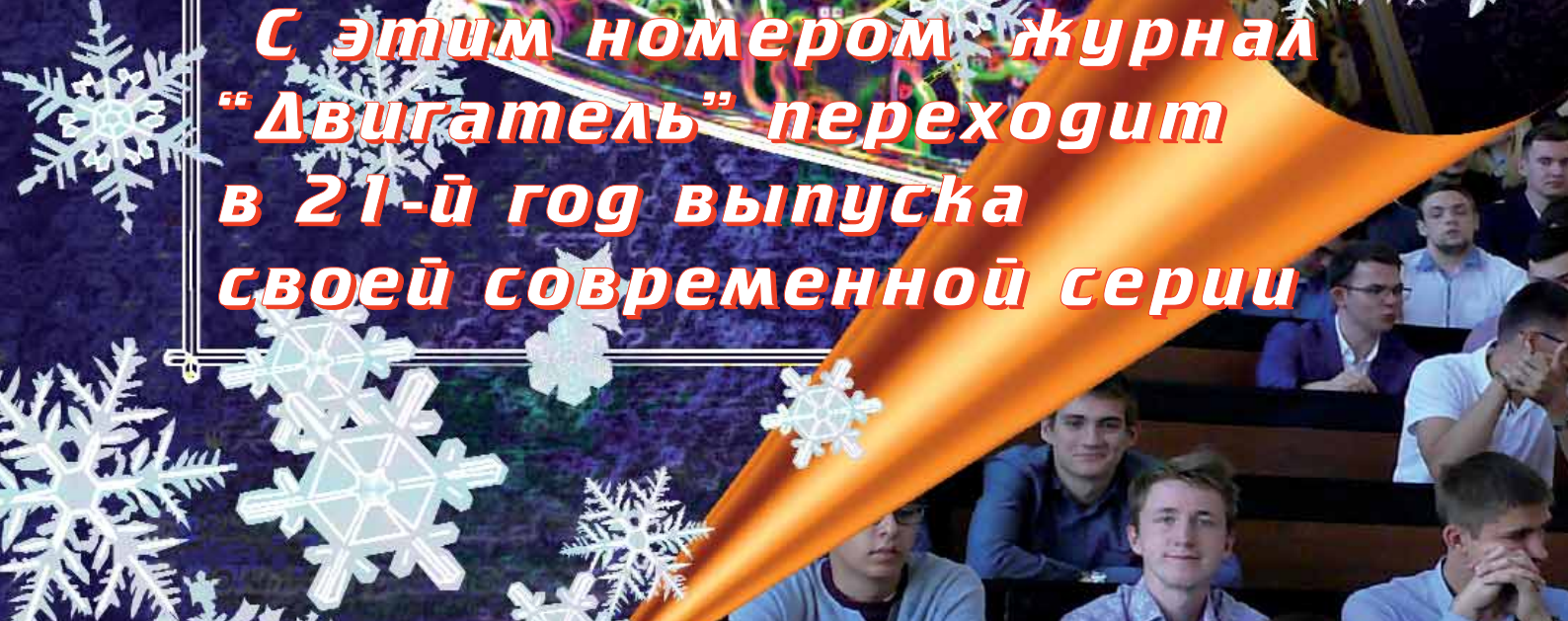
Научно-технический журнал № 6 ( 120 + 244) 2018

# Двигатель

ДВИГАТЕЛЬ
Основан в 1907 г.

**С этим номером журнал “Двигатель” переходит в 21-й год выпуска своей современной серии**



Памятная медаль к 100-летию Г.М. Бериева

Медаль АМКОС "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"
**Григорян Г.Г., д.т.н.,**
вице-президент Общества "Знание" России
**Дическул М.Д.,**
зам. управляющего директора ОАО "ОДК"
**Дмитриев В.Г., член-корр. РАН,**
главный научный сотрудник ГНЦ "ЦАГИ"
**Зрелов В.А., д.т.н.,**
профессор кафедры конструкции и проектирования двигателей ЛА СГАУ им. С.П. Королёва
**Иноземцев А.А., д.т.н.,**
ген. конструктор ОАО "Авиадвигатель"
**Каторгин Б.И., академик РАН**
**Кравченко И.Ф, д.т.н.,**
ген. конструктор ГП "ИВЧЕНКО-ПРОГРЕСС"
**Кутенев В.Ф., д.т.н.,**
зам. ген. директора ГНЦ "НАМИ" по научной работе
**Кухаренок Г.М., к.т.н.,**
зав. каф. ДВС Белорусского национального ТУ
**Лобач Н.И.,**
ген. директор ПО "Минский моторный завод"
**Ланшин А.И., д.т.н.,**
научный руководитель - заместитель Генерального директора ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"
**Марчуков Е.Ю., д.т.н.,**
генеральный конструктор - директор ОКБ им. А. Люлька
**Пустовгаров Ю.Л.,**
генеральный директор ПАО «Казанский вертолетный завод»
**Равикович Ю.А., д.т.н.,**
проректор по научной работе МАИ
**Рачук В.С., д.т.н.,**
председатель НТС АО "НПО Энергомаш"
**Ружьев В.Ю.,**
первый зам. ген. директора Российского Речного Регистра
**Рыжов В.А., д.т.н.,**
главный конструктор ОАО "Коломенский завод"
**Ситнов А.П.,**
президент, председатель совета директоров ЗАО "Двигатели "ВК-МС"
**Смирнов И.А., к.т.н.,**
ген. конструктор КБХМ - филиала ФГУП "ГКНПЦ им. М.В. Хруничева"
**Соколов В.П., д.т.н.,**
Директор Российского учебно-научно-инновационного комплекса авиакосмической промышленности
**Троицкий Н.И., к.т.н.,**
доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана
**Фаворский О.Н., академик РАН,**
член президиума РАН
**Чуйко В.М., д.т.н.,**
президент Ассоциации "Союз авиационного двигателестроения"

1907 ДВИГАТЕЛЬ 2017 ®
ДВИГАТЕЛЬНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**К 110-ЛЕТИЮ ЖУРНАЛА "ДВИГАТЕЛЬ"**



## 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.
**В номере использованы фотографии, эскизы и рисунки:**
А.И. Бажанова, Д.А. Боева, А.В. Ефимова, А.Н. Медведя, И.М. Ивановой, В.Н. Романова и др.

**Адрес редакции журнала "Двигатель":**
111116, Россия, Москва,
ул. Авиамоторная, 2.
Тел./факс: +7(495) 362-7891
dvigatell@yandex.ru
boeff@yandex.ru
aib50@yandex.ru
**www.dvigately.ru**
Электронная версия журнала (2006-2017 гг.) размещается также на сайте Научной электронной библиотеки www.elibrary.ru и включена в индекс РИНЦ

## УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ООО "Редакция журнала "Двигатели"©
генеральный директор Д.А. Боев
зам. ген. директора А.И. Бажанов

Ответственность за достоверность информации и наличие в материалах фактов, не подлежащих разглашению в открытой печати, лежит на авторах публикаций.
*Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов.*
Перепечатка опубликованных материалов без письменного согласия редакции не допускается. Ссылка на журнал при перепечатке обязательна.

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

Научно-технический журнал "Двигатель"©
зарегистрирован в ГК РФ по печати.
Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.
20-й (111-й) год издания.
Отпечатано
ООО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.
Тираж 3 000 экз.
Периодичность: 6 выпусков в год.
Цена свободная.

# СОДЕРЖАНИЕ


**2** ***Анализ различных факторов влияющих на длину пробега при взлете сверхзвукового делового самолета***
Ша Мингун, А.Б. Агульник, А.А. Яковлев, М.В. Шкурин

**6** ***Авиамоторостроители будущего в Москве***

**7** ***Александр Александрович Саркисов***

**8** ***Контроль разнотяговости турбореактивных двухконтурных двигателей двухдвигательного самолёта при появлении разницы частот вращения их роторов***
А.Ю. Бурова, Ю.М. Кочетков

**9** ***О совместной интеллектуальной деятельности сотрудников ЦИАМ и кафедры Э-3 в сфере создания установок по утилизации отходов***
В.И. Гуров

**10** ***Определения ГОСТ и терминология в ГТД. Критические замечания практикующего инженера***
В.В. Чобиток

**14** ***Форум "Двигатель России - Поршневое двигателестроение"***
Д.А. Боев

**15** ***Памяти коллеги и друга (год Л.П. Берне)***

**16** ***Последний Гидроавиасалон прошедшего года в Геленджике***
Д. Соколовский

**18** ***Турбулентность. Критические параметры процессов в энергодвигательных установках***
Ю.М. Кочетков

**21** ***Информация***

**22** ***Ионолёт или к вопросу об эффекте Бифульда-Брауна*** *(репринтное повторение статьи журнала "Двигатель" № 4 2009 г.)*
В.Кузнецов, А. Роговский, А.В. Ефимов

**24** ***ЦАГИ. Первые шаги. (К 100-летию института)***
А.М. Хомяков, А.В. Авдеев

**30** ***О железном Феликсе, советских чиновниках и НЭП***
Д.А. Боев

**32** ***Паровозы на банкнотах и эрзац-деньгах мира***
А.В. Барановский

**36** ***Уникальный автомобильный двигатель Г. Даймлера в фондах Политехнического музея***
В.Г. Иванов, Л.М. Толмачёв

**37** ***Простые числа***
А.И. Касьян

**38** ***150 лет факультету "Энергомашиностроение" Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана***
А.В. Волохов

**39** ***ГАБТУ - ЧТЗ - ГСКБД***
А.П. Маслов

**42** ***Создание и серийное производство танкового двигателя В-2***
Н.Н. Мельников

**46** ***Танки от и до***
О.Н. Брилёв

**Уважаемые читатели!**

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

**Издатели журнала**

УДК 621.317.329:626.12

# АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ДЛИНУ ПРОБЕГА ПРИ ВЗЛЕТЕ СВЕРХЗВУКОВОГО ДЕЛОВОГО САМОЛЕТА

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

**Ша Мингун,** аспирант кафедры 201

**Алексей Борисович Агульник,** заведующий кафедрой 201, д.т.н., с.н.с.

**Алексей Александрович Яковлев,** доцент кафедры 201, к.т.н.

**Максим Викторович Шкурин,** инженер НИО-101

**У всех современных сверхзвуковых пассажирских самолетов двигатель с форсажной камерой сгорания работает при взлете на максимальном режиме. В данной статье рассматриваются различные факторы, влияющие на длину пробега на взлетном режиме для сверхзвукового делового самолета. Речь идет об энергетической механизации. Существующие технические решения можно рассмотреть с точки зрения уменьшения шума. Разработан метод, который позволяет найти оптимальное сочетание между потребной тягой и желаемыми уровнем шума и потребной тяги.**

**In all modern supersonic passenger aircraft engine with afterburner operates during takeoff at maximum mode. This article discusses the various factors affecting the length of the run on the take-off mode for supersonic business aircraft. We are talking about energy mechanization. Existing technical solutions can be considered in terms of noise reduction. A method has been developed that allows to find the optimal combination between the required thrust and the desired noise level and the required thrust.**

***Ключевые слова:*** **прерванный взлёт, продолженный взлет, акустический шум, СДС, балансировочный расчет, двигатель без форсажной камеры сгорания, уровень шума.**

***Keywords:*** **interrupted take-off, continued take-off, acoustic noise, VTS, balancing calculation, engine without afterburner, noise level.**

## Введение

Для современных летательных аппаратов одним из важных факторов является длина ВПП. Как сказано в [1], длина ВПП для сверхзвукового гражданского самолета, которая является способностью эксплуатироваться на аэродромах с длиной ВПП не более 2000 м, сделал этот вид транспорта практически безальтернативным для делового мира.

### 1. Расчет длины разбега при взлете, дистанции прерванного и продолженного взлета для пассажирского самолета

Взлетный участок характеризуется взлетной дистанцией самолета, которая складывается из длины разбега и длины участка, на котором самолет, разгоняясь, набирает безопасную высоту. Он является одним из наиболее тяжелых участков траектории полета и, во многих случаях, накладывает серьезные ограничения на характеристики самолета. Получим приближенное уравнение, позволяющее рассчитать длину разбега в зависимости от тяговооруженности самолета и удельной нагрузки на крыло [2].

Для этого приравняем кинетическую энергию самолета в момент отрыва от земли к работе силы тяги на дистанции разбега:

$$\left(F_{\text{с.у}}\,P^{\text{F}} - F_{\text{тр}} - X\right)L_{\text{разб}} \approx G\,V_{\text{отр}}^{2}\,/\left(2\,g\right).$$

Введя новый параметр - приведенный коэффициент сопротивления

$$f = \frac{F_{\text{тр}}+X}{G}, \text{ где } F_{\text{тр}} = f_{\text{тр}}\left(G - \frac{\rho V_{\text{СР}}^{2}}{2} S_{\text{кр}} c_{y\text{разб}}\right), \text{ и учитывая, что } \frac{V_{\text{отр}}^{2}}{2} = \frac{G/S}{\rho c_{y\text{отр}}}$$

после преобразований, получим

$$L_{\text{разб}} = \frac{1}{\rho c_{y\,отр} g}\,\frac{G/S}{P^{\text{F}}\,\frac{F_{\text{С.У}}}{G} - f}$$

Так как летно-техническими требованиями к самолету обычно предусматривается взлет в неблагоприятных атмосферных условиях, введем в последнюю формулу поправки на нестандартность атмосферы, а также на изменение тяги двигателя по мере увеличения скорости. Тогда, при условии, что на уровне земли $\rho \approx 1/8$, получим:

$$L_{\text{разб}} = \frac{8}{c_{y\,\text{отр}}\,g\,\Delta_{\text{н}}/\text{ст}}\,\frac{G/S}{P^{\text{F}}\,\frac{F_{\text{С.У}}}{G/S}\,kV_{\text{СР}}\,k_{\text{тр}} - f} \qquad (1.1)$$

где,

$\Delta_{\text{н}}/\text{ст}$ учитывает отклонение плотности от стандартного значения;

$kV_{\text{СР}} = \frac{pv_{\text{ср}}}{pv=0}$ падение тяги по скорости движения самолета по отношению к тяге при V = 0;

$k_{\text{тр}} = \frac{p_{\text{н}}/\text{ст}}{p_{\text{мсл}}}$ изменение тяги при нестандартных температуре и давлении;

$f$ - значения приведенного коэффициента сопротивления для аэродромов с бетонным покрытием.

Обычно при расчетах принимают параметры, которые представлены в таблице 1:

**Таблица 1**

| Номер | Наименование | Значение | Примечание |
|---|---|---|---|
| 1 | $\Delta_{\text{н}}/\text{ст}$ | 0,91 | ТРД, ТРДФ и ТРДДФ |
| 2 | $k_{\text{тр}}$ | 0,85...0,90 | |
| 3 | $kV_{\text{СР}}$ | 0,97 | |
| 4 | $kV_{\text{СР}}$ | 0,90...0,95 | ТРДД |
| 5 | $f$ | 0,04 ... 0,05 | |

Из формулы (1.1) можно получить зависимость для определения относительного размера силовой установки, обеспечивающей при заданной длине разбега взлет самолета с фиксированным значением удельной нагрузки на крыло:

$$\frac{F_{\text{С.У}}}{S} = \frac{G/S}{P^{\text{F}} kV_{\text{СР}} k_{\text{тр}}}\left(\frac{8\,G/S}{c_{y\,\text{отр}}\,g\,\Delta_{\text{н}}/\text{ст}\,L_{\text{разб}}} + f\right)$$

При проектировании самолета согласно "Нормам летной годности" [3] должны быть предусмотрены меры, обеспечивающие безаварийную эксплуатацию его в случае отказа на взлете одного из двигателей, установленных на самолете. При отказе двигателя на участке разбега самолета

по взлетно-посадочной полосе летчик должен принять решение о продолжении взлета с работающими двигателями либо затормозить. Первый случай называется продолженным взлетом, второй - прерванным.

Решение летчика о продолжении или прекращении взлета зависит от соотношения величин скорости самолета в момент отказа двигателя и критической скорости взлета. Критическая скорость взлета - это такая скорость самолета на участке разбега по ВПП, при которой в случае отказа одного из двигателей самолет способен как продолжать разбег и произвести взлет, достигнув на расстоянии, равном 2/3 свободной зоны от конца концевой полосы безопасности (КПБ) высоты $H_{без}$= 10,7 м, так и прекратить взлет, остановившись после торможения в конце КПБ. На рисунке 1 представлена схема прерванного и продолженного взлета [4].

Величина критической скорости взлета может быть найдена формула следующим образом:

$$L_{продолж} = L_{прерв} + \frac{2}{3} L_{св.зона}$$

На аэродроме без свободной зоны величина $L_{св.зона}$ принимается равной нулю.

Длина дистанций продолженного взлета и прерванного взлета по аналогии определим по следующим формулам:

$$L_{продолж} = L_{разб\ i} + L_{пауз} + L_{разб\ i-1} + L_{полет\ i-1}$$

$$= \frac{V^2_{крит}}{2\,gn_{xi}} + \frac{V^2_{к.п} - V^2_{крит}}{2\,gn_{xi-1}} + \frac{V^2_{отр} - V^2_{к.п}}{2\,gn_{xi-1}} + \frac{H_{без}}{n_{x\,отр\ i-1}}$$

$$L_{прерв} = L_{разб\ i} + L_{пауз} + L_{торм}$$

$$= \frac{V^2_{крит}}{2\,gn_{xi}} + \frac{V^2_{к.п} - V^2_{крит}}{2\,gn_{xi-1}} + \frac{V^2_{к.п}}{2\,gn_{x\,торм}}, \text{ где}$$

$L_{разб.i}$ и $n_{xi}$ - длина разбега и средняя продольная перегрузка на участке разбега со всеми работающими двигателями;

$L_{разб.i-1}$ и $n_{xi-1}$ - длина разбега и средняя продольная перегрузка на участке разбега с одним отказавшим двигателем;

$L_{торм}$ и $n_{x\,торм}$ - длина пробега и средняя продольная перегрузка на участке торможения;

$L_{пауз}$ - длина участка разбега, проходимого самолетом за промежуток времени

$\Delta t_{пауз}$ (обычно 3 с), который необходим летчику для принятия решения о прекращении или продолжении взлета и включении тормозных устройств в случае прекращения взлета, т.е. длина участка паузы $L_{полёт\ i-1}$ - длина участка, проходимого самолетом с отказавшим двигателем от момента отрыва до момента достижения безопасной высоты;

$V_{к.п.}$ - скорость самолета при разбеге в конце паузы;

$V^2_{к.п.}$, $n_{x\,отр\ i-1}$- скорость самолета и продольная перегрузка при отрыве самолета от земли с отказавшим двигателем.

Балансировочный расчет проведен при числе Маха

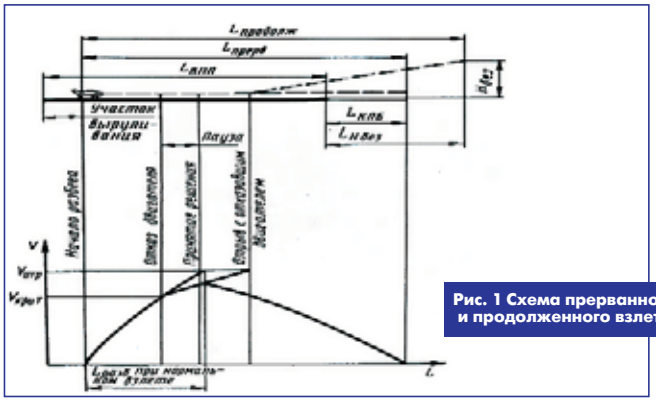


Рис. 1 Схема прерванного и продолженного взлета

M = 0,184, отклонении угла закрылка δ = -40°, угле атаки α = 10°, модели турбулентности k-ω-sst, давлении $P_0$ = 101325 Па, давлении за щелевым соплом выдува P*= 411412 Па, температурой за щелевым соплом выдува T*=461 K, температурой $T_0$ = 300 K, расходом воздуха за щелевым соплом выдува $G_{в.отб}$= 406 кг/с. Под соплом выдува мы подразумеваем щель для выдува воздуха для газодинамического управления вектором подъемной силы в районе крыла летательного аппарата. На рис. 2 показано расположение щелевого сопла выдува воздуха из двигателя.

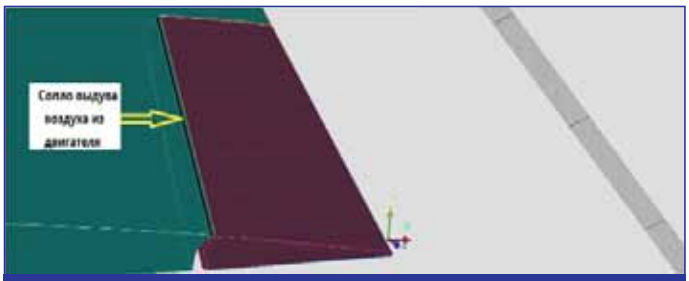



Рис. 2 Расположение щелевого сопла выдува воздуха из двигателя

Результаты численного моделирования процеса натекании дозвукового потока на крыловой профиль с элементами аэродинамического управления вектором подъемной силы представлены в работах [5-6].

В нормах летной годности гражданских самолетов сформулирован ряд требований к самолету, обеспечивающих его безопасность.

Одно из этих требований: недопущение катастрофы при отказе одного из двигателей при взлете самолета. Самолет при этом должен либо продолжить взлет и уложиться в заданную длину ВПП, либо осуществить экстренное торможение и остановиться в пределах ВПП заданной длины. Зависимость Мотр и LВПП представлена на рис. 3.

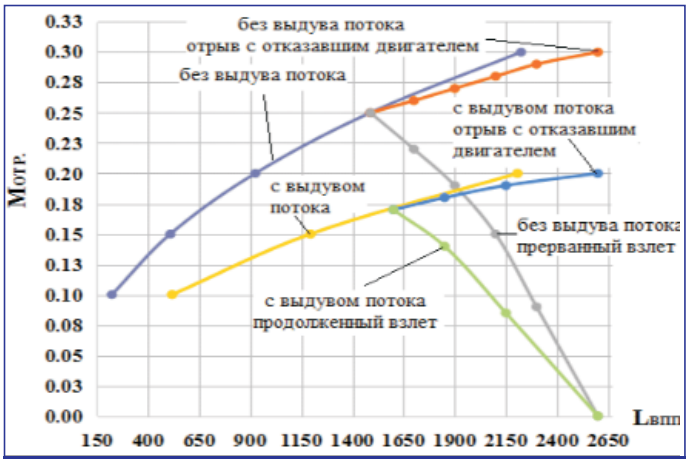



Рис. 3 Графики зависимости Мотр и LВПП

## 2. Расчет потребного уровня тяги двигателя и уровня акустического шума на взлетном режиме

Мгогие из перечисленных здесь способов увеличения тяговооруженности не могут быть использованы или могут использоваться ограниченно на гражданских самолетах, силовые установки которых должны удовлетворять определянным требованиям, связанным с ограничением уровня шума, создваемого при взлете (а также при посадке) самолета. Требования к уровню создаваемого шума для гражданских самолетов могут явиться основым фактором, определяющим размер и тип применяемых на самолете двигателей. Так, одним из действенных способов уменьшения уровня взлетного шума является использование при взлете пониженных режимов работы двигателей.

Удельная нагрузка на крыло $P_0$ оказывает существенное влияние на уровень шума. Это обусловлено тем, что увеличение площади крыла при фиксированной взлетной массе само-

лета позволяет выполнить взлет при пониженных режимах работы двигателей.

В вариантах данного сверхзвукового пассажирского самолета был выбран тип двигателя АЛ-31Ф [7] без форсажной камеры для расчета по нижеследующим параметрам на двух режимах:

1. Максимальный режим двигателя АЛ-31Ф (без выдува потока от двигателя):

$$P_{взл.б.ф} = 7850 кг;$$

$$P_{сумма} = 7850 * 3 = 23550 кг (3 двигателя);$$

$$P_{дви.} = \frac{P_{сумма}}{M_{взл.}} = 0.7;$$

$$M_{взл.} = \frac{P_{сумма}}{\overline{P}_{дви.}} = \frac{23550}{0.7} = 33643 кг;$$

2. Дросселированный режим двигателя АЛ-31Ф (с выдувом потока от двигателя) :

$$G_{в.отб.max} = 40.7 кг/с;$$

$$m = 0.571;$$

$$\overline{P}_{дви.} = \frac{P_{сумма}}{M_{взл}} = 0.35;$$

$$P_{су.потр.} = 33643 * 0.35 = 11775 кг;$$

В соответствии с вышеизложением была выбрана схема СДС с тремя двигателями, показанная на рис. 4:

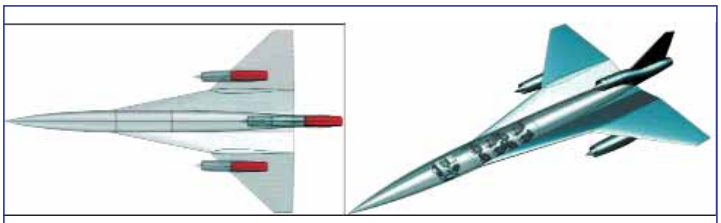


**Рисунок 4. Схема расположения двигателей для данного СДС**

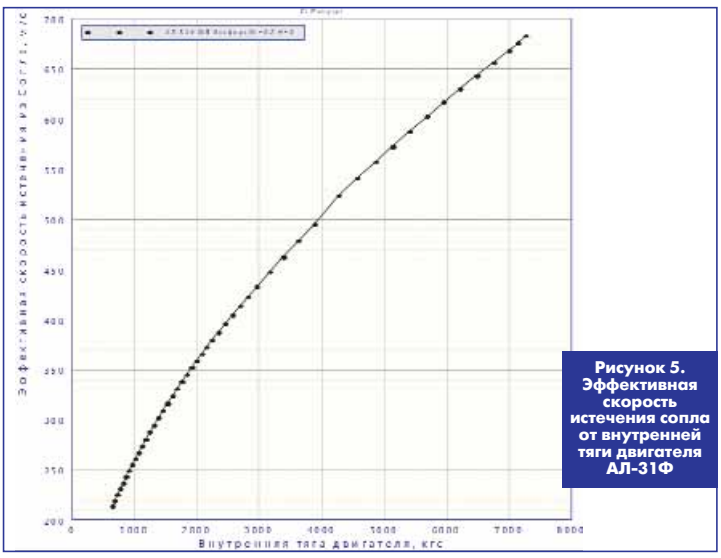


**Рисунок 5. Эффективная скорость истечения сопла от внутренней тяги двигателя АЛ-31Ф**

В результате расчета были получены графики зависимости коэффициента $C_{уасдув}$ от расхода отбираемого возвуха $G_{В.ОТБ.}$ при отклонении угла закрылка $\delta$=-30°, угле атаки $\alpha$=10°, M=0.184,..0.23,..0.3, $G_{В.ОТБ.1}$=10кг/с, $G_{В.ОТБ.2}$=20кг/с, $G_{В.ОТБ.3}$=30кг/с, $G_{В.ОТБ.4}$=40кг/с, $G_{В.ОТБ.5}$=8кг/с, $G_{В.ОТБ.6}$=6кг/с, $G_{В.ОТБ.7}$=4кг/с.

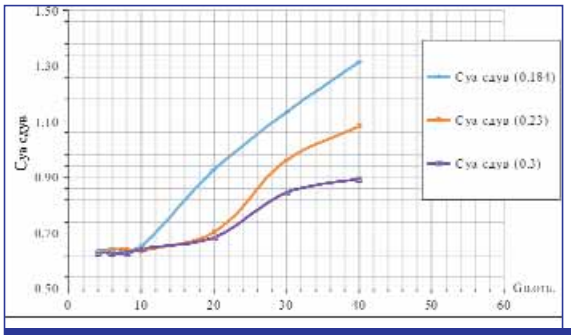



**Рис. 6 Графики зависимости коэффициента подъемной силы $C_{уа\ сдув}$ от различных отбираемых расходов воздуха**

Видно, что с ростом отбираемого расхода возуха от двигателя коэффициент подъемной силы возрастает.

Для двигателя АЛ-31 график зависимости наружной тяги двигателя $P_{нар.}$ от отбираемого расхода воздуха $G_{В.ОТБ}$ представлен на рис. 7.

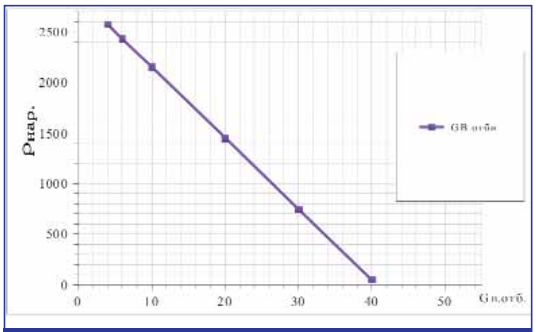



**Рис. 7 Зависимость наружной тяги Рнар. от отбираемых расходов воздуха $G_{в.отб}$**

Заметно, что при увеличении отбираемого расхода воздуха $G_{В.ОТБ}$ наружная тяга $P_{нару.}$ уменьшается.

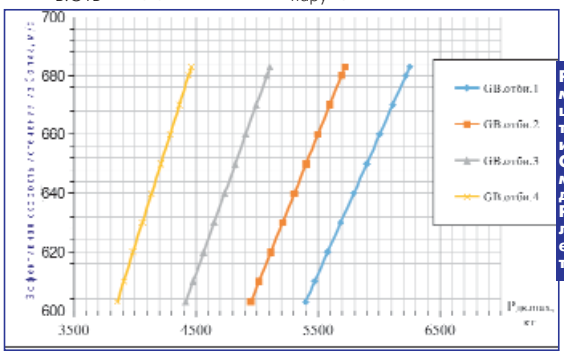



**Рис. 8 Зависимости коэффициента эффективнай скорости истечения Сопла $C_c$ от максимальной тяги двигателя $P_{дв.max}$ при различных отбираемых из двигателя потоках**

Величина допустимого уровня шума в контрольных точках регламентируется соответствующими стандартами (ГОСТ 17228-78 и стандарт ИКАО) и зависит от взлетной массы самолета.

Для оценки величины уровня шума, создаваемого самолетом на взлете, в настоящее время наиболее широко используется показатель, называемый эффективным уровнем воспринимаемого шума EPNL [8].

На данный момент расчет акустической мощности шума $W$ в соответствии с теорией Лайтхилла производится по газодинамическим и геометрическим параметрам струи в выходном сечении реактивного сопла. Однако разные авторы применяют различные формулы [9-12]:

$$W = \kappa_1 Q_0 v_c^8 F_c a_0^{-5} F_c;$$

$$W = \kappa_2 Q_c v_c^8 F_c a_0^{-5} F_c;$$

$$W = \kappa_3 Q_c Q_0^{-1} v_c^8 F_c a_0^{-5} F_c;$$

$$W = \kappa_4 Q_c Q_0^{-1} v_c^8 F_c a_0^{-5} \left[\frac{T_0}{T^*} 0.6 + 0.4\right]^2$$

Здесь: $K_1$, $K_2$, $K_3$, $K_4$ - для различных струй двигателя.

С целью выбора формулы, расчет по которой давал бы наилучшее совпадение с результатами измерения шума ТРД, были проведены дополнительные экспериментальные исследования, а также произведен анализ экспериментальных данных, полученных другими авторами. В результате установлено, что наилучшее совпадение расчетных данных с экспериментальными для холодных и горячих струй наблюдается при вычислении $W$ по формуле (5), т.е.

$$W = KQ_c v_c^8 F_c a_0^{-5} \text{ в т},$$

где K - коэффициент пропорциональности, величина которого получена экспериментально;

$V_c$, $Q_c$ - скорость и плотность струи в выходном сечении сопла;

$F_c$ - площадь выходного сечения сопла;

$a_0$ - скорость звука в окружающей среде.

