что и само понятие "информации" - то есть абстрагированные от реальных основ связи объектов и явлений, содержанием которых можно обмениваться и компилировать их друг с другом появляется именно в этом мире. В реальном мире никакой информации нет. Она появляется только в области действия живого.

Следует ясно понимать, что мы оперируем только упрощённым и сильно абстрагированным образом окружающего нас мира. Границы наших знаний - сведения о той части мира, свойства которой, приобретенные через опыт общения с ним, его предметами и явлениями, с населяющими его существами - имеются в нашем распоряжении, это то, о чём мы и можем строить какие-либо суждения. Все прочее, что находится за этими границами для нас - не более чем экстраполяция известного, находящегося внутри них. Произведено это нашим сознанием в расчёте на непрерывность процессов из той области, какую мы знаем, туда, где мы их просто предполагаем. Мало того, в этом процессе не ожидается каких-либо неожиданных бифуркаций, резкой смены хода течения дел и ансамбля влияющих факторов.

Мир заполнен явлениями с причинами и их следствиями. Но это априори неизвестно нам, пока мы их непосредственно не прочувствовали. Причем, сами эти причины и следствия бы-

вает невозможно оценить до тех пор, пока мы не отделим, не абстрагируем одни, более влияющие связи предметов от других, незначительных для этой оценки. Именно это и есть информация. Все параметры любого процесса в мире, (которые мы можем как-то оценить) - эти самые дистиллированные, дискретизированные - обретшие в нашем их осознании чёткие начала и концы - связи, введенные нами в процессе анализа мира для его осознания. Это именно наш способ познания делает многосвязный аналоговый бесконечный мир дискретным, ограниченным и абстрактным. Именно так и построена картина мира в нашем восприятии. И в зависимости от того, какие из связей между объектами мира мы выбрали в качестве параметров оценки и самих объектов и их взаимоотношений и положений и будет различаться наша оценка реальности. И от этого пойдет и экстраполяция возможного развития этих взаимоотношений и понимания будущего. А невязка этой оценки и того, что реально произошло и есть та самая вероятность, которую мы берёмся приписывать окружающему миру. Вероятность - составляющая часть способа нашего восприятия мира. Случайность - нормальное существование как раз именно нашего, абстрагированного мира, причем реальному миру это неизвестно. В нем-то как раз все закономерно. Дело именно в том, что, живя в таком мире, мы вынуждены планировать свои действия и оценивать их результаты исходя из собственного опыта общения с ним. А действуем-то в реальном мире. И тут появляется та самая "вероятность", предположительность действий и вера в правильности выбранного направления и уровня действий. На самом деле, реальный мир бесконечен, бесконечно многосвязен и бесконечно разнообразен. Он не вероятностен и вероятность правит не миром, а нами и только нами: нашим восприятием мира и поведением в нём. Впрочем, для нас самих это однозначно: мы есть "мы" как раз через наше ощущение этого мира.

Понять это достаточно несложно. Подкинутая монетка упадёт "орлом" или "решкой" в зависимости от того, как сильно и в какое место монеты мы ударили, подбрасывая её, куда был направлен вектор силы удара, каково состояние металла монетки и насколько она сбалансирована по объёму, каково состояние воздуха там, где она летела, обо что ударилась, когда упала, каковы свойства и состояние этой поверхности... И ещё огромное количество факторов, которые мы не учитываем и не учтём никогда, но которые так или иначе влияют на то, какой стороной уляжется после удара монетка. А раз мы их все не учитываем, и действуют они каждый раз по-разному - появляется случайность, стохастика процесса. Именно таким образом из суммы закономерностей появляется случайность. Случайность - сумма неучтённых нами закономерностей.

А предполагать мы можем что угодно (экстраполируя ли "за" свои знания, фантазируя ли без меры): все равно, реальнее наши предположения от этого не станут, нравятся ли это нам - нет: останутся всё в том же нашем восприятии. Однако,

смешивая "мир в нас" и "себя в мире", мы постоянно пытаемся перетащить свое представление о мире на этот реальный мир. И приписываем ему принятые своим восприятием свойства. Мы достраиваем существующую у каждого абстрактную картину мира собственными интерполяциями ее изменений во времени и пространстве за грань известного, пытаюсь приблизить ее к конкретному миру.

Двойственность нашего существования даёт нам свободу генерировать любые теории, системы и теоретические построения. Именно это даёт нам возможность свободы познания и создания новых версий нашего мира, более приближенных к реальности. Все мироописательные и всеобъемлющие теории выстроены и совершенно точно подходят именно для этого нашего абстрактного представления о мире. А к самому миру они приближены настолько, насколько точно это наше представление. Да ещё и составленное для какого-то определённого момента времени, с течением которого мир меняется и всё дальше отходит от нашего представления о нём. Зато можно свободно запускать в наше описание любые свои фантазии и спокойно верить в них, да ещё и окружающих убеждать в своей правоте. По крайней мере, до тех пор, пока наше жизнеописание не столкнётся с реальной жизнью.

Этим же отличаются, кстати, все построения, считающиеся нами за "искусственный интеллект" ото всех реальных построек живого в этом мире, которые я только что описал. Наши мыслимые построения используют в качестве базы тот самый абстрагированный из окружающего мира набор взаимосвязей, который мы использовали для создания картины окружающего мира. И он конкретен и ограничен - пусть даже база его будет сколь угодно широка. И он так же дискретизирован, как все построения нашего разума, что отличает их от событий и связей в реальном мире. Но мы никогда не сможем привлечь к процессу осмысления те связи объектов и явлений, что не посчитали существенно важными при построении поля влияющих на объект и явление факторов. Просто потому, что упустив их за ненадобностью, мы даже и не предполагаем их существования вовсе. А уж, тем более - уровня их влияния. По крайней мере, до тех пор, пока вследствие изменения каких-либо внешних условий, эти факторы не войдут в число существенно влияющих, и нам придётся понять их и учитывать среди вероятностных, поведение которых заведомо не определено, но лишь предполагается. Потому, то, что мы горделиво именуем "искусственным интеллектом", на деле - более или менее сложная система анализа всё тех же имеющихся в нашем распоряжении фактов, связей и уровней взаимодействия объектов.

Именно в качестве наследства предыдущих попыток объяснить вероятность нашего невероятного мира, человечество попыталось отделить область нашего знания (на самом деле - ту самую рациональную картину мира, которую мы построили себе для описания и понимания его) ото всего остального, реального и не понятого нами ещё мира. И, как это ни странно звучит, но объявить и непонятое как-либо объяснимым с точки зрения имеющихся знаний и понятий. По логике вещей, как только для объяснения явлений рациональных знаний не хватает, в дело прекрасно идут иррациональные. И в вопросе "есть ли бог" главное не в том: есть ли, нет ли - а в том, где ты его ищешь. Ибо все эти поиски происходят опять-таки только в нашем абстрагированном из природе мире смыслов. Лишь в нашем понимании мира. А там, бог есть, если в него верить и его нет, если не верить. Однако ни то ни другое не прибавляет тебе ни власти над миром, ни свободы от него!

Непонимание (за недостатком информации) движущих сил тех явлений мира, которые заставляют нас поступать тем или иным образом, дают ту или другую возможность своего поведения, заставляя нас искать пути общения с непонятым. И не удивительно, что на этих путях данные поиски (изначально не имеющие возможности рационального разрешения) приводят к иррациональному результату - возникают дающие формаль-

ные разрешения вопроса религиозные построения. В попытках повлиять на наши (на самом деле, совершенно умозрительные) построения мира давным-давно пробуются столь же, если не более того - поскольку не имеют под собой совсем уж никаких оснований - попытки общения с духами, задабривания распорядителей мира правильными способами поведения и молитвами к ним же. Формы и методы сих операций самые различные, а цель, вообще-то одна: войти в контакт со "случаем", или с тем, кто им распоряжается, и повернуть ситуацию к интересному себе исходу. При этом, как и по сей час - отсутствует всякое понимание того, что все наши действия происходят в реальном мире, а поиски решения проводятся в нашей абстракции из него. И эти области совсем не идентичны. Но как только мы переходим от домысленной картины к реальным действиям окружающего мира, мы оказываемся всецело во власти его законов, которые существенно шире понимаемого нами и могут с ним и вовсе не совпадать. В причинно-следственных связях реального окружающего мира от наших дополнительных построений ну ничегошеньки-то не изменится. Поскольку нам никогда и ни за что не удастся разделить эти две ипостаси: мир и его восприятие, то придется и дальше говорить о мире, имея в виду именно эту его модель, построенную нами.

Объекты нашего абстрагированного представления о мире не менее реальны (для нас), чем и реально существующие в мире окружающем. Но - лишь до границы раздела этих двух миров. Этот трансцензус (а это именно кантовская граница "мира для нас") кончается там, где кончается наше восприятие и начинается мир. А в "нашем" мире мы имеем право допустить всё: богов, героев, духов, суперменов. Имеем право считать его центром мироздания, единственным в универсуме - да хоть плоским и стоящим на черепахе. Реального мира от этого не убудет, только наши построения будут от него всё дальше и дальше. И увеличится ошибка нашего поведения в мире - и "вероятность" будет расти и расти нам как бы назло. Все попытки заставить мир существовать по указке нашего воображения лишь уменьшают вероятность свершения желаемых планов, поскольку реально увеличивают невязку, несовпадение реального мира и нашей "конструкции". И все.

Парадоксально, но с такой точки зрения религия и наука вовсе не антагонисты: они просто действуют в различных областях. Если мы не говорим о глобальных теориях мироздания, которые будучи по форме научными, по существу мало чем отличаются от религиозных, поскольку всецело зиждутся на вере и убеждении в правомерности применяемых для их построения положений. Увеличение поля действия науки вовсе не уменьшает зоны владения религии, ибо с точки зрения той же рациональной науки, мир бесконечен и бесконечно разнообразен. А знания наши - конечны, ограничены - несмотря на то, что бесконечно пополняемы. В силу как раз безграничности мира и всеобщей взаимосвязи. Там где кончается наука, рациональное знание, там и начинается вера в чистом виде. Вопрос веры, в конечном итоге - вопрос исходных постулатов, или, если говорить точнее, то вопрос закономерности или даже законности этих постулатов. Можно сказать, вопрос правомочности этих исходных положений - быть, существовать в качестве таких постулатов. И достаточно безразлично, чьим именно авторитетом будет подкреплена эта правомочность - иных ли людей, "верховного существа", себя ли самого - вера остается верой в любом случае. И именно она будет лежать в основе любого вашего суждения: невозможно построить ни одного суждения (и в том числе, естественно, того, что мы считаем строго научным) без постулирования исходных условий. А сама их постановка уже держится на предположении правоты своего выбора, то есть на вере. Предположение - вера с оговорками. И всё наше существование держится на этой вере. И никакая религия не служит этому причиной. Она сама - следствие подобных построений.

Века господства в умах примитивного бытового материала





лизма, когда реальным признавалось только то, что можно в какой-либо степени "пощупать", привели - прежде всего, в социальной сфере - к системе религиозных верований с персонафикацией богов и чуть ли не вещной "душой", коей можно оперировать вполне материальными средствами (молитвой, жертвой, прегрешением, постом, покаянием и т.п.). При этом, она вроде и не является нашей собственностью, но дана нам как бы напрокат - с правом пожизненного пользования. Это настолько врезалось в архетип даже и современных мировоззрений, что существование такого элемента бесконечного в конечном остается аксиоматикой, которую принято считать чуть не объективным фактом, несмотря на многократное и всестороннее ниспровержение построенных на этой основе конструкций со стороны практически всех философских и этических теорий. Сам термин "душа", "душевность" "духовность" и их аналоги во всех языках мира прочно заняли позиции в повседневной лексике. Иначе, мы на деле имеем некую господствующую систему воспринимающихся феноменологически, без допущения критики анналов взглядов: как бы религию в этике и идеологии. Это понятие на самом деле, наследие неолита, идущее с тех времен, когда представить себе нечто, пусть даже неосознаемое в реальной жизни иначе, как в виде вещи, объекта же, невозможно. Это как раз один из наиболее ярких примеров результата размешения мира восприятия и мира окружающего. И в этом разрезе все существующие религии... на диво материалистичны.

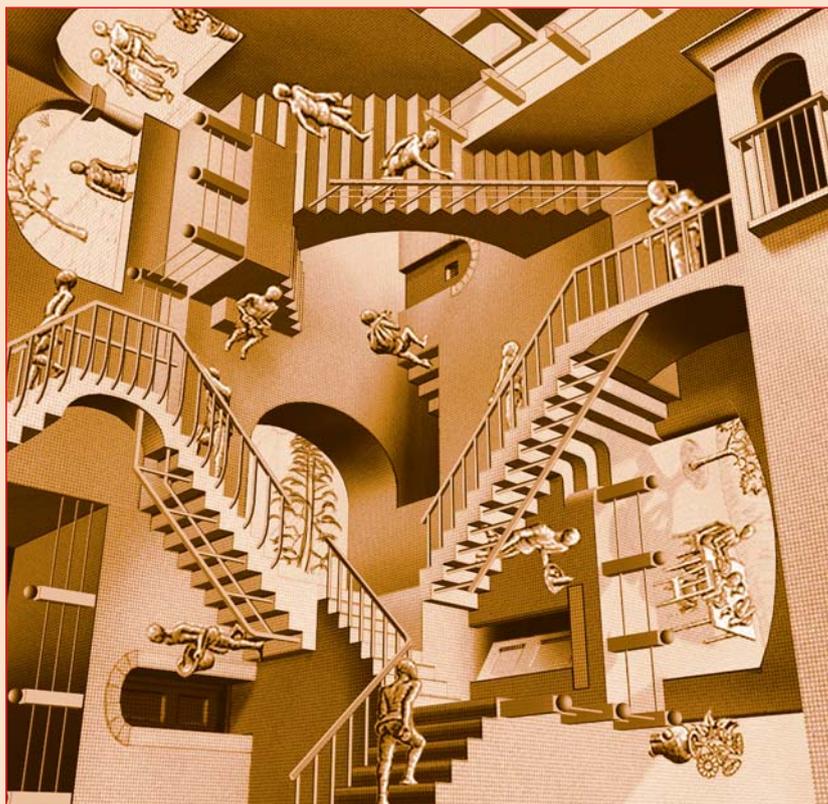
Это не первая и не новая проба действий в этом направлении. Наскальные рисунки животных в пещерах истыканы реальными копьями. В камне сохранились следы от оружия - видимо, не одного поколения охотников. И так, практически всюду, где есть петроглифы. Поскольку, за недостатком фактов, трудно составить внятное мнение о единой религии палеолита, очевидно, метод общения этих людей со своими богами - непосредственное воздействие. При этом, возможно, имело место и изобретение "магии действия" с сопутствующими обрядами и применимой эзотерикой. Есть мнение, что ради этого человек и рисовать-то научился. Все это из серии "подобное рождает подобное", "клин клином" и т.д. Верить можно как в удачу, так и наоборот. И пытаться повернуть случайность лицом к себе. И даже верить в то, что это получилось. Или просить кого-то более сведущего в этом деле помочь себе.

Последовательное сближение образовательных и культурных уровней членов общества и, как следствие, все более свободный доступ их (в дополнение к собственному жизненному опыту) к циркулирующей в обществе информации сближает и возможность влиять на ее использование. Первое здесь определяет необходимость и возможность последнего. Таким образом, есть и некая надежда на сокращение вплоть до нуля возможности манипулирования массами традиционными способами: когда люди на самом деле не знают, что, зачем и для кого (в чьих интересах) они дела-

ют. Иначе, и самого разумного можно держать за дурака, лишая его знаний, необходимых для понимания происходящих процессов и построения адекватной поведенческой модели. "Дурак" - не качество, а состояние. Правда, тут же появились и новые методы массового охмурения: если нельзя утаить информацию, ее можно столь размножить, что на фоне общего информационного белого шума невозможно будет отделить ложь от правды и реально расставить уровни приоритета на имеющихся сведениях. Камень проще спрятать среди других камней. И, наоборот: чем больше этих "камней" стучится в твой разум с той целенаправленно подготовленной информацией, какую хотят "вбить" в него, тем больше вероятность, что это и произойдет. Оценка этого факта производится с точки зрения накопленного опыта, что весьма не объективно, поскольку сильно зависимо от уровня развития его и изменений, протекающих в реальной жизни. Следовательно, общего объективного метода распознавания этого, годного на все времена и для всех случаев, быть не может в принципе. Надо думать и учитывать возможные риски действия.