В результате был получен график эффективной скорости истечения сопла от внутренней тяги двигателя, представленный на рис. 8.

Проведен расчет уровня акустического шума по графику зависимости эффективной скорости истечения сопла от внутренней тяги двигателя $P_{взл.\,мах}$= 3925 кгс. У двигателя АЛ-31Ф бесфорсажная максимальная внутренняя тяга равна 7300 кгс при взлете, $P_{взл.\,мах}$= 4996 кгс (без выдува потока), соответственно эффективная скорость истечения сопла $C_c$=683 м/с. На дросселированном режиме двигателя (с выдувом потока) получается $C_c$=603 м/с. В итоге дросселированный двигатель приводит к уменьшению уровня акустического шума

$$\overline{W} = \frac{W_{эф.}}{W_{др.}} = \left(\frac{683}{603}\right)^8 = 2.7, \text{ где}$$

$\overline{W}$ - относительный уровень уменьшения акустической мощности шума;

$W_{эф.}$ - эффективная акустическая мощность щума;

$W_{др.}$ - дросселированная акустическая мощность шума.

Для получения $P_{дв.потр}$ взяли все нижние параметры и подставили в два уравнения:

**Таблица 2**

| Gв.отбн. | Суа | Мотр | Сха |
|---|---|---|---|
| 10 | 0.6504 | 0.265 | 0.170 |
| 20 | 0.926 | 0.222 | 0.278 |
| 30 | 1.1336 | 0.201 | 0.357 |
| 40 | 1.314 | 0.187 | 0.427 |

$K = 1.4$ - показатель адиабаты;

$P_a = 101325$Па;

$S_{кр.} = 67$М$^2$ - площадь крыла;

$m_{взл.} = 41000$КГ;

$p_0 = \frac{m_{взл.} \cdot g}{S_{кр.}} = \frac{41000 \cdot 9.81}{67} = 6000$ N/М$^2$ - удельная нагрузка;

$T_a = 288$К;

$L_{вып} = 1800$м - длина взлетно - посадочной полосы;

$R = 287.9 \frac{дж}{кг \cdot к}$ - газовая постоянная;

$P_{дв.потр.} = \frac{m_{взл.} \cdot g \cdot \overline{P}_{су.}}{n_{дв.}}$;

$K_{рев} = 0.3$ - коэффициент реверса.

$f_{тр.} = 0.03$ - коэффициент трения при разбеге;

$f_{тр.} = 0.1$ - коэффициент трения при торможении.

Чтобы определить, при каком значении тяговооруженности это может быть обеспечено, необходимо решить систему двух уравнений с двумя неизвестными, которыми в этой системе уравнений являются $M_{отк.\,крит}$ и $\overline{P}_{су}$.

Полученные результаты $G_{в.отб.1}$, $G_{в.отб.2}$, $G_{в.отб.3}$, $G_{в.\,отб.4}$, по приведённым ниже зависимостям, представлены вслед за ними:

$$\begin{cases} t_{разб} = \frac{K \cdot R \cdot T_a}{2g}\left[\int_{M=0}^{M_{отк.крит}} \frac{dM^2}{\overline{P}_{су} \cdot \frac{K \cdot P_a \cdot M^2}{2p_0}(C_x - f_{тр} \cdot C_y) f_{тр}} + \int_{M_{отк.крит}}^{M_{отр}} \frac{dM^2}{\overline{P}_{су} \cdot \frac{n_{дв.}-1}{n_{дв}} \cdot \frac{K \cdot P_a \cdot M^2}{2p_0}(C_x - f_{тр} \cdot C_y) f_{тр}}\right] \\ t_{разб} = \frac{K \cdot R \cdot T_a}{2g}\left[\int_{M=0}^{M_{отк.крит}} \frac{dM^2}{P_{су.} \cdot \frac{K \cdot P_a \cdot M^2}{2p_0}(C_x \cdot f_{тр} \cdot C_y) f_{тр.}} + \int_{M_{отк.крит}}^{M=0} \frac{dM^2}{K_{рев} \cdot P_{су.} \cdot \frac{n_{дв.}}{n_{дв}} + \frac{K \cdot P_a \cdot M^2}{2p_0}(C_x \cdot f_{тр} \cdot C_y) f_{тр}}\right] \end{cases}$$

$G_{в.отб.1} = 10$КГ/С, $\overline{P}_{су1} = 0.428$, $M_{отк.крит.1} = 0.201$, $P_{дв.потр.1} = 5846$КГ;

$G_{в.отб.2} = 20$КГ/С, $\overline{P}_{су2} = 0.355$, $M_{отк.крит.2} = 0.189$, $P_{дв.потр.2} = 4849$КГ;

$G_{в.отб.3} = 30$КГ/С, $\overline{P}_{су3} = 0.326$, $M_{отк.крит.3} = 0.182$, $P_{дв.потр.3} = 4453$КГ;

$G_{в.отб.4} = 40$КГ/С, $\overline{P}_{су4} = 0.311$, $M_{отк.крит.4} = 0.177$, $P_{дв.потр.4} = 4248$КГ.

График зависимости коэффициента эффективной скорости истечения сопла $C_c$ от потребной тяги двигателя Рдв.потр. представлен на рис. 9.

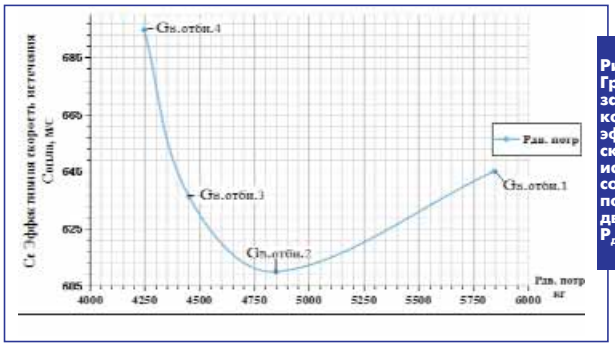



**Рис. 9 График зависимости коэффициента эффективной скорости истечения сопла $C_c$ от потребной тяги двигателя $P_{дв.\,потр.}$**

По полученному результату и графику, представленному на рис. 9, определим самую маленькую скорость истечения из сопла двигателя на взлетном режиме при $G_{в.отб.2}$= 20 кг/с.

График зависимости относительного уровня уменьшения акустического шума $\overline{W}$ от отбираемого воздуха от двигателя $G_{в.отб\,i}$ показан на рис. 10.

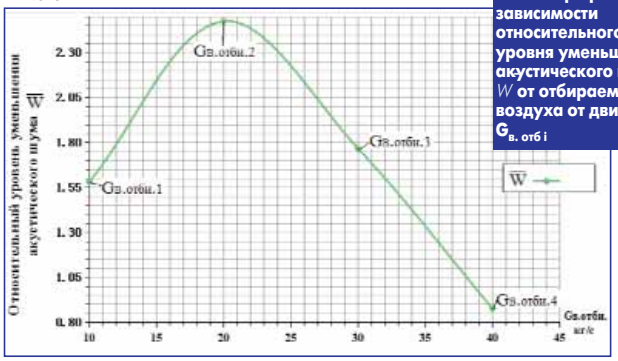



**Рис. 10 График зависимости относительного уровня уменьшения акустического шума $\overline{W}$ от отбираемого воздуха от двигателя $G_{в.\,отб\,i}$**

На графике отложено влияние отбираемого воздуха от двигателя $G_{в.отб.}$ от двигателя на относительный уровень уменьшения акустического шума $\overline{W}$. Видно, что для $\overline{W}$ существует локальный максимум в $G_{в.отб\,2}$= 20 кГ/с для данного типа двигателя.

## Выводы

Полученные результаты показывают, что двигатель сверхзвукового административного самолета может работать на задросселированном режиме при взлете. При этом, благодаря энергетической механизации выдува воздуха, двигатель будет работать не только на создание тяги, но и на улучшение аэродинамики крыла. Видно, что в этом случае скорость истечения струи Сс из сопла двигателя уменьшается. Это позволяет существенно уменьшить мощность акустического шума двигателя, что подтверждается результатами расчетов, представленными выше.

### Литература

1. https://www.aviaport.ru/digest/2005/07/05/92637.html
2. Югов О.К., Селиванов О.Д. Согласование характеристик самолета и двигателя. М.:Машоностроенение; 1975. 204 с.; 2-е изд., 1980. 145 с.
3. Международные стандарты и Рекомендуемая практика. Приложение 8 к Конвенции о международной гражданской авиации. Летная годность воздушных судов. Издание одинадцатое июль 2010 года.
4. Югов О.К., Селиванов О.Д. Согласование характеристик самолета и двигателя. М.:Машоностроенение; 1975. 204 с.; 2-е изд., 1980. 146 с.
5. Ша М., Агульник А.Б., Яковлев А.А. Анализ результатов математического моделирования натекания дозвукового потока на профили лопаток в двухмерной постановке // Труды МАИ. 2017. Выпуск № 93.
URL: http://trudymai.ru/upload/iblock/111/shamingun_agulnik_yakovlev_rus.pdf
6. Ша М., Агульник А.Б., Яковлев А.А. Влияние расчетной сетки при математическом моделировании натекания дозвукового потока на профиль перспективной лопатки с отклоняемой задней кромкой в трехмерной постановке // Вестник Московского авиационного института. 2017. Выпуск Т. 24 № 4.
URL: http://vestnikmai.ru/publications.php?ID=86421
7. https://ru.wikipedia.org/wiki/АЛ-31Ф
8. Международные стандарты и Рекомендуемая практика. Приложение 16 к Конвенции о международной гражданской авиации. Охрана окружающей среды. Том 1 авиационный шум. Издание седьмое июль 2014 года. http://www.aviadocs.net/icaodocs/Annexes/an16_v1_cons_ru.pdf
9. Флоров И.Ф. Методы оценки эффективности применения двигателей в авиации. Тр. ЦИАМ.1985. № 1099. 260 с.
10. Шейнии В.М., Козловский В.И. Весовое проектирование и эффективность пассажирских самолетов. М.:Машиностроение, 1984. 552 с.
11. Шульженко М.Н. Конструкция самолетов. М.:Машиностроение, 1971. 413. с.
12. Югов О.К., Селиванов О.Д. Согласование характеристик самолета и двигателя. М.:Машоностроенение; 1975. 204 с.; 2-е изд., 1980. 200 с.



**Связь с авторами:zxn661029@163.com**
**agulnik201@mail.ru**
**tempero.m@gmail.com**
**maksmai33@gmail.com**


**ОЛИМПИАДА**

# АВИАМОТОРОСТРОИТЕЛИ БУДУЩЕГО В МОСКВЕ

"Братство мотористов - самое сильное и крепкое из инженерных специальностей" - сказал в своей вступительной речи заведующий кафедры "Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей" Алексей Борисович Агульник на открытии третьего (заключительного) этапа Всероссийской студенческой олимпиады "Авиационные двигатели и энергетические установки".

На 51-ую олимпиаду, которую принимал в этом году, с 7 по 9 ноября в своих стенах Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), приехали более 50 студентов и преподавателей ведущих аэрокосмических ВУЗов сраны: Самарского университета, УГАТУ, РГАТУ, КНИТУ-КАИ и ОГТУ. 37 лучших студентов старших курсов боролись за звание лучших в четырех тематических разделах: "Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок", "Теория и расчет лопаточных машин", "Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок" и "Технология производства авиационных двигателей и энергетических установок". В течение 4 часов студенты решали конкурсные задания, представляющие собой аналитические вопросы по каждому разделу. Вопросы традиционно были разыграны в день проведения олимпиады членами жюри, в состав которых вошли преподаватели ВУЗов-участников. По итогам олимпиады места в командном зачете распределились следующим образом:

1 место - Самарский университет;
2 место - УГАТУ;
3 место - РГАТУ;
4 место - МАИ (НИУ);
5 место - КНИТУ-КАИ;
6 место - ОГТУ.

Все призеры и победители командного и личного зачета были награждены дипломами и ценными призами, которые вручал почетный гость олимпиады, выпускник факультета двигателей Московского авиационного института, генеральный конструктор-директор "ОКБ им. А. Люльки" Евгений Ювенальевич Марчуков.

Помимо самой олимпиады, для участников была организована экскурсионная программа, в ходе которой ребята посетили лаборатории института, а также ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова".

Олимпиада 2019 года будет проходить в Рыбинске на базе РГАТУ.

# АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ САРКИСОВ

**13 января на 83-м году ушел из жизни великий российский ученый и конструктор в области авиационного двигателестроения Александр Александрович Саркисов.**

А.А.Саркисов родился 19 мая 1936 года в Москве. В 1943 году погиб отец. Семья переехала в Уфу. После окончания школы в 1954 году поступил в Уфимский авиационный институт, по окончанию которого работал в ОКБ-100 (ныне НПП "Мотор") расчётчиком группы турбин, руководителем группы камер сгорания, ведущим конструктором особо сложных изделий, заместителем главного конструктора - ответственным за создание двигателей для ракет воздушного и подводного базирования. За участие в создании комплекса "Гранит" молодому инженеру А.А. Саркисову была присуждена Ленинская премия.

В 1983 году А.А.Саркисов переведен на работу в ЗГУ МАП заместителем начальника Главка по опытным двигателям, а в 1984 году назначен главным инженером ЗГУ МАП.

В 1987 году А.А.Саркисов назначен Генеральным конструктором "НПО им. В.Я. Климова", где проработал 17 лет. Под руководством А.А. Саркисова велись работы по доводке двигателя РД-33 для истребителя МиГ-29. А.А. Саркисов не раз повторял, что за РД-33, доводкой которого он занимался около 20 лет, всегда испытывал гордость. Главные задачи, которые ему удалось решить - наращивание ресурса двигателя, обеспечение надежности, безопасности полетов, развитие экспортного потенциала.

А.А. Саркисов руководил проектом создания выходного устройства реактивного двигателя со всеракурсным управляемым вектором тяги. В нашей стране подобный двигатель был разработан впервые. При использовании такой конструкции значительно повышается безопасность полетов, увеличиваются возможности маневра боевой машины, особенно на критических углах атаки. Новую конструкцию назвали "КЛИВТ" (Климовский вектор тяги). Так был создан двигатель РД-133 (РД-МК), предназначенный для оснащения самолетов, базирующихся на авианесущих крейсерах ВМФ.

Одновременно под руководством Саркисова на заводе был создан высокоэкономичный турбовинтовой двигатель четвертого поколения ТВ7-117С для гражданского самолета Ил-114 и транспортного Ил-114Т. На базе ТВ7-117С были созданы "вертолетный" вариант двигателя и силовая установка для высокоскоростных катеров различного водоизмещения и назначения. Сегодня двигатель ТВ7-117С планируется устанавливать на военно-гражданский самолет Ил-112.

Помимо работы над ТРД Александр Александрович много занимался модернизацией двигателя ТВ3-117, разработанного еще С.П. Изотовым. Совместная работа коллектива НПО имени В.Я. Климова и АО "Мотор Сич" под руководством генерального конструктора А.А. Саркисова и генерального директора В.А. Богуслаева позволили модернизировать самый массовый вертолетный двигатель ТВ3-117. В итоге, турбовальные двигатели семейства ТВ3-117 вошли в число наиболее надежных в мире. Различные модификации двигателей ТВ3-117 эксплуатируются в 60 странах мира уже на протяжении более 30 лет, и зарекомендовали себя как высоконадежные и высокоэкономичные. Новая модификация ТВ3-117 - российский двигатель ВК-2500 был сертифицированный Авиарегистром МАК в 2000 году.

В 1998 г. на "Климове" по указанию генерального конструктора А.А.Саркисова было создано новое подразделение - Комплекс систем управления. В его задачу входила разработка новых малогабаритных и высокоэффективных цифровых электронных блоков автоматического регулирования и контроля газотурбинных двигателей типа FADEC, измерительно-диагностического оборудования, испытательных стендов, имитаторов двигателей и др. Первые образцы блоков автоматического регулирования и контроля (БАРК), разработки "Климова" начали проходить летные испытания весной 2000 г., а уже в следующем году были сертифицированы.

В 1960-1980-е годы по чертежам НПО им. В.Я. Климова, разработанных под руководством А.А. Саркисова было выпущено более 60 тысяч силовых установок для Ми-2, Ми-8, Ми-17 военных и гражданских модификаций, для Ка-25, Ка-27; -28; -29, -32, -52 и других. Были получены сертификаты России, МАК, Канады, Индии, Китая. Ресурс двигателей довели до 9000 часов, создали их различные модификации.

После завершения работы в "НПО им. В.Я. Климова" Александр Александрович продолжил работу по программе совершенствования вертолётных двигателей в ОАО "НПО "Сатурн" и Научно-техническом центре им. А.М. Люльки, а затем - генеральным конструктором в компании "БОРИСФЕН".

С 1990 года А.А. Саркисов являлся профессором Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, а в 1991 году получил ученую степень доктора технических наук.

Светлая память о выдающемся конструкторе и ученом, прекрасном человеке, талантливом организаторе и инженере - Александре Александровиче Саркисове навсегда сохранится в наших сердцах.

Коллектив ЗАО "БОРИСФЕН" и ЗАО "ВКМС" выражает глубокие соболезнования родным и близким великого авиаконструктора.

Редакция журнала "Двигатель" присоединяется к выше приведённым словам коллег Александра Александровича и выражает искреннее соболезнование родным и близким одного из наших самых глубокоуважаемых авторов А.А. Саркисова.

Он - один из последних, живших рядом с нами великих конструкторов ГТД XX века. Его уход - огромная потеря для отечественной науки. Все современные вертолётные двигатели, выпускаемые в России и СНГ - творение Александра Александровича. И МиГ-29 движется в воздухе двигателем его конструкции.-. Он не так часто печатался у нас, как мы бы все хотели, но каждая из его статей была несомненным событием и в жизни журнала, и в научной жизни страны. Память об этом учёном и конструкторе сохранится до тех пор, пока в России будут исследоваться и строиться новые авиационные двигатели.

Мы надеемся, что вечно.

**Редакция журнала "Двигатель"**

УДК 621.45.00.112.03.54-225

# КОНТРОЛЬ РАЗНОТЯГОВОСТИ ТУРБОРЕАКТИВНЫХ ДВУХКОНТУРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДВУХДВИГАТЕЛЬНОГО САМОЛЁТА ПРИ ПОЯВЛЕНИИ РАЗНИЦЫ ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЯ ИХ РОТОРОВ

Продолжение темы.
Начало в №5 за 2018

Московский Авиационный Институт (Национальный исследовательский университет)
**Аделия Юрьевна Бурова,** старший преподаватель
**Юрий Михайлович Кочетков,** д.т.н.

***Рассмотрены вопросы, связанные с контролем разнотяговости турбореактивных двухконтурных двигателей силовой установки двухдвигательного самолёта. Приведены результаты конкретизации математической модели их разнотяговости.***

***The issues related to the automatic control of the thrust asymmetry of turbojet two-circuit engines of the power plant of a twin-engine aircraft are considered. The results of concretization of mathematical model of traction asymmetry are presented.***

**Ключевые слова:** *турбореактивный двухконтурный двигатель, тяга, разнотяговость, частота вращения ротора низкого давления, частота вращения ротора высокого давления.*

**Keyword:** *turbojet engine, thrust, thrust asymmetry, low pressure rotor speed, high pressure rotor speed.*

Постоянный автоматический контроль взаимного соответствия качества работы турбореактивных двухконтурных двигателей (ТРДД) силовой установки двухдвигательного самолёта сразу по двум параметрам их тяги в полёте можно и должно считать одним из путей повышением безопасности полётов среднемагистральных и дальнемагистральных самолётов с такими силовыми установками согласно требованиям обновлённого Воздушного кодекса Российской Федерации и её Федеральным авиационным правилам в свете непрерывного совершенствования отечественной системы технического регулирования [1,2,3]. Многомерная постановка задачи контроля и компенсации разнотяговости однотипных ТРДД сразу по двум параметрам их тяги позволяет формализовать зависимость разнотяговости этих двигателей от частот вращения их роторов низкого давления (РНД) и роторов компрессоров высокого давления (КВД), используя эти замеряемые рабочие параметры ТРДД в качестве параметров его тяги [3,4].

Однако сложность эксплуатации ТРДД силовой установки двухдвигательного самолёта в полёте требует конкретизации параметров математической модели разнотяговости его двигателей от частот вращения их роторов [5]. Такая конкретизация необходима для оценки взаимного соответствия качества работы ТРДД силовой установки двухдвигательного самолёта в полёте, поскольку изменение разнотяговости его двигателей вследствие изменений частот вращения их роторов при взлёте и наборе высоты свидетельствует о частичной неисправности или повреждениях одного из этих двигателей [6].

Целью исследования является поиск решения задачи контроля разнотяговости ТРДД, возникающей от разницы частот вращения их роторов.

## Материал и методы исследования

Материалом исследования является силовая установка двухдвигательного самолёта с ТРДД. Методами исследования являются методы математического моделирования и минимизация разнотяговости и асимметрии тяги однотипных ТРДД в многомерной постановке задачи контроля и компенсации их разнотяговости и асимметрии тяги по двум параметрам ТРДД.

## Результаты исследования и их обсуждение

Зависимость разнотяговости $\Delta R_{TRDD}$ ТРДД с тягой $R_{TRDD}$, частотой вращения РНД $n_1$, частотой вращения ротора КВД $n_2$ и ТРДД с тягой $R_{TRDD}^*$, частотой вращения РНД $n_1^*$, частотой вращения ротора КВД $n_2^*$ от частот вращения роторов этих двигателей можно и должно формализовать в виде разностного уравнения с коэффициентами $J_1$, $J_2$ [3]:

$$\Delta R_{TRDD}=|R_{TRDD} - R_{TRDD}^*| = |J_1[(n_1)^2-(n_1^*)^2] + J_2[ (n_2)^2-(n_2^*)^2]|. \quad (1)$$

Тогда разнотяговость $\Delta R_{TEST}$ двигателя с максимальной тягой $R_{TESTmax}$ и двигателя с минимальной тягой $R_{TESTmin}$ по результатам их испытаний на заводских горячих стендах в режиме "ВЗЛЁТ" в условиях серийного производства на заводе-изготовителе:

$$\Delta R_{TEST}=R_{TESTmax}- R_{TESTmin}, \quad (2)$$

$$R_{TESTmax}=J_1\cdot(n_{1max})^2, \quad (3)$$

$$R_{TESTmin}=J_1\cdot(n_{1min})^2, \quad (4)$$

$$R_{TESTmid}=J_1\cdot(n_{1mid})^2, \quad (5)$$

$$R_{TESTmax}=J_2\cdot(n_{2max})^2, \quad (6)$$

$$R_{TESTmin}=J_2\cdot(n_{2min})^2, \quad (7)$$

$$R_{TESTmid}=J_2\cdot(n_{2mid})^2, \quad (8)$$

$$R_{TESTmin} \leq R_{TESTmid} \leq R_{TESTmax}$$

$$n_{1mid}=(n_{1max}+n_{1min})/2, \quad (9)$$

$$n_{2mid}=(n_{2max}+n_{2min})/2, \quad (10)$$

если $n_{1min} \leq n_{1test} \leq n_{1max}$

$$R_{TEST}=J_1\cdot(n_{1test})^2, \quad (11)$$

$$R_{TEST}=J_2\cdot(n_{2test})^2. \quad (12)$$

Исходную разнотяговость ТРДД двухдвигательного самолёта, возникающую от разницы частот вращения их роторов можно и должно контролировать при глубоком тестировании технического состояния этих двигателей сразу по двум параметрам их тяги (частотам вращения роторов) после их испытаний на заводских горячих стендах в условиях серийного производства на заводе-изготовителе [4]. При этом уровень тяги $R_{TRDD}$ глубоко тестированного ТРДД по результатам глубокого тестирования его технического состояния:

$$R_{TRDD}=J_1\cdot(n_{1test})^2=J_1\cdot(C_1\cdot n_{1test})^2, \quad (13)$$

$$R_{TRDD}=J_2\cdot(n_{2test})^2=J_2\cdot(C_2\cdot n_{2test})^2. \quad (14)$$

Требуется, чтобы

$$R_{TRDD}=R_{TRDDmid},$$

$$R_{TRDDmid}= R_{TESTmid}=J_1\cdot(C_{1mid}\cdot n_{1mid})^2,\ C_{1mid}=1,$$

$$J_1\cdot(C_1\cdot n_{1test})^2=J_1\cdot(C_{1mid}\cdot n_{1mid})^2,$$

$$C_1\cdot n_{1test}=n_{1mid},$$

$$C_1=n_{1mid}/n_{1test}=(n_{1max}+n_{1min})/(2\cdot n_{1test}),$$

$$C_1=(n_{1max}+n_{1min})/(2\cdot n_{1test}), \quad (15)$$

$$R_{TRDDmid}= R_{TESTmid}=J_2\cdot(C_{2mid}\cdot n_{2mid})^2,\ C_{2mid}=2,$$

$$J_2\cdot(C_2\cdot n_{2test})^2=J_2\cdot(C_{2mid}\cdot n_{2mid})^2,$$

$$C_2\cdot n_{2test}=n_{2mid},$$

$$C_2=n_{2mid}/n_{2test}=(n_{2max}+n_{2min})/(2\cdot n_{2test}),$$

$$C_2=(n_{2max}+n_{2min})/(2\cdot n_{2test}). \quad (16)$$

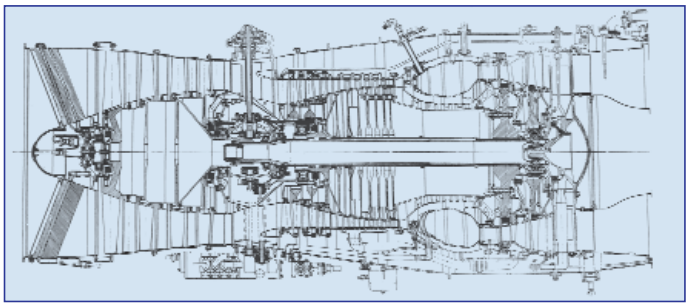
Весовые коэффициенты $C_1$ и $C_2$ для одного ТРДД с параметрами тяги $n_1$, $n_2$ и весовые коэффициенты $C_1^*$ и $C_2^*$ для другого ТРДД с параметрами тяги $n_1^*$, $n_2^*$ при соотношении измеренных на заводе значений (тестовых значений) $n_{1test}$, $n_{2test}$, $n_{1test}^*$, $n_{2test}^*$ этих параметров тяги $n_{1min} < n_{1test} < n_{1max}$, $n_{2min} < n_{2test} < n_{2max}$, $n_{1min} < n_{1test}^* < n_{1max}$, $n_{2min} < n_{2test}^* < n_{2max}$ необходимы для предотвращения ложных срабатываний системы автоматического управления силовой установкой из-за исходной "разнотяговости" двух ТРДД вследствие неравенства тестовых значений частот вращения их роторов $n_{1test}$ и $n_{1test}^*$ или $n_{2test}$ и $n_{2test}^*$, если тестовые значения частот вращения этих роторов $n_{1min} < n_{1test} < n_{1test}^* \leq n_{1max}$ или $n_{1min} \leq n_{1test}^* \leq n_{1test} < n_{1max}$ и (или) $n_{2min} \leq n_{2test} \leq n_{2test}^* \leq n_{2max}$ или $n_{2min} \leq n_{2test}^* \leq n_{2test} < n_{2max}$, если $n_{1min}$ и $n_{2min}$ - минимальные значения частот вращения роторов ТРДД, успешно прошедших глубокое тестирование технического состояния, а $n_{1max}$ и $n_{2max}$ - максимальные значения частот вращения роторов таких ТРДД.

Предложенное решение задачи автоматического контроля разнотяговости ТРДД в зависимости от разницы частот их роторов может и должно повысить безопасность полёта этого самолёта за счёт оперативной оценки взаимного соответствия качества работы его двигателей сразу по двум параметрам их тяги при взлёте и наборе высоты. Объективность такой оценки обеспечивается конкретизацией параметров математической модели зависимости разнотяговости ТРДД силовой установки двухдвигательного самолёта от частот вращения их роторов, которые используются в качестве параметров тяги его двигателей в полёте. Эта конкретизация позволяет сузить диапазон изменения параметров тяги ТРДД силовой установки двухдвигательного самолёта при взлёте, что способствует сокращению времени принятия решений при частичной неисправности или повреждениях одного из его двигателей.

Литература

1. Воздушный кодекс и Федеральные авиационные правила 2017 - М.: ООО "Авиатека", 2017. - 1008 с.
2. 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. - 256 с.
3. Бурова А.Ю., Кочетков Ю.М. Формализация зависимости разнотяговости турбореактивных двухконтурных двигателей двухдвигательного самолёта, возникающей от разницы частот вращения их роторов // Двигатель. - 2018. - № 5 (119). - С. 14-15.
4. Дворниченко В.В., Бурова А.Ю. Глубокое тестирование турбореактивных двигателей методами математической статистики для повышения их соответствия нормативам ICAO // Вестник Московского авиационного института. - 2011. - Т. 18, № 3. - С. 116-127.
5. Машиностроение. Энциклопедия в сорока томах. Раздел IV. Расчёт и конструирование машин. Т. IV-21. Самолёты и вертолёты. Кн. 3. Авиационные двигатели / В.А. Скибин, В.И. Солонин, Ю.М. Темис, В.А. Сосунов и др. Под ред. В.А. Скибина, Ю.М. Темиса и В.А. Сосунова. Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 2010. - 720 с.
6. Скрипниченко В.Г. Применение математического моделирования и теоретических методов при анализе особых случаев взлёта и посадки воздушных судов: дисс. . докт. техн. наук. - М., 2005. - 438 с.

Связь с авторами: frambe@mail.ru



# О СОВМЕСТНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОТРУДНИКОВ ЦИАМ И КАФЕДРЫ Э-3 В СФЕРЕ СОЗДАНИЯ УСТАНОВОК ПО УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

**Валерий Игнатьевич Гуров,** д.т.н., начальник сектора ГНЦ РФ ЦИАМ

**В** 1996 году началось очередное плодотворное сотрудничество специалистов ЦИАМ и кафедры Э-3 МГТУ им. Н.Э. Баумана в составе Временного творческого коллектива (ВТК) по выполнению задания ЦБ РФ по утилизации спецмакулатуры. В состав этого ВТК от ЦИАМ входили В.И. Гуров, К.Н. Шестаков, А. Худяков и Ю. Марков, от кафедры Э-3 МГТУ - В.Е. Михальцев, Р.З. Тумашев, В.Д. Моляков и Ю.Л. Маслов. Гинцветмет представлял П. Коган. По результатам проделанного выпущено технико-экономическое обоснование объемом 95 страниц "Установка для высокоэкологической термообработки макулатуры бумажной специальной с получением теплоэнергетического эффекта".

В дальнейшем на основании достигнутых результатов проведены обширные исследования газотурбинных установок для работы на продукт-газе и биогазе коллективом в составе В.И. Гурова, В.Л. Иванова, И.Г. Суровцева и К.Н. Шестакова. Получено несколько патентов на изобретения и полезные модели, один из которых (патент РФ №2520214 на изобретение,2014) награжден дипломом в номинации "Сто лучших изобретений России в 2014 году". Интересно отметить, что это тот самый патент, который был первой пробой пера И.Г. Суровцева в области создания объектов интеллектуальной собственности. Самое начало работы - и такой ошеломляющий результат!

На юбилее факультета "Энергетическое машиностроение" собрались специалисты, которые участвовали в упомянутых работах и занимаются развитием этой темы в настоящее время. На фото - выпускники кафедры Э-3 разных лет (в скобках год выпуска). На фото слева направо И. Гуров (1994), В. Гуров (1964), В. Венедиктов (1956), И. Суровцев (1965), Ю. Елисеев (1976), В. Дячук (1995), В. Насонов (1987), С. Бурцев (1999).

# ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГОСТ И ТЕРМИНОЛОГИЯ В ГТД

## КРИТИЧЕСКИЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПРАКТИКУЮЩЕГО ИНЖЕНЕРА

**Василий Валентинович Чобиток,** инженер-механик

**В ряде дискуссий автору пришлось столкнуться с катастрофическим непониманием отдельными выпускниками ВТУЗов не только особенностей общего устройства газотурбинных двигателей (ГТД), но и элементарных вопросов классификации, когда такая, казалось бы, простая вещь как объяснение отличий двух- и трёхвальных ГТД наталкивается на стену глухого непонимания и отрицания. Самое неприятное здесь то, что привлечение определений из ГОСТ в некоторых случаях не только не помогает, но ещё больше запутывает оппонентов. Такое положение вещей подтолкнуло критически разобрать некоторые термины и определения из имеющих отношение к теме ГТД ГОСТ.**

### Определение ГТД

**ГОСТ Р 51852: "1 газотурбинный двигатель, ГТД: Машина, предназначенная для преобразования тепловой энергии в механическую."**

Других слов нет, определение - гениальное. Является ли ГТД машиной, предназначенной для преобразования тепловой энергии в механическую? Да, определенно. Однако, точно таковой машиной является дизельный, карбюраторный и все прочие двигатели внутреннего сгорания, и не только внутреннего, но и, например, паровые машины. И не только двигатели, но и любые машины и устройства, работа которых заключается в преобразовании тепла в механическую работу.

В данном определении нарушено правило логики, в соответствии с которым определение термина должно включать родовую принадлежность и видовое отличие. Принадлежность к определенному роду (к таким-то машинам) указана, а какие видовые отличия ГТД от прочих тепловых машин - нет! Данный принцип логики, к тому же, отражён в РМГ 19-96 (Рекомендации по основным принципам и методам стандартизации терминологии), которым следует руководствоваться при написании стандартов, (п. 3.2): "Основным видом определения в терминологических стандартах является определение путем указания ближайшего родового понятия и видовых отличительных признаков."

И здесь со мной можно было бы не согласиться, поскольку в ГОСТ Р 51852 к термину № 1 присутствует также примечание, имеющее следующую формулировку.

"*Примечание - Машина может состоять из одного или нескольких компрессоров, теплового устройства, в котором повышается температура рабочего тела, одной или нескольких газовых турбин, вала отбора мощности, системы управления и необходимого вспомогательного оборудования. Теплообменники в основном контуре рабочего тела, в которых реализуются процессы, влияющие на термодинамический цикл, являются частью газотурбинного двигателя.*"

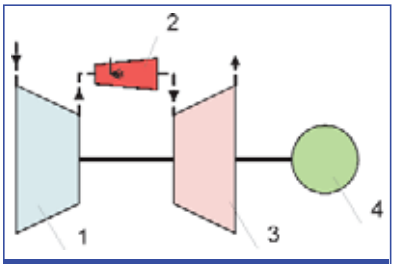



*Рисунок 1 - Одновальный ГТД (здесь и далее на примере схем турбовальных двигателей)*
*1 - компрессор, каскад компрессора;*
*2 - камера сгорания; 3 - турбина, газовая турбина, турбина компрессора, каскад турбины, силовая турбина; 4 - нагрузка, внешний потребитель мощности двигателя*
*Примечание - по некоторым позициям приведено несколько вариантов, каждый из которых верный и может использоваться в зависимости от контекста. Например, турбина может называться "силовой турбиной", если она рассматривается в связке с выходным валом и далее нагрузкой, или "турбиной компрессора", если она рассматривается как привод компрессора. Вообще для одновального ГТД без свободной турбины, вполне достаточно "турбина", т.к. в этом случае она очевидно "турбина компрессора" и для турбовальных ГТД "силовая турбина". О самой "свободной турбине" - чуть ниже*

Да, это примечание кое-что проясняет и уточняет, но к нему есть несколько формальных и содержательных претензий.

По ГОСТ 1.5 определение должно состоять из одного предложения и заканчиваться точкой. При этом в примечаниях приводятся дополнительные пояснения. Определение ГТД в ГОСТ Р 51852 закончилось точкой, в нем дана исключительно родовая принадлежность (т.е. определение неполное), а в примечании даны не пояснения к определению, а видовые отличия ГТД - то, что должно быть частью самого определения.

Обратимся к определению термина gas turbine в ISO 3977-1, идентичным которому заявлен ГОСТ Р 51852: "*Machine which converts thermal energy into mechanical work; it consists of one or several rotating compressors, a thermal device(s) which heats the working fluid, one or several turbines, a control system and essential auxiliary equipment. Any heat exchangers (excluding waste exhaust heat recovery exchangers) in the main working fluid circuit are considered to be part of the gas turbine.*"

Перевод предложенного абзаца: *"Машина, которая преобразовывает тепловую энергию в механическую работу; она состоит из одного или нескольких вращающихся компрессоров, теплового устройства, в котором повышается температура текучего рабочего тела, одной или нескольких турбин, системы управления и необходимого вспомогательного оборудования. Любые теплообменники (за исключением теплообменников рекуперации отработанного тепла) в основном контуре рабочего тела считаются частью газовой турбины.*"

Здесь всё же определение дано не одним предложением (вероятно, требования к стандартам ISO отличаются), но основные видовые отличия ГТД (мной подчёркнуты) приведены в первом предложении и отделены от указания родовой принадлежности точкой с запятой.

К тому же, практика использования примечаний к определениям в ГОСТ говорит о том, что роль примечания не расширять или сужать данное определение термина, а давать пояснения и исключать возможные неоднозначности и противоречия в понимании формулировок, исключать трактовки. При этом без примечания суть определения никак не должна измениться. В том же стандарте, например, в определении № 2 для газотурбинной установки дано примечание: "Полезной формой энергии может быть - электрическая, механическая и другие." В данном случае наблюдаем именно пояснение, которое исключает возможную неоднозначность толкования термина "полезная форма энергии" из определения, но никак не меняет (не сужает и не расширяет) суть самого определения.

Это формальные претензии, теперь по содержанию. Приведу то же самое примечание со своими уточнениями в скобках:

"*Машина может состоять из одного или нескольких компрессоров [нагнетающих воздух в топку], теплового устройства [котла], в котором повышается температура рабочего тела [воды, водяного пара], одной или нескольких [газовых, паровых] турбин...*"

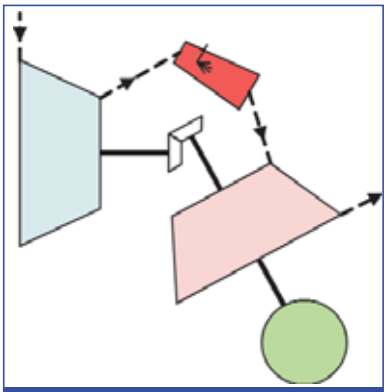


*Рисунок 2 - Тоже одновальный ГТД*
*Важно понимать, что считается не число наличных в конструкции валов как таковых (на схеме - два вала), а сколько в ней независимых каскадов турбокомпрессоров*

Как можно увидеть, даже с приведенным примечанием определение ГТД из ГОСТ Р 51852 вполне соответствует такому механизму как паровая турбина. [Кстати, стоит отметить, что у первых конструкторов ГТД камера сгорания достаточно долго именовалась именно "котлом", пока не утвердилось принятое сейчас наименование. *Прим. ред*] Если паровая турбина по мнению авторов ГОСТ является ГТД, то вопросов нет, а если это иное, то почему определение не соответствует требованиям РМГ 19-96 о соразмерности и однозначности понимания определения?

В этой связи уместно привести определение по ГОСТ 23851: "Газотурбинный двигатель: Тепловая машина, предназначенная для преобразования энергии сгорания топлива в кинетическую энергию реактивной струи и (или) в механическую работу на валу двигателя, основными элементами которой являются компрессор, камера сгорания и газовая турбина".

Это определение не только вполне соответствует как формальным требованиям ГОСТ 1.5, но и логически непротиворечиво. Во всяком случае, чтобы теперь в соответствии с определением отнести паровую турбину к ГТД, надо иметь определенную степень альтернативной одаренности. Более того, в этом определении перечислены три основных элемента (компрессор, камера сгорания, турбина), которые являются обязательной частью любого ГТД, отличают его от остальных тепловых машин и, в отличие от определения в ISO, не содержат ненужную в данном определении информацию об устройствах (теплообменник), которые не являются обязательной частью ГТД.

## Один - два- три - много...

### ГОСТ 23851: "одновальный ГТД: ГТД, имеющий общий вал для компрессора и турбины"

Возьмем для примера двухвальный ГТД, у которого компрессор с турбиной низкого давления имеют общий вал и компрессор с турбиной высокого давления также имеют общий вал. Такой ГТД отвечает приведенному выше определению? Вполне, каждый его компрессор имеет общий вал с турбиной. Поскольку определение в данной формулировке подходит и для двухвального двигателя, оно неверное.

ГОСТ Р 51852: "*одновальный газотурбинный двигатель: Газотурбинный двигатель, в котором роторы компрессора и газовой турбины соединены и мощность отбирается непосредственно с выходного вала или через редуктор*".

Та же самая проблема. В двух- и любом другом многовальном двигателе роторы каждого каскада компрессора соединены с турбиной. Более того, мощность отбирается "непосредственно с выходного вала или через редуктор" для любого турбовального двигателя, независимо от того одновальный он или нет, поэтому данная формулировка в определении является лишней и не соответствует требованию РМ 19-96 "оптимальная краткость определения".

Верным представляется определение в такой формулировке: "одновальный ГТД: ГТД, имеющий компрессор и турбину на одном едином валу". Также целесообразно наличие примечания, в котором должно поясняться, что здесь под валом в более широком смысле может пониматься жесткая кинематическая связь компрессора и турбины (но ведь, если вал разрезать и разрезанные части соединить через редуктор, от этого ГТД по своей схеме не превратится в многовальный). Вообще следует понимать, что в ГТД под общим валом турбины и компрессора подразумевается не вал как таковой, а наличие между ними механической связи, как бы конструктивно она ни была реализована.

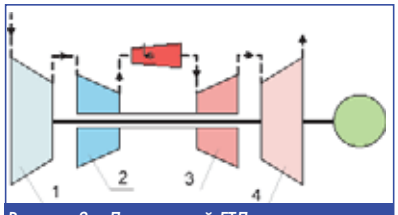



*Рисунок 3 - Двухвальный ГТД с двухкаскадным компрессором*
*1 - компрессор низкого давления; 2 - компрессор высокого давления; 3 - турбина высокого давления; 4 - турбина низкого давления, силовая турбина*

ГОСТ Р 51852: "*многовальный газотурбинный двигатель: Газотурбинный двигатель, имеющий, по крайней мере, две газовые турбины, вращающиеся на независимых валах*".

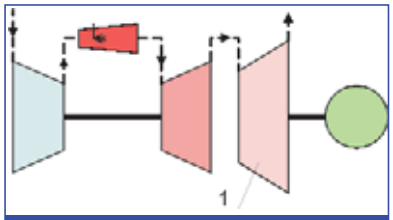



*Рисунок 4 - Одновальный ГТД со свободной силовой турбиной и однокаскадным компрессором*
*1 - свободная силовая турбина с отдельным валом и отбором мощности*

Сначала формальная претензия к формулировке определения. В соответствии с требованиями ГОСТ 1.5 в стандартах не допускается применять обороты разговорной речи (п. 4.1.5). Выражение "по крайней мере" является фразеологизмом (т.е. устойчивым словосочетанием естественного языка), который используется в значении "как минимум, по меньшей мере". В отдельности слово "крайний" из этого фразеологизма означает граничные, с начала или конца, значения какого-либо ряда или какое-либо последнее (как минимальное, так и максимальное) значение или событие. Незнание значения данного фразеологизма может привести к ошибочному ("крайний" в значении "максимальный") прочтению "имеющий не более двух газовых турбин". Для исключения неоднозначности и нарушения требований ГОСТ 1.5 фраза в определении должна иметь вид: "имеющий [по меньшей мере | как минимум | не менее] две газовые турбины...". Примечательно, что даже Google-переводчик определение из ISO 3977-1 "*Gas turbine combination including at least two turbines working on independent shafts*" переводит как "*Комбинация газовых турбин, включающая по меньшей мере две турбины, работающие на независимых валах*" - формально работающая машина определение из ISO перевела куда лучше и в целом понятнее, чем авторы ГОСТ Р 51852.

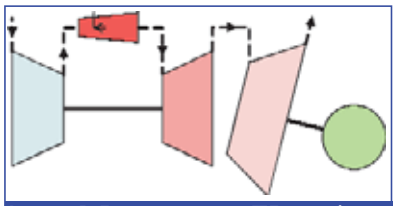


*Рисунок 5 - Тоже одновальный ГТД со свободной турбиной с отдельным валом.*
*Следует понимать, что валы не обязаны быть соосными*

Когда речь идет о многовальных (в отличие от одновального) двигателях вообще, использование термина "многовальный" оправдано и не вызывает вопросов. Когда же мы говорим о конкретном двигателе, то чаще всего важно понимать его конструктивные особенности, ведь, например, указание на двух- или четырёхвальный двигатель, в отличие от "многовальный", существенно уточняет понимание особенностей конструкции данного ГТД и его отличие от других.

В ГОСТ 23851 даются определения одно- и двухвального ГТД, а для трёхвального стоит прочерк, означающий, что его определение аналогично предыдущему (очевидно, с заменой "два" на "три"). Однако, известны конструкции и с большим числом валов, которые данным стандартом не определены.

Любой грамотный инженер вполне понимает: "где трех-, там может быть и четырехвальный" и "много- вполне может быть конкретизировано до двух-, трёх- и т.д. вального" - для такого понимания грамотному инженеру не требуются дополнительные пояснения и уточнения. Однако, неоднократно приходилось сталкиваться с формальным, буквальным пониманием не духа, а буквы стандарта, в соответствии с которым четырёхвальных ГТД не может вообще существовать как по ГОСТ 23851 (максимум трёхвальный), так и по ГОСТ Р 51852 (потому что он многовальный). [К слову, надо заметить, что реальных конструкций, в которых существуют турбокомпрессорные группы с числом валом более трёх пока не наблюдались, так что спор о

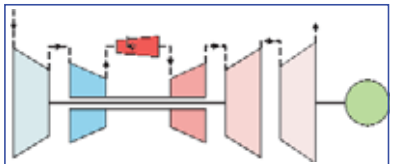


*Рисунок 6 - Двухвальный ГТД со свободной силовой турбиной и двухкаскадным компрессором на отдельном валу*

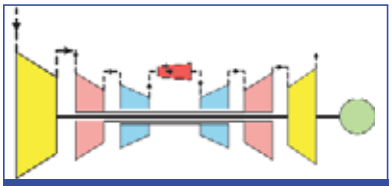


*Рисунок 7 - Трёхвальный ГТД с трёхкаскадным компрессором с отдельным соединением каждого каскада со своей турбиной Цветом обозначены отдельные турбокомпрессорные группы (в отличие от остальных схем статьи). Здесь: силовой является только турбина КНД*

классификации имеет скорее теоретический характер, не более. *Прим. Ред.* ]

Поэтому, несмотря на то, что по факту принято классифицировать ГТД по числу независимых турбин (имея в виду - турбокомпрессорные группы) указанием числа валов двигателя, желательно, чтобы это положение было верно закреплено в соответствующих стандартах. По аналогии с определением многоступенчатого компрессора из ГОСТ 23851, в примечании к которому указано: "*При конкретной конструкции компрессора он может называться по числу ступеней*", можно использовать одно определение термина "многовальный ГТД", а в примечании к нему указать: "*При конкретной конструкции ГТД он может классифицироваться по числу независимых друг от друга турбин на отдельных валах, например: двухвальный, трёхвальный и т.д.*" При этом лучше пользоваться не "числом турбин" а "количеством турбокомпрессорных групп". Чтобы не включать в это рассмотрение свободные турбины. О них - чуть далее.

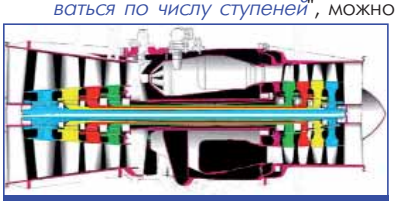


*Рисунок 8 - Проект многовального (здесь - четырёхвального) двигателя А.Г. Клименко*

Кроме того, обратим внимание на саму формулировку определения двухвального ГТД по ГОСТ 23851: "ГТД, имеющий два соосных, механически не связанных вала, на которых установлены отдельные каскады компрессоров и вращающих их турбин". Почему валы обязательно соосные, только потому, что таково большинство конструкций (хотя бы и подавляющее)? Ограничение "соосные" тут очевидно лишнее, поскольку существуют схемы ГТД с несоосными валами и от того, что в определении указано "соосные" они не перестают быть двухвальными, хоть это и противоречит гостированному определению.

## Силовая и свободная (силовая) турбины

**Существенная путаница наблюдается с использованием терминов "свободная" и "силовая" турбина**

**ГОСТ Р 51852: "силовая турбина: Турбина на отдельном валу, с которого отбирается выходная мощность."**

**ГОСТ 23851: "свободная турбина: Ступень (ступени) турбины ГТД, механически не связанная с его компрессором, полезная мощность которой используется для привода отдельного агрегата."**

В этом же стандарте дано определение турбовальному двигателю со свободной турбиной: "*Турбовальный двигатель, в котором выводной вал приводится во вращение турбиной, механически не связанной с турбиной компрессора*". Здесь можно заметить, что в одном и том же стандарте одно и то же понятие (свободная турбина) в отдельности и в составе ТВД имеет различающиеся по формулировкам определения. С другой стороны, поскольку в стандарте термины "ТВД" и "свободная турбина" определены по отдельности, то согласно ГОСТ 1.5 термину "ТВД со свободной турбиной" вообще не требуется давать определение, поскольку оно очевидно из определений входящих в его состав терминов.

Можно заметить, что, исходя из сути определений силовой и свободной турбин, в обоих стандартах одно и то же устройство названо двумя разными терминами. Так, может быть, это термины-синонимы? Нисколько. Во-первых, во многих отечественных изданиях термин "силовая" относится к любой турбине, с вала которой отбирается выходная мощность, а не только к той, которая на отдельном валу. Во-вторых, в иностранных источниках термин power turbine точно так же относится именно к той турбине, с вала которой снимается выходная мощность двигателя. В-третьих, если бы эти термины были синонимами, то часто используемый в специальной литературе термин свободная силовая турбина или free (power) turbine был бы тавтологией (наподобие "кавалериста всадника" или "прейскуранта цен"). Более того, в самом ГОСТ Р 51852 в подписи к рисунку А.3 указано: "*Схема ГТУ с многовальным ГТД простого цикла со свободной силовой турбиной*", хотя среди определенных данным стандартом терминов никакой "свободной силовой турбины" нет!

Вполне очевидным является тот факт, что силовой является любая турбина, которая непосредственно или через редуктор связана с выходным валом двигателя. Свободная же турбина - силовая турбина на отдельном валу, т.е. такая, у которой отсутствует механическая связь с турбиной компрессора. Поэтому в обязательном порядке должны быть отдельно стандартизированы оба термина, например:

"*силовая турбина: Турбина с вала которой [осуществляется основной отбор мощности | отбирается выходная мощность].*

**Примечания**

*1 Отбор мощности может осуществляться как непосредственно с вала турбины, так и через связанный с ним редуктор.*

*2 Турбины компрессоров, с валов которых отбирается мощность на (вспомогательные) агрегаты и механизмы, обеспечивающие работу самого двигателя (топливные и масляные насосы, генераторы и пр.) к силовым не относятся.*

3. *Свободная (силовая) турбина: Силовая турбина на отдельном валу, механически не связанная с компрессором.*"

## Другие определения

**ГОСТ 23851: "Турбовинтовой двигатель: Турбовальный двигатель, в котором мощность на выводном валу используется для привода тянущего воздушного винта."**

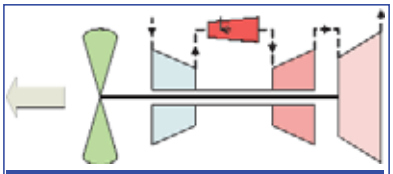


*Рисунок 9 - Турбовинтовой двигатель (ТВД) с тянущим воздушным винтом (в данном случае - двухвальный со свободной силовой турбиной)*

А как быть с ТВД, у которых толкающий воздушный винт? Разве они не турбовинтовые? Здесь уточнение "тянущего" очевидно лишнее и неоправданно сужает сферу действия определения.

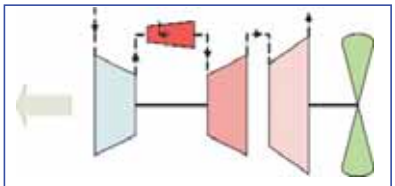


*Рисунок 10 - ТВД с толкающим винтом*
*Если существуют схемы ТВД с толкающим воздушным винтом, в определении не следует указывать "для привода тянущего воздушного винта"*

В этом же ГОСТ даны определения двух- и трехкаскадных компрессоров. По аналогии с ранее разобранным примером целесообразно иметь одно определение "многокаскадный компрессор" и примечание с указанием, что при конкретной конструкции компрессора он может классифицироваться по числу каскадов. И такого же рода соображения относятся к повсеместно применяемым сейчас многоконтурным ГТД. Но это уже темы, выходящие за рамки данной статьи.

### Литература


1. ГОСТ Р 51852-2001. Установки газотурбинные. Термины и определения

2. ГОСТ 23851-79. Двигатели газотурбинные авиационные. Термины и определения

3. ГОСТ 1.5-2001. Межгосударственная система стандартизации (МГСС). Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению

4. РМГ 19-96. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Рекомендации по основным принципам и методам стандартизации терминологии

5. ISO 3977-1:1997. Gas turbines - Procurement - Part 1: General introduction and definitions


**Связь с автором: chobitok@gmail.com**

# МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ САЛОН ИЗОБРЕТЕНИЙ И ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

# АРХИМЕД

## с 26 по 29 МАРТА 2019

Москва, Россия,
Конгрессно-выставочный
центр «Сокольники»,
павильон N 2

- Конкурсная программа
- Презентация высокотехнологичных проектов
- Международная выставка товарных знаков «Товарный знак – Лидер»
- Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы изобретательской и патентно-лицензионной деятельности»
- Международная выставка изобретений, новых продуктов и услуг

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

# ФОРУМ "ДВИГАТЕЛЬ РОССИИ"

## ПОРШНЕВОЕ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ

**Дмитрий Александрович Боев**

В декабре 2018 года был проведён небывалый в нашей стране технико-социальный эксперимент. Национальным агентством социальных коммуникаций совместно с КБ "Родстер России" был запущен амбициозный проект, имеющий целью возрождение отрасли поршневого двигателестроения в РФ. Силами агентства стратегических инициатив, при поддержке "АвтоНет" НТИ АСИ был в кратчайшее время проведён Общероссийский межотраслевой форум "Двигатель России". Чуть ранее, 24 октября для подготовки Форума, силами рабочей группы КБ "Родстер России" кафедры "Поршневые двигатели" МГТУ им. Н.Э. Баумана удалось консолидировать участников отрасли Поршневого двигателестроения России, создать Открытую студенческую автоинженерную учебно-технологическую межвузовскую корпорацию и как точку компетенций и опыта - Экспертный совет ветеранов в области поршневого двигателестроения (Совет старейшин).

*"Очень примечательно, что это мероприятие прошло по инициативе молодых инженеров, студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана, учащихся кафедр "Поршневые двигатели" и "Колесные машины", участников проекта создания молодежного спортивного автомобиля "Родстер Россия"* - сказал Дмитрий Олегович Онищенко, д.т.н., профессор кафедры "Поршневые двигатели" МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В первом заседании Совета приняли участие старейшины из Челябинска, Екатеринбурга, Санкт-Петербурга, Костромы, Ногинска, Коломны, Пензы, Протвино, из других городов, где находятся центры компетенций по вопросам поршневого двигателестроения. Был утвержден состав Совета, принят проект положения. Старейшины горячо поддержали идею проведения форума "Двигатель России" и тут же приступили к формированию оргкомитета. По мнению участников заседания, итоги мероприятия могут стать основой для разработки в России межотраслевой стратегии развития поршневого двигателестроения.

Также эксперты оценили современное положение дел в поршневом двигателестроении России, акцентировали внимание на наиболее проблемных, по их мнению, зонах. Был выдвинут ряд конкретных предложений по решению данных проблем, сформирован образ будущего отрасли. В ходе заседания Экспертного совета ветераны отрасли по всем проблемным зонам предложили варианты решений, они и стали темой для обсуждений на состоявшемся форуме "Двигатель России".

Форум (см. на www.форумдвигатель.рф) прошёл в течение трёх дней 19-21 декабря сразу на нескольких рабочих площадках. В МГТУ им. Баумана, в ЦИАМ им. П.И. Баранова, РГАУ - МСХА им. К. А. Тимирязева, МАДИ - всё это Москва, Санкт-Петербурге, Челябинске. Было организовано 10 рабочих групп ("стратегических сессий" в риторике организаторов Форума), в состав которых вошли известные в отрасли реально практикующие учёные, руководители, инженеры, изобретатели:

1. Развитие силовых установок для наземного транспорта;
2. Развитие силовых установок для морского и речного транспорта;

3. Развитие силовых установок на базе поршневых двигателей для воздушного транспорта;
4. Развитие стационарных и передвижных энергетических установок, резервные электроагрегаты, агрегаты для АЭС;
5. Развитие силовых установок для железнодорожного транспорта и тяжелого транспортного машиностроения;
6. Развитие силовых установок специального назначения и внедорожной техники;
7. Развитие силовых установок для сельскохозяйственной техники, дорожностроительной техники (в том числе использующих биотопливо);
8. Развитие производства компонентов для силовых установок и перспективные технологии;
9. Развитие гибридных силовых устано-

вок, применение альтернативных топлив и оптимизация рабочих процессов;

10. Развитие молодежных инженерных инициатив в области двигателе- и автомобилестроения - МАДИ (Москва).

Отдельной работой каждой команды в поле, охватываемым областью её интересов, было сформировано единое смысловое поле каждой сессии, дополненное по следующим вопросам: "Ключевые контрагенты - Ожидаемые эффекты", "Реестр инициатив и проектов", "Роли и их изменения", "Дорожная карта. Сценарий запуска".

Каждая стратегическая сессия завершается Смотром, в рамках которого тематическое Большое жюри выдает рекомендации и обеспечивает конструктивную поддержку командам.

На завершающем пленарном заседании представители каждой из рабочих групп провели презентацию и обсуждение результатов своей Стратегической сессии с представителями федеральных и региональных органов власти, депутатского корпуса, институтов развития. Компетентное Большое Жюри осуществило приёмку результатов, разработанных на Стратегической сессии, и утвердит "Образ будущего" и Дорожную карту его достижения. Докладчикам выдали Сертификаты поддержки их разработки членами жюри, которые решили поддержать предложенную инициативу.

Прошедший форум был организован Агентством стратегических инициатив на удивление по-деловому. Все этапы программы прошли каждой рабочей группой в срок и до конца. И если предложения обретут реальную форму, то возможно ожидать и немалого положительного эффекта от проведённого мероприятия. Посмотрим...

МИНПРОМТОРГ РОССИИ | Объединенная двигателестроительная корпорация | АО «ВНИКТИ» РЖД | МАДИ | 1865 | УрГУ | 1830



# ПАМЯТИ КОЛЛЕГИ И ДРУГА

**Год назад, 13 декабря 2017 года, пол года не доведя свою линию жизни до 100 лет, ушёл из жизни старейший из действующих главных редакторов журналов, маёвцев, выпускников академии им. Жуковского, авиадвигателестроителей, журналистов, писателей - и просто хороший человек, Лев Павлович Берне.**

Бывают на свете люди, о которых писать не просто. Потому что их жизненный путь, без остатка посвященный своей стране и любимому делу, не укладывается в строчки обычного очерка или статьи. Они не любят давать интервью, и мало рассказывают о себе, считая, что все победы и достижения, равно как и другие важные события, принадлежат другим героям, более достойным внимания общества и наград. Тем не менее, именно их ежедневный трудовой подвиг и внешне скромный, но безгранично глубокий внутренний талант творят историю, двигают время вперед, становятся примером самоотверженности и вдохновляют на свершения все новые поколения во имя безопасности и благополучия Родины. 22 июня 1918 года он увидел родное небо. Увидел, вдохнул и... полюбил навсегда. Настолько, что ухитрился практически одновременно закончить два ведущих авиаинженерных вуза: гражданский МАИ и военную ВВИА им. Жуковского. Это человек, проработавший в моторостроении всю жизнь, один из первых и опытнейших инженеров - испытателей "Союза", и даже на войне был постоянно сосредоточен на этих авиационных моторах.

Лев Павлович - один из инициаторов создания нашего журнала "Двигатель". В нашем журнале опубликовано им множество статей по истории авиации и о людях её создавших. Л.П. Берне - один из авторитетнейших историков авиации. Его книги по истории ОКБ "Союз", Ступинскому авиапредприятию и другие - стали классикой жанра. А книга о начале газотурбостроения в России "Как всё начиналось" выдержала два издания и потребовала допечаток тиража. Готовили и третье... Он - автор многочисленных статей по истории авиационного двигателестроения, по технике, которую использовали, о людях, что её создавали. Его жизнь - большой пример для всех нас.

# ПОСЛЕДНИЙ ГИДРОАВИАСАЛОН ПРОШЕДШЕГО ГОДА В ГЕЛЕНДЖИКЕ

ГЕЛЕНДЖИК 6-9 СЕНТЯБРЯ ГИДРОАВИАСАЛОН 2018

**Дмитрий Соколовский**

12-я Международная выставка и научная конференция по гидроавиации "Гидроавиасалон-2018" завершила свою работу поистине с рекордными показателями: 203 компании-участника, самая масштабная деловая программа, крупные сделки на поставку более чем 180 самолётов и вертолётов. За четыре дня выставку посетило 26,4 тыс. человек. Работу мероприятия освещал 321 журналист. Информационное обеспечение выставки в этом году осуществляло АО "Авиасалон", знакомое нам по МАКСам. Мероприятие 2018 года не имеет аналогов и по числу новаций в деловой программе. Впервые дискуссии экспертов охватили темы цифровизации и роботизации, создания и применения беспилотных авиационных систем.

Интеллектуальная промышленность в перспективе

Д.В. Мантуров на стендах

"Гидроавиасалон", как и все последние 20 лет, стал ожидаемым праздником для жителей и гостей города-курорта: в небе над Геленджикской бухтой прошли демонстрационные полёты, состоялись соревнования по высшему пилотажу "Кубок МАКС" с участием ведущих спортсменов, а в акватории состязались участники Детского дивизиона Национальной парусной лиги и Чемпионата России по аквабайку. И даже обложной дождь, обрушившийся на Салон на второй его день работы, не сбил выполнения программы выставки, хотя сильно помешал полётам.