**Для любого мыслящего индивидуума основной "сухой остаток" от моих столь пространственных рассуждений полагаю в способности осознать тот факт, что каким бы способом мы не исследовали этот мир, мы ограничены самим способом исследования и наделены широчайшими возможностями вносить любого размера ошибку в его результат. И любые наши спекулятивные измышления (то есть - мысленные построения) не столько приближают нас к пониманию мира, сколько делают его для нас всё более стохастическим. Потому, можно быть сколь угодно уверенным в правоте своего пути, верности применяемых способов достижения цели и правильности набора инструментов и методов, для этого применяемых, но если проверка на опыте упрямо утверждает обратное, то наверное стоит подумать о том, что я написал в этой статье. Что не мешает нам, впрочем, изобретать и фантазировать дальше: а вдруг попадём в "яблочко".** [А]

ДАБ © 2020 (ММХХ)



2020 годъ.

ДВУХМЪСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛЪ



DVIGATEL XXI ГОДЪИЗДАНІЯ CXIII DVIGATEL

*Fieri faciundo opere*

*Дело делается делаящими дело*

*Business is doing business*

La seule revue technique „Le Moteur“

Die einzige technische Zeitschrift „Der Motor“

The sole technical review „The Motor“

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

# ДВИГАТЕЛЬ

двухдѣльный научно-технический журналъ

## Уважаемые коллеги!

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

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

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

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

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

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

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

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

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



[www.dvigately.ru](http://www.dvigately.ru)



# ОРИГИНАЛЬНЫЕ ПРУЖИННЫЕ ДВИГАТЕЛИ МЕХАНИЧЕСКИХ ЧАСОВ

Татьяна Алексеевна Фокина, с.н.с. Политехнического музея

*"Колумбы Росские, презрев угрозы рок,  
Меж льдами новый путь отводят на восток,  
И наша досягнет в Америку держава."  
М.В. Ломоносов.  
Поэма "Петр I",  
1760 г.*

**М.В. Ломоносов в 1758 г. возглавил Географический департамент Академии наук, и, среди многочисленных проектов, требовавших его участия и разрешения, был проект по освоению Северного морского пути. Он предсказал наличие пролива и будущее судоходство из Белого моря в Тихий океан, освоенное отечественными моряками почти через 200 лет. Благодаря Ломоносову, в Адмиралтейств-коллегии России начали организовывать полярные экспедиции по изучению Арктики и поиску северного прохода в Азию.**

Своей деятельностью в освоении и изучении Арктики, М.В. Ломоносов отдавал дань уважения Петру I, который не только "прорубил окно в Европу", но его взгляд был обращен и на Восток. Петр I впервые возвел поиски Северного морского пути в ранг государственной политики. Первый Император России не успел осуществить свою мечту и Ломоносов продолжил его дело, убедив Екатерину II в необходимости организации полярной экспедиции. В 1759 году он написал "Рассуждения о большой точности морского пути", где предложил ряд новых приборов и методов для определения долготы и широты местности. Самой большой проблемой в те времена было определение географической долготы в открытом море. Над созданием морского хронометра, с помощью которого можно было определить эту координату, трудились лучшие часовые мастера и умы человечества. Между тем, "хронометр суть те же часы - только сделанные самым тщательным образом, со всеми предосторожностями, указанными наукой" [Дополнение к календарю "Петербург" за 1870 г.]. То есть до совершенства необходимо было довести все детали, в том числе и пружинный двигатель.

Ломоносов вообще немало экспериментировал с пружинными часовыми двигателями. Так, известным фактом была демонстрация им на заседании Академии наук летающей модели вертолёта, снабжённой оппозитными винтами - "Аэродромической машины" с пружинным приводом. И им же был спроектирован, наверное, самый первый необычный пружинный часовой двигатель.

Использование пружинного двигателя и колебательной системы баланс-спираль позволило изготавливать не только стационарные, но и переносимые, перевозимые приборы времени, что очень важно, особенно на кораблях, в условиях качки и шторма. Пружинные двигатели, в отличие от гиревых, имеют существенный недостаток: крутящий момент, развиваемый заводной пружиной, убывает по мере расходования завода.

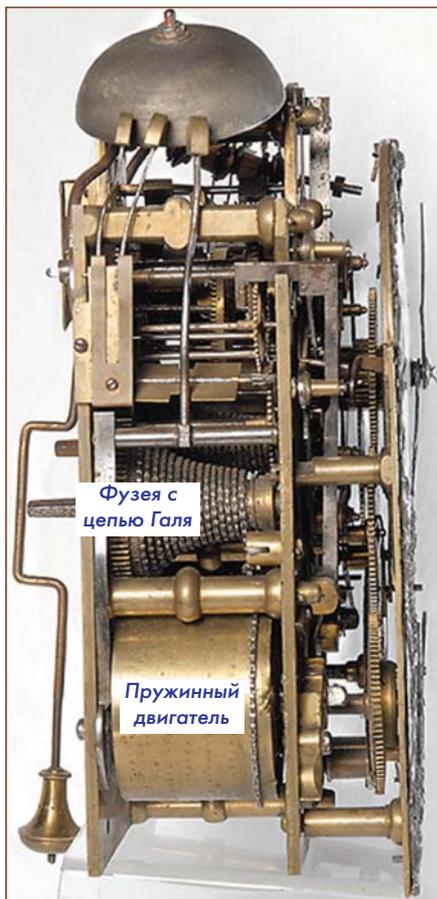
Необходимо было изобрести устройство, устраняющее этот недостаток. Так, около 1500 года Якоб Цех изобрел фузею, представляющую собой усеченный конус, который соединяется с барабаном заводной пружины при помощи специальной цепочки (цепь Галя) или жилы. На боковой поверхности фузеи выточена канавка в виде конической винтовой спирали, в которую укладывается цепь Галя при наматывании её на фузею.

Цепочка крепится к конусу в нижней его части (в точке наибольшего радиуса) и наматывается на него снизу вверх. В начальный момент времени завод пружины максимальный, а цепочка полностью намотана на конус фузеи. По мере расходования завода, барабан заводной пружины вращается, цепочка наматывается на барабан и сматывается с фузеи. При этом радиус обгигания цепочкой барабана остается постоянным, а радиус обгигания конической поверхности фузеи плавно увеличивается с каждым витком. Таким образом, уменьшение крутящего момента, развиваемого заводной пружиной компенсируется увеличением передаточного числа между барабаном заводной пружины и фузеей.

М.В. Ломоносов, конструируя морские часы, предложил оригинальный двигатель, в котором четыре пружины (вместо одной) через четыре улитки (фузеи) раскручиваются на одну приводную ось. При этом пружины заводят поочередно в разное время суток.

**"Сим образом погрешности от неравности сил пружинных и прочих частей, часы составляющих, происходящие по большей мере отвращены быть могут. Ибо времени на разных часах показанного сумма, разделенная на четыре части, разделит погрешности которые одна другую уничтожая, к истинному времени больше приблизится".** [Ломоносов, М.В. Полное собрание сочинений: в 11 т. - М., Л.: изд-во Акад. наук СССР, 1950-1983.]

Рис. 2. Схема пружинного двигателя Ломоносова для морских часов



Фузея с цепью Галя

Пружинный двигатель

Рис. 1. Механизм настольных механических маятниковых часов с боем, будильником и указанием чисел месяца, с пружинным двигателем, фузеей и цепью Галя. Англия. Лондон. Джон Элликот. 1730-1750-е гг.

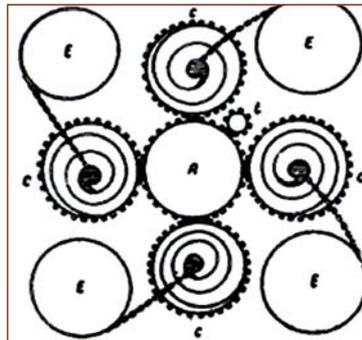


Рис. 2. Схема пружинного двигателя Ломоносова для морских часов

Эта конструкция не была реализована. Идея Ломоносова так и осталась на бумаге. Тем удивительнее, что через 150 лет "Остроумного таланта математикъ, самоучка, крестьянинъ" изобрёл и сконструировал сложнейший оригинальный часовой

механизм, где каждая деталь, каждый узел, в том числе и двигатель - авторская идея и находка! Астрономические часы с многочисленными циферблатами

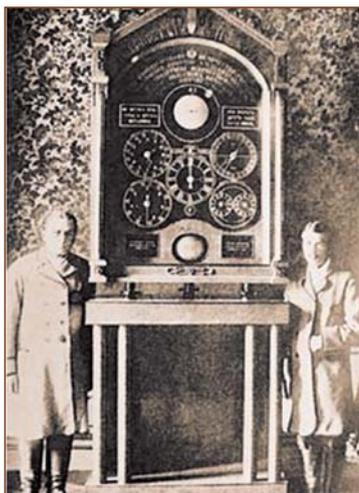


Рис. 3. Фото из журнала «Нива» за 1907 г. Франс Карась и его ученик Юзеф Монкос с астрономическими часами

«мастер Франц Карась решил преподнести Государю Императору и просил на то Высочайшего соизволения. 21 июня Франц Карась, вместе со своим учеником Юзефом Монкосом, имел счастье преподнести и продемонстрировать часы Его Величеству Государю Императору в Большом Петергофском дворце»

Двигатель часов Карася, в котором восемь пружин через фузеи раскручиваются на одну приводную ось, позволял уменьшить крутящий момент пружины и обеспечить завод сложного устройства на 400 суток.

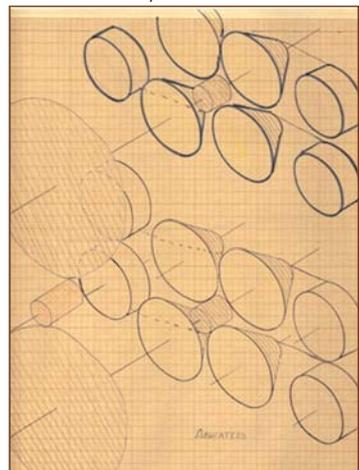


Рис. 4. Схема двигателя часов Карася из 8 пружин и 8 фузей составлена автором



Рис. 5. Фузеи и монтажная панель двигателя часов Карася



Рис. 6. Пружины и цепи двигателя часов Карася

Материал для изготовления пружин для часов со временем улучшался. Поэтому использование фузей в карманных и переносных часах практически прекратилось уже к началу XIX века. Оставили фузею (улитку) только в прецизионных механических приборах времени, эталонах времени на корабле - морских хронометрах.

Морские хронометры, над совершенствованием которых работали конструкторы лучших часовых фирм несколько столетий, дожили до настоящего времени, и механизм их практически не изменился. До сих пор хронометр приводит в действие пружинный

двигатель с фузейей. В России хронометры типа 6МХ изготавливают в Москве на фирме ООО «Полет», бывшем Первом Московском часовом заводе. В заводном устройстве хронометра имеется



Рис. 7. Страница рекламного проспекта морского хронометра «Полет» типа 6МХ

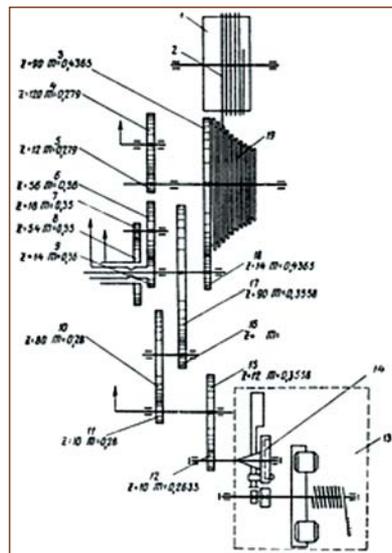
ограничитель завода пружины, указатель состояния и времени заводки пружины и устройство для поддержания хода часов во

время завода ходовой пружины. На циферблат хронометра выведена шкала счетчика оборотов пружинного двигателя, что очень важно - не допустимо, чтобы эталонный прибор времени на корабле «забыли» завести в нужное время.



Рис. 8. Циферблат хронометра со счетчиком оборотов пружины

Устройство для безостановочного завода пружины изобрел



еще в 1734 году английский часовой мастер Джон Гаррисон. Это устройство с двойным храповым механизмом поддерживает ход часов во время завода, что также необходимо. Потеря даже доли секунды в прецизионных приборах времени недопустима.

Рис. 9. Кинематическая схема хронометра типа 6МХ

[Средства хронометрической техники. Часть 1. ЦНИИТЭИ приборостроения. 1978 г., стр. 25]

Рис. 10. Хронометр морской настольный механический с термометром Реомюра. Россия. С.Петербург. Часовой мастер Бернгардт Пиль. 1870-е гг.



# ЗАЩИТА ДАННЫХ В МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ

**Пользователи мобильных телефонов должны знать о тех угрозах, которые несут мобильные технологии. Народная мудрость**

Андрей Иванович Касьян, к.т.н., МФПУ "Синергия"  
Игорь Александрович Нестеров, к.т.н., МУ МВД РФ

*Рассматриваются угрозы, связанные с перехватом трафика и несанкционированным доступом.*

*Threats related to traffic interception and unauthorized access are considered.*

**Ключевые слова:** анализ трафика, защита, спуфинг, виртуальная частная сеть.

**Keywords:** traffic analysis, defense, spoofing, VPN.



**В** современном мире мобильное устройство стало основным средством коммуникации. Этому способствовало широкое распространение Wi-Fi сетей с облегченным или открытым доступом.

Наличие сетей, конечно, благо. Однако широкое использование сети как основного канала коммуникации, например, во время вынужденного бездействия (транспорт, аэропорт, вокзал и т.д.) становятся головной болью при обеспечении безопасности онлайн-сервисов и аккаунтов. Основной причиной неудовлетворительной безопасности является человеческий фактор.

Работа в сетях становится как бы пододбием выхода из дома на улицу. Перед выходом Вам необходимо защитить себя (одеться, обуться, взять зонт), после прогулки обязательно вымыть руки, а если одежда испачкана, то почиститься. Причем соблюдение правил личной гигиены для людей очевидно, а вот цифровой "гигиены" - нет. Не стоит упоминать о том, что устанавливать приложения на смартфон нужно только из надежных источников. Минимизируйте количество данных, которые храните на устройстве и не забывайте периодически удалять важные данные. Не афишируйте свой номер. Многие операционные системы позволяют шифровать данные. Например, Android позволяет шифровать данные на картах памяти (Micro SD). Некоторые приложения шифруют собственные данные, а например, OpenKeychain позволяет шифровать сторонние файлы. Используя это приложение вместе с программой K-9 Mail можно шифровать письма (на iOS такой возможности нет).

Пароли можно хранить в единственном файле, если использовать приложение KeePassDroid. Тогда единственный, но очень надежный мастер-пароль защитит все остальные пароли. В операционной системе iOS аналогичное приложение называется MiniKeePass. Для блокировки экрана очень рекомендуем использовать надежный код. Следует также регулярно обновлять операционную систему, что влияет на безопасность. Заметим, что операционные системы обладают документированным API-интерфейсом (API - Application programming interface), позволяющим писать приложения, работающие с основными возможностями смартфона. Но даже и такого рода очевидные требования часто не выполняются.

Далее, если Вы заметили слежку, то можно вынуть батарею и держать все время смартфон при себе. Не следует держать важную информацию на SIM-карте, потому что её трудно зашифровать. Никому не передавайте SIM-карту. Не принимайте сообщения от неизвестных абонентов. Запишите свой IMEI (идентификатор), что поможет Вам доказать, при случае, права собственника. Если отда-



ет невозможным слежку, когда мошенник успел выкрасть информацию (например, IMEI или MAC). Заметим, теоретически можно определить новые телефонные номера старых мобильных. Пренебрежение подобного рода советами приводит с большой вероятностью к потере денег и времени. Мы не рассматриваем далее чрезвычайно маловероятный вариант, когда мошенник путем атаки на оператора выкрадывает секретный ключ или подобные случаи.

Для некоторых хакерство - интересное и полезное времяпрепровождение. Беспроводная сеть для них представляет особенный интерес, т.к. нет сервис-провайдера (если не считать жертвы) и следы преступления прямо-таки "растворяются" в воздухе. Заметим, что эти "забавы" преследуются по Закону.

Попытаемся сформулировать некоторые рекомендации по сохранению Ваших денег и времени при работе на мобильном устройстве в открытых сетях Wi-Fi. Прежде всего, давайте рассмотрим, чем практически могут навредить злоумышленники Вашему мобильному устройству. Подключаясь без защиты к открытой сети, Вы фактически выкладываете свои данные в открытый доступ. Перехватить Ваши данные способен даже студент-двоечник. Для этого нужно скачать из интернета "хакерскую" программу, а далее - следовать инструкции по использованию данной программы.