Ми-38-2

Сатурновский ГТД малой тяги

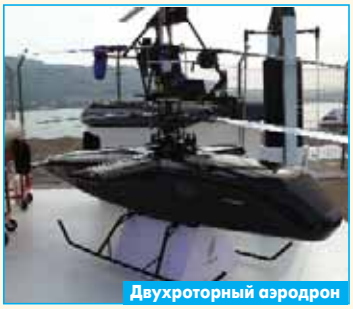
В 2018 году "Гидроавиасалон" превысил показатели предыдущей выставки: свои продукцию и услуги представили 203 компании из шести стран мира. Площадь экспозиции превысила 4 тыс. м$^2$. Ряд воздушных судов был представлен на "Гидроавиасалоне" впервые, новинками стали: лёгкий самолёт Т500А и самолёт местных воздушных линий L-410UVP-E20 - установленные на поплавковые шасси. Всего на статических стоянках в аэропорту Геленджика и на гидробазе ТАНТК им. Г.М. Бериева, а также в полёте было представлено 52 воздушных судна, кроме того, демонстрировалось шесть катеров.

Гидросамолёты на земле

Аэродрон

Деловая программа "Гидроавиасалона-2018" стала наиболее насыщенной и разносторонней. Новыми тематическими треками стали "Создание и эксплуатация беспилотных и роботизированных систем", "Программно-аппаратные комплексы и цифровые платформы". В ходе более чем 60 мероприятий выступило свыше 200 спикеров, включая экспертов с мировым именем, присутствовало свыше 2,5 тыс. слушателей. На мероприятии была представлена и прошла тестирование инженерная платформа "ИнтеллектПро". 120 экспертов, работавших в составе 12 групп, предложили своё видение цифровой трансформации авиационной промышленности.

Все Бе-103 России вместе


Двухроторный аэродрон

Новый Бе-200ES на стоянке гидробазы ТАНТК в Геленджике

Аэродрон Горизонт

За четыре дня работы Салона подписаны соглашения на поставку 150 вертолётов производства холдинга "Вертолеты России" для Националь-

Главный конструктор Бе-200 А.В. Явкин (справа) беседует с иностранным коллегой Д. Гершманом

ной службы санитарной авиации. Вертолётостроители поставят Ка-32А11ВС для авиакомпании "Авиалифт-Владивосток" и два "Ансата" для дагестанской авиакомпании "Авиапатруль". Компания "РусАвиа" выступила стартовым заказчиком сельскохозяйственного самолёта Т-500, демонстрируемого в полноразмерном виде. "Государственная транспортная лизинговая компания" подписала соглашения о поставке четырёх самолётов SSJ100 для авиакомпании "Северсталь", вертолёта Ми-8 для Научно-производственной компании "ПАНХ". Подписано соглашение о намерениях по разработке и использованию программного обеспечения по контролю за парком воздушных судов ГТЛК с компанией Connected Aircraft Enterprise. Крупные сделки состоялись у ТАНТК им. Г.М. Бериева: подписаны соглашения с авиакомпаниями США и Чили на поставку шести самолётов Бе-200ЧС и опционы ещё на девять самолётов этого типа.

Юные кадеты примеряют планер

Фотокорреспондента "Двигателя" Егора Сергеева призывают спасти цифровой мир

Мир спасён

Программа полётов, как и ожидалось, вызвала восторженную реакцию зрителей. В небо над Геленджикской бухтой поднялись пилотажные группы "Стрижи" и "Первый полет". Спортсмены показали совершенно роскошный пилотаж на поршневых машинах, ранее не демонстрировавшихся здесь. Демонстрационные полёты выполнили самолёты-амфибии Бе-200ЧС и Бе-103, легкомоторные летающие лодки, вертолёты.

Олег Бочаров - третий слева - и победители чемпионата по аквабайку

"Гидроавиасалон" в 2018 году стал самым спортивным мероприятием. Впервые состоялись полёты в рамках отборочного этапа соревнований по высшему пилотажу "Кубок МАКС". Благодаря инициативе известного спортсмена-любителя и заместителя Министра промышленности и торговли Олега Бочарова, в дни работы выставки прошли соревнования в рамках Чемпионата России по аквабайку. Заезды проводились в трёх дисциплинах: слалом, кольцевые гонки и фристайл. Также прошёл этап Детского дивизиона Национальной парусной лиги.

На полях "Гидроавиасалона-2018" прошёл ряд мероприятий кадровой и профориентационной направленности. Так, "Объединенная авиастроительная корпорация" провела форум перспективного кадрового резерва. Состоялась презентация создаваемых в Геленджике детских центров планерного, парусного и водно-моторного спорта "Авиастарт", "Алые паруса" и "Формула будущего". Для того, чтобы максимально увеличить детскую аудиторию салона, организаторы выставки сделали вход ребят в возрасте до 14 лет бесплатным. За четыре дня салон посетили более 3,5 тыс. детей, пришедших как с родителями, так и в составе организованных групп.

Как один корреспондент двух генералов...

Впервые демонстрируемый раздел экспозиции "Цифровая промышленность" демонстрировался в специально для него построенном Конгресс-центре, площадью 1800 м$^2$, участие в котором приняли 42 компании. В павильоне разместились залы для проведения конференций и круглых столов и пресс-центр. Размещённый в этом павильоне макет проекта развития гидробазы ТАНТК в Геленджике несколько диссонировал с общим мажорным тоном выставки. Тут никаких вам шумных самолётов и бестолковых экспозиций в перспективе не предполагается: чинненько, благороднень-ко, конференциональненько. А вместо гидроспуска и стоянок гидросамолётов - эспланада для прогулок, пляжики и небольшая пристанька для яхточек. Отдыхать - так отдыхать. При чём тут гидросамолёты? Както это слабо компонуется с бравурными тонами отчётов организаторов Салона, которые мы использовали в написании этой информации.

Или последний прошедший Гидроавиасалон, это - реально: Последний Гидроавиасалон в Геленджике? Д

Smart-перспективы Гидробаза ТАНТК

Аквабайки

УДК 532.526.4

# ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

## КРИТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССОВ В ЭНЕРГОДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

**Юрий Михайлович Кочетков,** д.т.н.

***На практических примерах показано, что критические значения параметров играют важную и определяющую роль при исследовании физических процессов в ракетных двигателях. Они разделяют области с качественно отличающимися процессами. Показана невозможность возникновения за критикой турбулентных течений, неустойчивости и полидисперсности. Результаты анализа течений и эволюции частиц в двухфазных потоках за критической областью позволяют существенно упростить прогнозные расчеты важных термо-газодинамических параметров.***

***On practical examples it is shown that the critical values of the parameters play an important and decisive role in the study of physical processes in rocket engines. They share areas with qualitatively different processes. The impossibility of occurrence of turbulent flows, instability and polydispersity behind the criticism is shown. The results of the analysis of the flows and evolution of particles in two-phase flows beyond the critical region make it possible to significantly simplify the predictive calculations of important thermo-gasdynamic parameters.***

**Ключевые слова:** *турбулентность, теплоемкость, энтропия.*

**Keywords:** *tcritical parameters, nozzle, turbulence, instability, polydispersity.*

Многие параметры процессов в ракетных двигателях ограничены так называемыми критическими значениями. Это не является случайным, так как за этим кроется глубокий физический смысл. Физики часто употребляют этот термин - критический: критическое сечение, критическое значение, критические условия.

Видимо, это те предельные условия, при которых заканчивается определенное качество, например: поток переходит из дозвукового состояния в сверхзвуковое, или ламинарность переходит в турбулентность, или жидкая фаза превращается в газообразную и т.д.

Очень часто критическое состояние характеризуют некоторым критерием с критическим значением, например, критическое число Рейнольдса и пр.

В чем же уникальность, исключительность, качественная несоизмеримость, а главное, важность этого понятия: критическое состояние? В том, что это состояние определяет переход от одного качества к другому, часто с принципиально различными свойствами.

Многие процессы приходят при достижении критических параметров к своим предельным значениям. Многие претерпевают качественный скачок. А многие достигают состояния инверсии. В ракетной технике знать критические значения необходимо и важно по трем причинам.

Во-первых, необходимо знать границы, при которых происходит переход к новому качеству.

Во-вторых, как правило, в критических точках, сечениях и т.д. значения параметров принимают экстремальные величины.

И, в-третьих, критические значения являются реперными точками процесса.

Далее рассмотрим несколько ситуаций, в которых критические параметры играют основополагающую, определяющую роль как в научном плане, так и в плане прикладном, инженерном. Они дают возможность новым исследованиям естественных и технических процессов.

### Сверхзвуковой переход

Одним из потрясающих открытий является открытие звукового режима течения, такого режима, когда вынужденная скорость газового потока благодаря градиенту давления равна скорости теплового движения молекул, то есть скорости звука M = 1. Этот переход обозначил области полей скоростей, когда M < 1 и области M > 1. То есть дозвуковую и сверхзвуковую. Это открытие было тесно связано с изобретением сопла Лаваля, позволившим получать сверхзвуковые потоки. Переход через звук качественно повлиял на процессы в этих областях.

1. В дозвуковой области поток "чувствует" преграду. Есть так называемая обратная связь. По линиям тока можно воспроизвести всю картину течения вплоть до начала течения.

2. Сверхзвуковой поток не чувствует преграды. Он на нее натыкается.

3. Возникает качественно новое феноменологическое явление - скачок уплотнения. Точнее - ударная волна.

4. Следствием из второго свойства является невозможность существования вихревых и торсионных структур. Они неустойчивы к встречным потокам.

5. В самой ударной волне также возможен дозвуковой переход. Внутри волны он происходит, преодолевая критическое состояние [1].

В ракетной технике критическое состояние рабочего тела ассоциируется именно с критическим сечением сопла, то есть с самым узким местом, где поток течет сначала с геометрическим сужением, а затем с геометрическим расширением. Эта ситуация формально математически отражается в скалярном уравнении Гюгонио:

$$\left(1 - M^2\right)\frac{dv}{v} = -\frac{dF}{F},$$

где показано, что в дозвуковой части поток разгоняется при сужении канала, а в сверхзвуковой он, почему-то, разгоняется при расширении канала. Подобная инверсия знака при $dF$ непонятна. Ведь все параметры $P$, $\rho$, $T$, $\bar{v}$ ведут себя монотонно, а вот площадь проходного сечения почему-то имеет минимум. И этот минимум находится именно в области критических параметров. Скорее всего, это происходит из-за того, что скорость течения в этом месте выравнивается с тепловой скоростью.

Ведь скорость звука по длине двигателя падает, а скорость

Иван Федорович Шебеко

Карл Густав Патрик де Лаваль

Осборн Рейнольдс

потока растет. Но почему именно в критике? Это загадка.

Открытие сверхзвуковых потоков стимулировало не только научные работы, но и положило начало каскаду важных изобретений. Так, например, для исследований таких сопел (сопел Лаваля) в высотных условиях была изобретена труба Шебеко, которая простыми инженерными способами моделировала течения с большими скоростями на выходе из сопла.

### *Переход к турбулентному течению*

Известно, что при критическом числе, установленном экспериментально Рейнольдсом, ламинарный поток переходит в турбулентный. В трубе это $Re_{кр} \cong 2400$. Но, строго говоря, эта граница весьма условна. Что считать турбулентностью? Если это некая условная ситуация, когда поток перемешался, то нужно сказать, до какой степени. Ведь визуальная оценка является весьма субъективной и не определяет строго понятия турбулентность. Если под турбулентностью понимать потоки, в которых присутствуют вихри, то тогда этот критерий неточен. Они (вихри) появляются дальше [2], и тогда необходимо учитывать все факторы, влияющие на их образование [3]:

$$\mathrm{rot}\vec{v} = \pm\sqrt{M^2\left(1 - M^2\right)\frac{1}{\mu}\vec{v}\,\mathrm{grad}p}\,.$$

В соответствии с последней формулой, а это пятая теорема турбулентности, следует, что турбулентность может существовать либо в ядре камеры сгорания, либо в скачках уплотнения в сверхзвуковом сопле. Вдоль стенок и на всем протяжении сверхзвукового потока будет всегда реализовываться только ламинарный режим.

### *Где самое большое число Рейнольдса?*

Этот вопрос интересует всех газодинамиков, и в большинстве случаев ответ, как правило, один. Чем дальше от форсуночной головки в ЖРД и чем ближе к срезу сопла, тем больше число Рейнольдса. Ведь, как говорят, скорость к срезу сопла растет, диаметр к срезу сопла в сверхзвуке растет, и обратная величина вязкости к срезу сопла тоже растет. Все растет - значит, число Рейнольдса растет. А $\rho$ (плотность)? Ну, плотность примерно равна "шестерке" и, по всей вероятности, мало повлияет на величину искомого критерия!!!

Покажем еще раз [4], что это не так. Плотность перетягивает все остальные параметры.

Запишем и преобразуем число Рейнольдса:

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho v d}{\mu} = \frac{\frac{\pi}{4}\rho v d^2}{\frac{\pi}{4}\mu d} = \frac{G}{\frac{\pi}{4}\mu d},$$

где $G$ - массовый расход.

Отнесем преобразованный критерий Рейнольдса к его критическому значению, при этом учтем, что $G = \mathrm{const}$:

$$\frac{\mathrm{Re}}{\mathrm{Re}_{кр}} = \frac{1}{\bar{r}\cdot\bar{\mu}}.$$

Здесь $\bar{r} = r/r_{кр}$ - безразмерная ордината; $\bar{\mu} = \mu/\mu_{кр}$ - безразмерная вязкость, отнесенная к ее значению в критическом сечении.

Многочисленными термодинамическими расчетами показано, что $\bar{\mu} \approx 1$, тогда

$$\frac{\mathrm{Re}}{\mathrm{Re}_{кр}} = \frac{1}{\bar{r}}.$$

Это означает, что сам критерий Рейнольдса ведет себя обратно пропорционально изменению ординаты контура сопла. Там, где ордината больше, он (критерий) меньше и наоборот. Тогда становится понятным, как будет вести себя этот критерий в дозвуковой области и в сверхзвуковой. В дозвуковой он растет, а в сверхзвуковой падает. А вот в критическом сечении этот критерий примет максимальное значение. Таким образом, самое большое число Рейнольдса будет при критических значениях газового потока. Самая бурлящая турбулентность будет в критике. А вот в сверхзвуке все приходит к ламинарности. И это еще одно доказательство ранее высказанного утверждения о невозможности существования турбулентности в сверхзвуковом потоке.

### *О ВЧ-неустойчивости в сверхзвуке*

Как было показано в предыдущих работах, например в [5], неустойчивость, или просто колебания в среде продуктов сгорания, может возникать только в турбулентных потоках и только при условии, когда выполняется неравенство:

$$\frac{\kappa M^2}{\upsilon}\vec{v}\cdot\frac{\mathrm{d}\left(\frac{\vec{v}}{\mathrm{rot}^2\vec{v}}\right)}{\mathrm{d}\tau} > \frac{1}{4},$$

что также соответствует экспериментальному критерию Релея о возможности начала колебательных процессов.

Величина $\mathrm{rot}\vec{v}$ показывает необходимость присутствия в потоке турбулентных движений. Эти рассуждения однозначно приводят к выводу о том, что в сверхзвуковом потоке колебания возникать никогда не будут. Этот вывод является фундаментальным и имеет большое значение в практической деятельности, в том числе при создании всевозможных энергетических и двигательных установок. Последние выводы существенно упрощают анализ ВЧ-устойчивости, локализуя его в область камеры сгорания. Но помня о том, что в правильно сконструированной камере значение градиента давления $\mathrm{grad}p$ всегда имеет отрицательную величину, а само значение по длине камеры монотонно уменьшается, то поток должен быть всегда ламинарный. Турбулентность в ЖРД возникнет только в области смесительной форсуночной головки, где возможны положительные градиенты давления. Вот почему решение проблемы неустойчивости часто ищут в этой области. И мероприятия по удалению ВЧ организуют именно в этой области (антипульсационные перегородки, крест Исаева и др.).

### О частицах в двухфазном потоке

Первоначально проблема влияния частиц к-фазы на параметр РДТТ ставилась весьма глобально. Это было сделано все от того, что плохо была изучена экспериментально динамика спектра частиц, то есть его эволюция вдоль камеры сгорания и сопла. Работы пермских, новосибирских, московских, бийских, киевских, а также зарубежных ученых, были сосредоточены на создании огромных (монстроидальных), всеобъемлющих программ, которые учитывали все на свете. И коагуляцию, и дробление, и обратное влияние частиц на газ, и вращение частиц и "центральность удара снаряда по мишени". Автор уже перечислял фамилии авторов этих работ в своих статьях. Очень им благодарен и думает, что не обидит их неупоминанием. Эти программы считали варианты неделями и все ради того, чтобы, в конечном счете, решить две важные инженерные задачи: понять, сколько попадает частиц на концевую часть сопла (оценить разрушение стенки) и сколько секунд импульса теряется на двухфазное отставание.

Важно, что расчеты проводились по всей длине двигателя: и по камере, и по соплу. Вал расчетов пришелся на период активного создания наших советских баллистических ракет, то есть в доперестроечный период. После чего был период затишья. Создалась ситуация, когда можно было многое осмыслить, обдумать и непредвзято посмотреть на полученные результаты. Объективный анализ многих экспериментальных результатов того периода позволил установить и более четко представить некоторые закономерности. Так, например, анализ совместных экспериментальных работ автора с Анатолием Васильевичем Куренковым [6] показал, что все процессы преобразования функций распределения частиц, то есть та самая упомянутая выше эволюция, заканчивается в критическом сечении сопла. В сверхзвуковой части сопла, когда уже прошли процессы коагуляции и дробления частиц к-фазы, спектр частиц преобразовался в моноспектр. Все частицы на протяжении всей

длины сопла были (по результатам экспериментов) одного размера. Было установлено, что для штатных топлив, применяемых в РДТТ, в продуктах сгорания условно были частицы одного единственного размера, равного ~5 мкм.

Это сразу колоссально облегчает задачу расчетов двухфазных течений. Задача сводится к траекторной в сверхзвуковом ламинарном потоке. Понятно, что частицы одного размера в ламинарном потоке будут лететь каждая по своей траектории без пересечения с соседней. Осаждаясь на стенку в концевой части сопла они будут формировать весьма предсказуемый профиль плотности тока осаждения и тогда не составит труда оценить по плотности токов осаждения $\dot{m}_p$ плотности тока уносов:

$$\dot{m}_w = \kappa_\Sigma \dot{m}_p .$$

Здесь коэффициент $\kappa_\Sigma$ весьма консервативен и равен ~0,23 [7].

Расчет потерь удельного импульса тяги на двухфазность также не будет представлять трудностей. Количественно алгоритм этого расчета для спектра частиц одного размера изложен в работе Е.Л. Стернина [8].

Итак, во всех приведенных примерах было получено влияние на процессы условий в потоке, которые характеризуют область критического сечения. Еще раз стало понятно, что эта область очень важна для прогнозирования процессов в двигательных и энергетических установках.

**Литература**

1. Ю.М. Кочетков. Турбулентность и математическое доказательство ее невозможности в сверхзвуковом потоке // Двигатель №3, 2018.

2. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Вихри Тейлора-Гертлера // Двигатель №3, 2014.

3. Ю.М. Кочетков. Устойчивость пристенных течений в соплах РДТТ// Двигатель №6, 2002.

4. Ю.М. Кочетков. Турбулентность сверхзвуковых течений. Памяти Гилевича // Двигатель №2, 2013.

5. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Синхронизация автоколебаний в ЖРД // Двигатель №6, 2012.

6. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Опыты Куренкова и фундаментальные уравнения двухфазной газовой динамики сверхзвуковых сопел // Двигатель №2, 2015.

7. Ю.М. Кочетков. Влияние величины входного угла сверхзвукового контура на разгар сопла РДТТ // Двигатель №6, 2003.

8. Л.Е. Стернин. Основы газодинамики двухфазных течений в соплах. М.Машиностроение, 1974.

**Связь с автором: swgeorgy@gmail.com**

## ИНФОРМАЦИЯ

На страницах журнала "Двигатель" неоднократно публиковались материалы об использовании эффекта Буфольда-Брауна для создания силы, способной поднять и удерживать летательный аппарат в воздухе. В этом номере мы даём репринт (стр. 22-23) статьи, опубликованной в 4 номере журнала за 2009 г. Исследования, о которых тогда шла речь, были проведены ребятами из школы "Интеллектуал". О таких же исследованиях мы рассказали и в прошлом номере журнала ("Двигатель" №5 - 2018, стр. 14). И вот пришло сообщение о том, что группе исследователей и инженеров из Массачусетского технологического института удалось создать и испытать в воздухе летательный аппарат, который не использует ни одной движущейся детали для создания подъемной силы. Этот аппарат массой 2,3 кг и имеющий размах крыльев около 5 м, весьма похож на модель планера, у которой под крылом установлена необычная конструкция. Вот эта конструкция и является атмосферным ионным двигателем, создающим бесшумный поток ионизированного воздуха, благодаря которому летательный аппарат совершает полёт. Пока дистанция полёта составляет 60 метров. И это ограничение наложено не возможностями ионного двигателя или источника энергии, такую длину имеет помещение спортивного центра, внутри которого производились испытания.

Принцип, который использовали в ионном двигателе специалисты Массачусетского технологического института, называется электроаэродинамикой и он был открыт в 1920-х годах известным летчиком и конструктором Александром Северским (Major Alexander de Seversky). Идея заключается в создании сетки из тонких проводов или полосок фольги, одна из сеток выполняет роль положительного, а вторая - отрицательного электрода. Электрический потенциал на этих электродах вырывает электроны от молекул воздуха. Положительно заряженные ионы воздуха начинают перемещаться в сторону отрицательного электрода. При этом движении происходят столкновения ионов с нейтральными молекулами воздуха и, увлекая их с собой, порождают поток воздуха, который способен создавать хоть и небольшую силу тяги, но которую, тем не менее, уже можно измерить.

Проблема электроаэродинамики заключается в том, что созданные на ее основе устройства имели до последнего времени большие размеры, которые исключали возможности их практического применения. Из-за этого круг таких устройств был мал и ограничивался, в основном, ионными воздухоочистительными системами.

Прорыв в деле создания атмосферного ионного двигателя стал возможным благодаря работе профессора Стивена Барретта (Steven Barrett), который посвятил этому направлению около 9 лет. Результатом этой работы стал достаточно высокоэффективный ионный двигатель, состоящий из проводников различной толщины, что делает его похожим на какую-то экзотическую радиоантенну. Эти проводники действуют как отдельные электроды, а чередование положительных и отрицательных электродов в особой последовательности и позволило увеличить эффективность двигателя в целом.

Источником энергии ионного двигателя является небольшая литий-полимерная аккумуляторная батарея, расположенная в "фюзеляже" летательного аппарата. А специализированная высоковольтная электронная система, разработанная и созданная специалистами группы Power Electronics Research Group, позволяет получить электрический потенциал в 40 тысяч вольт, который и подается на электроды ионного двигателя.

Как можно убедиться, конструкция атмосферного ионного двигателя весьма примитивна, но этот двигатель позволяет летательному аппарату действительно лететь, а не планировать, постоянно скользя вниз по потокам воздуха.

*"Так как атмосферный ионный двигатель работает исключительно на электричестве и не нуждается в топливе, он может быть использован для обеспечения полета стратосферных летательных аппаратов, поднимающихся практически к границе с космосом"*, рассказывает профессор Барретт, - *"Кроме этого, такой двигатель может стать источником дополнительной тяги для летательных аппаратов, использующих более традиционные технологии"*.

Исследователи признают, что практические летательные аппараты, использующие подобные ионные двигатели, появятся еще не очень скоро. Тем не менее, эффективность и экологическая чистота такого двигателя заставляют ученых продолжать работы в данном направлении. И в ближайшем будущем исследователи планируют увеличить эффективность при помощи технологий увеличения площади электродов, которые не требуют значительного увеличения размеров и массы двигателя.

Группа специалистов, возглавляемая специалистами из компании Rolls-Royce, приступила к созданию полностью электрического самолета, который, согласно расчетам, сможет развить скорость 480 км/ч. Если это предприятие завершится успехом, то новый самолет ACCEL (Accelerating the Electrification of Flight) в ближайшем будущем, не позже 2020 года, побьет текущий рекорд, установленный в 2017 году самолетом Extra 330LE компании Siemens, который составляет 338 км/ч.

Помимо специалистов компании Rolls-Royce, в данном проекте задействованы специалисты компании YASA, производителя электродвигателей, силовой электроники и контроллеров, авиационной компании Electroflight и специалисты, принимавшие ранее участие в разработке электрических автомобилей для гонок Formula-E.

Если с электродвигателями и прочими элементами конструкции будущего самолета больших проблем не возникает, то совершенно иначе дело обстоит с аккумуляторной батареей. Эта батарея, составленная из 6 тысяч отдельных ячеек, станет батареей с самыми большими энергетическими показателями, в том числе и плотностью, которая когда-либо поднималась в воздух. При полном заряде эта батарея будет способна кратковременно (например, на взлётном режиме) обеспечить электродвигатели током в 1000 А при напряжении 750 В, т.е. выдать максимальную мощность 750 кВт. Заряда в этой батарее хватит для обеспечения непрерывного перелета из Лондона в Париж. Охлаждение батареи будет осуществляться активной системой охлаждения.

Силовая установка состоит из трёх электродвигателей 750R с электронным управлением компании YASA. Электродвигатели будут вращать лопасти пропеллера с максимальной частотой 2400 об./мин. Такое решение должно обеспечить высокую эффективность использования энергии, которая составляет более 90 %. Самолет ACCEL будет буквально напичкан всевозможными датчиками, которые будут контролировать во время полета более 20 тысяч параметров, давая инженерам максимально подробную картину работы всех элементов силовой установки, трансмиссии и других узлов самолета.

Создатели самолёта уверяют, что испытательные полеты начнутся в 2019 г., а рекордный полет - в 2020 г.



Первый в мире пассажирский железнодорожный поезд, приводимый в действие водородными топливными элементами, начал совершать регулярные рейсы по 100-км участку железной дороги в Нижней Саксонии, Германия. Этот поезд, Alstom Coradia iLint, состоящий из двух вагонов-локомотивов, является первым из двух идентичных поездов с нулевой эмиссией, которые в ближайшем времени начнут вытеснять с железных дорог обычные пригородные поезда, оснащенные дизельными двигателями.

Дело в том, что в Германии не все участки железных дорог целесообразно электрифицировать с экономической точки зрения. И по таким участкам, проходящим где-то в сельской глубинке, курсируют поезда с дизельными двигателями.

Строительство первых двух поездов Coradia iLint проводилось и ведется компанией Alstom на фабрике в Зальцгиттере, Германия. Эти работы производятся в рамках большого контракта на сумму 81 млн евро, согласно которому к 2021 году должны быть построены 16 аналогичных водородных поездов. Поезд Coradia iLint создан на базе дизельного поезда Coradia Lint 54 и он имеет динамические характеристики, сопоставимые со своим менее экологически чистым предшественником.

Источником энергии поезда Coradia iLint являются водородные топливные элементы, а в качестве промежуточного хранилища энергии выступает батарея литий-ионных аккумуляторов. Поезд рассчитан на перевозку 300 пассажиров и имеет 150 сидячих мест, а максимальная скорость его движения составляет 140 км/ч.

Сейчас поезд Coradia iLint заправляется водородом с мобильной "заправочной станции". Эта станция, имеющая 12-метровый водородный бак, будет заменена на стационарную в 2021 году, когда в эксплуатацию будет сдана следующая партия водородных поездов. Одной полной заправки поезда Coradia iLint водородом хватает на 1 тысячу километров пробега.

Предполагается, что электрические поезда Coradia iLint станут первым шагом в реализации планов компании Alstom, согласно которым через 30 лет из эксплуатации должны быть выведены все 120 дизельных поездов.



В рамках проекта EcoSwing создан компактный и легкий электрический генератор мощностью 3,6 МВт, предназначенный для использования в ветрогенераторах. Диаметр нового электрогенератора 4 м, что на 1,5 м меньше диаметра традиционных генераторов сопоставимой мощности. Достигнуто это было благодаря использованию магнитов со сверхпроводящими обмотками. Этот генератор уже установлен на турбине на высоте 88 м, расположенной неподалеку от местечка Thyboron в Дании.

Магниты генератора изготовлены из сверхпроводящей ленты, имеющей сложную структуру: слой керамической окиси гадолиния-бария-меди нанесен на поверхность стальной ленты, обеспечивающей всему этому механическую гибкость и прочность. Керамический сверхпроводящий слой защищен от диффузионного "отравления" металлом слоями оксида магния и оксида серебра. Помимо этого, слой оксида магния формирует своего рода шаблон, на который наносится прозрачный слой сверхпроводящего состава, а внешний медный слой выполняет роль электрического и теплового стабилизатора. Отметим, что в обмотках нового электрического генератора были использованы десятки километров такой ленты.

В обычных электрических генераторах (мощностью порядка 1 МВт) используются неодимовые магниты, суммарная масса которых приближается к одной тонне. В сверх-проводящих обмотках нового генератора использован всего один килограмм редкоземельного металла - гадолиния. Стоимость одного килограмма окиси гадолиния равна $18,7, а окиси ниодимия - $45,5.

Обмотки магнитов поддерживаются в сверхпроводящем состоянии путем охлаждения до температуры -240 °С.

Репринтное повторение статьи журнала "Двигатель" № 4 2009 года

# ИОНОЛЕТ ИЛИ К ВОПРОСУ ОБ "ЭФФЕКТЕ БИФУЛЬДА-БРАУНА"

*"Все ясно: Снарк оказался Буджумом!"*
Льюис Кэррол

Лицей № 2, школа "Интеллектуал":
**Василий Кузнецов**
**Александр Роговский**
Руководитель - **Александр Владимирович Ефимов**

**Продолжаем публиковать подборку ранних статей "Двигателя" по электростатическим приводам, начатую в предыдущем номере.**
**Как мы и предполагали последние десять и более лет, следующим двигателем/движетелем для летательных аппаратов, очевидно, будет электростатический, интерес к работе над которым только-только начинает пробуждаться.**
**Но ведь начинает же, коллеги! Этот путь, очевидно, непрост и долог, но все мы по нему уже пошли.**

**От редакции:**
**Дм. Боев**

На НТТМ-2005 был представлен "летательный аппарат на эффекте Бифульда-Брауна". Он выглядел следующим образом: сотовая конструкция (три шестиугольника с общими сторонами), выполненная из пенопласта и фольги, штанга (пластиковая трубка), служащая для крепления одного из проводов, и высоковольтный источник питания, который, в свою очередь, подключался к блоку питания постоянного тока.

По периметру сотовой конструкции на расстоянии примерно 1,5...2 см от фольги протянута тонкая проволока (эмиттер). К ней присоединялся провод от штанги (скорее всего, "плюс"). К фольге подключался второй провод от высоковольтного источника (видимо, "минус"). Источник постоянного тока был регулируемый, и, когда напряжение на выходе поднимали до 30 000...35 000 В, сотовая конструкция... отрывалась от стола и эффектно парила в воздухе.

Волею случая с авторами этого проекта (клуб "Сокольники", рук. М.М. Лавреченко) мы участвовали в еще ряде выставок (НТТМ и МАКС), поэтому смогли рассмотреть явление довольно подробно. Первое, на что мы обратили внимание, - для полета обязательно наличие протекающего через конструкцию тока. Его величина составляет примерно 0,15 мА при напряжении 20 кВ (именно такое напряжение выдает, по уверению авторов, высоковольтный источник питания). Следовательно имеем мощность 3 Вт. Если вес конструкции около 3 г, то получаем соотношение 1 Вт/г; такой уровень удельной мощности характерен для двигателей летательных аппаратов.

Но вот что интересно: наличие протекающего тока противоречит самому понятию "эффекта Бифильда-Брауна". В чем он заключается? По утверждению авторов проекта, заряженный конденсатор с несимметричными, имеющими разную площадь обкладками, создает постоянно действующую силу, направленную в сторону обкладки меньшей площади. Есть и другое утверждение, согласно которому два свинцовых шара, заряженные одинаковыми зарядами разной полярности, при взаимодействии отклоняются на неодинаковые углы, причем положительно заряженный шар отклоняется на больший угол.