Существует большое количество способов атак, которые злоумышленник может предпринять против Вас при использовании общедоступных сетей. Однако **эксперты выделяют три основных способа:**

**- использование программ-снифферов.** Сниффер - программа или устройство для перехвата и анализа сетевого трафика. Программ-снифферов существует много, они используются часто и достаточно "успешно". Основная причина "успешности" связана с тем, что около 70 % пользователей не предпринимают никаких действий для защиты своего мобильного и трафика. Перехват пароля, передаваемого в незашифрованном виде, путем подслушивания называется password sniffing. Пользователи очень часто применяют один и тот же логин и пароль для множества приложений. Это создает большую опасность. В результате взлома прослеживается вся история работы в сети, появляется доступ к корпоративным ресурсам, возможно даже копирование кредитных карт и т.д.

Выделяют win-снифферы, предназначенные для перехвата по сетям, в том числе беспроводным (Wi-Fi), и http-снифферы, предназначенные для перехвата в Internet. Прослушивание проводится пассивное и активное. Пассивное принимает весь проходящий трафик. Активное прослушивание подразумевает принятие специальных мер для того, что бы принудительно переводить трафик на злоумышленника, даже из другого сегмента сети. Для парирования угроз необходимо применять для аутентификации одноразовые пароли;

**- использования ARP-спуфинга (подмены)** - злоумышленник или программа успешно маскируется под другую, путем фальсификации данных. ARP (Address Resolution Protocol - протокол определения адреса) - протокол в компьютерных сетях, предназначенный для опре-

ете телефон в ремонт, то обращайтесь в надежные мастерские и извлеките SIM-карту и карту памяти. При смене SIM-карты рекомендуется замена и самого смартфона, что де-



деления MAC-адреса по IP-адресу другого компьютера (MAC-адрес - это уникальный идентификатор, присваиваемый каждой единице активного оборудования). Суть подмены: так как в ARP-протоколе не предусмотрена проверка подлинности пакетов, злоумышленник отправляет подменные MAC-адреса на атакуемое мобильное устройство и роутер. В результате мобильное устройство начнет посылать запросы на MAC-адрес злоумышленника, а роутер отвечать через этот же адрес. Весь трафик на виду. Результат аналогичен предыдущему. Такая атака относится к типу MITM ("человек в середине"). Признаком атаки может стать факт появления сигнала в тех местах, где обычно "не ловится";



- **фальшивые, подменные точки доступа.** Существование компактных и автономных точек доступа позволяет даже при их незначительной мощности получать более сильный сигнал для окружающих устройств. Особенно это удобно в транспорте. В последнее время участились случаи создания поддельных точек доступа в метро и на поездах. Ваш мобильник начинает работать с этой точкой и злоумышленники пытаются заполучить секретный ключ.

Хотелось бы сказать, что обычный пользователь едва ли заметит или сможет обнаружить перехват трафика. Кроме того, хакеры не стоят на месте и совершенствуют способы взлома Ваших устройств. Что же делать? По нашему мнению, в первую очередь необходимо о своей безопасности позаботиться заранее. Соблюдайте "цифровую гигиену"! Этому будет способствовать следование трем указанным ниже принципам.

1. **Вся информация, передаваемая по сети, должна быть зашифрована. Это очень важное правило, которое необходимо выполнять неукоснительно.**

Очень важно осуществлять зашифрованный обмен данными в социальных сетях, с различными сайтами и сервисами. Существует достаточно много сайтов, вовсе не предлагающих или предлагающих ограниченную поддержку шифрованию по HTTPS (шифрование по протоколу SSL/TLS). Каким способом увидеть, что Вы осуществляете зашифрованный обмен данных? В адресной строке современных браузеров соединения по HTTPS, как правило, обозначаются значком замка и подсвечиваются зеленым цветом. Проблемы, возникающие при шифровании, заключаются в том, что в вопросах безопасности приходится полагаться на администраторов сайта, т.к. только от них зависит, какой именно будет использоваться протокол.

2. **Использование безопасного протокола значительно усложняет жизнь взломщикам.** Однако для безопасной аутентификации мы рекомендуем использовать двухфакторную аутентификацию (аутентификация подтверждает подлинность и предотвращает несанкционированный доступ). При таком подходе Вы значительно повысите защищенность аккаунта. Двухфакторную аутентификацию поддерживает большинство сетей.

3. **Считается, что самым надежным способом защиты в публичных сетях Wi-Fi является использование VPN.** VPN - это Virtual Private Network, технология, предназначенная для защиты Ваших данных в сети. Слово "частная" означает признание того факта, что весь обмен данными понятен лишь концевым точкам канала, и никому больше. Заметим, что для обеспечения конфиденциальности не следует по-

лагаться на какой-то один механизм или на защиту лишь одного уровня сети. Технология VPN позволяет воспользоваться, например, сетью Internet для предоставления пользователям безопасного доступа. VPN и беспроводные технологии не конкурируют, а дополняют друг друга. VPN работает поверх сетей, обеспечивая конфиденциальность за счет специальных мер безопасности и применения туннельных протоколов. Смысл заключается в том, что в "туннель" не могут проникнуть данные, не зашифрованные соответствующим образом. VPN отвечает трем условиям: конфиденциальность, целостность и доступность. Для использования этой технологии Вы должны подключиться к серверу поставщика услуг. Именно там у Вас меняется IP-адрес (!). По-другому не получится из-за специфики технологии. Вот этот "побочный" эффект и используется при доступе к заблокированным Интернет-ресурсам. Российские законодательство не запрещает VPN. Просто провайдеры должны уважать российские блокировки. Причем, если даже Вы зашли "не туда", Вам как пользователю ничего не грозит. Вся ответственность лежит на провайдерах. То есть VPN - это не просто законная, а обязательно требуемая технология при работе в публичных сетях. Конечно, никакая VPN не является устойчивой к DoS-атакам в силу зависимости от протоколов нижележащих уровней.

Правда, в рассматриваемом случае существуют некоторые нюансы. Например, не все публичные сети допускают использование VPN. Нужно очень хорошо подумать перед подключением к таким сетям. **И даже если подключились, то не вводите никаких паролей, а тем более не работайте в онлайн банкинге.** Это крайне опасно.

Услуги по VPN-подключению могут быть платными и бесплатными. Бесплатное подключение обладает рядом недостатков. По мнению экспертов, подтвержденных исследованиями, Вы сильно рискуете, подключаясь по бесплатному VPN. В интернете очень много псевдо-VPN-решений, которые, собственно, не являются ими. Они не шифруют трафик, содержат вредоносный код и т.д. Поэтому если Вы твердо решили использовать бесплатное решение, то исследуйте вопрос. Найдите проверенного поставщика услуг.

Платные поставщики VPN-услуг тоже неоднородны. Однако они не ведут логов, обеспечивают более высокую скорость, не ограничивают IP, предлагают дополнительные опции. Если Вы часто используете публичные сети ("42 минуты под землей, туда - сюда"), наверное, это Ваш вариант.

Можно настроить и свой VPN. Но и здесь есть свои нюансы. Например, нужно озаботиться собственным IP. И это тоже, как правило, деньги.

**Выводы:**

1. Аккуратно используйте публичные сети. Проверяйте их подлинность, старайтесь посещать сайты, не требующие авторизации.
2. Старайтесь использовать защищенное подключение HTTPS.
3. Используйте двухфакторную аутентификацию.
4. Используйте VPN-подключение везде, где это возможно, в первую очередь в публичных сетях. **А**



**Литература**  
1. Михайлов Д.М., Жуков К.Ю. Защита мобильных телефонов от атак.- М.: Файлис, 2011, 192 с.

**Связь с автором: a.kasyan1@yandex.ru**

# ВЫСШИЙ КОМАНДНЫЙ СОСТАВ

## ВТОРОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ

Андрей Викторович Барановский

За НАШУ  
общую Победу!

## НА МОНЕТАХ МИРА



Россия. Цветные 25-рублёвые с советскими военачальниками

Портреты и фигуры маршалов, генералов и адмиралов Второй Мировой войны отчеканены на монетах многих стран - суммарно несколько десятков.

Георгию Константиновичу Жукову посвящены две отечественные монеты. Это медно-никелевый рубль 1990 г. с его портретом и 2 серебряных рубля 1995 г.



Россия. 1 рубль, Жуков. 1990 г.

под названием "Парад Победы в Москве", где он изображен на Красной площади на коне в момент



Либерия. Г.К. Жуков. 2011 г.

принятия этого парада 24 июня 1945 года.

Кроме того, Либерия, в серии монет 2011 г. "Выдающиеся полководцы" по \$5, одну посвятила Георгию Константиновичу. На реверсе монеты помещён в цвете поясной портрет маршала.

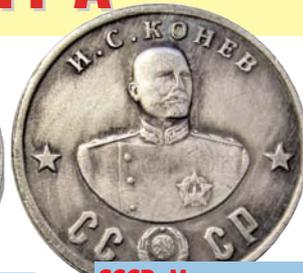
Серийные выпуски коллекционных монет (фактически, не монет, а жетонов) с изображением

СССР. 500 рублей, Маршалы победы. 1945 г.

СССР. Один червонец с Л.П. Берия. 1953 г.



СССР. С.К. Тимошенко



СССР. Маршал И.С. Конев



СССР. Л.А. Говоров



СССР. Победа над фашизмом



СССР. К.К. Рокоссовский



Россия. Маршал авиации А.И. Покрышкин. 1985 г.



СССР. Л.И. Брежнев, 1981 г.

советских военачальников выпуска-

лись и в СССР, начиная с 1945 года и в постсоветской России.

В 1945 году в таком качестве были выпущены коллекционные 500 рублей "Маршалы победы". В 1953 году портреты отдельных военачальников из этой серии вышли в виде отдельных 10-рублёвых монет. Последней в стиле этой серии была выпущена монета с Л.И. Брежневым в 1981 г.

В 2015 году, к 70-летию Победы вышла серия биметаллических 10-

рублёвых монет "Маршалы победы".

Беларусь в 2010 г. выпустила серию монет из медно-никелевого сплава номиналом 1 рубль, посвященных освобождению республики от немецких



Россия. Маршалы победы, 70 лет Победы. 2015 г.



**Белоруссия. 10 рублей, К.К. Рокоссовский. 2010 г.**



**Белоруссия. 10 рублей, И.Д. Черняховский. 2010 г.**



**Белоруссия. 10 рублей, И.Х. Баграмян. 2010 г.**



**Белоруссия. 10 рублей, Г.Ф. Захаров. 2010 г.**



захватчиков. Так, на реверсе "Операция Багратион" помещён портрет командующего 1-м Белорусским фронтом Константина Константиновича Рокоссовского. На монете "1-й Прибалтийский фронт" на фоне карты его ударов помещен портрет командующего Ивана Христофоровича Баграмяна.



**Армения. 100 драм, И.Х. Баграмян. 1997 г.**



Еще раз, уже столетие со дня рождения Баграмяна, отметила Армения, выпустив в 1997 г. серебряные 100 драм.

В Югославии выпущено шесть монет с портретом маршала Иосипа Броз Тито - единственного обладателя звания маршала СФРЮ. Звание было упразднено после его смерти.



**Югославия. 50 динар, И. Тито. 1968 г.**



**Югославия. 200 динаров, Иосиф Броз Тито. 1977 г.**



**Югославия. 400 динар, Иосиф Броз Тито. 1979 г.**



**Югославия. 1000 динар, Тито. 1980 г.**

Несколько монет стран Британского Содружества посвящены фельд-маршалу Монтгомери и его победе в сражении у Эль-Аламейна, которое произошло в октябре - ноябре 1942 г. Тогда армия Монтгомери нанесла поражение германо-итальянским войскам. Оно окончательно переломило ход боевых действий в Северной Африке в пользу союзников.

К таким монетам относятся \$2 из латуни Восточно-Ка-

рибских Территорий, выпущенные в 2003 г.



**О-в Мэн. 2 фунта, Монтгомери. 2019 г.**

Остров Мэн в 1994 г в выпустил медно-никелевую 1 крону с Монтгомери и биметаллические 2 фунта - 2019 года. Ещё один британский остров - Гернси в 2005 г. выпустил с ним 5 фунтов из серебра.



**Туркс & Кэйкос. Высадка в Нормандии с Монтгомери. 1994 г.**

От имени британской заморской территории - острова Теркс энд Кайкос в 1994 г. была отчеканена монета в 20 крон, на которой Монтгомери изображен на фоне парашютного десанта. Вирджинские острова посвятили серебряный \$1 двум командующим союзными войсками в Европе - Монтгомери и Эйзенхауэру.



**Восточные Карибы. 2 долл., Монтгомери. 2003 г.**



**Гернси. 5 фунтов, Монтгомери**



**Белиз. Монтгомери и Роммель. 1992 г.**

Весьма интересны две серебряные монеты Центральноамериканского государства Белиз номиналом по \$5, отчеканенные в память полувекового юбилея Эль-Аламейна. На одной портрет Монтгомери, на второй - его противник немецкий генерал - фельдмаршал Эрвин Роммель.



**Вирджинские острова. Эйзенхауэр и Монтгомери**



Вообще Роммель [никогда не воевавший с СССР, но тем не менее - военачальник победённого противника, появление которого на монетах вызывает вопросы ПРИМ. РЕДАКЦИИ] - единственный военный Третьего Рейха, которому посвящены монеты. Это также серебряные \$5 чеканки 2002 г. Конго, посвященные немецким африканским корпусом, которым как раз и командовал Роммель.



**Конго. 5 франков, Роммель. 2002 г.**



**Либерия. Роммель. 2011 г.**



Либерия с этим генерал-фельдмаршалом выпустила две монеты. Одна номиналом \$10 из серебра вышла в 1994 г., другая мультиколорная в \$5 входит в упомянутую выше серию "Великие полководцы".



**Либерия. 10 долл., Роммель. 1994 г.**



**Джерси. 5 фунтов, история Королевских ВВС, Хью Даунинг и Траффорд Ли-Меллор. 2008 г.**

помещены портреты маршалов авиации.

На одной из медно-никелевых монет серии по 5 фунтов, выпущенных островом Джерси в 2008 г., помещены Хью Даунинг (справа) и Траффорд Ли-Меллор (слева). На дру-



**Джерси. 5 фунтов, история Королевских ВВС, Ричард Пирс, Артур Харрис и Чарльз Портал. 2008 г.**

гой - портреты трех маршалов, возглавлявших бомбардировочное командование в этот период - слева направо Ричард Пирс, Артур Харрис и Чарльз Портал.

Третья монета посвящена сэру Хью Тренчарду - одному из основателей Royal Air Force. И четвертая - сэру Фредерику Баухиллу, возглавлявшему в годы Второй Мировой командование береговой охраны.

В этой же серии вышла монета с портретом создателя первого в мире серийного ГТД Френка Уиттла.

Также в серии латунных и покрытых позолотой монет - 1 крона островов Тристан-да-Кунья с портретом маршала авиации Кейта Парка.

Еще один фельдмаршал, страна которого участвовала во Второй мировой - финн Карл Маннергейм. Это звание он получил в 1933 году, и Финляндия с его портретом выпустила две монеты. Пер-

вый раз это было в 2003 г. - серебряные 10 евро, посвященные 300-летию Петербурга



**Финляндия. 5 евро, Маннергейм. 2017 г.**

(!). Второй раз в 2017 г. вышли биметаллические 5 евро, входящие в серию, посвященную президентам страны.

Рассмотрим, какие монеты были посвящены высшим командирам США Второй мировой, где нет военного звания маршал или фельдмаршал. Для этой страны - это пяти- и четырехзвездные генералы. Кроме того в США есть понятие чина, получаемого только на время ведения боевых действий, а есть постоянное звание.

Из пятизвездных генералов на монетах изображены командующий ВВС Генри Арнольд и Омар Брэдли. Им посвящены медно-никелевые полдоллара 2013 г.

Второй раз портрет Омара Брэдли мы видим на 20 серебряных кронах 1994 г. островов Теркс & Кайкос. Сама монета посвящена операции "Нептун" - высадке союзников в 1944 г. в Нормандии.

Еще три военачальника получили звание генерала армии и пять звезд на погоны. Это Дуайт Эйзенхауэр, Джордж Маршалл и Дуглас МакАртур.

С Дуайтом Эйзенхауэром как генералом, а не как президентом США, в разных странах отчеканили 8 мо-



**США. \$1 с генералом Эйзенхауэром, 2013 г.**



**США. \$1 с генералом и президентом Эйзенхауэром к 100-летию со дня рождения. 1990 г.**

нет. Из них две серебряные по \$1 выпу-



щены в США. Первая монета вышла в 1990 г. в связи со 100-летием со дня рождения и вторая в 2013 г. в серии "Пятизвездные генералы". На монете Эйзенхауэр изображен вместе с генералом Джорджем Маршаллом.

Остальные 6 монет выпущены во Франции (10 франков 1994 г.), в Либерии (\$5 чеканки 2011 г. в серии



**США. \$1 с генералами Маршаллом и Эйзенхауэром. 2013 г.**



**Гибралтар. 1 крона, Эйзенхауэр. 1994 г.**

1 г. из медно-никелевого сплава, серебряные 20 крон Теркс & Кейкос, а также серебряные \$50 тихоокеанского островного государства Ниуэ.



**Филиппины. 1 песо с МакАртуром. 1947 г.**

посвящена монета Ниуэ. Соломоновы острова в 1995 г. выпустили \$5 из латуни и \$50 из серебра, на которых генерал подписывает от имени США Акт о безоговорочной капитуляции Японии.



**Соломоновы острова. Дуглас МакАртур. 1995 г.**

таво и 1 песо с портретом МакАртура. Островное государство Ниуэ в серии серебряных монет 1989 г. номиналом по \$5

"Великие полководцы мира"), на упомянутом выше серебряном \$1 Виргинских островов Эйзенхауэр изображен вместе в Монг-мери. Также ему посвящены гibraltarская 1 крона 1994 г. из медно-никелевого сплава, серебряные 20 крон Теркс & Кейкос, а также серебряные \$50 тихоокеанского островного государства Ниуэ.

Командовавшие войсками союзников на Тихом океане Дугласу МакАртуру в серии "Пятизвездные генералы" посвящена монета Ниуэ. Соломоновы острова в 1995 г. выпустили \$5 из латуни и \$50 из серебра, на которых генерал подписывает от имени США Акт о безоговорочной капитуляции Японии.

Филиппины в 1947 г. выпустили серебряные монеты номиналом в 50 сентаво и 1 песо с портретом МакАртура. Островное государство Ниуэ в серии серебряных монет 1989 г. номиналом по \$5

Филиппины в 1947 г. выпустили серебряные монеты номиналом в 50 сентаво и 1 песо с портретом МакАртура. Островное государство Ниуэ в серии серебряных монет 1989 г. номиналом по \$5

Филиппины в 1947 г. выпустили серебряные монеты номиналом в 50 сентаво и 1 песо с портретом МакАртура. Островное государство Ниуэ в серии серебряных монет 1989 г. номиналом по \$5

Филиппины в 1947 г. выпустили серебряные монеты номиналом в 50 сентаво и 1 песо с портретом МакАртура. Островное государство Ниуэ в серии серебряных монет 1989 г. номиналом по \$5

Филиппины в 1947 г. выпустили серебряные монеты номиналом в 50 сентаво и 1 песо с портретом МакАртура. Островное государство Ниуэ в серии серебряных монет 1989 г. номиналом по \$5

Филиппины в 1947 г. выпустили серебряные монеты номиналом в 50 сентаво и 1 песо с портретом МакАртура. Островное государство Ниуэ в серии серебряных монет 1989 г. номиналом по \$5

Филиппины в 1947 г. выпустили серебряные монеты номиналом в 50 сентаво и 1 песо с портретом МакАртура. Островное государство Ниуэ в серии серебряных монет 1989 г. номиналом по \$5

Филиппины в 1947 г. выпустили серебряные монеты номиналом в 50 сентаво и 1 песо с портретом МакАртура. Островное государство Ниуэ в серии серебряных монет 1989 г. номиналом по \$5



**Джерси. 5 фунтов, история Королевских ВВС, Френк Уиттл. 2008 г.**



**Теркс & Кайкос. Монета с Омаром Брэдли. 1994 г.**



**Ниуэ. 5 долл., Дуайт Эйзенхауэр. 1990 г.**



**Ниуэ. \$50, МакАртур. 1992 г.**



**Филиппины. 50 сентаво с МакАртуром. 1947 г.**



**Филиппины. 25 песо с МакАртуром**

2011 г.

Хотя генералов в годы Второй Мировой войны было значительно больше, чем маршалов, этого не скажешь об их портретах на монетах -

"Защитники свободы" одну посвятили этому генералу.

С генералом Джоржем Паттоном вышли три серебряные монеты. Это \$50 Ниуэ чеканки 1990 г., мультиколорные \$5 Либерии из серии "Великие полководцы" и 10 франков Конго



**Конго. 10 франков с Паттоном. 2002 г.**

всего менее трёх десятков.

В Российской Федерации вышла только одна монета - 3 рубля из медно-никелевого сплава 1995 г. Она посвящена подписанию Акта о безоговорочной капитуляции Японии на линкоре "Миссури" 2 сентября 1945 г. На монете изображен генерал-лейтенант Деревянко, подписывающий этот акт от имени СССР.

Из генералов стран антигитлеровской коалиции за рубежом вышло больше всего монет во Франции и Польше.

Обзор французских монет следует начинать с двух, на которых изображен де Голль, выступающий по лондонскому радио Би Би Си 18 июня 1940 г. с посланием "Ко всем французам". Мало известный на тот момент генерал Де Голль призвал французскую борьбу, за что военный трибунал Петена заочно приговорил генерала к расстрелу. Речь 18 июня вошла в историю Франции как выступление, положившее начало французскому Сопротивлению и являющееся его символом.

Первая монета из серебра и номиналом 100 франков вышла в 1994 г., вторая из биметалла практически с тем же рисунком и номиналом 2 евро - в 2010 г. (тогда исполнилось 70 лет этому выступлению).

Де Голлю как главе "Свободной Франции" посвящено ещё несколько монет. Среди них 100 серебряных франков 1994 г. (50-летие освобождения Парижа), золотые 10000 франков Чада 1960 г. Чад также выпустил золотые 10 000 франков, с генералом Ле Клерком.



**Франция. 2 евро, Шарль де Голль, 2020 г.**



**Чад. 5000 франков, Леклерк. 1971 г.**



**Чад. Золотая монета, Генерал де Голль. 1960 г.**

Все остальные монеты с генералами, принимавшими участие в борьбе за освобождение страны от фашистов, входят в юбилейную серию 1993-1994 гг. - "50 лет освобождения Франции". Они из серебра и имеют номинал по 100 франков. Это Жан Мари Пьер Кёниг, Филипп Ле



**Ниуэ. \$1, Шарль де Голль. 1990 г.**

Клерк, де Латур де Тассиньи и Альфонс Жуан. Отметим, что после смерти они почти все получили звание маршалов Франции. На некоторых из монет портреты генералов помещены на фоне эпизодов главнейших операций, которыми они командовали. Так, Альфонс Жуан прославился в битве за Монте-Касино в Италии (на монете - карта Италии).

На реверсе монеты с де Латр де Тасиньи изображена южная часть Франции. Этот генерал командовал десантной операцией "Драгун" в Южной Франции. В ходе её на материковую часть Франции выслались французские и американские войска.

Ле Клерк изображен на фоне собора Парижской Богоматери. Именно его 2-я бронетанковая дивизия первой начала входить в Париж 24 августа 1944 года.

Реверс монеты с Кёнигом посвящен битве при Бир Хакейме - одному из сражений в Северной Африке между войсками Свободной Франции и немецко-итальянской армией под командованием тогда ещё генерал-лейтенанта Эрвина Роммеля.

Польша также посвятила несколько своих монет генералам, участвовавшим во Второй Мировой. Среди них находившиеся в обращении в период коммунистического управления страной монеты в 10, 20 и 50 злотых, они имеют на реверсе портрет Кароля Сверчевского. В ходу была также банкнота номиналом в 50 злотых с его портретом в военной форме.

Генерал брони (генерал-полковник) Сверчевский был одним из организаторов польской армии на территории СССР. В августе 1943 года он стал заместителем командира 1-го польского армейского корпуса. В сентябре 1944 года тогда ещё генерал-лейтенанта Сверчевского назначили командующим 2-й армией Войска Польского, которая под его командованием в составе 1-го Украинского фронта участвовала в освобождении от немецких войск западных польских земель, Германии и Чехословакии.

Все остальные польские монеты на рассматриваемую тему памятные и посвящены польским генералам, которые воевали с немцами на стороне западных союзников. После войны они остались в эмиграции и судьба их сложилась не



**Польша. 10 злотых с генералом Станиславом Сосабовским. 2004 г.**

завидной. И почестями у себя на родине они удостоились уже в конце XX века. Перечислим их по порядку.

Первая - серебряные 10 злотых 2004 г. с генералом Станиславом Франтишком Сосабовским. Его



**Франция. 100 франков с Де Латр де Тассиньи. 1994 г.**



**Франция. 100 франков, Филипп Леклерк. 1990 г.**



**Польша. генерал Кароль Сверчевский**



**Франция. 100 франков, Освобождение Парижа. 1994 г.**



портрет на реверсе изображен на фоне парашютного десанта. Дело в том, что этот бригадный генерал правительства Польши в изгнании, командовал польскими силами во время неудачной десантной операции "Маркет гарден" в Голландии. Дело происходило в сентябре 1944 г.



**Польша. 2 злотых, генерал брони Мачек. 2003 г.**

Вторая - 2 злотых 2003 г. с портретом генерала брони Станислава Мачека. Заметим, что он, наверное, самый долгожитель из всех генералов Второй мировой - прожил 102 года и скончался в шотландском Эдинбурге в 1994 г.

Третья монета - 2 злотых 2002 г. Она посвящена 110-летию со дня рождения Владислава Андерса. Этот генерал-полковник в 1941-42 гг. командовал польской армией, сформированной на советской территории по соглашению между СССР и польским эмигрантским правительством.



**Польша. 2 злотых к 110-летию Владислава Андерса. 2002 г.**

Четвёртая монета номиналом в 1 крону отчеканена от имени Гибралтара в 1993 г. и посвящена генералу Владиславу Сикорскому. На реверсе её - портрет генерала, гибралтарская скала и бомбардировщик "Либерейтор", на котором он летел с инспекцией контингентов армии Андерса на Ближнем востоке. Спустя 16 секунд после взлёта самолет рухнул в море, похоронив всех пассажиров.



**Гибралтар. 1 крона, генерал Сикорский. 1993 г.**

Кстати, 4 августа 1920 года под Млавой по приказу генерала Владислава Сикорского было расстреляно 199 красноармейцев - якобы в отместку за гибель 99 польских пленных. Позже этот заслуженный воин стал председателем польского правительства в изгнании.

Монет с адмиралами Второй Мировой войны не так много. Основные действия на море вели США, Великобритания и Япония. Это и нашло отражение на монетах рассматриваемой тематики - на большей части из них помещены портреты американских и английских адмиралов. Из японских - это командующий императорским флотом, возглавлявший нападение авианосцев на Перл Харбор - Ясихиро Ямомото. Он в военной форме изображен на мультяшном \$5 Либерии, входящей в серию "Великие полководцы".



**Либерия. Ясихиро Ямомото. 2011 г.**

Российская Федерация в 1996 г. в серии "300-летие российского флота" выпустила серебряные 3 рубля "Авианесущий крейсер "Адмирал Кузнецов". На реверсе над изображением этого крейсера помещен бюст Николая Герасимовича Кузнецова. Он в 1939-1946 гг. был Народным комиссаром Военно-морского флота. Накануне нападения Германии на СССР в ночь на 22 июня он отдал приказ о приведении флота в полную боевую готовность, что позволило избежать потерь кораблей и морской авиации. На тот момент он имел ранг адмирала.



**Россия. 3 рубля с крейсером "Адмирал Кузнецов". 1996 г.**

Армения в 2019 г. выпустила серебряные 1000 драмов, посвященные 125-летию со дня рождения адмирала И.С. Исакова.

В честь английского адмиралов страны Британского содружества выпустили несколько монет. Это

серебряные 20 крон 1994 г. островов Теркс & Кайкос с Бертрамом Рамсеем, которые входят в серию "Высадка в Нормандии" и две с лордом Маунтбеттеном - 5 и 20 серебряных крон в 1980 г. Они посвящены 80-летию этого адмирала.

От имени принадлежащего Англии острова Джерси выпущены серебряные 5 фунтов, посвященные адмиралу Эндрю Каннингхему. Она входит в серию "История королевского морского флота."



**Армения 1000 драмов к 125-летию со дня рождения адмирала И.С. Исакова. 2019 г.**

Адмирал флота Каннингхем, командуя Средиземноморским флотом, почти три года успешно боролся с итальянским флотом. Был организатором атаки самолетов авианосца "Илластриес" на главную базу итальянского флота Таранто 11 ноября 1940 года. В результате воздушного рейда затонул линкор "Конте ди Кавур", а линкоры "Кайо Дуилио" и новейший "Литтории" получили сильные повреждения. Таким образом за один вечер Италия потеряла половину своего линейного флота. Гибралтар выпустил медно-никелевую крону, посвященную



**Теркс & Кайкос. 20 крон, высадка в Нормандии "День-Д 1944", Бертрам Рамсей. 1994 г.**

адмиралу Сомервиллю.

Несколько монет различных стран увековечили память американских адмиралов. Так, главнокомандующему Тихоокеанским флотом адмиралу Честеру Нимицу посвящены три таковых. Это две Либерии - \$5 серебряных чеканки 2011 г., входящих в серию "Величайшие полководцы мира" и медно-никелевые также \$5 с изображением его портрета и современного атомного авианосца "Нимиц".



Третья монета - серебряная в 2 новозеландских доллара весом в 1 тройскую унцию тихоокеанского островного государства Ниуэ. Она входит в серию "Сражения, которые изменили историю" и посвящена битве за Мидуэй.

**Джерси. 5 фунтов в честь адмирала Эндрю Каннингема. 2009 г**

И последнее. На новозеландском монетном дворе в 1990 г. отчеканили серебряные 50 долларов для острова Ниуэ, посвященные пятизвездному американскому адмиралу Уильямсу Хэлси. А в 1995 году от имени Теркс и Кайкос были выпущены монеты номиналом в 1 крону со знаменитым жестом "Victory" сэра Уинстона Черчилля.



**Гибралтар. 1 крона, адмирал Сомервилль. 1994 г.**



**Теркс & Кайкос. Монета с Черчиллем, Второй Фронт. 1995 г.**



МОТОРЫ  
ПОБЕДЫ



РЕКЛАМА

# ВЫСТАВКА СТАРИННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

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



Аукционный дом  
ЕГОРОВЫХ





# 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 - 5-2019)

Поскольку двигатель 5ТД на первоначальном этапе производства и эксплуатации встретил ряд трудностей, особенно в вопросах надёжности, было принято решение создать вариант танка Т-64А с двигателем типа В-2. Напомним, что в 1965 году в харьковском КБ были изготовлены опытные танки под шифром "Объект 436", у которых на танк "Объект 432" установили двигателя В-45. При решении этой же задачи в конструкторском бюро Нижнего Тагила был создан танк, отличающийся не только двигателем и системой его охлаждения, но и ходовой частью и трансмиссией, в которой появился входной редуктор-гитара. Автомат заряжания также был сконструирован иначе - вместо кабинной была использована дисковая компоновка, что обеспечило свободный переход водителя в боевое отделение. Существенным изменениям подвергся и корпус с башней.

В ходе сравнительных испытаний (1968-1969 гг.) уральская разработка показала более высокие результаты. В ноябре 1969 г. на этот танк установили двигатель В-46 мощностью 780 л.с. и ходовую часть новой конструкции. Этот образец получил индекс "Объект 172М". В 1972 году после войсковых испытаний он был принят на вооружение под наименованием Т-72. Он обладал равной с Т-64А эффективностью, но, по существу, это была уже другая конструкция, степень унификации которой с конструкцией Т-64 оказалась весьма низкой. Таким образом, вместо одного основного боевого танка, появилось два: Т-64 и Т-72. Но в отличие от Т-64 уральских танков было выпущено почти 30 тысяч и в несколько упрощённой комплектации они поставлялись на экспорт. По лицензии Т-72 производился в Польше, Чехословакии и Югославии, а также в Индии, Ираке и Иране.