Для тех, кто заинтересовался, опишем эксперимент, который вы можете повторить. Для этого достаточно изготовить устройство по приведенной схеме (рис. 1). Пара конденсаторов, заряженных противоположными зарядами, поворачиваются на легкой оси на некоторый угол при подаче на них высокого напряжения. Любопытно, что для этого им совсем не обязательно быть несимметричными. Вращается конструкция и с обкладками равной площади. Значит, дело не в несимметричности.

Что касается летательного аппарата, то если находиться рядом, и особенно если положить руку на стол под парящую конструкцию, обращаешь внимание на довольно сильный поток воздуха, дующий вниз. Таким образом, имеется движение воздуха, следовательно, есть изменение количества движения и, естественно, должна возникать подъемная сила. Для чисто реактивного двигателя еще в 30-х годах XX века Б.С. Стечкиным было показано, что для появления тяги обязательным условием является наличие поверхности, на которую будет действовать градиент давления в сторону вектора силы тяги.

Двигатель, представляющий собой отрезок трубы, создавать тягу не может. Спрофилированная же поверхность тягу создаст (рис. 2). Внимательно рассмотрев фотографии, мы убедились, что конструкция

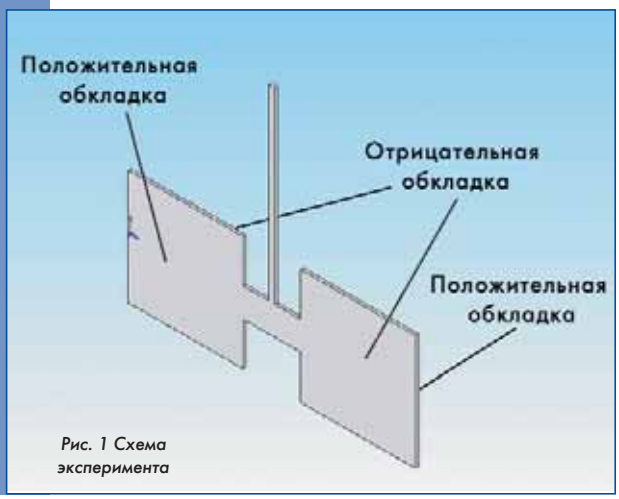


*Рис. 1 Схема эксперимента*

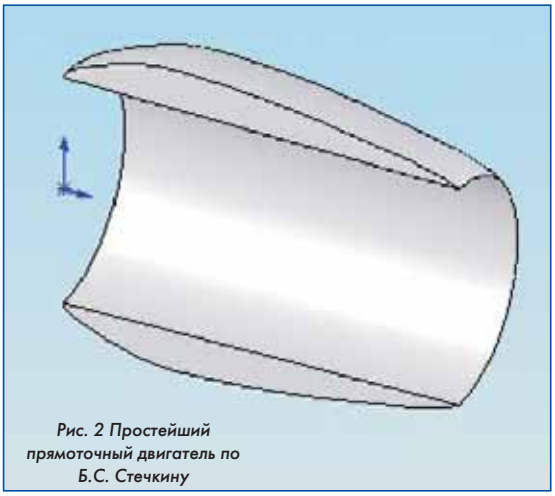


*Рис. 2 Простейший прямоточный двигатель по Б.С. Стечкину*

неизбежно формирует профиль на большей обкладке, причем выпуклая сторона направлена внутрь. Это означает, что протекающий поток воздуха создаст некоторую силу на поверхности обкладки. Разумеется, имеет место и взаимодействие движущихся в воздухе заряженных частиц электродами. Но составляющую подъемной силы, возникающую при обтекании конструкции, тоже надо учитывать.

Первоначально, пытаясь воспроизвести опыт, мы честно выполнили предложенные рекомендации и надеялись поднять в воздух наши аппараты. Но эти попытки потерпели неудачу. Тогда мы провели более подробное исследование и постарались измерить различные параметры: электрический потенциал в различных точках, возникающую силу, протекающие токи и д.р. У нас накопился опыт исследования подобных устройств в процессе работы над проектом электростатического двигателя.

Исследования показали, что конструкция в целом и отдельные элементы создают силу, изменяющую вес конструкции. Сила направлена в сторону эмиттера; направление действующей силы не зависит от полярности подключения, но становится больше, если на проволочку (эмиттер) подавать "плюс". Величина силы зависит от величины напряжения и силы тока. При напряжении 20 кВ и токе 0,15 мкА избыточная сила на отдельном элементе со стороной 200 мм составила 50 миллиграммов. Использование более мощного источника позволило увеличить возникающую силу, и для конструкции из трех элементов (правильный треугольник) она составила уже 3 грамма.

В книге Боба Яини "Удивительные электронные устройства. Электроника для начинающего гения" похожее устройство описано довольно подробно. Конструкция несколько отличается от той, что мы видели на НТТМ, однако принципиальным является то, что в ее описании хоть и упоминается "эффект Бифульда-Брауна", но устройство называется "ионолетом".

Рис. 3 Первый летающий вариант рамки

Рис. 4 Рамка в полете

Это укрепило нас в мысли, что мы на правильном пути и опыты были продолжены. В процессе доработок помимо уменьшения веса пришлось увеличить напряжение питания, увеличить расстояние между эмиттером и фольгой, а также применить в качестве эмиттера "голую", не лакированную проволоку. Наконец, 2 ноября 2008 г., после нескольких попыток и переделок самого аппарата, конструкция полетела (рис. 3 и 4). При весе около 3 граммов подъемная сила составила около 7 граммов. Расчеты показывают, что для этого достаточно отбрасывать 38 граммов воздуха в секунду со скоростью 1,81 м/с.

Рис. 5 Коронные разряды на рамке хорошо видны в темноте

Рис. 6 Каплеобразный "летательный аппарат"

Любопытная картина открылась при выключенном свете - по всему периметру на проволочке наблюдалось характерное для коронного разряда свечение (рис. 5). Следует напомнить, что и на электростатических двигателях "с иголочками" из упомянутой выше статьи в "Двигателе" наблюдалось аналогичное характерное свечение коронного разряда. Причем в барокамере, при понижении давления, его можно было наблюдать и при слегка затемненной комнате. Но нам удалось создать электростатический двигатель с минимальными коронными разрядами, работающий с использованием кулоновских сил ("Двигатель" № 2 -2009, с. 64-65) .

Так может быть, существуют электролеты, у которых подъемная сила создается не только ионным ветром?

В экспериментальной электрофизике известен летательный аппарат, представляющий собой заряженное каплеобразное тело, вытянутое в горизонтальном направлении и парящее над одноименно заряженной поверхностью. Проект до сих пор не реализован, но существует еще один очень похожий летающий объект. Представляет он также "каплю", но капля висит подобно обычной капле жидкости, вытянутой в вертикальном направлении, но "вверх ногами". Снизу расположена фольга, подключенная к одному из проводников высоковольтного источника. Сверху, на некотором расстоянии от капли, расположен второй проводник. И "капля" ... летает (рис. 6). Любопытно, что в электрическом поле, возникающем между двумя контактами, устойчиво парит только "капля", другие формы летать отказываются.

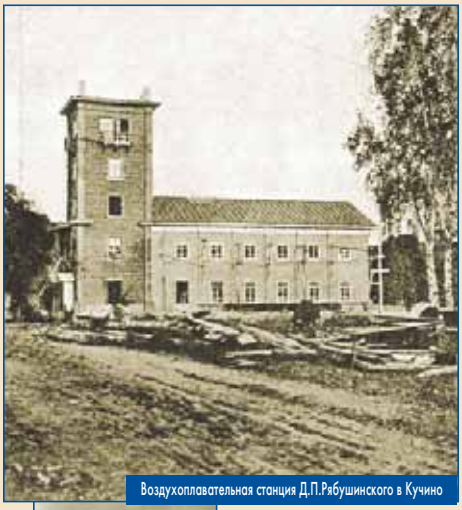
Мы продолжим свои изыскания в области электростатики. Надеемся провести тщательные измерения напряженности электрического поля и возникающих потоков ионов, а также сил, действующих на аппарат. ...На НТТМ-2009 летающая рамка уже была способна поднять миниатюрную видеокамеру.

# ЦАГИ. ПЕРВЫЕ ШАГИ
## (К 100-ЛЕТИЮ ИНСТИТУТА)

*Лиха беда - начало*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования (ФГБОУ ВО) "Московский Авиационный Институт (Национальный Исследовательский Университет)" (МАИ)
**Анатолий Михайлович Хомяков,** к.т.н., доцент кафедры 203 "Конструкция и проектирование двигателей"
**Алексей Валерьевич Авдеев,** к.т.н., директор филиала "Ракетно-космическая техника" МАИ в г. Химки Московской области

На становление (а в первые годы - на выживание) ЦАГИ, непосредственное влияние оказали два феноменальных явления российской науки и техники начала XX века столетия. Первое - Аэродинамический институт Д.П. Рябушинского, основанный в 1904 году в Кучине [1, 2]. [*Об этом институте "Двигатель" уже писал в № 6 2013 года.* Примечание редакции] Второе - самолеты И.И. Сикорского, показавшие свою силу в Великой войне, как её называли в те годы [3]. Соответственно и задач, поставленных перед новым институтом, названным сначала Научно-исследовательским институтом авиационной промышленности, было две:


Воздухоплавательная станция Д.П.Рябушинского в Кучино

Дмитрий Павлович Рябушинский

- научные исследования проблем авиации и
- проектирование опытных образцов самолетов, их постройка, испытание и сдача в серийное производство.

При создании института возникла логически понятная мысль - воспользоваться плодами национализации частного капитала. Аэродинамический институт в Кучино был национализирован и в связи с этим для управления институтом был создан руководящий орган в виде коллегии, в которую вошли московские профессора: Н.Е. Жуковский, С.А. Чаплыгин и П.П. Лазарев. При этом непосредственное управление институтом было поручено его бывшему хозяину Д.П. Рябушинскому. Предполагалось создать на базе института в Кучине государственный научный институт (давняя мечта Н.Е. Жуковского) с теми же поначалу задачами, которые решались Д.П. Рябушинским в областях аэродинамики, аэрологии, геофизики и физики.

Однако вскоре стало ясно, что работать в Кучине невозможно. При полном отсутствии реальной власти на местах, народ с удовлетворением воспринял девиз "грабь награбленное". Местные комитеты бедноты, а равно и стихийно возникавшие банды грабителей, практически полностью парализовали работу разного рода учреждений и в том числе научных. Причём, не только в Кучине, а и по всему Подмосковью. Разбой свирепствовал и на железных дорогах, где он проявлялся с такой силой, что находившаяся поблизости от Кучино станция Нижегородской дороги "Обираловка" (на которой, кстати, по воле автора трагически покончила жизнь толстовская Анна Каренина) своим названием напоминала обывателям о дореволюционных приключениях дорожных воров и проходимцев, как о наивных и даже комичных забавах.

Н.Е. Жуковский (справа, внизу на переднем плане ), Б.С. Стечкин, А.А. Микулин, А.Н. Туполев и др. в аэродинамической лаборатории Кучино в 1919 г

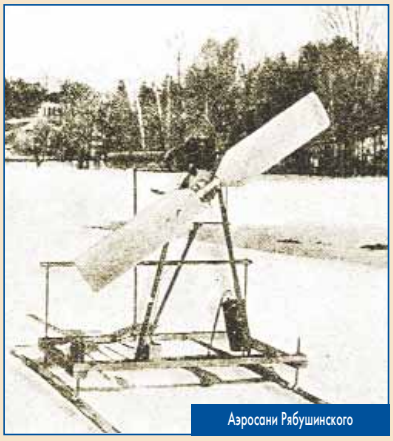
Н.Е. Жуковский несколько раз наведывался в Кучино с компанией учёных и без. Его возили туда два молодых человека, его племянники, заядлые автомобилисты - Борис Стечкин и Шура Микулин. Оба с револьверами (Обираловка же!). А Рябушинский вместе с персоналом лабораторий и мастерской с трудом отстаивал зимой и летом в 1917-18 годах оборудование своего института от расхищения и поломок. Имение спасти не удалось, оно было разграблено и частично разрушено. Эти мрачные события заставили в конце концов Рябушинского, чудом оставшегося в живых, покинуть в ноябре 1918 года и Кучино, и Отечество. Покинуть, как оказалось впоследствии, навсегда. Умер и похоронен он во Франции.

А коллегия профессоров, оставшихся в России, приняла решение не связывать себя с опасным Кучино, а обратиться к властям с просьбой основать институт в более безопасном месте, где-нибудь в центральных районах Москвы. Сначала переговоры о создании института велись в НКПС (авиация относилась к транспорту), но вскоре благодаря энергичной поддержке Н.П. Горбунова - заведующего научно-техническим отделом ВСНХ, а в недавнем прошлом - ученика Н.Е. Жуковского, вопрос об институте был переведен в ведение ВСНХ, который и принял 1 декабря 1918 года постановление об организации института.

Научным руководителем был назначен Н.Е. Жуковский - как председатель коллегии института, а после его смерти в 1921 году - постоянный сотрудник и коллега основателя института - С.А. Чаплыгин. Товарищем (по современному - заместителем) председателя был утвержден А.Н. Туполев.

Место под институт было найдено в Немецкой слободе, на привычном для Н.Е. Жуковского пути от квартиры в Мыльниковом переулке до ворот МТУ (после - МВТУ, сейчас - МГТУ). На этом месте стояло здание бывшего трактира, окруженное пустырем с частными огородами. И все! Никакого лабораторного оборудования, никаких мастерских и материалов. Ни гвоздя! Да и в самом ВСНХ, как свидетельствовали очевидцы тех лет: *"беднота была такая, что у руководителя научно-технического отдела Высшего совета народного хозяйства Н.П. Горбунова в кабинете был только один стул; и когда Н.Е. Жуковский и А.Н. Туполев приходили к нему, то Жуковский сидел, а оба других - стояли"*.

В состав института были включены прежде всего все сотрудники расчетно-экспериментального бюро Н.Е. Жуковского, созданного им в годы войны в МТУ. И еще ряд инженеров, проявивших себя в работе Военно-промышленного комитета (ВПК) и тоже соратников Н.Е. Жуковского. Среди них выделялся своей неуемной изобретательской деятельностью Л.В. Курчевский. Из старшего поколения был 80-летний премудрый С.С. Неждановский - единственный работник Кучинского института.

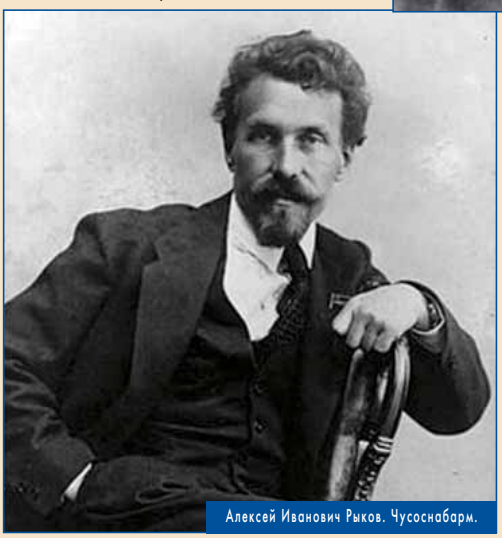

Аэросани Рябушинского

Народ собрался талантливый, но на выбранном для института месте никаких научно-ис-

следовательских работ "для нужд авиации" выполнять было нельзя. И чтобы выжить на пустом месте в это голодное время было решено наладить кустарное производство аэросаней. Идея эта пришла из Кучино. Рябушинский в свое время проводил испытания полноразмерных воздушных винтов на аэросанях. Аэросани нашли поддержку командования РККА: в боевом исполнении (с пулеметом) эти машины могли стать отличной альтернативой тачанкам -

А.Н. Туполев - студент

Чудоков Александр Евгеньевич


Алексей Иванович Рыков. Чусоснабарм.

на снежных полях Гражданской войны. Поэтому деньги нашлись и работа началась. Как это было заведено в те годы, для постройки аэросаней была создана комиссия - КОМПАС (комиссия для постройки аэросаней). Председателем комиссии избрали Н.Р. Бриллинга , заместителем - А.Н. Туполева . К сожалению, вскоре у Туполева обнаружился туберкулез легких, лечение которого затянулось до апреля 1921 г. Все это время он не принимал участия не только в работах КОМПАС, но и в деятельности ЦАГИ.

Николай Романович Бриллинг - середина 1930-х гг

Вскоре Чусоснабарм (чрезвычайный уполномоченный Совета Рабочей и Крестьянской Обороны по снабжению Красной Армии и Флота. Должность существовала с 1919 по 1921 гг. Этот пост занимал А.И. Рыков) получил список лиц, вошедших в штат КОМПАСа с наименованием должностей; "*Н.Р. Бриллинг - председатель Комиссии; Е.А. Чудаков - секретарь Комиссии и заведующий администтивной частью; А.А. Архангельский - заведующий отделом снабжения; А.С. Кузин - заведующий металлической частью; Д.К. Карельских - заведующий конструкторской частью; Б.С. Стечкин - заведующий винтомоторной группой; А.А. Микулин - заведующий производством при Бутырских мастерских*"

Александр Александрович Архангельский

Но как строить аэросани, если точить детали было нечем да и ковать детали нельзя - нет кузни? Оставалась одна операция - клепка. Для этой цели где-то на железной дороге нашли вагонный буфер, который стал служить наковальней, и на нем днями и ночами шла клепка металлических деталей из собранного на свалках железа. Сложные детали удавалось изготавливать в мастерских МТУ. Выручало только одно, но главное обстоятельство: бензиновых моторов оказалось предостаточно. Объяснялось это тем, что в конце войны, к 1917 году, ВПК получил от союзных стран несколько партий моторов: "Рено" (80 л.с.) и "Гном" (100 л.с.) - из Франции, "Холл-Скот" (130 л.с.) - из США. От прежних закупок оставались еще моторы "Анзани" (35 л.с.). Так, что "моторной голодовки", как определил в 10-х годах главную проблему российской авиации член Государственного совета А.А. Половцов, в ЦАГИ не было. Моторов хватало и для аэросаней, а затем и для аэроглиссеров.

Карельских Дмитрий Константинович

Молодые сотрудники института - будущие знаменитости советской авиационной науки и техники - разделились на группы по два-три человека. Каждая группа строила в прямом смысле голыми руками аэросани своей оригинальной конструкции со звучными названиями: АМБЕСы - строили А. Микулин и Б. Стечкин; КурАМБЕСы - те же и Л. Курчевский; АрБЕСы - А. Архангельский и Б. Стечкин.

Б.С. Стечкин в 20-х годах XX века

Вскоре фронт работ расширился. Помимо КОМПАСа возникла комиссия для постройки аэроглиссеров - КОМГЛИС, которую возглавил А.Н. Туполев.

Все жили дружной семьей, все старались, соревновались, устраивали гонки на своих аэросанях по подмосковным полям. Молодость выручала, но ветераны вспоминали этот период времени (1918 - 25 годы) как самое тяжелое время для ЦАГИ. Платили за работу скудными пайками со спиртом, иногда одним спиртом. Спирт был серьезной валютой на черном рынке. Им и спасались. В воспоминаниях ветеранов, сотрудников ЦАГИ первых лет, остался яркий эпизод празднования дня рождения Жуковского на его квартире в Мыльниковом переулке, когда настоящим и самым важным подарком профессору оказался сухой березовый кол, раздобытый каким-то чудом Борисом Стечкиным. Дефицитно-

А.А. Микулин у кульмана (фотография середины XX века)

Советские аэросани РФ-8. Современный рисунок

го полена (при топливном кризисе в Москве) оказалось достаточно для "буржуйки", чтобы вскипятить воду и согреться всем собравшимся гостям. А кружка кипятка с ржаным сухарем - это ли не счастье в середине января 1919 года!

Анна Ахматова описала это парадоксально - бодрое состояние молодых людей в своих стихах от 1921 года:

*Всё расхищено, предано, продано,*
*Чёрной смерти мелькало крыло,*
*Всё голодной тоскою изглодано.*
*Отчего же нам стало светло?*

"Стало светло" нашим героям - первым цаговцам, - потому что они были молоды и талантливы. А молодость и талант требуют жизни во что бы то ни стало.

Благодаря созданию ЦАГИ Н.Е. Жуковский собрал своих учеников вместе (как Христос) и оградил их от войны и голода. Так, что главная заслуга Жуковского не столько в его научных трудах, сколько в его поистине родительских хлопотах по сохранению молодых талантов для авиационного будущего нашего Отечества. Вот в этом Николай Егорович в свои 70 лет, обобранный до нитки войнами, революциями, "экспроприаторами экспроприаторов", оказавшийся при этом в полуголодном состоянии, без тепла и необходимых медикаментов, но действующий постоянно во имя своей молодёжи, вот в этом он - отец. Настоящий!

В направлении строительства новых самолётов военными инженерами и лётчиками тоже предпринимались энергичные шаги. В начале 1918 года на Южном фронте, нацеленном против Германии, выдвигавшей ультимативные требования в связи с заключением Брестского мира, были собраны все исправные и пригодные для ремонта экземпляры "Муромцев" и перевезены в разобранном виде в Липецк, подальше от фронта.

После длительного ремонта (без запчастей и новых двигателей) только к концу лета следующего года были совершены первые вылеты с липецкого лётного поля. Но настоящие полёты начать не удалось из-за разгоревшейся на юге страны Гражданской войны. Опасные для тыловых частей рейды кавалерийского корпуса Мамонтова заставили командование Красной Армии искать новое место для дислокации самолётов. Пришлось опять перебазироваться.

Новое место было найдено в Сарапуле - тогда уездном городе Вятской губернии. Здесь в помещении бывшего винного склада размещались некоторые цеха Русско-Балтийского завода, вывезенные ещё во время войны из Петрограда. Так что, сборка и ремонт самолётов были обеспечены. К этому времени гражданская война в Прикамье закончилась, и в 1919 г. было спокойно. Собранные в Сарапуле "Муромцы" в 1920 году успели принять участие в боевых действиях и на Южном фронте Гражданской войны, и в войне с Польшей. Правда, особых успехов не достигли (износ аппаратов был предельный) и даже не обошлось без потерь - один "Муромец" был сбит на польском фронте.

В это время в ЦАГИ А.Н. Туполев начинает активную деятельность в комиссии по постройке самолётов тяжёлой авиации - КОМТА. В комиссию помимо сотрудников ЦАГИ включаются и работники из Сарапула. Организация работ должна была соответствовать такой схеме: проектные и проектно-конструкторские работы проводятся силами ЦАГИ в Москве, а производство - в Сарапуле. Но квалифицированных рабочих металлистов в промышленном треугольнике: Ижевск - Воткинск - Сарапул - осталось мало. После подавления Ижевско-Воткинского восстания [4] тысячи рабочих, многие с семьями, покинули свои дома, и ушли с белыми на Восток. Так что, собирать или ремонтировать старые самолеты еще было можно. Но создавать в этом крае производство тяжелых самолетов оказалось не с кем. Поэтому все проектные и производственные вопросы по самолетам стали решать в ЦАГИ - в Москве.

Поначалу в поисках рациональной аэродинамической схемы решили пойти, как это понималось, дальше И.И. Сикорского - отказались от биплана в пользу триплана. Схема триплана, казалось, делала возможным создание компактного аппарата, который можно было бы перевозить по железной дороге с минимальной разборкой. На эту идею наводили недавние скитания "Муромцев" по железным дорогам от Киева до Липецка и от Липецка до Сарапула. Весь 1921 год строили опытный образец самолёта, названного "КОМТА". Строительство триплана проходило в самом большом авиационном ангаре Москвы - на Ходынке. Следующий год был посвящён лётным испытаниям "КОМТА".

Идею триплана в свое время поддержал на основании своих испытаний на моделях в аэродинамической трубе МТУ сам Н.Е. Жуковский. Однако построенный триплан решительно не хотел взлетать. Изъездили всё Ходынское поле, но поднять его в воздух не удавалось. Не помог и более мощный мотор. Весь 1922 год прошел в безуспешных испытаниях. Так на практике в ЦАГИ столкнулись с феноменом индуктивного сопротивления, возникающего в крыле конечной длины.

КОМТА на Ходынском поле

Течение воздуха в прямоугольной трубе соответствовало плоской задаче обтекания модели триплана. При этом, стремясь получить более точные результаты обтекания, продувочную модель построили максимально возможного для этой трубы размера: так, что концами крыльев она буквально упиралась в стенки трубы. В этом случае краевой эффект крыла или, как принято называть в аэродинамике, индуктивное сопротивление - отсутствует. Эксперимент оказался существенно некорректным: триплан при реальном

Первая аэродинамическая труба Жуковского 1910 года

течении воздуха весь поглощён воздушными вихрями и поэтому обладает минимальной подъёмной силой.

АНТ-1 около мастерской

Так получилось, что к 1922 г. профессор Л. Прандтль опубликовал в Германии в окончательном виде теорию крыла конечного размаха, согласно которой в триплане с короткими крыльями ин-

АНТ-2

дуктивное сопротивление существенно снижает аэродинамические качества самолета. А Туполев к этому времени со своими соратниками убедился в этом практически. Подтвердили, так сказать, выкладки немецкого коллеги. Независимая экспертиза получилась.

АНТ-3

После такой поучительной неудачи А.Н. Туполев перешел на монопланы и на этой аэродинамической схеме стал строить уже цельнометаллические самолеты разного назначения. С А.Н. Туполевым работали А.А. Архангельский, А.И. Путилов, В.М. Петляков,

АНТ-4 (ТБ-1) в Америке

Б.М. Кондорский, - и работали так успешно, что с 1922 по 1925 годы ЦАГИ выпускал каждый год по одной машине и каждая была удачной:

1922 г. - АНТ-1 (спортивный моноплан).

1923 г. - АНТ-2 первый цельнометаллический моноплан.

1924 г. - АНТ-3 (Р-3) - биплан цельнометаллический (самолет разведчика).

1925 г. - АНТ-4 (ТБ-1) - моноплан, первый советский тяжелый бомбардировщик.

Самолеты ЦАГИ стали летать и летать надежно. Вместе с ним взлетела слава ставшего знаменитым конструктора самолётов, летавших сначала под знаком АНТ, а затем - Ту.

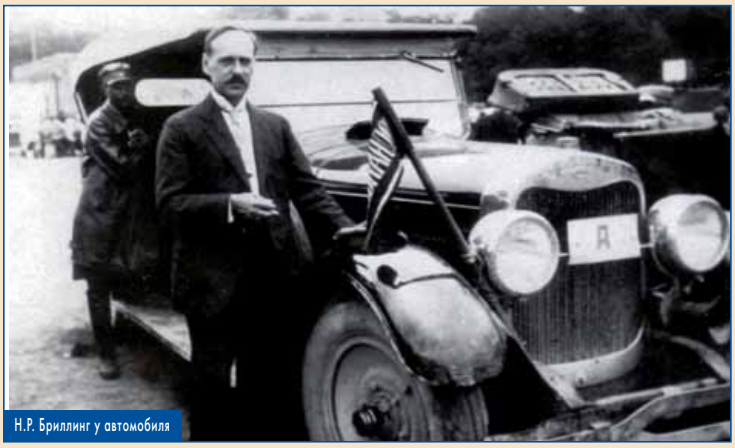
Зимой 1921 - 22 года в глубинных районах России разразился невиданный голод. 22 губернии с населением в 33,5 миллиона жителей вымирали от голода и его верной спутницы холеры. В центральных районах положение с продовольствием было тяжёлым, но всё же не таким безнадёжным, голода как такового не было. Спасала положение централизованная заготовка продовольствия в период ненавистной крестьянству продразвёрстки - главной причины возникновения голода (наравне с продажей в предыдущий год хлеба за границу - единственного, что покупали в России недавние противники по Интервенции: санкции, коллеги!). После продразвёрстки стал выручать НЭП, на который отозвался В. Маяковский: *"Люблю НЭП, когда он не нелеп"*. При этом в речах и текстах устояла лингвистическая нелепица: женский пол "Новой экономической политики" был заменен на мужской у НЭПа.

Первый в советской истории кризис продовольствия продолжался до лета и закончился к зиме 1923 года. Возможно, этим объясняется тот факт, что только с 1925 года началось фактическое создание ЦАГИ - строительство его экспериментальной базы.

Но если продовольственного голода как такового работники ЦАГИ не испытывали, то был другой голод - информационный. С момента Октябрьского восстания в Петербурге информационная блокада была полная. Особенно эта тенденция усилилась в период - и после - Интервенции. Никаких сведений по теории и практике из опыта, в том числе мировой авиации, страны Антанты не пропускали в Россию. При таком положении для советских специалистов важен был любой факт в зарубежной науке, технике и технологии. Поэтому оказавшийся каким-то образом в Кронштадте во время известного мятежа английский глиссер был подобен метеору, который астрономы рассматривают как подарок Вселенной, бросаясь изучать его со всех сторон. И А.Н. Туполев вместе с Е.И. Погосским, прибывшие в Питер со своими аэроглиссерами на помощь атакующей стороне, были настолько решительны, что, как свидетельствуют участники событий, под пулями перебрались через проволочные заграждения и перочинными ножами отколупливали кусочки металлического корпуса английской машины. Так велико было желание узнать, из какого материала строят за границей.

Здесь необходимо указать на важнейший методический эффект. Тотальная изоляция России в годы Гражданской войны заставила советских конструкторов с первых шагов своей деятельности надеяться только на собственные силы. Прототипов и поучительных примеров фактически не было, опыта - никакого; были только знания, полученные в учебных заведениях, природная интуиция и неудержимая страсть к успеху. И в такой обстановке родились в ЦАГИ настоящие самостоятельно мыслящие таланты, которым было чуждо слепое копирование чужих проектов - как в последствии постоянно призывал А.А. Микулин: не брать чужое! Но учитывать - всё.

Обширные сведения из германского авиационного опыта, появившиеся после 1922 г. благодаря Раппальскому советско-германскому договору, были восприняты конструкторами ЦАГИ, обладавшими уже собственным опытом и самостоятельным мышлением не как образцы для копирования, а как примеры, поддерживающие и развивающие самостоятельное творчество. И после вынужденных упражнений с аэросанями и глиссерами конструкторы ЦАГИ "оторвались от земли" и стали заниматься основными задачами авиации: А.Н. Туполев и В.М. Петляков - в самолётостроении; Б.С. Стечкин и А.А. Микулин - в двигателестроении. Л.В. Курчевский вернулся к сво-


Н.Р. Бриллинг у автомобиля

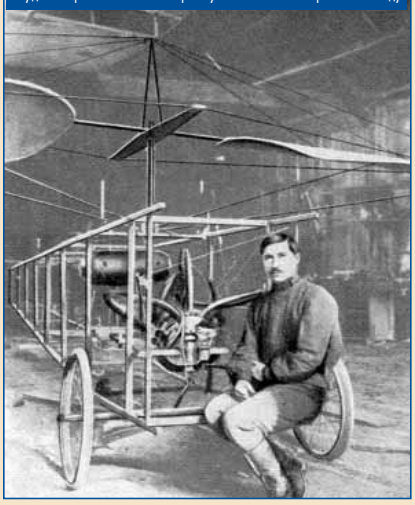
ей давней, начатой ещё в 1916 году, работе по созданию образцов вооружения на основе изобретенной Д.П. Рябушинским "безотдачной пушки". Вскоре им была создана своя пушка - "пушка Курчевского", - отнесённая специалистами к динамо-реактивному типу. С полдюжины вариантов этой пушки, как нельзя кстати, соответствовали требованиям авиации. И.И. Сидорин вместе с Туполевым ещё на своих аэроглиссерах применили алюминиевый сплав для корпусных деталей, который назвали - кольчугоалюминий. Этот аналог немецкого дюралюмина стал основным материалом для отечественных металлических самолётов.