В журнале "Двигатель" № 4-2017 очень кратко было упомянуто о некоторых модификациях танка Т-62, выполненных в 60-х годах, но так и не воплощённых в серии. В те же годы на Заводе № 183 в Нижнем Тагиле был разработан танк под обозначением "Объект 167", в котором предполагалось улучшение характеристик танка Т-62 путём установки более мощного вооружения (в том числе и ПТУР 9М14 "Малютка"), системы полуавтоматического заряжания пушки, более мощного двигателя В-26 и применения новой ходовой части.

МОП. Первые машины создавались путем переделки серийных танков Т-64А. Первые два опытных образца были изготовлены в первом полугодии 1968 г., а во втором полугодии они прошли заводские испытания и войсковые в Туркестанском военном округе. О серьёзности требований по созданию танка особого периода можно судить по количеству изготовленных для испытаний машин - 17, а по некоторым источникам - 20.

Танк "Объект 167"



Танк "Объект 172" № 5



Однако, несмотря на то, что этот танк прошёл государственные испытания и был рекомендован к принятию на вооружение, этого не произошло. Тем не менее, конструкторы продолжили работы по совершенствованию танка: была установлена новая пушка Д-81 и автомат заряжания. Новый танк получил индекс "Объект 167М", но и этот вариант на вооружение принят не был. Для доведения автомата заряжания до совершенства, его установили на опытный образец танка Т-62 - "Объект 166Ж". В 1965 г. эксперименты с АЗ были завершены, все доработки выполнены. В итоге тагильский автомат заряжания, ёмкостью на 21 выстрел, получился проще по конструкции и надёжнее харьковского. Кроме того, этот АЗ обеспечивал переход без затруднений механика-водителя из отделения управления в боевое. Начиная с 1966 г., тагильский завод был готов выпускать танк Т-62 с автоматом заряжания, но и тогда танк не был запущен в серийное производство. А после визита Министра обороны промышленности С.А. Зверева в ноябре 1967 г. на Уралвагонзавод было принято решение об использовании уральского АЗ на харьковском Т-64, об истории и трудностях создания которого уже рассказано на страницах журнала. Именно проблемы строительства и эксплуатации танка Т-64 вызвали необходимость создания такого танка, который мог бы изготавливаться на Уралвагонзаводе в особый период. Для реализации этой идеи была выпущена Постановление ЦК КПСС и СМ СССР от 15 августа 1967 г. №802-266 "Об оснащении Советской Армии новыми средними танками Т-64А и развитии мощностей для их производства". В ходе работ исходная конструкция Т-64А была кардинально переделана. Особенностью машины была установка четырехтактного дизельного двигателя В-45К производства ЧТЗ, вентиляционная система охлаждения и автомат заряжания "бескабинного" типа. По первоначальному плану на танк, получивший индекс "Объект 172", предполагалось установить ходовую часть по типу ходовой части танка "Объект 167" и гидромеханическую трансмиссию (ГМТ). Таким образом, "Объект 172" должен был воплотить в себя наработки и опробованные решения, воплощенные в танках "Объект 434", "Объект 167", "Объект 167М" и "Объект 166Ж". Однако планы изменения ходовой части Т-64А и внедрения ГМТ не нашли поддержку в

По результатам проведённых испытаний был подготовлен отчет, в котором было отмечено следующее:

1. Установка в "Объекте 172" двигателя В-45К обеспечила возможность работы двигателя на различных сортах топлива, а автомата заряжания - облегчение боевой работы экипажа по сравнению с "Объектом 434".
2. Надёжность "Объекта 172" в пределах гарантийного срока (3000 км пробега) является недостаточной по двум основным причинам:
  - в представленных на полигонные испытания "Объектах 172" не были внедрены все разработанные конструктивные мероприятия по двигателю В-45К, системе питания двигателя воздухом и другим системам, что вызвало отказы и неисправности, аналогичные тем, которые были выявлены при полигонных испытаниях в 1969 г.;
  - ряд узлов и агрегатов, заимствованных из "Объекта 434" (стабилизатор, прицел-дальномер, гидродъемный механизм пушки, элементы ходовой части), работали ненадежно и резко снизили общую надёжность танка.
3. Боевая масса танка "Объект 172" превышает боевую массу танка "Объект 434" (37,0 т) на 1350 кг.
4. Разгон "Объекта 172" протекает интенсивнее, чем разгон "Объекта 434" (при работе на дизельном топливе).
5. Прицельная скорострельность из танков "Объект 172" и "Объект 434" получена практически одинаковая. Время на расстрел всего боекомплекта на "Объекте 172" составляет 23 минуты, на "Объекте 434" - 27 минут.
6. Автомат заряжания на "Объекте 172" имеет ряд существенных преимуществ перед механизмом заряжания "Объекта 434". Конструкция автомата заряжания обеспечивает переход членов экипажа из отделения управления в боевое и обратно без подготовительных работ, зарядание пушки вручную из немеханизированных укладок как на месте, так и в движении танка, а также пополнение конвейера автомата заряжания выстрелами без разворота башни на корму и без помощи механика-водителя.
7. Угол заряжания пушки в танке "Объект 172" на 2° больше, чем в танке "Объект 434", что уменьшает вероятность утыкания ствола во время заряжания при движении танка по пересеченной местности.
8. Наибольшее количество отказов и неисправностей приходится на ходовую часть: 29,9 % отказов и 53 % неисправностей.

Т-72 на параде 1977 г.



Т-72 имеет дифференцированную противоснарядную броневую защиту.

Броневой корпус танка представляет собой жёсткую коробчатую конструкцию, собираемую из листов и плит катаной гомогенной броневой стали и комбинированной брони. Лобовая часть танка состоит из двух сходящихся клином бронеплит: верхней, расположенной под наклоном в  $68^\circ$  к вертикали и нижней, расположенной под наклоном в  $60^\circ$ .

На Т-72 верхняя плита выполняется из комбинированной брони, состоящей из 80-мм стального наружного, 105-мм стеклотекстолитового и 20-мм стального внутреннего слоёв (80+105+20), а нижняя плита - из катаной 85-мм гомогенной броневой стали. Приведённая толщина верхней лобовой детали составляет 550 мм, а её защитная способность, по разным данным, эквивалентна от 305 до 410 мм катаной гомогенной броневой стали против подкалиберных и от 450 до 600 мм против кумулятивных снарядов. Остальная часть корпуса выполняется полностью из катаной гомогенной брони. Вертикальные борта корпуса имеют толщину 80 мм в районе отделения управления и боевого отделения и 70 мм - в районе моторно-трансмиссионного, корма корпуса состоит из верхней и нижней бронеплит и двух штампованных картеров коробок передач. Крыша корпуса состоит из двух бронелистов, а днище имеет корытообразную форму и состоит из трёх штампованных деталей, имеющих ряд выштамповок для повышения жёсткости. Моторно-трансмиссионное отделение отделяется от боевого поперечной броневой перегородкой. На каждом борту танка для защиты от кумулятивных боеприпасов установлены по четыре поворотных экрана из 3-мм штампованных листов алюминиевого сплава. Экраны закрепляются на надгусеничных полках и в боевом положении устанавливаются под углом  $60^\circ$ , а в походном, для сохранности, прижимаются к пылевому щиткам. Бронирование башен танков первых серий монолитное. Этот недостаток был устранен в 1979 г., когда на вооружение был принят Т-72А с комбинированной бронёй башни.

Огневая мощь танка Т-72А была повышена путём установки модернизированной 125-мм пушки 2А46, отличающейся от Д-81ТМ лучшей точностью стрельбы и большей живучестью ствола.

Боекомплект был увеличен до 44 выстрелов.

В ходе серийного производства танка его бронирование неоднократно усиливалось. На Т-72А с 1980 г. были перераспределены толщины слоёв верхней лобовой детали, составившие 60+100+50 мм, помимо этого, деталь была усилена приваркой 30-мм броневой плиты. Верхняя лобовая деталь корпуса Т-72А эквивалентна, по разным данным, от 360 до 420 мм броневой стали против подкалиберных снарядов и от 490 до 500 мм против кумулятивных боеприпасов. Откидные противоккумулятивные щитки были заменены сплошным резиноктаневым экраном на всю длину борта.

Т-72А 1980 года



С 1985 года на Т-72А устанавливалась навесная динамическая защита. Прошедшие такую модернизацию танки получили обозначение Т-72АВ. В том же 1985 году в КБ УВЗ был создан танк Т-72Б. Верхнюю лобовую деталь корпуса усилили дополнительным 20-мм бронелистом. Кроме того, машина получила комплект навесной динамической защиты, состоящий из 227 контейнеров, 118 из которых размещены на корпусе. Для активного противодействия не только кумулятивным, но и бронебойно-подкалиберным боеприпасам с 1988 года на Т-72Б стала устанавливаться встроенная динамическая защита, элементы которой находятся в броне танка.

9. Простой танков "Объект 172" на всех видах обслуживания меньше простота танка "Объект 434" (40-45 мин. против 5-7 ч) благодаря более простой и удобной конструкции механизма заряжания, и также некоторым улучшениям доступа к обслуживаемым агрегатам и узлам.

В Акте предлагалось форсировать доработку силовой установки, стабилизатора вооружения, системы энергоснабжения, осуществить коренную переработку ходовой части и т.д.

Работа с танками "Объект 172" продолжалась до начала февраля 1971 г. К этому времени разработанные в Нижнем Тагиле узлы и агрегаты были доведены до высокого уровня надёжности. Автоматы заряжания имели один отказ на 448 циклов заряжания, то есть их надёжность примерно соответствовала среднестатистической живучести 125-мм пушки Д-81Т (600 выстрелов калиберным снарядом и 150 - подкалиберным).

Единственной проблемой "Объекта 172" оставалась ненадёжность ходовой части "из-за систематического выхода из строя гидроамортизаторов, опорных катков, пальцев и траков, торсионов и направляющих колес".

12 мая 1970 года вышло Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР №326-113 "О проведении работ по дальнейшему совершенствованию танка "Объект 172". Данный документ открывал дорогу работам совершенствованию машины и по внедрению на неё ходовой части, отработанной на опытных экземплярах "Объекта 167".

Новый вариант танка получил индекс "Объект 172М" и к концу 1970 г. было построено три машины. Двигатель, форсированный до 780 л.с., получил индекс В-46. Была введена двухступенчатая кассетная система воздухоочистки, аналогичная применявшейся на танке Т-62. Масса "Объекта 172М" возросла до 41 т. Но динамические характеристики остались на прежнем уровне благодаря увеличению мощности двигателя на 80 л.с.

Увеличение ёмкости топливных баков на 100 л позволило увеличить максимальный пробег, а увеличение ширины гусеницы на 40 мм - снизить удельное давление на грунт. От танка Т-64А были сохранены только положительно зарекомендовавшие себя конструктивные элементы бронекорпуса с комбинированной и дифференцированной броней и трансмиссия.

С ноября 1970 г. по апрель 1971 г. танки "Объект 172М" прошли полный цикл заводских испытаний и затем 6 мая 1971 г. были представлены министрам обороны А.А. Гречко и оборонной промышленности С.А. Звереву. К началу лета была выпущена установочная партия из 15 машин, которые совместно с танками Т-64А в 1972 г. прошли многомесячные испытания. В отдельные дни испытания продолжались по 20 часов, в течение которых танки проходили более 700 км. Ходовые испытания предусматривали преодоление каждым танком 10 000 км за 31 день. Но с учётом дополнительных испытаний отдельные машины прошли почти 13 700 км.

Проведённые в различных климатических и географических условиях испытания "Объектов 172М" показали высокие динамические и маневренные качества и эксплуатационно-технические характеристики, достаточную надёжность работы агрегатов, узлов, механизмов и систем моторно-трансмиссионного отделения, ходовой части.

Танк "Объект 172М"



Двигатели танков надёжно отработали от 536 до 697 часов и обеспечили средние скорости при испытаниях на танкодроме завода порядка 20,8 км/ч, а при испытаниях в ЗабВО - 40,3 км/ч.

Автомат заряжания в доработанном виде на контрольных образцах "Объекта 172М" показал высокую надёжность - 448 заряданий на один отказ.

После окончания испытаний появился "Отчет по результатам войсковых испытаний 15-ти танков 172М, изготовленных Уралвагонзаводом в 1972 г.", в заключительной части которого танк рекомендовался к принятию на вооружение и серийное производство. Конечно, при условии устранения выявленных недостатков и проверки эффективности их устранения до серийного производства.

Постановлением ЦК КПСС и Совмина СССР №554-172 от 7 августа 1973 года "Объект 172М" был принят на вооружение Советской Армии под названием Т-72. В том же году была выпущена установочная партия из 30 машин. В следующем году на Уралвагонзаводе было выпущено 220 первых серийных танков Т-72.



T-72Б с навесной защитой

Огневая мощь танка значительно возросла благодаря установке на него модернизированной пушки 2А46М и комплекса управляемого вооружения 9К120 "Свирь". Этот комплекс обеспечивает ведение стрельбы танковой управляемой ракетой (ТУР) днем с места и с коротких останков.

Максимальная дальность стрельбы ракетой, управляемой по модулированному лазерному лучу, составляет 4000 м. Вероятность попадания ТУР в цель типа "танк" не менее 0,8. В боекомплект пушки входят 45 выстрелов, 22 из которых размещены в транспортере автомата заряжания, а остальные - в боеукладках корпуса и башни. Аналогичная динамическая защита, отличающаяся расположением элементов на башне (клином, как на других отечественных танках с индексом "В" в обозначении), с 1985 г. устанавливалась на Т-72А в ходе их ремонта, после чего модернизированные танки получили обозначение Т-72АВ. Бронестойкость верхней лобовой детали корпуса Т-72Б западными специалистами оценивается как равная 570 мм броневой стали против подкалиберных снарядов и 1100 мм против кумулятивных боеприпасов с учётом навесной ДЗ типа "Контакт". На модификации Т-72БА устанавливалась более совершенная встроенная динамическая защита.



Танк Т-72Б образца 1989 года со встроенной динамической защитой

На Т-72А в башню также были внесены изменения, появился наполнитель из термообработанного кварца ("песчаные стержни"), алюминиевые щитки были заменены на сплошные резинотканевые бортовые экраны, на Т-72Б наполнитель башни заменили на блоки с отражающими элементами. Основным вооружением Т-72 являлась 125-мм гладкоствольная пушка Д-81ТМ (2А26М). Длина ствола орудия - 48 калибров. В горизонтальной плоскости танк способен вести огонь по всей окружности, а в вертикальной плоскости углы наведения могут быть приблизительно от -6° до +14° (максимальная дальность стрельбы до 9,4 км).

С пушкой спарен 7,62-мм пулемёт ПКТ с боекомплектом 2000 патронов, в качестве зенитного пулемёта используется НСВТ-12,7 "Утёс" с боекомплектом 300 патронов на открытой турельной установке, при этом по сравнению с аналогичной установкой танка Т-64 было произведено существенное упрощение - был исключён дистанционный привод зенитного пулемёта и упрощён оптический зенитный прицел ПЗУ-5, таким образом командир машины может вести огонь из зенитной установки только при открытом люке, наводя установку вручную, используя открытый прицел, хранящийся "по-походному" в специальной укладке на турели. Боекомплект зенитного 12,7-мм пулемёта НСВТ состоял из 300 патронов.

На Т-72А установлено орудие 2А46 (50,6 калибров), у которого по сравнению с 2А26М повышена точность и живучесть ствола. В автомате заряжания карусельного типа, находилось 22 снаряда, а оставшиеся 23 снаряда были уложены в немеханизированных боеукладках корпуса и башни. После израсходования снарядов в АЗ, заряжание пушки снарядами из этой боеукладки выполнял командир танка. На Т-72Б введён КУВ (комплекс управляемого вооружения) 9К120 "Свирь", но его из-за отсутствия должного количества устанавливали не на все танки.

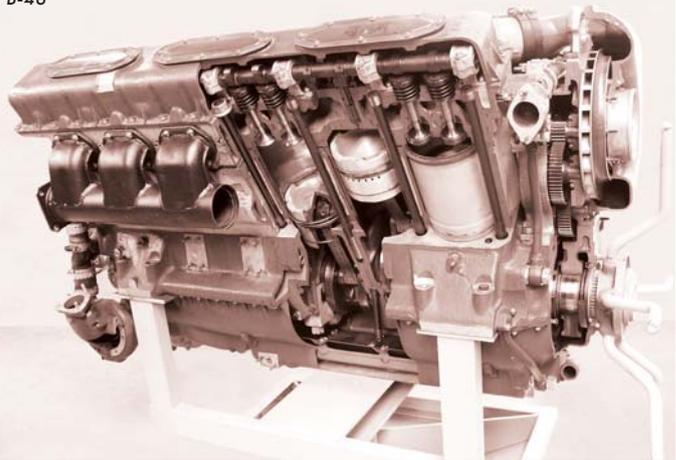
На Т-72 устанавливались различные модели V-образных 12-цилиндровых многотопливных четырёхтактных дизельных двигателей жидкостного охлаждения, являющихся развитием В-2. На Т-72 устанавливался двигатель В-46 с приводным центробежным нагнетателем, развивающий мощность 780 л.с. при 2000 об/мин.

На Т-72А первоначально устанавливался двигатель В-46-6, а с 1984 г. - двигатель В-84 мощностью 840 л.с.

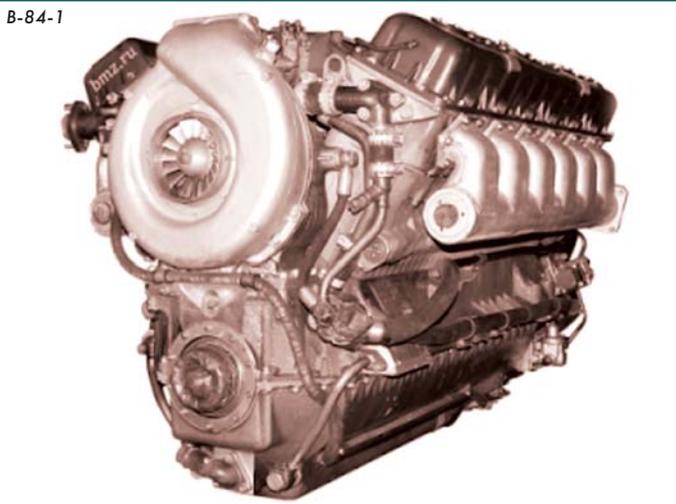
На Т-72Б устанавливался двигатель В-84-1 той же мощности.

Двигатель устанавливается в моторном отделении в кормовой части танка на

В-46



В-84-1



фундаменте поперёк его продольной оси. В топливную систему входят четыре внутренних и пять наружных топливных баков. Один внутренний бак размещён на полу в кормовой части боевого отделения, а три - в отделении управления, по обеим сторонам от механика-водителя. Все внешние баки размещены справа на надгусеничной полке. Ёмкость внутренних баков составляет 705 л, наружных - 495 л. К топливной системе могут подключаться две дополнительные бочки по 200 или 250 л. В качестве топлива может использоваться дизельное топливо марок ДЛ, ДЗ и ДА, бензины А-66 и А-72 и керосины Т-1, ТС-1 и ТС-2.

Энерговооружённость танка Т-72 обеспечивает хорошую подвижность на любой местности и позволяет разогнаться до 50 км/ч на шоссе и до 45 км/ч на пересеченной местности. Расход топлива составляет 260...450 л при смешанном цикле, на шоссе - 240 л в час. Общего объёма топливных баков 1600 (1700) л достаточно для преодоления 700 км по шоссе или 320...650 км по пересеченной местности.

В состав трансмиссии Т-72 входят: мультипликатор, передающий крутящий момент от двигателя к коробке передач; две механические семиступенчатые планетарные коробки передач с фрикционным включением и управлением при помощи гидравлических приводов, одновременно выполняющие функции механизма поворота; бортовые одноступенчатые планетарные передачи. Подвеска катков независимая, торсионная. Ходовая часть каждого борта состоит из шести обрезиненных опорных катков с балансирами и лопастными амортизаторами на первом, втором и шестом, направляющего катка и ведущего колеса заднего расположения и трёх поддерживающих катков.

Танк оборудован устройством самоокапывания, которое приводится в рабочее положение за 2 минуты.

Параллельно с работами по доработке и постановке в серийное производство танка Т-72 "Объект 172М", КБ Уралвагонзавода с 1971 по 1975 год вело опытно-конструкторские работы, направленные на дальнейшее совершенствование этой машины. Первый опытный образец машины был построен уже в 1972 году. Его получили путем коренной переделки одного из опытных танков "Объект 172". Всего в рамках этой работы были построены семь опытных образцов машины, получивших шифр "Объект 172-2М" и "Объект 172М-2М". Второй, третий и четвертый опытные образцы уже имели в своей основе конструкцию "Объект 172М". Образец №1 даже успел вместе с 15-ю опытными танками "Объект 172М" принять участие масштабных испытаниях, проводившихся в летне-осенний период 1972 г. под руководством генерала Ю.М. Потапова. Следующие три экземпляра прошли обкатку в период 1973-74 гг. в разных регионах страны. Все изготовленные к тому времени образцы в период с июня 1972 по июнь 1974 года выполнили испытания при различных климатических и дорожных условиях и прошли не менее 15000 км каждый, при этом двигатели отработали от 538 до 664 часов каждый и оставались в исправном состоянии.

Основной задачей при проведении работ было резкое повышение уровня ТТХ машины. Реализация идей привела к увеличению массы до 42 тонн

(у "Объекта 172М" масса 41 т). Однако увеличение массы не повлекло за собой ухудшение динамических характеристик. Установка форсированного до 840 л.с. двигателя В-46Ф (более позднее его название - В-67) производства ЧТЗ позволила не только компенсировать рост массы, но и поднять удельную мощность до 20 л.с. на тонну массы. Форсирование двигателя было осуществлено минимальными средствами - переработкой конструкции нагнетателя. При этом расход топлива практически не изменился. Так, на режиме максимальной мощности В-67 потреблял 175 г на 1 л.с.ч против 172 г на том же режиме у В-46, установленном на "Объекте 172М". Благодаря установке дополнительных наружных топливных баков на левой надгусеничной полке удалось увеличить запас хода по шоссе до 750 км. Увеличение удельной мощности также положительно сказалось на повышении средней скорости движения, особенно по пересеченной местности. Этому же способствовало введение подвески с увеличенным динамическим ходом катков, гидроамортизаторов повышенной энергоёмкости, проводились эксперименты по изменению схемы установки торсионных валов и балансиров с целью более рационального перераспределения нагрузки. Были усилены БКП, повышено давление рабочей жидкости в системе гидроуправления.

Более плотная компоновка МТО позволила уменьшить его объём, сместить перегородку и увеличить объём боевого отделения. Это, в свою очередь, позволило расположить боекомплект более рациональным способом, что дало возможность увеличить число выстрелов до 45 (против 39) и сделать более удобным заряжание пушки.

Броневую защиту удалось повысить путем увеличения толщины тыльного стального листа верхней лобовой детали и установки над ним дополнительного стального листа увеличенной твердости и имеющего клиновидное сечение, что позволило как увеличить физический габарит защиты в лобовой проекции, так и увеличить угол наклона ВЛД с 68 до 70 градусов. В итоге пакет ВЛД выглядел следующим образом: 70-мм сталь + 105-мм СТБ + 40-мм сталь. Вдоль бортов корпуса устанавливались стальные взводные экраны (кормовые секции экранов выполнены из резинометаллических), прикрывающие борт почти на всем протяжении до уровня опорных катков вниз и внешние топливные баки на всю их высоту вверх. Разнесенная схема защиты борта выглядела так: 70-мм борт + 16-мм стальной экран в районе боевого отделения и 70-мм борт + 5-мм стальной экран в районе МТО.

Совершенствование защиты башни проводилось в два этапа. На первом этапе монолитная цельнолитая башня имела стальные взводные экраны в ракурсе +/- 30 град. Бортовая проекция башни имела внешнюю конструктивную защиту в виде обвального ящика ЗиП и установленного перед ним стального взводного экрана. Кормовые проекции башни экранировались также ящиками ЗиПа и внешней обвеской (труба ОПВТ, скатка брезентового чехла, ветровой щиток, пенал под банник пушки). На втором этапе предусматривалось

устанавливать литую башню с комбинированным наполнителем. В целом, лобовая проекция "Объекта 172-2М" обеспечивала защиту от 125-мм подкалиберного снаряда с карбид-вольфрамовым наконечником, имеющего скорость в момент встречи с целью 1600 м/с. Броня обычного Т-72 спасала только от 115-мм снаряда летящего со скоростью 1400 м/с. Защита откумулятивных средств поражения по лобовой части корпуса и башни выросла примерно на 10...15 % и была эквивалентна 500...520 мм броневой стали средней твердости. У серийного Т-72 выпуска 1975 года (башня с "коруновыми шарами") этот показатель составлял только 450 мм. В середине 1974 года (года начала серийного производства танка Т-72) начались испытания еще более совершенного варианта танка "Объект 172М-2М", в котором были установлены новые приборы наблюдения за полем боя и новый прицельный комплекс. На двух экземплярах машины были установлены лазерный прицел-дальномер ТПД-К1, ночной прицел "Буран-ПА", новые приборы наблюдения командира и наводчика, стабилизатор пушки

"Жасмин-2" с электроприводом в горизонтальной плоскости (обычный стабилизатор 2Э28М имел только гидропривод). По мере готовности, на машину должен был устанавливаться командирский наблюдательный прибор "Агат-Т". Кроме того, усовершенствованная 125-мм пушка 2А46М (Д-81ТМ) обеспечивала более высокую точность благодаря снижению величины разнесенности ствола и установке термозащитного кожуха на нем. Проведенные мероприятия позволили увеличить количество попаданий при стрельбе с ходу на дальностях 1600...1800 м по целям типа "танк" до 80...100 % (сравните с 50,4 % попаданий при стрельбе с ходу, показанных в ходе испытаний 15-и танков "Объект 172М" в 1972 г.). Отклонение средней точки попадания по высоте на дальности в 1 км в условиях дождя термозащитный кожух уменьшил до 15 см (против 3,6 м без него).

Увеличенный расход воздуха привел к необходимости установки двух воздухоочистителей с увеличенным количеством циклонов. А возросшая по сравнению с В 84 теплоотдача нового двигателя привела к необходимости установки значительно большего по площади пакета радиаторов. Естественно, пришлось увеличить и количество вентиляторов системы охлаждения с одного до двух. Всего было изготовлено 2 опытных образца, отличающихся двигателями и конструкцией башни. Следует отметить компактность и малые габаритные размеры Х-образных дизелей: так, объём 16-цилиндрового двигателя был всего 1,06 м<sup>3</sup>, а у 12-цилиндрового (без одной секции) - 0,86 м<sup>3</sup>. Для сравнения: у 12-цилиндрового танкового дизеля В-84 - 1,2 м<sup>3</sup>. Х-образному двигателю присуща полная динамическая уравновешенность, жесткая силовая схема блок-картера.

Танк "Объект 172М-2М"



Дополнительные приборы увеличили статический угол обзорности командира со 144 до 288 градусов, наводчика - соответственно с 60 до 150 градусов.

В целях тактической маскировки в дополнение к ТДА на машине была установлена система постановки дымовых завес 902А "Туча".

В ходе испытаний на трёх из семи танках у двигателей происходили выбросы масла из маслоотделителя и потери охлаждающей жидкости при наработке двухсот часов. В 1975 г. конструктором ЧТЗ удалось устранить дефекты дизеля В-67 (предыдущее название В-46Ф). С 1976 года в течение четырёх лет были проведены войсковые испытания десяти танков "Объект 172-2М" и "Объект 172М-2М". В различных дорожных условиях и температуре окружающей среды (от -38 до +40 °С) узлы, механизмы и системы танков подтвердили высокую надёжность. Так, ресурс дизеля В-67 превысил 500 моточасов; усиленных коробок передач, гитары, поддерживающих катков, направляющих и ведущих колес, торсионных валов, гидроамортизаторов - 15 тыс. км. Коэффициент унификации по отношению к "Объекту 172М" составлял около 88 %, так что переход к производству танка "Объект 172М-2М" не требовал значительного переоснащения производственных цехов. Создав танк с такими характеристиками, конструкторы, естественно, ожидали принятия его на вооружение.

Однако этого не произошло. В 1975 г. на серийных машинах применили только наработки по коробке передач, дополнительным смотровым приборам и ещё некоторым узлам. Все остальное не было востребовано. Вместо начала производства танка "Объект 172М-2М" Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР №1043-361 от 16 декабря 1976 г. предписывалось провести работы по созданию "танка Т-72 с повышенными характеристиками". Но прописанные тактико-технические требования либо повторяли уже реализованное на "Объекте 172М-2М" (двигатель мощностью 840 л.с., лазерный прицел-дальномер, боекомплект 44 выстрела), либо даже уступали им. В частности, предлагалось оставить стабилизатор пушки 2Э28М, ночной прицел ТПН-3-49.

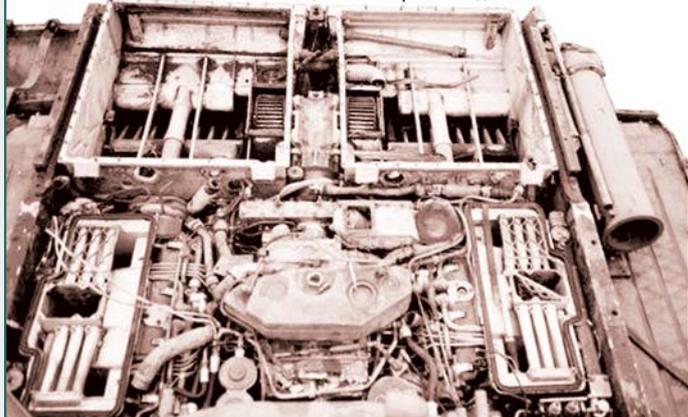
На вооружение не попала и новая 130-мм пушка 2А50, которая разрабатывалась в двух вариантах: нарезном - ЛП-36Е, и гладкоствольном - ЛП-36В под 130-мм управляемую ракету.

Танк "Объект 172-3М" с этими пушками был продемонстрирован высшему руководству Советской армии, но и этот вариант не пошёл в серию: для установки пушки ЛП-36В необходимо было основательно переделать автомат заряжания.

По мере производства и эксплуатации танка Т-72 в целях повышения огневой мощи, подвижности и защищённости постоянно проводились и другие работы. Для этого изготавливались опытные модификации танка, например, "Объект 172МП" для проведения испытаний 125-мм гладкоствольной пушки 2А46М или "Объект 172МД" - 125-мм гладкоствольной пушки 2А49. На "Объекте 177" испытывался комплекс управляемого вооружения с лазерным наведением "Свирь", а на "Объекте 179" - КУВ "Кобра".

Представляет интерес опытная модификация Т-72 - "Объект 186", на котором был установлен 16-цилиндровый Х-образный дизельный двигатель. Первоначально был установлен двигатель 2В16-1 мощностью 1000 л.с., затем 2В16-2 мощностью 1100...1200 л.с., новая механическая трансмиссия с двумя бортовыми коробками передач. Двигатель в МТО был установлен не поперек, а вдоль корпуса.

Размещение Х-образного двигателя в МТО танка



Увеличенный расход воздуха привел к необходимости установки двух воздухоочистителей с увеличенным количеством циклонов. А возросшая по сравнению с В 84 теплоотдача нового двигателя привела к необходимости установки значительно большего по площади пакета радиаторов.

Естественно, пришлось увеличить и количество вентиляторов системы охлаждения с одного до двух.

Всего было изготовлено 2 опытных образца, отличающихся двигателями и конструкцией башни.

Следует отметить компактность и малые габаритные размеры Х-образных дизелей: так, объём 16-цилиндрового двигателя был всего 1,06 м<sup>3</sup>, а у 12-цилиндрового (без одной секции) - 0,86 м<sup>3</sup>.

Для сравнения: у 12-цилиндрового танкового дизеля В-84 - 1,2 м<sup>3</sup>.

Х-образному двигателю присуща полная динамическая уравновешенность, жесткая силовая схема блок-картера.

Но для того, чтобы вписать двигатель 2В16 вместе с системами в МТО Т-72, танку пришлось удлинять кормовую часть. Эти изменения габаритных размеров ухудшили возможности танка по преодолению препятствий.