С.А. Чаплыгин в начале 40-х гг XX века

В эти же годы вместе с созданием и укреплением ЦАГИ велась работа по организации учебных заведений для подготовки специалистов для авиации. Уже в 1919 г. по инициативе Н.Е. Жуковского учреждается Московский авиационный техникум. Через год техникум преобразовывается в институт инженеров Красного воздушного флота. А еще через два года, это 1922 г., институт становится Академией, принявшей вскоре окончательное наименование - Военно-воздушная инженерная академия им. проф. Н.Е. Жуковского (Н.Е Жуковский, "основной энергопривод" развития авиации в России, особенно в Советской России, скончался в 1921 году). Преподавательский состав Академии как и при Н.Е. Жуковском формировался из его учеников и сподвижников, а это - сотрудники ЦАГИ.

В архивных документах сохранились характеристики цаговских работников, написанные, как это очевидно по стилю и терминологии, партийными жрецами. Характеристики даны с большевистской прямотой и содержат оценку пригодности персонажа к работе в Академии. Вот, как выглядели с этих позиций портреты наших знаменитых конструкторов и ученых в 1923 году [5].

Студент Борис Николаевич Юрьев у своего геликоптера в 1913 году



**1. Проф. Чаплыгин С.А.** - После Н.Е. Жуковского в области гидродинамики - единственный. Не может быть использован в текущей работе вследствие старости и болезненности (астма). В особо важных случаях при решении теоретических спорных вопросов можно и желательно привлекать. В организации использовать нельзя - кадет, хотя и безвредный. Работает охотно.

**2. Проф. Архангельский А.А.** - Преемник Н.Е. Жуковского по ЦАГИ, молодой, специальными способностями не отличается, ценится как организатор. Недавно возвратился из поездки в Европу и Америку. Привез мало, но есть ценные вещи. Желательно привлечь на специальные совещания при обсуждении вопроса об организации опытных и испытательных работ по Воздушному флоту. В политическом смысле - неприятен.

**3. Проф. Юрьев Б.Н.** - Молодой, очень способный теоретик и экспериментатор, очень охотно и доброжелательно исполняет все наши задания. В ЦАГИ пользуется большим уважением. Он мог бы быть использован у нас на постоянной службе, но сейчас снять трудно. Если лаборатории будут развиты - возможно. Для Академии, безусловно, необходим. Работать согласен при нормальных взаимоотношениях с администрацией Академии.

**4. Инж. Туполев А.П.** Отличный конструктор, художник, обладает редкой способностью увязки самых сложных деталей. В этой отрасли работает самоотверженно. У нас может быть использован по этой части путем дачи ему заданий и консультаций по вопросам производства. Новейшие теории знает хорошо. На постоянной службе трудно использовать: обладает неприятным, раздражительным и обидчивым характером. В Академии работать согласен на тех же условиях, что и Юрьев. В настоящее время лечится. Работает над постройкой металлического самолета и очень успешно.

**5. Инж. Ветчинкин В.П.** - Прекрасный теоретик, молодой, фанатик в области теоретических вопросов. Непосредственно к практической работе не приемлем - фантазер. В Академии может быть незаменим по вихревым теориям, работать согласен. У нас не используется: несколько раз просил разрешения обучаться летать - разрешали и исключали; считает себя обиженным. Мог бы быть хорошо использован при летных теоретических испытаниях. Увлекается аэронавигацией и через год-два в нем будет острая необходимость.

**6. Проф. Стечкин Б.С.** - Из ВТУ, молодой и, несомненно, талантливый профессор, моторист. У нас работает охотно и обычно замещает Бриллинга, но обращается к нему редко, т.к. представляет большие счета. Сейчас принимает деятельное участие в моторном кружке Академии. Хорошо знает производство моторов.

**7. Проф. Н.Р. Бриллинг** - один из стариков по вопросам ДВС. У нас работает весьма прилежно и аккуратно в качестве консультанта. В последнее время сильно ослаб, т.к. имеет на содержании 12 человек и не в состоянии прокормить их. За его плечами Авиамоторный институт, желательно и целесообразно как-нибудь поддержать его, т.к. через него можно привлечь других работников.

**8. Инж. И.И. Сидорин** - постоянный член НТК, отличный знаток материалов и их испытаний, работает отлично, в последнее время перегружен. Полезно оставить, но дать возможность разгрузиться. В Академии работать будет. Имеет лабораторию и поэтому необходим. В настоящее время очень занят работами над дюралюминием, имеет большой успех. В отличных отношениях с Кольчугинским заводом, что в перспективе для металлического самолётостроения весьма ценно.

Привлечение работников ЦАГИ к учебному процессу в Академии давало известный положительный эффект: происходило фактическое повышение квалификации специалистов. На кафедре учебной аудитории любой лектор невольно собирается с мыслями. Во время лекции происходит уточнение научной концепции и связанных с ней теоретических положений, формируются основы методов расчёта. Известно, например, что Б.С. Стечкин все свои теоретические положения и практические рекомендации формировал именно на лекциях в Академии. Таково свойство лекции как формы передачи знаний. Поэтому цаговские специалисты, как правило, охотно участвовали в учебной работе Академии. Тем более, что их участие поощрялось материально.

К концу 20-х строительство экспериментальной базы института было завершено. В 1926 г. была введена в строй самая большая в мире аэродинамическая труба. Первый печатный отчёт о деятельности экспериментально - аэродинамического отдела ЦАГИ в виде книги "Аэродинамические исследования" вышел в свет в 1928 году, через 10 лет со времени основания института [6].

По аналогии с Кучинским институтом были созданы аэродинамическая и гидродинамическая лаборатория соответственно с аэродинамической трубой и бассейном. Но отличие Кучинского института от ЦАГИ состояло в том, что Рябушинского интересовали только законы и закономерности двух сред - воздушной и водной. Прикладные задачи не входили в его планы. В Кучине создавались основы экспериментальной гидродинамики. Поэтому ни самолеты, ни двигатели в Кучине не создавались и не испытывались. Хотя, воздушными винтами Рябушинский занимался тщательно. В ЦАГИ было другое. Институт изначально был "заточен" на выполнение чисто практических задач. Законы аэродинамики и гидродинамики принимались от Н.Е. Жуковского, С.А. Чаплыгина и Д.П. Рябушинского.

Поэтому не удивительно, что к 1930 году, когда из ЦАГИ выделились ряд КБ и специализированных НИИ (НАТИ, ЦИАМ, ВИАМ), у авиационного руководства возникла мысль об упразднении ЦАГИ и передачи его оборудования в ведение других организаций.

В это время начались процессы по изгнанию старых инженеров из, как это называлось постоянно, народного хозяйства. Старых не по возрасту, а по выучке и воспитанию. Советское государство, использовав старых инженеров в делах индустриализации страны, отказывалось от них, как чуждых элементов. Старые инженеры (их оставалось в СССР к 30-му году около 15 тысяч) не устраивали Советскую власть в одном: добросовестно выполняя свой профессиональный долг, инженеры старой выучки повсеместно выступали против лжи и разного рода приписок, как составного фактора советской хозяйственной политики. И где бы не работали эти инженеры, они для властей были вредителями и контрреволюционерами. Так, горный инженер, профессор П.А. Пальчинский приводил в бешенство наркома тяжелой промышленности, обращаясь к Серго Орджоникидзе с простым вопросом: где статистика по горной промышленности и производству нефти. Пальчинский - экономист и хозяйственник мирового уровня, досконально знавший производственные мощности любой шахты и любой скважины в России - не мог принять написанные в кабинетах наркомата статистические данные: большевистские, правильные. А потому, когда появилось одно из первых дел о вредительстве - насчёт Пальчинского ни у кого и сомнений не возникало. И Петр Акимович Пальчинский... действительно был приговорён и расстрелян в мае 1929 года, вместе с "подельниками" - Н.К. Фон Мекком и К.И. Величко. Приговор этой троице "за контрреволюционную деятельность" был подан так, что понят всеми советскими людьми единодушно. Как, пример этого единодушия, приводим страницу газеты, посвящённую "Промпартии" (1930 г). Пошли дела...

Миллионные массы трудящихся требуют расстрела троцкистско-зиновьевских бандитов—заклятых врагов народа

РАССТРЕЛЯТЬ!

Голос ученых

Гнев колхозников

ПРЕДАТЕЛИ!

Стерет... ца земли!

СУД ПОДТВЕРЖДАЕТ ВСЮ НИЗОСТЬ ПРЕДАТЕЛЕЙ

Оказалось, что из сотрудников ЦАГИ только Б.С. Стечкин, к тому времени широко известный молодой, профессор ряда учебных заведений, вызывал недоверие советских деятелей, которые не забыли ему 17-й год и левых эсеров. Борис Сергеевич был арестован по делу той самой "Промпартии" и только через год ничего не выявившего следствия смог приступить к своей новой работе в ЦИАМ в качестве научного руководителя. На пол года...

А в это время в ЦАГИ появился новый начальник, некто Н.Е. Пауфлер, который отличался от предшественников тем, что обращался с сотрудниками института как с заключёнными - грубость, окрики, угрозы украшали его небогатый лексикон. Это не удивительно: в царской армии он успел дослужиться до поручика, а после, он - номенклатурный работник ОГПУ, назначаемый на различные хозяйственные должности. Возможно, этот Пауфлер что-то знал о мнении руководства авиацией по поводу дальнейшей судьбы ЦАГИ в том смысле, что институт собираются закрыть. Как бы там ни было, одним из первых своих приказов он... сместил А.Н. Туполева с поста главного конструктора ЦАГИ (приказ по ЦАГИ № 174 от 25 сентября 1931 г.). И неизвестно, что бы ещё успел наколбасить, не сними его с должности Орджоникидзе в 1932 году, после перехода авиации в наркомат тяжёлой промышленности.

В РСФСР роль самолётов в боевых действиях была даже очень понятна, особенно после разгрома 1-й Конной армии под Варшавой в августе 1920 года, который учинила польская авиация (с интернациональным составом экипажей) на французских монопланах "Моран-Парасоль". Этот первый в мировой военной истории массированный налёт самолётов на кавалерию произвёл неизгладимое впечатление на военных. Так, что авиация - это реальная и страшная сила, которая в СССР поддерживалась и развивалась.

Но возник вопрос, стоит ли сохранять ЦАГИ, что означало в философии авиационного дела - стоит ли науку, т.е. теорию, отделять от практики. И что говорит об этом диалектика?

Диалектика говорит: нельзя!

А в ЦАГИ наступали тревожные времена. Предвестником мрачных событий для сотрудников стала, по выражению В.Л. Александрова, директорская чехарда. За один 1932 год сменилось шесть директоров или, как они назывались до 80-х годов XX века, начальников (при сохранении научного руководства за С.А. Чаплыгиным). Был даже период, когда в институте несколько месяцев никто не работал.

Но всё же закрытие ЦАГИ не состоялось. Дело в том, что авиационное руководство стало понимать: головное НИИ необходимо в отрасли как арбитр-союзник во взаимоотношениях "на научной основе" с главными конструкторами вновь созданных КБ и директорами заводов - личностями своенравными и самовластными. НИИ - это блок-посты административно-командной системы управления промышленностью в советской стране. Вот, в чём - диалектика! Успокоение в ЦАГИ пришло, когда директором был назначен Н.М. Харламов - с которым у А.Н. Туполева сложились нормальные деловые отношения. Которые и проруководили институтом аж до самого 1937 года...

К 15-летию ЦАГИ вышла в свет книга. Судя по более нигде в истории института не встречающейся фамилии автора - Н.Н. Бобров, он не входил в число ведущих сотрудников института, работавших со дня его основания. И может быть поэтому книга не вызвала общего одобрения. В.М. Петляков, цаговец с 1921 года, оценил её, как "*плохо написанную*". А жена А.Н. Туполева, Юлия Николаевна - сотрудница ЦАГИ со дня его основания - в беседе с писателем А.А. Беком уже в 1936 году заметила: "*В этой книжке так много вранья, что читать ее человеку, знающему историю ЦАГИ, невозможно*" [7].

Такую оценку можно дать почти всей официально написанной истории советского времени - в учебниках, исторических монографиях, академических изданиях и мемуарах. Но история XX века завершилась. Она ждет своего осмысления и действительно научного описания. То же можно сказать и о столетней истории ЦАГИ.

## Литература

1. История механики с конца XVIII века до середины XX века. М.: Наука, 1972. - 414 с.

2. Хомяков А.М. Дмитрий Рябушинский. М.: ООО "Контент-пресс", 2010. - 96 с.

3. Катышев Г.И., Михеев В.Р. Авиаконструктор Игорь Иванович Сикорский. М.: Наука, 1989. - 176 с.

4. Ижевско-Воткинское восстание. 1918 г. М.: "Посев", 2000. - 116 с.

5. РГАЛИ. Ф.2863, оп. 1, № 324.

6. Развитие авиационной науки и техники в СССР: историко-технические очерки. М.: Наука, 1980. - 496 с.

7. РГАЛИ. Ф.2863, оп. 1, № 347.

Связь с авторами: himkikaf209b@yandex.ru
khimkirkt@yandex.ru

# О ЖЕЛЕЗНОМ ФЕЛИКСЕ, СОВЕТСКИХ ЧИНОВНИКАХ И НЭП

**Дмитрий Александрович Боев**

История строится не на фактах, а на их подаче. Как бы ни хотелось быть, или хотя бы казаться, полностью объективным, природа построения человеческого знания никогда не даст вам такой возможности, поскольку знания эти базируются на оценке происходящего субъектом или их группой. И мозаика существующих фактов всегда многократно превышает количество их же, какие могут учитываться при рассмотрении произошедшего. Потому, во взглядах разных людей, которые могут использовать различные наборы фактов, и картина происходящего может выстраиваться различная. Даже при совершенно честном их употреблении и отсутствия искажений и собственных домыслов. Но кроме того, люди к тем самым фантазиям и домыслам весьма склонны. В результате этого, в истории человечества существует огромное количество исторических мифов, сомнительных фактов и недостоверных данных, а некоторые из них продолжают жить даже в школьных учебниках. Эти мифы закрепляются в общественном сознании и воспринимаются в качестве правды.

Георгий Леонидович Пятаков, 1925 г.

Вот один из таких мифов - впрочем, не имеющих существенного влияния на нашу картину мира, а скорее, анекдотический - хотелось бы несколько пошатнуть. Полагаю, чуть просветить народ относительно происхождения прилагательного "железный", накрепко приклеившегося к одному из исторических деятелей нашей страны - Ф.Э. Дзержинскому. Относятся к нему самому по-разному - от восхваления до проклинания. Но и то и другое основано на весьма разношёрстных фактах. Как и мотивировка "металлического" прозвания - от бывальщин и каких-то ссылок на чьи-то замечания, и вплоть до откровенных анекдотов. Полагаю, что всё было проще. Директор музея МЭИ, А.В. Григорьев, показал мне сброшюрованный архивный материал - один из номеров приложения к газете "Экономическая жизнь" - сборник "За работой" 1925 года, который позволяет дать иное, но более обоснованное толкование этого прозвища. Здесь я привожу заглавную статью приложения.

Да, впрочем, я и не о том. Точнее - не только о том. 1925 год - самый пик "угара НЭПа", год после смерти Ленина и начала перемены власти. Время, о котором мы, собственно, ничего не знаем, кроме нескольких формальных фраз о замене продразвёрстки продналогом, да бесчинстве возрождённого частного капитала, оставленных нам в наследство "Кратким курсом истории КПСС". И это объяснимо. Вспомним, что большая часть персон, действовавших в то время, не пережила следующего десятилетия. И места для каких-либо сомнений не оставили. А потом была война - и стало не до того, чтобы внимательно разбираться со временем, быстро ставшим древней историей, малоинтересным даже и профессиональным историкам современности.

Так вот. Поруководив процессом устранения разрухи и бандитизма в стране - создав ВЧК, приведя в какую-то логичную систему деятельность железных дорог в стране, организовав ввод в нормальную жизнь миллионов беспризорников - последствия всех войн и революций, Дзержинский стал заниматься восстановлением и ростом хозяйства в стране, сделавшись председателем ВСНХ (1924-1926 год). Но как раз в сражении с чиновниками (поставленными своей же партией власти) методы ВЧК не годились. Хотя и в 1924 году по его инициативе и была создана им же и возглавленная комиссия "Металл ЧК", рассматриваемая некоторыми экспертами как прообраз министерства металлургии СССР.

Лев Борисович Каменев (Розенфельд), 1925 г.

20 июля 1926 года на пленуме ЦК, посвящённом состоянию экономики СССР, Дзержинский произнёс двухчасовой доклад, во время которого выглядел больным. В нём он подверг резкой критике Г.Л. Пятакова, которого он назвал "самым крупным дезорганизатором промышленности", и Льва Каменева, которого обвинил в том, что тот не работает, а занимается политиканством. "*...если вы посмотрите на весь наш аппарат, если вы посмотрите на всю нашу систему управления, если вы посмотрите на наш неслыханный бюрократизм, на нашу неслыханную возню со всевозможными согласованиями, то от всего этого я прихожу прямо в ужас. Я не раз приходил к Председателю СТО и Совнаркома и говорил: дайте мне отставку... нельзя так работать!*" Из-за нервного срыва ему стало плохо. В тот же день, не дожив до сорока девяти лет, он скончался от сердечного приступа. Какая-то достаточно туманная вещь. Как и не менее туманна была судьба следующих руководителей ВСНХ - Куйбышева и Орджоникидзе.

Дальнейший ход дел более-менее известен: постепенное сворачивание НЭПа, первые пятилетки, индустриализация, электрификация и так далее. Об этом не будем здесь, чтобы не отнимать хлеб у профессионалов. Самое основное, о чём хочу сказать: политикой НЭПа все эти подъёмы были подготовлены - и в промышленности в том числе - насколько позволяли средства, возможности и людские ресурсы.

Статью привожу в полном соответствии с оригиналом, сохраняя авторские обороты и пунктуацию того времени.

ЗА РАБОТОЙ

ХОЗЯЙСТВЕННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО СОВЕТСКОГО СОЮЗА

СССР ДОЛЖЕН СТАТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ Ф.Дзержинский.

Вводная статья из Иллюстрированного приложения к газете "Экономическая Жизнь", органа СТО СССР и Экономсовещания РСФСР "ЗА РАБОТОЙ" - ХОЗЯЙСТВЕННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО СОВЕТСКОГО СОЮЗА Москва. 1925 г.

## СССР ДОЛЖЕН СТАТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ

### Ф. ДЗЕРЖИНСКИЙ

Феликс Эдмундович Дзержинский, 1925 г.

В настоящее время металлопромышленность, её состояние и её уровень определяют уровень, динамику и тенденцию развития всех остальных отраслей. В самом деле, несколько лет тому назад мы видели, что весь уровень нашей жизни- только хозяйственной, но и политической, определяли три сектора. Это были продовольствие, транспорт и топливо. Нам приходилось и в СТО и в партийных организациях постоянно следить за тем, когда прибудет в тот или другой промышленный центр или в армию достаточное количество продовольствия, следить за каждым вагоном, за его продвижением. Точно так же, как мы следили по картам за военными действиями на фронтах, мы следили по карте за продвижением каждого вагона. В то же время отсутствие топлива определяло весь уровень нашей жизни. Но это уже позади, и сейчас не что-нибудь другое, а именно металлопромышленость является тем оптимумом, который определяет собой общий темп и общее состояние всего нашего народного хозяйства. В самом деле, вместо кризиса, недостатка и голода в топливе мы в прошлом. году имели кризис сбыта донецкого топлива. Но разве этот именно кризис сбыта не определялся в первую очередь тем, что развитие нашей металлургии было таково, что оно не требовало должного количества топлива, угля. То же во всех остальных отраслях не только промышленности, но и всего народного хозяйства: металлопромышленность сейчас определяет темп их развития.

Возьмём сельское хозяйство. Мы знаем, как страдает сельское хозяйство от недостатка не только с.-х. машин, но и простых орудий; страдает от отсутствия железа, чтобы подправить свой совершенно износившийся хозяйственный инвентарь. Мы знаем, как это уменьшает урожайность, уменьшает производительность труда крестьянина.

То же самое сейчас и с транспортом. Транспорт стоит перед некоторыми заминками: именно в ближайшие годы, если наша металлопромышленность не подтянется для удовлетворения тех потребностей, которые имеются на транспорте, в смысле восстановления путей, постройки новых вагонов и даже паровозов, которые сейчас имеются в избытке, но которых в ближайшее время будет недостаточно. И так со всеми отраслями: возьмем электрификацию, - мы знаем, что при самом ничтожном количестве меди, которое мы добываем, мы не сможем электрифицировать нашу страну и развернуть электропромышленность.

То же с нефтяным делом, которое требует огромного количества металла.

То же самое и с нашей лёгкой промышленностью. Если взять самую основную - текстильную промышленность, то она тоже не может развернуться, не получая достаточного количества металлических изделий от нашей промышленности. темп работы всего народного хозяйства требует восстановления изнашивающегося основного металла, требует восстановления, переоборудования и создания новых средств производства. Только широко развитая металлопромышленность - как по металлургии, так и по машиностроению - может удовлетворить эти потребности.

Поэтому, не напрасно наш партсъезд, наши партийные организации и партконференции посвящают этому вопросу своё внимание. Если эту задачу разрешим, если дадим для разрешения правильное направление, тем самым мы разрешим насущнейшие проблемы остальных отраслей народного хозяйства.

Ф.Э. Дзержинский

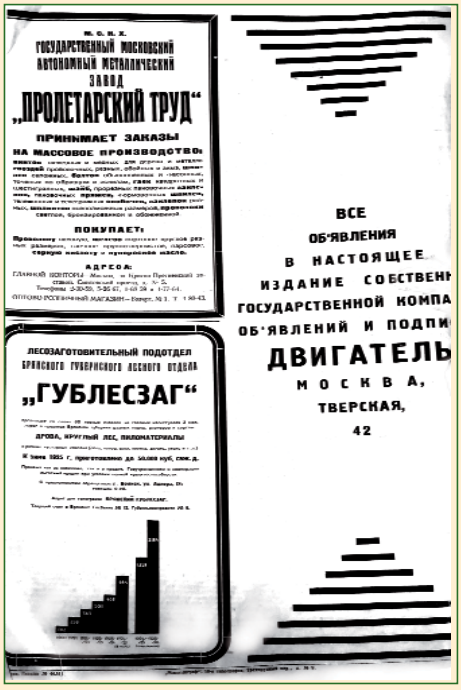
"Экономическая газета", еженедельник ЦК КПСС. Издаётся с ноября 1918 (первоначальное название "Экономическая жизнь"). Была органом ВСНХ и экономических наркоматов, с середины 1921 - орган Совета труда и обороны, с 1931 - Госплана и Наркомфина СССР, пяти союзных банков и ЦК Союза финбанковских работников. С ноября 1937 называлась "Финансовой газетой". С начала Великой Отечественной войны до 1956 не выходила. В феврале 1956 возродилась под названием "Промышленно-экономическая газета" как орган Государственного комитета Совета Министров СССР по новой технике. В июне 1960 реорганизована в ежедневный орган ЦК КПСС - "Э. г.", с августа 1961 - еженедельник ЦК КПСС. "Э. г." пропагандирует экономическую политику КПСС, мобилизует массы на её успешное осуществление. Тираж (1978) был около 850 тыс. экз.

НЭП (Из статьи БСЭ)

Была принята 14 марта 1921 года X съездом РКП(б), сменив политику "военного коммунизма", проводившуюся в ходе Гражданской войны, которая привела Россию к экономическому упадку. Новая экономическая политика имела целью введение частного предпринимательства и возрождение рыночных отношений, с восстановлением народного хозяйства. НЭП была мерой вынужденной и во многом импровизацией. Однако за семь лет своего существования она стала одним из самых удачных экономических проектов советского периода. Главное содержание нэпа - замена продразвёрстки продналогом в деревне (при продразвёрстке изымали до 70 % зерна, при продналоге - около 30 %), использование рынка и различных форм собственности, привлечение иностранного капитала в форме концессий, проведение денежной реформы (1922-1924), в результате которой рубль стал конвертируемой валютой.

НЭП позволила быстро восстановить народное хозяйство, разрушенное Первой мировой и Гражданской войнами. Со второй половины 1920-х годов начались первые попытки свёртывания НЭПа. Ликвидировались синдикаты в промышленности, из которой административно вытеснялся частный капитал, создавалась жёсткая централизованная система управления экономикой (хозяйственные наркоматы).

В октябре 1928 года началось осуществление первого пятилетнего плана развития народного хозяйства, руководство страны взяло курс на форсированную индустриализацию и коллективизацию. Хотя официально нэп никто не отменял, к тому времени он был уже фактически свёрнут. Юридически нэп был прекращён только 11 октября 1931 года, когда было принято постановление о полном запрете частной торговли в СССР.




Для руководства производственной деятельностью трестов в ВСНХ воздаётся центральное управление государственной промышленностью (Цугпром ВСНХ), а в качестве экономического органа регулирования и планирования - Главное экономическое управление (ГЭУ ВСНХ). Председателями ВСНХ были Н. Осинский (В. В. Оболенский) (1917-18), А. И. Рыков (1918-20 и 1923-24), П. А. Богданов (1921-1923), Ф. Э. Дзержинский (1924-26), В. В Куйбышев 1926-30) и Г. К. Орджоникидзе (1930-32). В связи с ростом социалистической индустрии и новыми задачами, вставшими перед промышленностью в 1932, ВСНХ был разукрупнён и на его базе созданы Наркомтяжпром, Наркомлегпром и Наркомлеспром.

(http://bse.sci-lib.com/article007550.html

Ну, и напоследок, о себе, любимых. Цитируемая газета заканчивается (как видно на картинке слева) призывом размещать рекламу в ЭЖ. Да-да, коллеги: в 25-м году "Двигатель" поддерживал программу восстановления хозяйства, будучи одним из крупнейших... рекламных агентств СССР. Что видно и по правому фото, взятому из другого печатного органа того же времени.

# ПАРОВОЗЫ НА БАНКНОТАХ И ЭРЗАЦ-ДЕНЬГАХ МИРА

**Андрей Викторович Барановский**

Самая высокая цена в 2,6 млн руб. была заплачена именно за эрзац-деньги. Именно за столько 17 марта 2018 года на аукционе нумизматической фирмы "Монеты и медали" был куплен невыпущенный в обращение односторонний незаконченный оттиск транспортного сертификата Народного комиссариата путей сообщения (НКПС) 1923 года номиналом 3 руб. золотом.

На сертификате изображен паровоз серии О ("Основной грузовой паровоз") с машиной двойного расширения . Такие паровозы строились с 1897 г. по 1929 г. на всех паровозостроительных заводах России. Всего выпущено 9129 паровозов "О" разных индексов. Эксплуатировались они до 1960-х годов.

Транспортные сертификаты НКПС относятся к одним из самых редких денежных знаков РСФСР. Эти беспроцентные заемные обязательства номиналом 3 и 5 рублей ходили по стране с 1923 и до февраля 1924 года, когда в ходе денежной реформы были обменены на новые казначейские билеты, выраженные в рублях золотом.

Транспортный сертификак "МиМ" аукцион №114, продажа 2600 тыс рублей

Сами транспортные сертификаты выдавались работникам железных дорог, речного и морского транспорта взамен денег и также могли использоваться для внутренних расчётов. В итоге получилось так, что в условиях обращения обесценивающихся совзнаков сертификаты НКПС получили всеобщее признание в качестве разменных денег как устойчивая валюта. Дело в том, что сертификаты имели золотое исчисление по отношению к банковскому билету - червонцу. Они сыграли роль мелких разменных денег для введенного в оборот золотого червонца (знаменитый золотой червонец 1923 года под названием "Сеятель").

Транспортный сертификат 1923 г. номинал 5 руб. сер.1

Вообще в СССР и России паровозы были изображены только на эрзац деньгах. Это так называемый Харбинский рубль, на котором изображен паровоз серии Ш. Такие локомотивы строились в 1901-1907 гг. на Харьковском заводе.

Сам Харбинский рубль - денежная единица, выпускавшаяся в обращение Русско-Азиатским банком в Харбине и на территории отчуждения КВЖД с декабря 1918 г. по 1920 г. Она имела номинал 50 копеек, 1, 3, 10 и 100 рублей и была изготовлена в США в типографии American Bank Note Company.

Рисунок этих рублей до сих пор хранит неразгаданную тайну. Если посмотреть в лупу на пар из-под колес паровоза, то очевидно проглядывает изображение женской головы. По поводу этого рисунка существует несколько версий. Наиболее романтическая следующая. В Харбине жил талантливый художник. На следующий день после венчания его невеста попала под поезд, который ее обезглавил и художник эту драму остро переживал. Когда в 1918 году были начаты работы над созданием рассматриваемых денежных знаков этот художник взялся за изготовление оригиналов оборотной стороны всех купюр. Оригиналы всем понравились и никто из них не заметил в клубах пара под колесами голову женщины с открытым в крике ртом. Оригиналы отправили в США. По ним выгравировали все купюры и выполнили заказ.

ДВР 1 рубль 1920 г.

На знаках разных достоинств изображения женщины в клубах пара весьма условны и отличаются друг от друга. Но трагическое выражение лица сохранилось везде.

Паровоз, выходящий из тоннеля, помещен с левой стороны государственного кредитного билета в 5 рублей, выпущенного Временным правительством Дальнего Востока в 1920 году.

Была еще одна банкнота в 25 рублей с изображением паровоза. Она входила в серию банкнот, заказанных Временным правительством в США. Но банкноты прибыли в Россию, а именно во Владивосток, уже после Октябрьской революции. Они использовались различными властями в Сибири, которые на лицевой части банкноты делали свои надпечатки.

Временное правительство Дальнего Востока, государственный кредитный билет, 5 рублей, Владивосток, 1920 г.

В СССР в годы Великой Отечественной войны не прекращались эксперименты с дизайном купюр, которые собирались ввести в предстоящей денежной реформе. Была разработана серия купюр с портретами советских государственных деятелей. Так, на "10 червонцах" был изображён Ф.Э. Дзержинский, на обороте - паровоз серии ФД ("Феликс Дзержинский")

Россия 25 рублей 1918 г. Временное правительство

В 1920 году, в Азербайджанской республике была выпущена купюра в 100 рублей с изображением состава из нефтяных цистерн. Его тянет уже упомянутый паровоз марки Ш, но построен-

Азейбарджанская республика, 100 руб-1920 г. реверс

СССР 10 червонцев 1942 года проект паровоз ФД

Англия 5 фунтов 1993 г. Стефенсон и его паровоз Ракета

Португалия 1000 эскудо 1980 г. первый паровоз

Гватемала 5 песо 1915г. два паровоза

Гондурас 50 сентаво 1889 г.

Бразилия 200000 реалов 1890 г.

Парагвай 1 песо 1882 г.

Коста-Рика 10 колон 1901-1905 гг.

Гавайи $20 1879 г.

Мексика 100 песо 2010 г.

Гватемала 5 песо 1920 г.

Мексика 20 песо 1902 г.

Мексика песо 100 лет революции 2010 г.

Китай 100 юаней коммерческий банк

Китай 5 юаней 1914 г.

Китай 10 юаней 1914 г., Шанхай

Китай 1 юань 1935 г.

Китай 100 юаней 1942 г.

Китай 1 юань 1945 г.

Китай 10 юаней 1946 г.

ный на Брянском заводе.

Первый в мире паровоз "Ракета" и его создатель Джеферсон помещены на обратной стороне английской банкноты в 5 фунтов, выпущенной в обращение в 1993 г.

На банкноте Португалии в 1000 эскудо выпуска 1980 г. мы видим старинный паровоз. Скорее всего, это "La Liliputien-ne", подаренный в 1846 году королём Франции Луи-Филиппом португальскому принцу Луису. Первая железнодорожная линия в этой стране была открыта 28 октября 1856 года.

Впервые изображения паровоза как символа прогресса на денежных купюрах и ценных бумагах различных банков появились еще в 60-х годах XIX века.

Так, на банкнотах "южан" времен Гражданской войны в США номиналом в $50 и $100 выпуска 1862 г. изображён "Американец" (American type) или "американский стандарт" с высокой трубой, фонарем, установленным на трубе, ско-

Народный банк Китая 2 цзяо 1953 г.

Вьетнам 1 хао 1958 г.

Албания 5 лек 1976 г.

Колумбия 50 песо 1879 г., образец

Болгария 250 левов 1948 г.

тоотбрасывателем. Такой паровоз имел формулу 4-4-0. Этот же паровоз изображен на бразильской банкноте в 200 тыс. реалов 1890 г.

"Американца" мы видим на парагвайской купюре в 1 песо образца 1882 года и купюре в 10 колонов Коста-Рики, бывших в обращении в 1901-1908 гг. В Мексике в 1885-1913 гг. ходили банкноты в 1 песо банка Тамаулипас с изображением этого паровоза.

Гавайские острова с 1847 по 1898 годы назывались республикой и для неё в США печатали бумажные деньги, которые обращались наряду с валютой США. В частности, в 1879 г. была выпущена банкнота в $20 с изображением с правой стороны паровоза и с левой - колесного парохода.

В 2010 г. в связи со столетним юбилеем революции в Мексике выпущена специальная банкнота в 100 песо с изображением паровоза "SUFRAGIO EFECTIVO". Это узкоколейный локомотив 279 (Locomotora de Vapor 279), перевозящий революционные войска в 1910 году.

Сам локомотив построен в Филадельфии заводом "Болдуин" для национальных железных дорог Мексики и введен в эксплуатацию в 1904 году. Это единственный паровоз, который до сих пор работает и сегодня он находится в музее мексиканского города Куаутла.

Это уже паровоз следующего поколения - скорее всего это The Great Mogul ("Великий Могол") или просто Mogul с формулой 2-6-0.

Именно так вскоре стали называть все паровозы с такой формулой и они были очень востребованы для перевозки тяжелых грузов. Хотя справедливости ради следует упомянуть, что Mogul от Baldwin не был самым первым формулы 4-6-0. Первый такой паровоз был создан компанией Rogers Locomotive Works за четыре года до Baldwin, примерно в 1863 году.

Несколько банкнот с изображениями паровозов ходило в довоенные годы в Китае. В основном, это были юани, выпускавшиеся шанхайским Bank of Communications в 1914 году (5, 10 и 100 юаней), в 1927 г. (1, 5 и 1000 юаней), в 1931 г. (1 юань), в 1941 г. (10 юаней). На всех этих банкнотах изображен пассажирский состав.

Уже КНР в 1953 г. выпустил банкноту в 2 цзяо (в одном юане 10 цзяо) с изображением грузового железнодорожного состава. Другие страны соцлагеря изображали паровозы также на послевоенных банкнотах. Это болгарские 250 лева 1948 г., на которых пассажирский состав выходит из туннеля и вьетнамские 1 хао (1/10 донга) 1958 г.

Албания выпустила в оборот 5 леков с пассажирским составом, который ведет паровоз в 1976 г. Здесь надо отметить, что к тому времени уже многие страны отказались от паровозной тяги.

Остров Александра Первого - вся серия паровозы

И в заключение о шести фантазийных банкнотах острова Александра I, называемых "Доллары Антарктиды" и посвященных истории локомотивостроения Франции. Такие доллары выпускает в расчете на коллекционеров некая группа предприимчивых людей. Сам же остров Александра I расположен в 20 км от западного побережья Антарктиды в Море Беллинсгаузена и простирается на 378 км в длину и 200 км в ширину.

На лицевой стороне всех долларов острова Александра I изображен железнодорожный вокзал в новозеландском городе Данедин. На обратной стороне $100 изображен локомотив L`AIGLE постройки 1846 г. Его копию можно видеть в самом крупном железнодорожном музее Франции на окраине Мюлуза. Там, кстати, выставлен вагон российского императора Николая II. Купюра в $200 посвящена паровозу L`ADOUR постройки 1856 г. и $500 несут изображение U 127, строившегося во Франции в начале XX века.

На банкноте в $1000 мы видим тепловоз ВВ 9004 выпуска 1955 г. и на $5000 - скоростной TGV PSE выпуска 1981 г.

Остров Александра I (Антарктида), 2000 долларов, 2017 г., UNC, с голограммой, из серии "Паровозы"

Остров Александра I (Антарктида), 200 долларов, 2017 г., UNC, с и голограммой, из серии "Паровозы"

Научно-технический журнал

# Двигатель

ДВИГАТЕЛЬ
Основан в 1907 г.

http://www.dvigately.ru
dvigatell@yandex.ru
boeff@yandex.ru
+7(916) 600 8237

## Журнал о двигателях

## Журнал о тех, кто создаёт двигатели

## Журнал для тех, кто обслуживает двигатели

## Журнал всем, на кого работают двигатели

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

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

Индекс 1400 в общероссийском Перечне ВАК 2015 г.

Журнал "Двигатель"
Издаётся с 1907 года

ДВИГАТЕЛЬ
двухнедельный научно-технический журнал

В год выходит 6 номеров

**Подписка в каталогах**
**Подписного агентства**
**"Роспечать" № 69385**
**http://www.rosp.ru/**

Научно-технический журнал
http://www.dvigately.ru

Двигатель

ПОЛИТЕХ

# УНИКАЛЬНЫЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ Г. ДАЙМЛЕРА В ФОНДАХ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО МУЗЕЯ

**Валентин Георгиевич Иванов,** старший научный сотрудник Политехнического музея
**Леонид Максимильянович Толмачёв,** старший научный сотрудник ПМ

Если коллекции авиационных и ракетных двигателей в фондах Политехнического музея довольно небольшие, то собрание автомобильных двигателей и силовых агрегатов, состоящих из собственно двигателя, узла сцепления и коробки передач, более 60 единиц. Есть раритетные. Один из них - двигатель Г. Даймлера двухцилиндровый, V-образный. Основной учётный документ экспонатов, включённых в фонд Музея, - книга поступлений, в которой каждый принятый в фонд предмет получает номер с индексом КП. В настоящее время их более 34 тысяч. Описываемый двигатель имеет номер КП 41, т.е. поступил в Музей одним из первых. Принят по акту из Академии механизации и моторизации Рабоче-Крестьянской Красной Армии в 1936 году.

Готлиб Даймлер

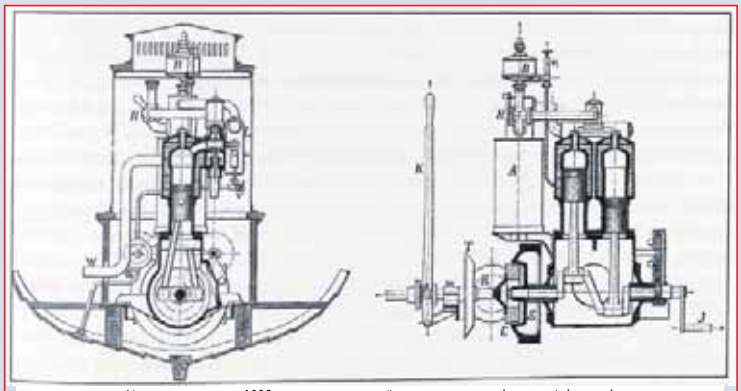
Историк техники В.И. Дубовской в своей книге отмечает, что "*важной предпосылкой создания автомобиля являлось изобретение подходящего двигателя внутреннего сгорания. В развитии такого двигателя в 1870-е годы наибольших успехов достигла Германия. Заслуга в этом деле по праву принадлежит двум немецким конструкторам, работавшим параллельно и независимо друг от друга - Готлибу Даймлеру и Карлу Бенцу*".

Ещё в 1883 году Г. Даймлер запатентовал свой первый горизонтальный четырёхтактный двигатель с частотой вращения коленчатого вала 600 оборотов в минуту. Третий патент под № 50839 немецкий конструктор и предприниматель получил 9 июня 1889 года на необычный для того времени двигатель внутреннего сгорания, вызвавший интерес во всём инженерном мире. Необычным было то, что двигатель имел два цилиндра, расположенных под углом 15...20 градусов друг к другу в виде латинской буквы V. Само по себе решение было признано в инженерном мире революционным и в дальнейшем широко применялось многими фирмами. Подсчитано, что Г. Даймлер продал около 1900 лицензий на этот двигатель. Полученные при этом средства значительно поправили финансовые дела основанной им в городе Канштатте компании Daimler Motoren-Gesellschaft. Изобретение не потеряло своего значения и до наших дней: подавляющее количество современных автомобильных двигателей имеют V-образную конструкцию, только угол развала цилиндров в настоящее время принят не 15...20 даймлеровских градусов, а 60, что значительно уменьшает полную высоту мотора - высоту моторного отсека по требованиям аэродинамики высоких скоростей необходимо минимизировать.

Возникновение собственной мастерской в Канштатте имеет любопытную, на наш взгляд, историю. В 1872 году Даймлер был назначен директором двигателестроительной фирмы "Гасмоторен-фабрик Дойц", принадлежащей Н.А. Отто, которого считают изобретателем двигателя внутреннего сгорания, и его компаньону Лангену. Даймлер рекомендовал на пост главного инженера Фирмы Вильгельма Майбаха, с которым он познакомился, будучи директором завода-приюта Брудерхаус в г. Карлсруэ. Воспитанник приюта Майбах был чертёжником на этом заводе. Вот с каких низов начинали восхождение к мировой славе автомобилестроения великие имена! После нескольких лет работы на посту директора, отмечает В.И. Дубовской в своей книге, между Отто и Даймлером начинают возникать разногласия. Считают, что самолюбие Даймлера было задето тем, что не ему, а Отто принадлежит честь патентования первого четырёхтактного двигателя. Отто стал предпринимать шаги, чтобы сместить его с поста директора. Он предложил Даймлеру возглавить филиал фирмы в Вене, а перед этим совершить командировку в Россию.

В сентябре 1881 года Даймлер едет в Москву, далее в Петербург, Ригу и другие города империи. Его удивляет уровень индустриальной активности в России. В декабре того же года, посетив Тулу, Харьков, Одессу, Лодзь и Краков, вернулся в Германию. Вскоре покидает фирму Отто и основывает совместно с Майбахом собственную мастерскую в Канштатте. Именно там и был построен двигатель, о котором идёт речь. Это видно из заводской таблички в основании блока цилиндров.

По устройству и принципу действия двигатель аналогичен обычному одноцилиндровому. Два поршня с шатунами приводили во вращение общий коленчатый вал с двумя дисками-маховиками по его концам. Карбюратор барботажного (испарительного) типа (на музейном двигателе он отсутствует). Горючая смесь подаётся в цилиндры патрубками в верхней части блока цилиндров. Охлаждение водяное, термосифонное, охлаждаются только головки цилиндров. Трубки подвода и отвода воды расположены на боковой и верхней частях головок цилиндров. Впускные клапаны - ав-



Из немецкого патента 1895 г. на двухцилиндровый двигатель для лодки (по книге А.Фирсова)

томатические, открываются под действием разрежения, создаваемого во время первого такта - впуска движущимся вниз поршнем. Выпускные клапаны открываются с помощью ролика, скользящего в эллипсовидном канале на одном из маховиков, и связанных с ним толкателей. При каждом втором обороте толкатели движутся вверх , открывая выхлоп. В качестве устройства системы зажигания Даймлер применил горелку, посчитав электрическое зажигание слишком сложным. Такую горелку применил ещё Отто в своём запатентованном ранее двигателе. Запальньная трубка у Даймлера была закрыта с внешней стороны и открыта внутрь цилиндра мотора. Трубка постоянно поддерживалась пламенем горелки в состоянии красного каления. В конце такта сжатия горючая смесь проникала в трубку и воспламенялась.

**Техническая характеристика двигателя:**
Тип- карбюраторный;
Число тактов - 4;
Охлаждение- водяное, термосифонное;
Число цилиндров - 2;
Рабочий объём - 566 см$^3$;
Диаметр цилиндров - 60 мм;
Ход поршня - 100 мм;
Мощность - 1,5 л.с.

**Данные приведены по источнику:**
*Hans-Henrich von Ferson. Autos in Deutschland 1885 - 1920 Eine typengeschichte Motorbuch Verlag Stuttgart, 1976. 408 с.: ил.*

Для выяснения истории создания нашего двигателя сотрудник отдела транспорта Политехнического музея в 2005 году направил запрос в Московское представительство фирмы. В свою очередь Представительство переадресовало обращение музея в архивную службу компании DaimlerChrysler AG в Штуттгарте. В сообщении из ФРГ дана справка, что данный двигатель № 282 изготовлен по заказу в июне 1892 года и предназначался к установке на судно, тип судна в сообщении не раскрыт. Дополнительно сообщён адрес сайта фирмы ФРГ в Интернете (по немецки "Intranet").

Для использования в учебных целях двигатель переведён в демонстрационное состояние. Реставрация двигателя не проводилась.

На двигателе отсутствуют: карбюратор, кран-смеситель регулировки смеси, труба подогрева всасываемого воздуха, бензиновые горелки с регулировочными иглами, маслёнки-капельницы смазки цилиндров, храповик пусковой рукоятки, выпускная труба одного цилиндра.

По программе "Памятники науки и техники России" двигатель признан ПНиТ первой категории, выдан сертификат № 704 от 23.11.2005 г.

Связь с автором: vgivanov@polytech.one

УДК 511.17

НАУКА

*Развитие темы. Предыдущая статья в №4 за 2018 г.*

# ПРОСТЫЕ ЧИСЛА

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

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

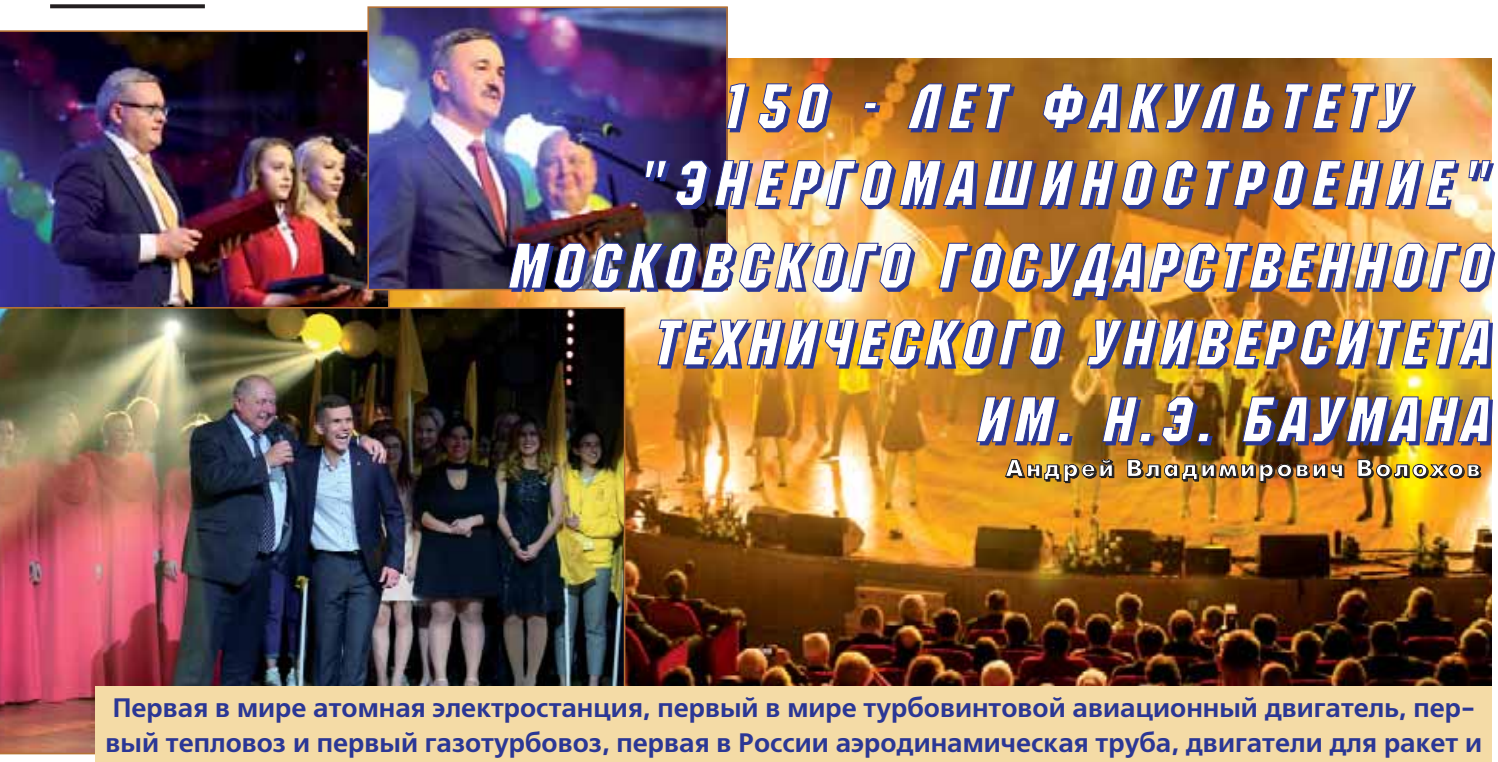
В данной статье мы продолжаем рассматривать множество простых чисел. Используем обозначение P(n) - простое число, стоящее на n-м месте в естественном ряду простых чисел (n принадлежит множеству N натуральных чисел), например, P(3) = 5. В статье [5] мы обращали внимание на противоречие использования такой зависимости P(n).

Попытаемся более подробно рассмотреть теорему Евклида о бесконечности множества простых чисел [1]. Обратимся к самым фундаментальным трудам. В [2] при доказательстве теоремы Евклида фактически рассматривается произведение (P(1) P(2) ... P(n))+1, но нас настораживает использование P(n). Аналогично, в работе [3]. Недостаток места не позволяет провести подробный анализ. Наконец, откроем фундаментальный труд Александра Адольфовича Бухштаба "Теория чисел" [4]. Удивительная интуиция не позволила автору при доказательстве теоремы Евклида использовать явно зависимость P(n). Он пишет: *"...Предположим, что множество простых чисел конечно и состоит из чисел 2, 3, 5, ..., p, где p -последнее, самое большое простое число. Рассмотрим натуральное число N = 2·3·5·... ·p+1".* Далее следует ход доказательства, аналогичный [2, 3]. В тексте, как видим, не используется P(n). Но во всех работах имеется как бы скрытое присутствие такой зависимости. Центральным моментом доказательства рассматриваемой теоремы служит утверждение, что произведение P(1)·P(2)·...·P(n) построено без пропусков (об этом явно не говорится, но подразумевается как само собой разумеющееся). Другими словами, авторам хотелось бы иметь такое произведение, но доказать отсутствие пропусков в этом произведении невозможно. Отсюда, если мы не сможем за каждым i-м простым числом поставить множителем i+1-ое, то пропущенное число разрушит доказательство. Словами говорится, что выстроили рассматриваемые числа в ряд без пропусков, но насколько это обосновано? Поэтому строгость всего доказательства вызывает сомнения.

## Литература

1. Евклид. Начала. М.: ГИТЛ, 1950 г.
2. К. Айерлэнд, М. Роузен. Классическое введение в современную теорию чисел. М.: Мир, 1987 г.
3. Г. Дэвенпорт. Высшая арифметика. М.: Наука, 1965 г.
4. А. Бухштаб. Теория чисел. М.: Просвещение, 1966 г.
5. А. Касьян. Простые числа // Двигатель № 4, 2018

Связь с автором: a.kasyan1@yandex.ru



# 150 - ЛЕТ ФАКУЛЬТЕТУ "ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЕ" МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. Н.Э. БАУМАНА

Андрей Владимирович Волохов

**Первая в мире атомная электростанция, первый в мире турбовинтовой авиационный двигатель, первый тепловоз и первый газотурбовоз, первая в России аэродинамическая труба, двигатели для ракет и космических кораблей и много других полезных изобретений создано выпускниками старейшего факультета МГТУ им. Н.Э. Баумана – "Энергомашиностроение".**

В эти дни факультет отмечает свой юбилей. 150 лет назад, в 1868 году, император Александр II подписал устав Императорского Московского технического училища. В нем говорилось о подготовке механиков - машиностроителей, инженеров - механиков и инженеров - химиков. Для этого было создано два отделения - механическое и химическое. На базе механического отделения и был создан факультет "Тепловые и гидравлические машины", нынешний факультет "Энергомашиностроение".

Именно в ИМТУ в XIX веке создана московская школа теплотехников, внесшая значительный вклад в теорию теплотехники и тепловых двигателей. Труды профессоров и ученых ИМТУ стали ее основой. Среди них Ф.Г. Орлов, Н.И. Мерцалов, В.И. Гриневецкий, К.В. Кирш, Б.М. Ошурков, И.И. Куколевский, В.В. Уваров, С.Я. Герш, В.Е. Цизик и многие другие. Работы выпускника ИМТУ В.Г. Шухова, - "российского Леонардо да Винчи" - образец научного и инновационного подхода к решению инженерных задач и созданию образцов новой техники. Крекинг нефти, танкеры, нефтяные баки и нефтепроводы. Его творение - Шуховская башня, ставшая одной из визитных карточек Москвы - и сегодня возвышается над столицей.

Развитие промышленности и науки стало основой интенсивного развития факультета. Факультет становится базой для подготовки инженеров новых специальностей, новых научных направлений. За годы своего существования факультет стал ведущим в нашей стране центром подготовки ученых и инженеров-конструкторов в области теплотехники, двигателестроения, холодильной и вакуумной техники, гидравлики, ядерной и плазменной техники и технологий. Неоценима роль преподавателей и выпускников факультета, многие из которых возглавили важнейшие направления отечественной промышленности и транспорта. Среди выпускников факультета академики РАН, десятки лауреатов Ленинской и Государственной премий, Главные конструктора и директора заводов, космонавты.

Сегодня Научно-учебный комплекс "Энергомашиностроение" готовит специалистов для предприятий военно-промышленного, космического и энергетического комплексов нашей страны. Это один из самых больших и эффективно работающих научно-учебных центров в России. Научные школы с мировым именем, глубокие научные исследования, связь с институтами РАН, отраслевыми НИИ и промышленными предприятиями - все это позволяет достигать крупных научно-технических результатов и обеспечить современный уровень учебного процесса.

*"Энергомаш славится своими традициями, гордится своей историей"*, - говорит ректор МГТУ им. Н.Э. Баумана Анатолий Александров, - *"Факультет достойно пришел к своему 150-летию. Он по-прежнему в числе лидеров. В добрый путь, энергеты!"*

Торжественное заседание, посвященное 150 - летию со дня основания факультета "Энергомашиностроение", прошло 30 ноября 2018 г. в Большом зале Дворца культуры МГТУ им. Н.Э. Баумана. На нём были поздравления юбиляра от ректората и сотрудников университета, приветствия от космонавтов, тёплые слова от выпускников факультета. Вечер завершился праздничным концертом.

# ГАБТУ - ЧТЗ - ГСКБД
## ВРЕМЯ, ДЕЛА И ЛЮДИ

**Андрей Петрович Маслов,** к.т.н., главный конструктор проекта

Челябинский тракторный завод (до 6 октября 1941 года - Челябинский тракторный завод им. И.В. Сталина, до 20 июня 1958 года - Кировский завод наркомтанкопрома в г. Челябинске, с 10 ноября 1971 по 1 октября 1992 года - производственное объединение "Челябинский тракторный завод имени В.И. Ленина") - машиностроительное предприятие по разработке и производству колесной и гусеничной дорожно-строительной техники (бульдозеров, трубоукладчиков, фронтальных погрузчиков), двигателей внутреннего сгорания, запасных частей и прочей высокотехнологичной машиностроительной продукции.

**Переведенцев Петр Павлович**
**Генеральный директор**

История образования Главного автобронетанкового управления берет начало в 1929 году, когда для разработки мероприятий по технической реконструкции Красной Армии была создана специальная комиссия под председательством С.С. Каменева. Одним из выводов ее работы было: *"Учитывая масштабы начинающегося строительства в области механизации и моторизации, важность и новизну этого дела, признать совершенно необходимой скорейшую организацию особого Центрального управления Народного комиссариата по военным и морским делам, ведающего всеми вопросами моторизации и механизации"*. В связи с этим, третьего ноября 1929 года на заседании Реввоенсовета было принято решение о создании Управления по механизации и моторизации РККА. Приказом Реввоенсовета СССР от 22 ноября 1929 года введено в действие положение об этом управлении, созданном на базе отдела механической тяги и секции механизации НТК ГАУ, автомобильного отдела и автотракторной секции НТК ГНУ и инспекции бронетанковых частей РККА.

Челябинский тракторный завод (ЧТЗ) был введен в строй действующих предприятий страны 1 июня 1933 года, приказом от 01.06 1933 г. № 506 народного комиссара тяжелой промышленности С. Орджоникидзе. К апрелю 1940 года с конвейера завода сошел юбилейный 100 000-й трактор, и до начала Великой Отечественной войны на заводе было выпущено 115 тысяч гусеничных тракторов, это около 40 тракторов в сутки.

В начале войны в результате объединения трех заводов Ленинградского Кировского, Харьковского дизель-моторного и Челябинского тракторного заводов был образован Челябинский Кировский завод (ЧКЗ). В короткий срок было разработано, налажено и освоено поточное производство тяжелых танков КВ, ИС и средних танков Т-34. За годы войны завод стал крупнейшим танкостроительным предприятием, на котором было разработано и организовано производство 13 моделей бронетанковой техники и самоходных артиллерийских установок на базе танков КВ, ИС и Т-34. За годы войны было выпущено 18 тысяч танков и артиллерийских самоходов, а также 48,5 тысяч танковых дизелей, т.е. каждые сутки с конвейера завода выходило двенадцать танков и тридцать три танковых двигателя.

За доблестный труд в военные годы коллективу завода 33 раза вручалось переходящее знамя Государственного комитета обороны, два из которых переданы на вечное хранение. Завод был награжден орденами Красной Звезды (1944 год), Кутузова 1 степени (1945 год). Кроме этого, входящие в состав ЧТЗ Опытный завод (в 1944 году) и специализированное конструкторское бюро ГСКБД (в 1945 году) были награждены орденами Ленина. Все вышеуказанные достижения по разработке, организации производства и успешного применения в годы войны и последующие десятилетия невозможно представить без участия плеяды прославленных конструкторов, обеспечивших превосходство русской творческой мысли.

При этом следует оценить способности И.В. Сталина ставить на руководящие должности специалистов, которые смогли в невероятных условиях и в жесткие сроки обеспечить необходимый уровень разработок и производства техники военного назначения. Любая ошибка И.В. Сталина в вопросе назначения на руководящие должности имела бы катастрофические последствия, времени на исправление ошибок не было.

Фактически, была сформирована эффективная творческая группа специалистов по разработке и организации производства продукции военного назначения. Специалисты завода неоднократно выезжали в действующую армию, что позволяло эффективно решать актуальные задачи и обеспечивать высокий технический уровень продукции военного назначения. Эта работа выполнялась в тесном сотрудничестве со специалистами ГАБТУ.

**Зальцман Исаак Моисеевич**
**(9(22).12.1905 - 17.07.1988)**

В 1938 г. после ареста прежнего руководства завода в возрасте 32 лет Исаак Моисеевич был назначен директором Кировского машиностроительного завода в Ленинграде. Будучи директором крупнейшего завода по производству танков в СССР, он добивался увеличения их производства. С 1939 года он сумел запустить в массовое производство новейшие по тому времени танки КВ и ряд других. Одним из залогов успеха стало тесное взаимодействие с конструкторским бюро завода, которое возглавлял Ж.Я. Котин. За первые три месяца Великой Отечественной войны Кировский завод выдал больше танков КВ, чем за период с января по июнь 1941 г. За выдающиеся заслуги в обеспечении Красной Армии танковой техникой в трудных условиях военного времени Указом Президиума Верховного Совета СССР от 19 сентября 1941 года Зальцману Исааку Моисеевичу и Котину Жозефу Яковлевичу были присвоены звания Героев Социалистического Труда с вручением орденов Ленина и золотой медали "Серп и Молот". В октябре 1941 г. Исаак Моисеевич был командирован в Челябинск и до февраля 1942 г., а также с июля 1943 г. был директором Кировского завода в Челябинске (ЧКЗ). Исаак Моисеевич являлся организатором центра танкового производства, созданного в годы войны на базе ЧТЗ. Одновременно в 1941 - 1942 годы он занимал пост заместителя наркома, а в 1942 - 1943 годы наркома танковой промышленности. Под его руководством в кратчайшие сроки был налажен выпуск танка Т-34 на Уральских заводах. За годы войны на ЧКЗ был освоен выпуск 7 типов танков и САУ, 6 типов танковых дизелей.

Награды: Герой Социалистического труда, лауреат Сталинской премии, лауреат Государственной премии СССР. Награжден тремя орденами Ленина, двумя Трудового Красного Знамени, Суворова, Кутузова, Красной Звезды.

**Котин Жозеф Яковлевич (10.03.1908 - 21.10.1979)**

За выдающиеся заслуги в создании и освоении производства тяжелых танков в условиях военного времени Указом Президиума Верховного Совета СССР от 19 сентября 1941 года Ж.Я. Котину было присвоено звание Героя Социалистического Труда с вручением ордена Ленина и золотой медали "Серп и Молот". В июне 1941 г. Ж.Я. Котин был назначен заместителем Народного комиссара танковой промышленности (до 1943 года), главным конструктором наркомата танковой промышленности и главным конструктором танкового завода в Челябинске. В период 1943 - 1944 годы под руководством Ж.Я. Котина на базе танков КВ, Т-34 и ИС были созданы самоходные артиллерийские установки СУ-152, ИСУ-152, ИСУ-122.

С 1968 - заместитель Министра оборонной промышленности СССР. Депутат Верховного Совета СССР в 1946 - 1950 и в 1966 - 1970 годах. Доктор технических наук (1943).

Лауреат четырех Сталинских премий СССР (1941, 1943, 1946, 1948). Заслуженный деятель науки и техники РСФСР (1968).

Воинские звания: военинженер 2-го ранга, военинженер 1-го ранга, генерал-майор технических войск (06.01.1942), генерал-лейтенант инженерно-танковой службы (31.07.1944), генерал-полковник инженерно-технической службы (13.11.1965), генерал-полковник-инженер (1971).

**Духов Николай Леонидович (13 (26) 10. 1904 - 01.05.1964)**

После окончания института Николай Леонидович был направлен на Ленинградский Кировский завод. В 1936 году его, как инженера автотракторной специальности, привлекли к работе по улучшению бронетанковой техники. Духов перешёл в СКБ-2 Кировского завода.

В 1941 году Ленинградский Кировский завод был эвакуирован в Челябинск, где на базе Челябинского тракторного завода начали разворачивать производство танков КВ. Николай Леонидович стал заместителем главного конструктора, а Постановлением Государственного Комитета Обороны от 26 июня 1943 года был назначен главным конструктором. Он налаживает поточно-конвейерное производство танков КВ, возглавляет разработку их модификаций (КВ-1С, КВ-85) и самоходных артиллерийских установок (СУ-152, ИСУ-152), осуществляет коренную модификацию средних танков Т-34.