Значительное увеличение массо-габаритных показателей моторно-трансмиссионной установки и длины корпуса не могли не сказаться на нагрузке на ходовую часть, которую также пришлось менять: несмотря на то,

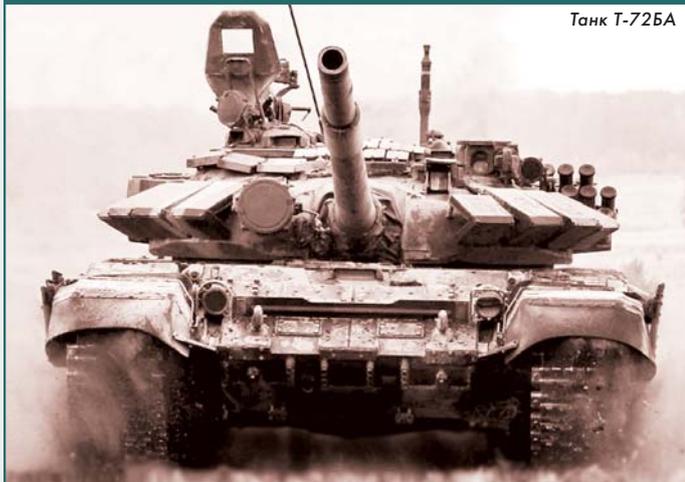
что количество опорных катков на борт осталось неизменным (шесть), изменились места установки узлов подвески. Испытания первого экспериментального образца "Изделие 186" проводились с декабря 1985 г. по июнь 1987 г. Ходовые испытания показали, что динамические качества "Изделия 186" на зимней ухабистой дороге примерно на 15 % выше, чем у танка Т-72Б. В то же время топливно-экономические показатели, определенные в зимних условиях при различных режимах движения, ухудшились.



Танк "Объект 186"

Помимо новой МТУ и ходовой части на "Изделии 186" проверялась новая сварная башня с установленной мощной 125-мм гладкоствольной пушкой 2А46 (Д-91Т). Как обычно и бывает, в ходе испытаний были выявлены существенные технические проблемы, особенно у МТУ, но, забегая вперед, заметим, что Х-образный двигатель в дальнейшем всё же нашёл применение. А пока на вооружение танк "Изделие 186" принят не был и, соответственно, в серийное производство не пошёл.

Но на этом модернизация танка Т-72 не закончилась. С 1999 г. поступающие на ремонт танки Т-72Б оснащались встроенной динамической защитой, новой системой управления огнём с датчиком ветра и новый двигатель с трансмиссией. Эта модификация стала называться Т-72БА.



Танк Т-72БА

Т-72Б3 - это версия, начавшая поставляться в 2011 году на вооружение армии России, имеющая новую систему управления огнём, ДЗ Контакт-5, двигатель В-84-1 мощностью 840 л.с, ходовую, автомат заряжания и боеприпасы. С 2014 года на неё устанавливается другой двигатель, мощностью 1130 л.с., что ещё больше подняло подвижность танка.

Т-72Б3 образца 2014 года



В конце прошлого века была завершена ещё одна модернизация танка Т-72Б, в которой были интегрированы практически все наработки по повышению комплекса боевых качеств - огневой мощи, защиты и подвижности. Предполагалось, что все работы можно будет осуществить в ходе капитальных ремонтов танков, начиная с 2000 г. Так как модернизация проводилась в рамках ОКР "Рогатка", то и танк получил название Т-72Б "Рогатка", и он был впервые продемонстрирован потенциальным заказчиком в 2006 г. на выставке в Нижнем Тагиле.



Т-72Б "Рогатка"

У Т-72Б "Рогатка" были улучшены все основные боевые качества танка - огневая мощь, защита и подвижность. Так, для повышения огневой мощи на танке Т-72Б "Рогатка" была установлена усовершенствованная пушка 2А46М-5 и разработан к ней боекомплект выстрелов повышенной мощности, а также устройство для повышения точности стрельбы артиллерийского вооружения.

Это устройство является оптико-электронной системой, состоящей из специального приёмноизлучающего блока, устанавливаемого у основания артиллерийского



ствол и отражающего зеркала, располагаемого на дульном срезе. Благодаря ему точность 2А46М-5 по сравнению с пушкой 2А46М повышена на 15...20 %, а суммарное рассеивание при стрельбе сходило в 1,7 раза.

В боекомплект был включён осколочно-шрапнельный снаряд, оснащенный взрывателем с дистанционным подрывом на траектории, что повышало эффективность борьбы с живой силой противника в 2 раза. Кроме того, в боекомплекте появился бронебойный подкалиберный снаряд повышенной мощности с сердечником из сверхплотных однокомпонентных и композиционных материалов, увеличивающих бронепробиваемость на 30 %.

Модернизированный прицел "Сосна" обеспечил эффективное поражение целей на дальности свыше 3000 м, а распознавание цели типа танк - на дистанции до 4...5 км. Одновременно появилась возможность эффективного применения управляемого ракетного оружия в ночных условиях и сходу. Для повышения защиты танка на Т-72 "Рогатка" установлена динамическая защита модульного типа "Реликт", которая обеспечивает снижение характеристик кумулятивных средств поражения до 90 % (ДЗ "Контакт-5" обеспечивает снижение на 50...80 %).

Кроме того, новая ДЗ повысила защиту от бронебойных оперённых подкалиберных снарядов на 30 %. Следует отметить и то, что ДЗ "Реликт" обеспечивает значительно лучшее перекрытие контейнерами ДЗ лобовой проекции башни и корпуса. Дополнительно башня танка оснащена резиновыми щитками, свисающими с передней части нижних блоков ДЗ, что несколько улучшило его защиту от некоторых типов кумулятивных боеприпасов и снизило заметность танка для радаров.

Немаловажно и то, что ДЗ "Реликт" может быть установлена на любой ранее изготовленный танк в полевых условиях войсковыми ремонтными подразделениями, в то время, как оборудование танка комплектом "Контакт-5" производится в процессе изготовления танка в заводских условиях.

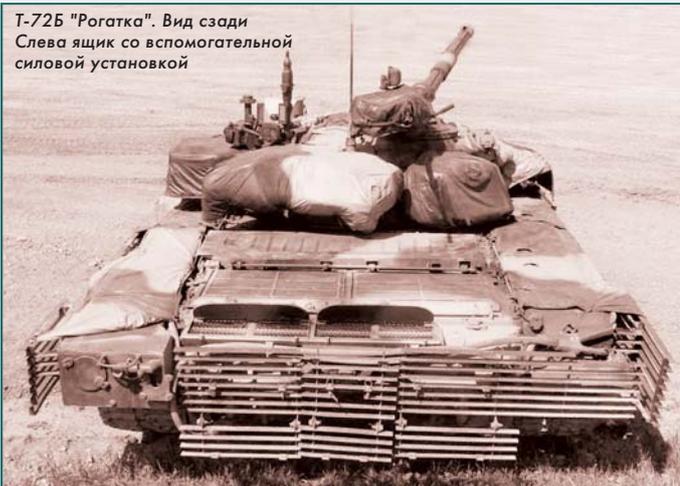
Дополнительным штатным элементом защиты танка стал маскировочный комплект "Накидка", обеспечивающий 30-процентное снижение вероятности его обнаружения в ближнем ИК-диапазоне дневными и ночными приборами и прицелами, тепловизионными системами и головками самонаведения (ГСН).

В тепловом диапазоне вероятность обнаружения и захвата танка инфракрасными ГСН снижается в два-три раза. Резко снижается заметность



Т-72Б "Рогатка". Вид спереди

Т-72Б "Рогатка". Вид сзади  
Слева ящик со вспомогательной силовой установкой



танка в радиотепловом диапазоне - температура танка с маскировкой и фона практически совпадают. В радиолокационном диапазоне вероятность и дальность обнаружения оснащенного "Накидкой" танка снижется в шесть и более раз.

Ещё одной новинкой на Т-72Б "Рогатка" стала система электромагнитной защиты от противотанковых мин с магнитными взрывателями, что позволило танку преодолевать минные поля не дожидаясь инженерного обеспечения. Для защиты бортовой и кормовой проекции танк комплектуется бортовыми решетчатыми экранами, которые обеспечивают разрушение боевых частей гранат РПГ без формирования кумулятивной струи с вероятностью 0,5...0,65. Это объясняется тем, что при попадании головной части кумулятивной гранаты между пластинами происходит разрушение или повреждение кумулятивной облицовки боеприпаса, вследствие чего кумулятивный эффект может не проявиться вообще, либо образовавшаяся в этих условиях струя будет обладать низкой пробивной способностью.

Подсчитано, что в определённых случаях возможно снижение бронепробиваемости на 70...100 %.

Дизельный двигатель В92С2 мощностью 1000 л.с. значительно повысил скорость и маневренность танка на поле боя. Двигатель снабжен турбокомпрессором, позволяющим увеличить мощность силовой установки до 30 % (по сравнению с существующим).

Кроме основной силовой установки модернизированный танк оснащен вспомогательной силовой установкой, предназначенной для питания потребителей электроэнергии на стоянке, когда основной двигатель отключен.

Это позволило не только экономить топливо и масло, но и значительно снизить заметность танка в ИК-диапазоне.

Несмотря на значительное улучшение боевых качеств танка Т-72Б "Рогатка", этот танк так и не получил путёвку в войска.

На базе различных модификаций Т-72 серийно выпускались командирские танки Т-72К, Т-72АК, Т-72БК. На командирский танк любой модификации дополнительно устанавливались коротковолновая радиостанция, навигационное оборудование и бензоэлектроагрегат АБ-1 П/30.

В остальном конструкция командирского танка аналогична Т-72Б. На базе Т-72 выпускались различные вспомогательные машины, в том числе: ремонтно-эвакуационная машина БРЭМ-1, мостоукладчик МТУ-72, инженерная машина разграждения ИМР-2, боевая машина разминирования БМР-3, самоходная гаубица 2С19 "Мета-С" и другие.

БРЭМ-1



Перед БРЭМ-1 ставился широкий спектр задач вспомогательного характера, для выполнения которых ее пришлось оснастить набором разнообразного специального оборудования. С его помощью бронемашина способна буксировать различную технику, перевозить грузы, обеспечивать ремонт, выполнять некоторые земляные работы и т.д. Основой для БРЭМ-1 стал танк Т-72Б, из-за чего ремонтно-эвакуационная машина сохранила силовую установку и ходовую часть базовой машины, однако некоторые ее агрегаты имеют заметные отличия. Заметным переделкам, прямо связанным с выполняемыми задачами, подверглась компоновка корпуса. Обитаемый отсек с рабочими местами всех трех членов экипажа располагается в передней части корпуса. Рабочее место механика-водителя находится в центральной части отсека, справа и со сдвигом назад располагается командир. Место сцепщика-такелажника с набором необходимых органов управления разместили у левого борта и сдвинули назад относительно командира. В передней части корпуса расположен сошник-бульдозер шириной 3,1 м, установленный на рычагах и оснащенный гидравлическими приводами, обеспечивающими его подъем и опускание. Основной задачей сошника-

бульдозера является удержание ремонтно-эвакуационной машины на месте при использовании тяговой лебедки. Трос тяговой лебедки проходит через передние отсеки корпуса и входит в машинное отделение.

Трос предназначен для вытаскивания застрявшей техники.

Его длина 200 м и диаметр 28,5 мм.

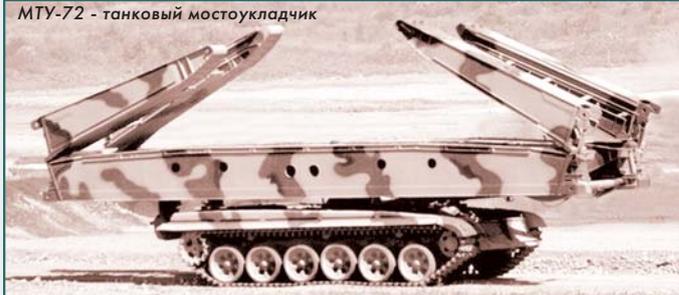
Трос наматывается на барабан механической лебедки с планетарным и раздаточными редукторами со скоростью 0,217 м/с. Тяговое усилие (на коуше троса) составляет 25 тс, а при использовании полиспаста тяговое усилие может быть доведено до 100 тс.

В машинном отделении также располагается вспомогательная лебедка с приводом от гидромотора. Она оснащается 400-метровым тросом и способна развивать тяговое усилие до 530 кгс.

Вытащенная машина может быть взята на буксир. Для этого БРЭМ-1 на кормовом листе корпуса перевозит полужесткое буксирное приспособление с двухсторонней внутренней амортизацией. В рабочем положении это устройство крепится к буксировочному узлу машины, а его концы закрепляются на крюках эвакуируемой машины. Обеспечивается буксировка машины массой до 50 т.

840-сильный двигатель В-84МС позволяет БРЭМ-1 развивать на шоссе скорость до 60 км/ч. При движении по грунтовой дороге средняя скорость не превышает 40...45 км/ч. При буксировке танка типа Т-72 максимальная скорость по грунтовой дороге не превышает 10...15 км/ч.

МТУ-72 - танковый мостоукладчик



Танковый мостоукладчик МТУ-72 предназначен для наведения однопролетного металлического моста грузоподъемностью 50 тонн через препятствия шириной до 18 метров. Наведение моста осуществляется экипажем машины без выхода личного состава из машины.



Инженерная машина разграждения ИМР-2

Инженерная машина разграждения ИМР-2 предназначена для оборудования проходов, расчистки завалов и разрушений при инженерном обеспечении боевых действий войск, в том числе и на радиоактивно зараженной местности. Кроме того она может применяться для буксировки поврежденной техники с путей движения войск, для проведения аварийно-спасательных работ.

Боевая машина разминирования БМР-3



Основное предназначение БМР-3 - разведка, преодоление и разминирование как противотанковых, так и противопехотных минных полей. При разминировании используется специальное тралящее оборудование: колеянный минный трал КМТ-7 массой 7,5 т. КМТ-7 состоит из цепного устройства, устанавливаемого спереди машины, и двух рам с катковыми секциями, на которых имеются резаки с внешней стороны рам. Также имеется приставки для траления противотанковых мин с неконтактным взрывателем и трал противоднищевых мин.

В следующем номере продолжим рассказ о модернизации зарубежными заказчиками танков Т-72, поставленных на экспорт.

(Продолжение следует.)

# ПРАВИЛЬНЫЙ ВЫБОР - ЗАЛОГ УСПЕХА

19 декабря 2019 года



Борис Георгиевич Хохряков, к.т.н., гл.инженер  
ООО НПО «Сибирский машиностроитель»,  
[www.nposibmach.ru/about/](http://www.nposibmach.ru/about/)

ООО НПО «Сибирский машиностроитель», организованное в 2003 году, выпускает электроприводы, устройства для размыва донных отложений в резервуарах и пожарно-техническую продукцию для нефтегазовых предприятий. В ее продукции используются многие инновации, в частности, волновые редукторы с промежуточными телами качения, которые дают продукции большие конкурентные преимущества. По характеристикам (несущая способность, точность, ресурс, плавность хода, вес, габариты и т.п.) волновая передача с промежуточными телами качения значительно превосходит все известные передачи.

Одним из сложных звеньев этой передачи является зубчатый венец. Его зубья представляют собой совокупность сопряженных укороченных гипоциклоид, выполненных с очень высокой точностью. Для обеспечения точной работы передачи рабочие зубья венца должны иметь отклонение от расчетного профиля не более  $\pm 4$  мкм, а шероховатость их поверхности не должна быть хуже 0,14 мкмRa при твердости рабочих поверхностей зубьев венца 60-63 HRC.

Обработка такого венца является очень сложной технологической задачей. Все попытки обработать профиль высокоточной фрезеровкой с последующим цементированием или азотированием оказались безуспешными. Обработка на координатно-шлифовальных станках с ЧПУ оказалась малопродуктивной и очень дорогой. Наилучшим и наиболее экономичным способом обработки зубьев таких венцов оказалась вырезка профиля на электроэрозионных проволочно-вырезных станках.

## Наилучшим и наиболее экономичным способом обработки зубьев венцов оказалась вырезка профиля на ЭЭ проволочно-вырезных станках

Заготовка представляла собой кольцо с наружным диаметром 300 мм и высотой 90 мм, изготовленное из стали ШХ15 с твердостью 63 HRC. В этой заготовке необходимо было вырезать зубчатый венец с заданными жесткими параметрами. Для выбора лучшего оборудования я сравнил время обработки, шероховатость поверхности и отклонение от заданного профиля. По всем этим параметрам впереди оказалась фирма «Содик».



Выбор был сделан в пользу станка компании «Содик», и мы приобрели станок. Завод начал серийный выпуск электроприводов с волновой передачей с промежуточными телами качения. Поскольку программа была огромной, станок работал круглосуточно без выходных и праздников. Потом программа начала наращиваться, и было куплено еще три станка Sodick. По имеющимся сведениям, сейчас тот завод имеет 6 станков фирмы Sodick.

В Сибирском регионе (Томск, Новосибирск, Бердск) на оборонных заводах тогда уже имелось несколько электроэрозионных проволочно-вырезных станков мод. AGIECUT, правда, ранних выпусков, на которых ЗАО «ТомЗЭЛ» ранее обрабатывал детали

«Венец». После приобретения станков Sodick подтвердилось, что их точность и производительность выше, чем у станков AGIECUT, и от обработки деталей на тех станках отказались.

Целесообразность выбора станков Sodick была обоснована следующими причинами. Во-первых, цена станков AQ537LW, AQ535LW и AQ325LW среди их аналогов оказалась самой малой. Станки фирмы Sodick имеют великолепную точность, полностью соответствующую заявленным техническим характеристикам. Мало того, рациональный подбор режимов обработки и оснастки позволили достичь на деталях «Венец» требуемую точность, сократив время обработки до двух проходов, за счет чего была достигнута максимальная производительность.

Программирование осуществляется прямо на станке, который оснащен богатой программой обработки практически любых профилей и автоматического выбора технологических режимов. Станки имеют 2 года гарантии, и это целиком подтверждено опытом жесткой промышленной эксплуатации в трехсменном режиме в условиях крупносерийного производства.

Продажу, наладку, сопровождение и все инжиниринговые услуги по оборудованию Sodick в России и странах СНГ выполняет фирма «СодикоМ» (Москва). Отличительная особенность фирмы - очень трепетное и профессиональное отношение к клиенту. По своему опыту я знаю, что на монтаж и запуск одного станка в эксплуатацию уходило не более 2-3 смен, причем станок сразу запускался в эксплуатацию. Фирма очень оперативно оснащает всех пользователей высококачественными расходными материалами: проволокой, ионообменной смолой, направляющими и т.п. на очень выгодных условиях. При разработке технологии ЭЭ обработки конкретных деталей и составлении управляющих программ специалисты «СодикоМ» оказали нашим предприятиям неоценимую помощь.

**Первый станок “Содик” отработал уже 18 лет, второй 13 лет, а третий 8 лет, но потерь точности и производительности не произошло вообще**

Станки фирмы Sodick компактно располагаются в производственном помещении, не критичны к его температуре и могут работать в автономном режиме несколько десятков часов, позволяя оператору обслуживать другое оборудование. Например, на НПО “Сибирский машиностроитель” оператор 3-х станков «Содик» одновременно работает еще и на токарном станке с ЧПУ.

Следует отметить гибкую ценовую политику фирмы «СодикоМ», которая всегда идет навстречу покупателю оборудования и при этом учитывает многие факторы. Кроме специальных скидок, фирма предлагает покупку оборудования в лизинг, а также продает станки, бывшие в эксплуатации, но прошедшие капитальный ремонт. Причем цена этих станков в разы меньше новых станков.

Наличие электроэрозионных станков Sodick на ООО НПО «Сибирский машиностроитель» и других предприятиях значительно упростило и подняло на качественно новый уровень инструментальное производство. Очень быстрое изготовление сложных точных вырубных штампов, профильного инструмента, точная обработка труднообрабатываемых материалов и т.п. стало обычным делом.

При разработке новых изделий стало возможным применение технических решений качественно нового уровня, реализация которых была ранее невозможна или чрезвычайно трудоемка на обычном технологическом оборудовании. Например, стало возможным изготовление точных безшпоночных профильных соединений вал-втулка, в том числе конической формы, высокоточных зубчатых колес с большой коррекцией и колес незвольвентного профиля, сложно-профильных кулачков, формовочных фильер различного назначения и многого другого.

Мощный процессор и программное обеспечение станка позволяют на этапе составления управляющей программы в мельчайших деталях, с точностью до микрон, рассмотреть на экране профиль линии реза, найти возможные ошибки в построении этой линии и внести необходимые коррективы. Линейные двигатели обеспечивают высочайшую точность станка и практически не требуют обслуживания.

Производительность станка можно увеличить, обеспечив прилегание с минимальным зазором сопел прокачки к зоне резания. Для этих целей нами изготовлены самоцентрирующиеся зажимные приспособления, оставляющие максимально открытыми зоны резания с обеих сторон детали. Экономия можно получить, восстанавливая ионообменную смолу. Существует множество способов оптимизации управляющих программ.

Длительная эксплуатация ЭЭ станков позволила найти некоторые решения, которые позволяют снизить производственные затраты. Например, если на приемном канале бака сбора воды установить сильный постоянный магнит, помещенный в полиэтиленовый пакет, то этот магнит станет мощным сборником частиц – продуктов электроэрозии, а вывернутый после этого пакет – простым отделителем частиц от магнита и утилизирующей емкостью этих частиц.



Следует отметить, что эксплуатация электроэрозионных станков Sodick очень проста и снимает многие проблемы, связанные с приобретением высокоточного дорогостоящего и малопроизводительного оборудования и режущего инструмента большой номенклатуры. Из расходных материалов нужны: проволока, фильтры, ионообменная смола и антикоррозионный раствор.

### Наш многолетний опыт эксплуатации показал, что не нужно экономить на более дешевой проволоке, фильтрах и алмазных направляющих

и некачественных расходных материалов приводит к резкой потере точности обработки и, как следствие, потере качества выпускаемой продукции. Начинают возникать непредвиденные отказы станков, которые срывают намеченные планы и требуют дорогостоящих ремонтов. И как хороший совет: во избежание непредвиденных проблем нужно покупать фирменные расходные материалы и комплектующие у фирмы «СодикоМ».

Широкое использование электроэрозионных станков в современном производстве позволило бы отечественному машиностроению ускорить выход на новый этап развития и выпустить конкурентоспособную продукцию.

В ООО НПО «Сибирский машиностроитель» ежегодно растут объемы производства, разработаны и готовятся к постановке на производство еще три новых изделия, оснащенных волновыми редукторами с промежуточными телами качения. В связи с чем возникает необходимость покупки еще нескольких проволочно-вырезных станков фирмы Sodick, которые становятся в производстве обычным технологическим оборудованием.

В настоящее время наш завод имеет три электроэрозионных станка: AQ325L 2001 года выпуска, AQ537L 2006 года выпуска и AG400L 2011 года выпуска. Все станки работают в круглосуточном режиме без выходных и праздников, остановка производится только для планового технического обслуживания. За все время эксплуатации сбоев в работе практически не было. Первый станок отработал уже 18 лет, второй 13 лет, а третий 8 лет, но потеря точности и производительности вообще не произошло.

Скорее всего, это объясняется тем, что станки Sodick имеют термостабильную керамическую рабочую зону FineXセラ со сверхмалым тепловым расширением и практическим отсутствием износа. Будучи в Японии на заводах фирмы Sodick, я видел производство элементов этой зоны. Все делается на высочайшем уровне, однако нас допустили на это посмотреть лишь мельком, т.к. вся технология представляет техническую тайну.

Во время эксплуатации требуется только вовремя проводить техобслуживание, своевременно менять защитные кожухи, направляющие проволоки, тоководы и фильтры. Особенно тщательно нужно проводить периодическую очистку всей рабочей зоны, т.к. там осаждаются много шлама.

В волновом редукторе с промежуточными звеньями имеется еще одна сложная по технологии деталь – сепаратор. Редуктор тяжело нагружен, в нем используются тела качения – ролики. Требуется высокоточная обработка сложнопрофильных пазов в сепараторе, расположенных друг относительно друга с угловой погрешностью не более  $3'$  в детали с твердостью 34–38 HRC.

Опыт эксплуатации ЭЭ станков показал, что при обработке сложнопрофильных деталей высокой твердости на финишных операциях наиболее выгодно во многих отношениях использовать эти станки в качестве именно обычного технологического оборудования. Наш многолетний опыт эксплуатации также показал, что не нужно экономить на более дешевой проволоке, фильтрах и алмазных направляющих. Использование дешевой



В настоящее время паз обрабатывается мелкой фрезой диаметром менее 4 мм на станке с ЧПУ. Операция малопроизводительна и трудоемка даже при использовании современного обрабатывающего центра, так как стойкость фрезы невелика.



Технологическая проработка показала, что при обработке таких деталей выгодно использовать ЭЭ проволочно-вырезной станок, оснащенный автоматическим программно-управляемым поворотным столом. При этом производительность может повыситься почти в 1,3 раза, а точность – практически на порядок.

По своему опыту я знаю, что высочайшая надежность станков в станкостроении достигается очень редко, но в случае с ЭЭ станками Sodick это обеспечено тщательнейшей и талантливой разработкой конструкции ЭЭ станков и сверхвысокотехнологичным производством. В этом я убедился, побывав на заводах фирмы Sodick в Японии.

Наш завод часто посещают коллеги и, увидев станки Sodick, услышав об их надежности и точности, принимают решение об их покупке. Такие станки в Томске кроме нас купили: ООО «Сибирская машиностроительная компания», ООО «Сибирская электротехническая компания», ЗАО «ТомЭЛ», ОАО «Томский электротехнический завод». И сейчас в городе их насчитывается уже 15 штук. Все они работают в очень интенсивном режиме, и нареканий к их работе нет. На них выполняются самые сложные и трудоемкие работы. Я благодарен судьбе, что в свое время принял правильное решение о покупке электроэрозионных станков Sodick. И это решение полностью и с лихвой себя оправдало.

# XXIII



# Московский международный Салон изобретений и инновационных технологий **АРХИМЕД**

## 24 - 27 марта 2020

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

Конкурсная программа •

Презентация высокотехнологичных проектов •

Международная выставка товарных  
знаков «Товарный знак - Лидер» •

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

Международная выставка изобретений,  
новых продуктов и услуг •

[www.archimedes.ru](http://www.archimedes.ru)



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



# Ручное шабрение на заводах Sodick

## Три причины, почему станок с долговечной точностью можно построить только с ручным шабрением

Шабрение — это долговечность. Это долговременная надежность конструкции и точность станка. Основа точности!

Ручное шабрение плоскостей элементов оборудования из чугуна — технология незаменимая! Шабрят посадочные поверхности (плоскости) на литых чугунных конструкциях станков: станинах, колоннах, каретках столов.

- I. Лишь **ШАБРЕНИЕ** убирает волнистость, возникающую на поверхностях как побочный результат фрезерования.
- II. Лишь **ШАБРЕНИЕ** избавляет от микротрещин, прижогов, внутренних напряжений и исключает шаржирование поверхностей микроабразивом.
- III. Лишь **ШАБРЕНИЕ** позволяет построить станок с долговременной точностью, сохраняющейся десятилетиями.

В недалеком прошлом шабрение было **обязательным технологическим процессом** на всех станкозаводах во всем мире. Везде, где в качестве несущих конструкций используется чугунное литье.

Однако шабрение — процесс дорогой. Даже очень дорогой. Затратный! Как и любой другой, где работают высококвалифицированные специалисты. Работают руками. Ловят микроны — руками! Умелыми руками. А умелых рук не так много...

Да, **ШАБРЕНИЕ** — это **дорого** и **трудоемко**, требует высочайшей квалификации и особого умения. Но взамен ничего **лучшего до сих пор не придумано!**

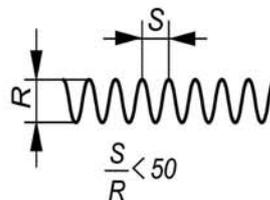


**Самый скрываемый секрет многих станкостроителей:**

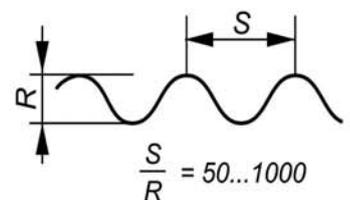
**станки с долговременной точностью можно строить лишь с шабрением, однако большинство производителей ШАБРЕНИЕ заменило ШЛИФОВАНИЕМ!**

**И от покупателей это утаивают!**

Шероховатость (микронеровности)



Волнистость



*На заводах Sodick работают десятки шабровщиков:*

**Sodick Co., Ltd.** — практически единственный в мире изготовитель электроискровых (электроэрозионных) станков, на заводах которого все посадочные плоскости литых несущих конструкций из чугуна-миханита всех станков после фрезерования не шлифуют, а **ШАБРЯТ!**





## Ручное шабрение незаменимо!

Замена шабрения на шлифование оставляет дефектные посадочные плоскости, неизбежно снижающие точность и приводящие к быстрой деградации точности станка.

### Шлифование неизменно оставляет на поверхностях:

- волнистость (с высотой волн до почти 4 мкм);
- микротрещины, прижоги и внутренние напряжения;
- шаржирование поверхностного слоя микроабразивом (что приводит к быстрой коррозии!).



**Шероховатость и волнистость поверхности:**  
 $R_z$  - высота,  $S$  - шаг микронеровностей (шероховатость);  
 $B$  - высота волны,  $L$  - шаг волны (волнистость)

На станкостроительных заводах появились роботы, а сами станки оснащаются умными ЧПУ. Но это совсем не означает, что традиционное РУЧНОЕ ШАБРЕНИЕ уже можно исключить. Если вы хотите иметь ДОЛГОЖИВУЩИЙ станок с многолетней точностью, то **ШАБРЕНИЕ ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

Из-за нехватки квалифицированных шабровщиков, а также просто в погоне за прибылью и в целях ценовой конкуренции большинство именитых станкостроительных производств отказалось от шабрения. Для экономии шабрение заменили шлифованием.

Другими словами, на большинстве станкостроительных заводов в мире посадочные места на чугуне только фрезеруют, а потом шлифуют.

Так как без шабрения невозможно построить станок с долговечной точностью, произошло скрытое разделение станков по долговечности. Фактически, на рынке появились станки ДОЛГОЖИВУЩИЕ (капитальные) и КРАТКОЖИВУЩИЕ или, как говорят, «проектные» — под детали для какого-то срочного проекта-заказа.

Наибольшую опасность представляет волнистость. Когда на шлифованную (не шабреную!) плоскость с волнистостью крепится какой-то другой элемент конструкции, контактирующая плоскость которого также имеет волнистость, то гребни волн одной плоскости со временем под нагрузкой смещаются, попадая во впадины волн на другой сопряженной плоскости. Причем в разных точках контактирующих поверхностей смещение происходит разнонаправленно. В результате - сдвиги и перекосы элементов относительно друг друга.

Сдвиги происходят не сразу, часто через годы. Параллельно плоскостям сдвиги могут достигать максимально половины шага волн, т. е. для шлифованных поверхностей 1 - 2 мм! Одновременно местами происходят сдвиги по высоте (до 3 - 4 мкм). Несущие конструкции со временем как бы перекашивает.

Но опаснее, когда на шлифованную чугунную плоскость с избыточной волнистостью ставится линейная направляющая, по которой ездят каретки стола или колонны. Под нагрузкой через годы направляющая на разных участках смещается по длине различно, превращаясь в **криволинейную!** В результате станок с достаточной точностью после запуска неотвратимо быстро эту **точность теряет!** Печально, но это уже и не гарантийный случай! Продавец всегда может сослаться на недопустимые условия эксплуатации и надумать массы других «уважительных» причин. И это неизбежно случается, если посадочные плоскости на чугунной станине **не ШАБРИЛИ, а ШЛИФОВАЛИ!**



Явно **шлифованная поверхность** с установленной линейной направляющей японского станка «не-Содик». Станок потерял точность всего за 4 года (фото сделано по время ремонта)



**Шабренная поверхность** выглядит специфически, ее не спутать со шлифованной: край шабренной посадочной плоскости станка Sodick, на которой установлена линейная направляющая. Шабрение как бы растирает (размазывает) волны на поверхностях, разрушая периодичность и снижая гребни до 1 мкм.

В качестве иллюстрации ДОЛГОВЕЧНОСТИ: с 1980-х гг. в государства б/СССР поставлено свыше 1200 станков Sodick (в т.ч. более 1000 — с линейными сервоприводами). По данным нашего сервиса, более 95% этих станков, включая станки 80-х и 90-х гг. успешно эксплуатируются до сих пор, не утрачивая своей точности.

Подробнее на нашем сайте: <https://sodick.sodicom.biz/ru/hand-scraping/>

ISSN 2500-0985



# Innovator.



## Дигитализация.

Наши обрабатывающие центры зачастую являются сердцем производства. Мы предлагаем множество разнообразных решений для увеличения эффективности, точности и производительности. Hermle оказывает вам поддержку в качестве первопроходца и лидера в сфере технологий. Наши цифровые модули являются вехами на пути к интеллектуальному производству.

[www.hermle-vostok.ru](http://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.