Но главным достижением руководимого Н.Л. Духовым коллектива явилось создание тяжёлых танков серии ИС (Иосиф Сталин) - ИС-1, ИС-2, ИС-3, ИС-4, отлично зарекомендовавших себя на фронтах Великой Отечественной войны, показавших высокие боевые качества и преимущества перед танками немецко-фашистской армии.

В 1944 году Н.Л. Духов возглавил кафедру гусеничных машин в Челябинском механико-машиностроительном институте (ныне Южно-Уральский государственный университет).

Н.Л. Духов - один из самых награжденных людей в стране. Он добился успехов на многих поприщах: конструктор танков, один из создателей ядерного щита СССР, член-корреспондент Академии наук СССР (1953), доктор технических наук (1953), генерал-лейтенант инженерно-технической службы (31.05.1954).

Награждён четырьмя орденами Ленина (17.04.1940 "за успешную работу и проявленную инициативу по укреплению обороноспособности нашей страны", 15.08.1944, 16.09.1945, 25.10.1954). орденами Суворова II степени ("за выдающиеся заслуги в создании танков и самоходок", 19.04.1945), Трудового Красного Знамени (24.01.1944), Красной Звезды (за освоение танка КВ-1С (15.06.1942) и медалями, в том числе "За трудовую доблесть" за разработку противоминного трала (07.3.1940).

Он трижды Герой Социалистического труда (1945,1949,1954), лауреат Ленинской премии (1960), пяти Сталинских премий (1943, 1946, 1949, 1951, 1953), лауреат Государственной премии СССР (1954).

**Челпан Константин Федорович (1899 - 1937)**

Создание танкового дизеля В-2 в первую очередь связано с именем Константина Федоровича Челпана, начальника дизельного отдела Харьковского паровозостроительного завода. Константин Федорович участник гражданской войны, добровольцем вступил в РККА, участвовал во взятии Перекопа и форсировании Сиваша. В 1924 году после окончания Харьковского технологического института работал на Харьковском паровозостроительном заводе (ХПЗ). В 1928 - 1929 году Константин Федорович проходит стажировку на заводах Германии, Швейцарии и Англии. По возвращению из командировки возглавляет дизельный отдел ХПЗ, где была создана отдельная конструкторская группа под руководством Я.Е. Вихмана, занимающаяся изучением проблем, связанных с созданием быстроходных танковых дизелей. В марте 1935 г. Постановлением ЦИК СССР за создание новых мощных современных конструкций машин, в том числе танкового дизеля БД-2, завод был награжден орденом В.И. Ленина. Этим орденом были награждены директор завода И.П. Бондаренко, начальник дизельного отдела К.Ф. Челпан, а также непосредственный руководитель работ Я.Е. Вихман. Дальнейшие работы по созданию дизеля БД-2 были связаны с решением сложных технических, технологических и организационных задач. Технические проблемы и отсутствие опыта тормозило дальнейшее совершенствование дизеля. О проблемах по совершенствованию дизеля в марте 1937 года Константин Федорович доложил на партийном собрании отдела. Для доводки дизеля нарком авиационной промышленности командировал на завод специалистов ЦИАМа, которые внесли более 2000 больших и малых изменений в конструкцию. К.Ф. Челпан был отстранен от должности начальника дизельного отдела, а в конце 1937 года по ложному обвинению во вредительстве был уволен с завода, арестован и впоследствие расстрелян.

**Вихман Яков Ефимович (Яков-Израиль Иерухимович Вихман) (1896-1976)**

Советский конструктор дизельных двигателей, один из руководителей конструкторского коллектива по созданию и производству дизельных двигателей для советских танков.

Родился в 1896 году в Бобруйске (ныне Могилёвская область, Беларусь). Поступил в Харьковский технологический институт в 1916 году, однако в связи с революцией, Гражданской войной и разрухой смог окончить его только в 1924 году. После окончания института работал на ХПЗ конструктором, старшим конструктором, заведующим конструкторским по-

дотделом дизельного отдела завода, а с 1931 года начальником конструкторского бюро по дизельному двигателю. В марте 1935 года Постановлением ЦИК СССР за создание новых мощных современных конструкций машин, в том числе танкового дизеля БД-2, был награжден орденом В.И. Ленина. С 1939 года - заместитель главного конструктора завода № 75, с 1941 года - заместитель главного конструктора СКБ-75 Кировского завода в Челябинске.

Награды: орден Ленина (1935, 1945), Сталинская премия второй степени (1946) - за создание танковых дизель-моторов, орден Отечественной войны 1 степени, медали.

**Чупахин Тимофей Петрович (1896 - 1966)**

Работы по совершенствованию и доводке двигателя БД-2 продолжил назначенный в конце августа 1937 года начальником дизельного отдела Чупахин Тимофей Петрович. Наиболее сильной стороной Тимофея Петровича была не теория, а практика. Возглавляя дизельный отдел, он в основном занимался доводочными работами с конструкторами и испытателями. Его помощником по опытным работам был И.Я. Трашутин. В мае - июне 1939 года были успешно проведены 100-часовые государственные испытания доработанного дизеля В-2 и приказом №115 от 05.09.1939 г. по наркомату среднего машиностроения он был рекомендован к серийному производству, а 19.12.1939 г. постановлением Комитета обороны были приняты на вооружение три модификации дизеля: В-2 мощностью 500 л.с., для легкого танка БТ-7М; В-2К мощностью 600 л.с. - для тяжелого танка КВ-1 и В-2В мощностью 375 л.с. - для артиллерийского тягача "Ворошиловец". С началом войны Т.П. Чупахин назначается главным конструктором по дизелям Свердловского турбомоторного завода, а работы по танковым двигателям В-2 после эвакуации Харьковского завода в Челябинск возглавил И.Я. Трашутин.

Награды: орден Ленина, орден Трудового Красного знамени, два ордена Красной звезды, медали. Сталинская премия второй степени - за разработку новой конструкции дизеля - 1941 год, Сталинская премия 1953 год. Инженер - полковник, кандидат технических наук, доцент.

**Трашутин Иван Яковлевич (1906 - 1986)**

Инженер, генерал-майор, дважды Герой Социалистического труда (1966, 1976), дважды лауреат Государственной премии СССР, почетный гражданин г. Челябинска (1978). Принял участие в создании первого танкового дизельного двигателя, за который в 1941 году был удостоен ордена Ленина. С началом Великой Отечественной войны вместе с Харьковским моторным заводом был эвакуирован в Челябинск. Под его руководством создано семейство дизелей В-2, применявшихся в тяжелых танках КВ и ИС, среднем танке Т-34, а также в широкой гамме самоходных артустановок, ракетных комплексов и других боевых машинах. Двигатели, созданные под его руководством, использовались более чем в 70 типах боевых машин и явились основой силовых установок боевых машин, спроектированных в послевоенные годы.

Награжден орденами Ленина (1941, 1945, 1966, 1976), Красной Звезды (1942), 7 медалями.

После ухода И.Я. Трашутина на пенсию в 1981 году работы по дизелям специального назначения продолжил В. И. Бутов.

**Бутов Владимир Иванович (25.10.1934 - 06.11.1999)**

Владимир Иванович окончил Харьковский политехнический институт (1957), инженер-механик. Под его руководством выполнена модернизация двигателей типа В-2: В-84, В-58, В-92. Впервые в стране исследована и реализована силовая характеристика с постоянной мощностью в двигателе В-42 для трактора типа ДЭТ-250. Разработан новый вид дизелей 2В в 6-, 8-, 12- и 16-цилиндровом исполнении для перспективных военно-гусеничных и колесных машин, не уступающих по удельной мощности и весогабаритным показателям лучшим зарубежным образцам, а по ряду параметров превосходящих их.

В 1957-1958 гг. Владимир Иванович - инженер-испытатель Кировского завода (Челябинск), в 1958-1997 гг. - инженер-исследователь, старший инженер-исследователь, руководитель группы, начальник бюро, заместитель главного конструктора, а в 1981-1999 годы генеральный конструктор головного СКБ по двигателям ОАО "Челябинский тракторный завод".

Награды: лауреат Государственной премии СССР (1995), заслуженный изобретатель РСФСР (1983), заслуженный конструктор РФ (1993), Герой Социалистического Труда (1985), ордена Ленина (1985), медаль "Серп и Молот", "Знак Почета" (1976) и прочими медалями.

Перспективы дальнейшего развития двигателестроения на заводе связаны с такими направлениями как:

- применение электронного управления работой различных систем управления и контроля двигателя на основе комплексной многопараметрической оптимизации;
- применение современных методов проектирования двигателей и его систем на основе компьютерного проектирования и имитационного моделирования;
- использования перспективных материалов с применением методов топографической оптимизации.

По мнению специалистов завода, это позволит обеспечить преемственность поколений и обеспечит необходимый уровень выпускаемой на заводе продукции.

УДК 94(470.5)"1927/1942"

# СОЗДАНИЕ И СЕРИЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ТАНКОВОГО ДВИГАТЕЛЯ В-2

**Никита Николаевич Мельников,** к.ист.н., доцент, старший научный сотрудник Института истории и археологии УрО РАН

**Окончание. Начало в журнале "Двигатель" № 5, 2018**

Статья подготовлена в рамках гранта РГНФ № 16-01-00308 ОГН-А "Кампания по борьбе с вредительством в военной промышленности по документам Архива Президента Российской Федерации"

***Статья раскрывает особенности становления советского танкового дизелестроения. Показана неоднозначность решения о начале массового выпуска дизель-мотов В-2. Делается вывод о неготовности В-2 для серийного производства.***

***The article reveals the features of the formation of the Soviet tank diesel industry. The decision to start mass production of diesel engines V-2 was unsuccessful. The conclusion is made about the unavailability of V-2 for mass production.***

***Ключевые слова: В-2, танкостроение, танковый дизель, экономика, Павлуновский, Челпан, Чупахин.***

***Keywords: V-2, tank industry, diesel, Economics, Pawlunovsky, Chelpan, Chupahin.***

С началом первой индустриальной пятилетки СССР запустил широкую программу развития собственного танкостроения. Практически сразу же эта программа, помимо множества прочих проблем, столкнулась с отсутствием специальных танковых моторов приемлемой мощности. Их необходимо было или разрабатывать, или закупать заграницей. В этой ситуации ставка была сделана на разработку и последующее применение специальных танковых двигателей на тяжелом топливе - дизель-моторов.

В августе 1933 г. Комиссия обороны при участии высшего советского руководства (И.В. Сталина) "*утвердила систему танкового перевооружения РККА и постановила с 1936 г. перейти на более совершенные конструкции*". Итоги работы Комиссии сводились к двум важнейшим решениям: перевод всех танков на колесно-гусеничный движитель (за исключение наиболее тяжелого Т-35) и на дизельный мотор [10, с. 148]. Результат деятельности Комиссии возымел весьма серьезные последствия для всего советского танкостроения, которое вплоть до 1938 г. вынуждено было развиваться ровно в обозначенных направлениях.

*Рис. 1 И.П. Павлуновский*

После принятия этого решения Комиссии обороны Главное военно-мобилизационное управление (ГВМУ) Наркомата тяжелой промышленности (НКТП) СССР составило программу развития отечественного танкостроения до 1936 г. Глава ГВМУ И.П. Павлуновский во второй половине 1920-х гг. был одним из основных организаторов уголовного дела "О контрреволюционной организации в военной промышленности", направленного против различных специалистов, начавших свою карьеру еще в царской России. Всего по нему проходил 91 человек. В октябре 1929 г. пятеро из обвиняемых (все царские генералы) во главе с бывшим помощником начальника Главного военно-промышленного управления В.С. Михайловым были приговорены к высшей мере - расстрелу. Все остальные - "*на разные сроки заключения в концентрационные лагеря*". В том числе в результате этого дела И.П. Павлуновский стал руководить всей военной промышленностью СССР, возглавив ГВМУ.

Программа развития танкостроения должна была идти по пяти основным направлениям:

1. Разведывательные плавающие гусеничные танки Т-37А (вес 3,5 тонны) должны были заменить или новые гусеничные Т-38 (2,7 тонны, серийно начал выпускаться в 1936 г.), или колесно-гусеничные Т-43 (3,6-4 тонны). На них, после соответствующей доработки, планировалось установить британский дизель-мотор "Перкинс", который уже был испытан на Т-37А. Испытания были признаны удачными, но плавающие танки так и не смогли получить дизель и продолжали выпускаться с карбюраторными моторами.

*Рис. 2 Разведывательный плавающий колесно-гусеничный танк Т-43*

2. Для общевойскового танка Т-26 (вес 9,4 тонны) Опытным заводом им. Кирова и заводом им. Ворошилова были разработаны проекты дизель-моторов с воздушным охлаждением в 90 и 115 л. с. Для нового образца колесно-гусеничного танка Т-46 (12 тонн) Опытный завод разработал дизельный двигатель ДМТ-7 в 250 л. с. Все эти моторы должны были быть готовы к концу 1935 г.

3. Наверное, самые радикальные изменения ждали оперативный танк (типа "Кристи"). В этом классе, как и в классе сверхлегких разведывательных машин, должны были появиться колесно-гусенично-плавающие танки. Серийный танк БТ-5 (11,3 тонны) должен был сменить сначала колесно-гусеничный БТ-7 (12,5 тонн, серийно начал выпускаться в 1935 г.), а потом ПТ-1А (15,3 тонны), умеющий плавать и использующий колесно-гусеничный движитель. Дизельная силовая установка для этих машин мощностью 400 л. с. разрабатывалась на предприятии-изготовителе оперативных танков - на Харьковском паровозостроительном заводе № 183 (ХПЗ).

*Рис. 3 Общевойсковой колесно-гусеничный танк Т-46*

*Рис. 4 Оперативный колесно-гусенично-плавающий танк ПТ-1А*

4. Гусеничная версия трехбашенного танка качественного усиления резерва Главного командования Т-28 (25,2 тонны) должна была быть заменена на колесно-гусеничный вариант - Т-29 (23,5 тонны). Для этих танков на Опытном заводе им. Кирова был изготовлен и испытан (в первом варианте) дизель-мотор Д-300 конструкции инженера Дьячкова, мощностью до 150 л. с.

*Рис. 5 Колёсно-гусеничный танк качественного усиления Т-29*

5. Пятибашенный 50-тонный танк особого назначения Т-50А был единственной машиной, которая должна была остаться только на гусеничном ходу. Но и для этого танка планировалось создать силовую установку на тяжелом топливе: ХПЗ проектировал 800-сильный дизель-мотор, который, по сведениям ГВМУ, "*будет готов к 15 августа 1935 г.*" [10, с. 148-154]. Однако, этот двигатель так и не появился вплоть до снятия Т-35А с производства в 1939 г.

Для отечественного моторостроения данная программа означала, что все ресурсы, задействованные в развитии танковых моторов, отныне были направлены, прежде всего, на создание дизельных

*Рис. 6 Танк особого назначения Т-35*

силовых установок. Это решение было достаточно уникальным. Ни одна страна в мире ни в 1930-е гг., ни в период II мировой войны не использовала настолько массово такой тип танкового двигателя. За исключением Японии, где двухтактные дизельные моторы были основными силовыми установками для бронетехники в силу острого дефицита топлива. Кроме того, в 1941-1945 гг. американский танк "Шерман" из 13 различных своих модификаций имел одну со спаренной дизельной установкой - M4A2. Этот вариант поставлялся для корпуса морской пехоты США и в Советский Союз.

Уже после Великой Отечественной войны в отечественной литературе сформировалось стойкое убеждение, что танковый дизель обладал "*бесспорными преимуществами перед карбюраторными бензиновыми двигателями*" [2, с. 453]. Можно встретить ссылки на воспоминания Г. Гудериана, которой считал, что Германия не могла разработать и запустить в массовое производство танковые дизели в силу дефицита алюминия и легированных сталей [3, с. 158]. Но реальность была глубже и сложнее того, что показывала советская историография.

В феврале 1944 г. было опубликован обзор старшего техник-лейтенанта С.Б. Чистозвонова, посвященный развитию немецкого танкового двигателестроения [11, с. 24-28]. В конце статьи автор представил свою версию отказа германской промышленности от дизеля для танков. По его мнению, отказ немецких конструкторов от использования этих установок был их принципиальным решением, поскольку они не видели в дизеле радикальных преимуществ для применения в танке. У бензинового мотора напротив было несколько важнейших положительных особенностей: минимальные габариты, безотказность запуска, дешевизна конструкции и долговечность.

Да, дизельный двигатель обеспечивает экономию топлива до 30%. Но для его изготовления требуется значительно больший, чем для карбюраторного мотора, расход высоколегированных сталей и высококвалифицированного человеческого труда. При относительно короткой жизни танка в реальных условиях боя, экономия топлива выглядела крайне незначительным преимуществом на фоне вложенных в него усилий. Более высокую пожароопасность бензинового двигателя автор тоже поставил под сомнение: при должной продуманности конструкции пожарная опасность от технической неисправности будет сведена на нет, а при попадании снаряда в мотор или топливные баки пожар почти неизбежно возникал и в дизельном двигателе [11, с. 28].

*Рис. 7 К.Ф. Челпан*

Амбициозная программа развития советского танкостроения оказалась нереализуемым проектом. Из всего достаточно широкого набора моделей дизелей в серийном производстве был воплощён только харьковский вариант. В 1931 г. на ХПЗ началось проектирование мотора на основе авиационных дизелей для установки в танк БТ. Впоследствии было создано специальное конструкторское бюро дизельного отдела завода во главе с К.Ф. Челпаном, где с 1932 по 1936 годы разрабатывался танковый дизель серии БД. В результате на его основе в 1937 г. был подготовлен проект двигателя В-2 [1, с. 23-27].

Однако в этот момент начался новый этап репрессий. В 1937-1938 гг. в маховик террора попало фактически все высшее руководство советского военпрома: был арестован и впоследствии расстрелян И.П. Павлуновский. Арестам подверглось руководство ведущих промышленных предприятий страны. В рамках этой компании были репрессированы директор ХПЗ И.П. Бондаренко, бывший начальник танкового отдела завода А.О. Фирсов, руководитель дизельного отдела К.Ф. Челпан и многие другие. Окончательную доработку В-2 и начало его серийного производство пришлось возглавить Т.П. Чупахину, переведенному в 1937 г. на ХПЗ из Центрального института авиационного моторостроения (Москва).

*Рис. 8 Танковый дизельный двигатель В-2*

В течение 1939 г. были в целом завершены работы над созданием опытных образцов новых танков для РККА. В

своем совместном обращении в ЦК ВКП(б) нарком обороны СССР К.Е. Ворошилов, нарком среднего машиностроения СССР И.А. Лихачев и нарком тяжелого машиностроения СССР В.А. Малышев всячески превозносили достоинства новых танков, *"равных которым еще нет"*. Авторы обращения отмечали, что к ноябрю 1939 г. были созданы три опытные тяжелые машины (КВ и СМК разработки Кировского завода, Т-100 - опытного завода № 185 НКТП), две - средние (колесно-гусеничный А-20 и гусеничный А- 32 завода № 183 НКСМ) и одна легкая (плавающий Т-40 завода № 37 НКСМ). Кроме того, в качестве другого важного достижения отмечалось создание "*наиболее совершенного из всех известных двигателей*" - дизеля В-2, мощность которого "*может быть доведена до 750 л.с. без переделок*" [4, с. 423-427]. По сути, принятие на вооружение новых танков (тяжелого КВ, среднего Т-34, плавающего Т-40, а впоследствии и легкого Т-50) поставило окончательную точку в истории колесно-гусеничного движителя. В дальнейшем советская промышленность выпускала только гусеничные танки.

*Рис. 8 Плавающий танк Т-40*

В 1938 г. дизельный отдел ХПЗ был выделен в самостоятельный дизель-моторный завод № 75 Наркомата среднего машиностроения (НКСМ), где Т.П. Чупахин занял должность главного конструктора. Дизельный танковый двигатель В-2, единственный из всех запланированных вариантов, был принят на вооружение. В апреле 1939 г. Комитет обороны при СНК СССР утвердил программу для завода № 75 на текущий год в 1 тыс. штук [4, с. 321]. В 1940 г. ему полагалось выпустить 2,7 тыс. моторов, а в следующем году выйти на уровень 8 тыс. [4, с. 430]. В 1941 г. разные модификации В-2 устанавливались на все советские танки, за исключением плавающих.

*Рис. 7 Лёгкий танк Т-50*

Практически сразу же объемы производства оказалось трудно уложить в плановые рамки. Осенью 1939 г. завод № 75 выпускал не более 50-60 двигателей ежемесячно, что было значительно ниже годовой программы в 1 тыс. штук. Более того, дизельный двигатель требовал более высокой культуры производства, чем бензиновый. То есть он более сложен в изготовлении. Одна из важнейших деталей - топливный насос. Их выпуск не удалось наладить в нужном количестве [4, с. 408]. Эта проблема останется в дизелестроении вплоть до конца Великой Отечественной войны.

*Рис. 9 Тяжелый танк КВ-1*

В 1940 г. в части выполнения производственной программы принципиально ничего не изменилось: за 11 месяцев года завод № 75 выполнил план по В-2 на 65,4 %, а по запасным частям - на 13,3 % (хотя валовый объем, безусловно, вырос). Это сопровождалось, по мнению нового наркома средмаша В.А. Малышева, "*множественным браком*" и нарушением технологии производства [6, л. 34-40]. Кроме того, проявили себя серьезные проблемы, связанные с самим двигателем. Уже в ноябре 1940 г. тот же В.А. Малышев констатировал, что новый двигатель обладает слишком низким гарантийным сроком работы. Модификация для Т-34 (В-2-34) должна была проходить 100 мото-часов, а для КВ (В-2-К) - 80 мото-часов. Нарком приказывал увеличить гарантийную работу В-2-34 до 200 мото-часов; работу В-2-К - 150 мото-часов [5, л. 85].

*Рис. 10 Средний танк Т-34*

В августе 1940 г. конструкторы-моторостроители Сталинградского тракторного завода (СТЗ) направили в ЦК ВКП(б) докладную записку, где перечислили основные недостатки В-2 и предложили свою конструкцию танкового дизельного двигателя. К основным недостаткам конструкторы СТЗ отнесли тот факт, что В-2 "*является недоработанным образцом авиационного дизеля, ... который не является ни надежным, ни весьма контактным и достаточно мощным, ни сколько-нибудь дешевым двигателем*". По их мнению, танковый дизель должен был обеспечивать надежную работу на протяжении не менее 500-600 часов [4, с. 641]. Конечно, сталинградцев можно обвинить в лоббировании собственной разработки, которая была расписана только с положительных сторон. Но в то же время с ними нельзя не согласиться в части негативной оценки серийного В-2. 80, 100 и даже 200 мото-часов работы - это крайне мало для боевой машины, при том что, как правило, серийные двигатели не выдерживали и этого объема работ.

26 ноября 1940 г. нарком средмаша В.А. Малышев направил в ЦК ВКП(б) и СНК докладную записку с предложением организовать на СТЗ вторую базу по производству В-2 [4, с. 661]. Разработка собственного двигателя в Сталинграде была прекращена. Военные и руководство страны слишком долго ждали танковый дизель, чтобы так радикально менять серийную модель. В марте 1941 г. нарком Госконтроля Л.З. Мехлис констатировал, что СТЗ "*как база мотоpостроения для Т-34 совершенно не готов*". Дополнительно в январе 1941 г. к производству В-2 для танка Т-50 начал готовиться ленинградский завод № 174. Но и здесь ход работ шел неудовлетворительно [4, с. 791]. Следовательно, вплоть до начала Великой Отечественной войны харьковский завод был единственным производителем танковых дизелей.

В-2 необходимо было серьезно дорабатывать, но главная задача, которая ставилась перед основным предприятием по его изготовлению (и по сути единственным) - это скорейшее освоение плановых показателей выпуска. Вместе с тем, завод № 75 разработал очередную модификацию дизельного двигателя для нового легкого танка Т-50 - В-4. А в марте 1941 г. получило новое задание - закончить разработку более мощного двигателя В-5 (до 700 л.с.) для нового тяжелого танка КВ-3 и начать его серийный выпуск с июня 1941 г. [6, л. 105]. Далее завод должен был освоить с августа 1941 г. серийное производство двигателя мощностью 850 л.с. и к октябрю разработать дизель на 1200 л.с. [6, л. 250; 7, л. 311]. Поэтому в производстве должного внимания двигатель опять не получил.

Проблемы серийного В-2 были хорошо разобраны, как это ни странно, в США. Здесь мы вынуждены забежать несколько вперед. Весной 1942 г. советское руководство направило в Соединенные

Штаты два "эталонных" танка: Т-34 и КВ-1. По итогам больших испытаний одного среднего танка на Абердинском полигоне был подготовлен подробный отчет и предоставлен советской стороне [8; 9]. Результаты испытаний дают исчерпывающее представление не только о конструктивных, но и о производственных особенностях советских бронемашин. Множество моментов в этом докладе можно списать на трудности военного времени, когда фронт требовал новых машин, и на отработку технологии производства двигателей не было времени. Однако в значительной мере доклад описывает именно конструктивные особенности знаменитого танкового двигателя.

Два момента в списке дефектов танка Т-34 американскими специалистами были отмечены как главные (первые по списку).

1. Работа воздухоочистителя: "*Из сделанных наблюдений видно, что требования, предъявляемые в нашей стране [США] к воздухоочистителям боевых машин, совершенно не допускают применение воздухоочистителя русского типа. Это было подтверждено позже, после выхода из строя двигателя, когда внутри двигателя оказалось большое количество грязи*". Другими словами, очиститель не справлялся со своей задачей. Следовательно, воздушная пыль (грязь) забивалась в мотор и уничтожала его изнутри. К этому необходимо добавить еще одну особенность этого агрегата: при всех своих недостатках он еще и препятствовал поступлению воздуха в двигатель в должном количестве.

2. Система охлаждения: "*Охлаждение двигателя не удовлетворяет требованиям наших стандартов, и, если бы оно не компенсировалось конструкцией двигателя, то срок службы двигателя значительно бы сократился*". Другими словами система охлаждения не справлялась со своими задачами, и только конструктивные особенности В-2 (он дизельный, следовательно, может относительно успешно эксплуатироваться на низких оборотах, когда нет опасности довести его до перегрева) не позволяли двигателю выйти из строя слишком быстро [9, л. 13].

Во многом благодаря именно этим особенностям советские танки наиболее успешно показывали себя в годы войны в зимний период, когда температура окружающей среды позволяла "раскручивать" двигатель на большие обороты без боязни перегрева, а воздух был во многом свободен от пылевой взвеси. Кроме перечисленных моментов, американские исследователи указывали на множественные проблемы в двигателе (как впрочем, и во всем танке), свидетельствовавшие о низкой культуре производства и надежности агрегата.

Проблемы, существовавшие в момент принятия двигателя на вооружение, так и остались существовать в его серийном производстве. По сути, само их наличие хорошо показывает, что долгожданный В-2 был запущен в серию с откровенно неработающими системами фильтрации воздуха и охлаждения двигателя. Нужно также учитывать, что задание на сборку "эталонных" танков заводы получили за несколько месяцев до их отправки в Соединенные Штаты. Они собирались тщательнее серийных образцов. И мы с уверенностью можем утверждать, что "рядовые" танки и моторы были значительно хуже испытанных на Абердинском полигоне.

При внимательном прочтении обоих отчетов, подготовленных, создается устойчивое впечатление, что испытуемый танк в любой момент мог выйти из строя в силу целого букета причин: разрушение внутренних механизмов или отдельных деталей в коробке перемены передач или двигателе, в бортовых или главном фрикционе, в других узлах и агрегатах. Даже гусеница начала разрушаться уже на первой сотне километров пробега. Но окончательно танк Т-34 сломался из-за неудовлетворительной системы фильтрации двигателя. Она оказалась самым слабым звеном. Танк в общей сложности проехал 317 км (по другим данным 317 миль), когда через 72,5 ч испытаний мотор полностью вышел из строя. Починить его на месте не удалось, испытания были прекращены [9, л. 61, 67]. Именно с такими моторами Советский Союз встретил события Великой Отечественной войны.

**Основными проблемами нового двигателя были следующие моменты:**

- неудовлетворительная работа воздухоочистителя и системы охлаждения;
- ненадежность топливных и масляных насосов;
- слишком частые случаи прорывов газов в стыке между головкой и блоком цилиндров;
- повышенный износ поршневых колец;
- и как следствие - слишком низкий ресурс двигателя.

Новый советский дизельный танковый двигатель, безусловно, был перспективной моделью. Такой мотор крайне необходим для бронетехники. Беда в том, что до начала Великой Отечественной войны полностью закончить разработку и внедрить в серийное производство В-2 так и не удалось. Во-первых, это была еще проектируема модель, которую необходимо было дорабатывать, создавать для нее исправно работающие системы фильтрации воздуха и охлаждения, налаживать производство топливной аппаратуры и многое другое. Во-вторых, еще молодому советскому машиностроению, страдавшему от недостатка опыта, оборудования и квалифицированных кадров, было крайне сложно запустить в серийное производство такое сложное оборудование как компактную дизельную силовую установку. Уже в послевоенный период различные модификации В-2 и другие модели дизелей с относительным успехом применялись на множестве видов гражданской и военной техники. Недаром более развитие в техническом плане мировые державы фактически отказались от подобных инициатив в первой половине XX века.

Массовые репрессии, которые сталинское руководство организовывало против собственного населения (прежде всего в отношении технических специалистов и руководства военной промышленности), исказило систему обратной связи между самой властью и военпромом. В результате только в танкостроении возникло два крайне сомнительных решения: колесно-гусеничный движитель и дизель-мотор. Программа развития советского танкостроения, намеченная в 1933 г., к указанному сроку так и не была выполнена. В первом случае - все 1930-е гг. конструкторы вынуждены были создавать труднореализуемый в техническом плане способ передвижения танка, и в конечном случае отказались от него. Основные усилия и средства конструкторов оказались затрачены напрасно, ни одна из колесно-гусеничных моделей так и не была принята в серийное производство. Во втором случае, вместо работы над созданием специальных бензиновых моторов - более дешевого и простого способа дать танку достойный двигатель, была реализована инициатива по созданию силовой установки на тяжелом топливе. Но ни в довоенный период, ни в годы Великой Отечественной войны танковый дизель В-2 так и не смог стать по-настоящему надежным и экономичным агрегатом.

**Литература**

1. Зубов Е.А. Двигатели танков (из истории двигателестроения). - М.: НТЦ "Информтехника", 1991. - 112 с.
2. История Великой Отечественной войны. Т. 2. Отражение советским народом вероломного нападения фашистской Германии на СССР. Создание условий для коренного перелома в войне (июнь 1941 г. - ноябрь 1942 г.). М.: Воениздат, 1961. - 682 с.
3. История Великой Отечественной воны Советского Союза. 1941-1945. Т. 1. Подготовка и развязывание войны империалистическими державами. М.: Воениздат, 1960 . - 535 с.
4. Оборонно-промышленный комплекс СССР накануне Великой Отечественной войны (1938 - июнь 1941): Т. 4. Сборник документов / Под редакцией А. К. Соколова. - Сост.: Т. В. Сорокина и др. - М.: Книжный Клуб Книговек, 2015. - 1120 с.
5. РГАЭ. Ф. 8115. Оп. 8. Д. 30.
6. РГАЭ. Ф. 8115. Оп. 8. Д. 79.
7. РГАЭ. Ф. 8115. Оп. 8. Д. 80.
8. РГАЭ. Ф. 8752. Оп. 4. Д. 575.
9. РГАЭ. Ф. 8752. Оп. 4. Д. 576.
10. Становление оборонно-промышленного комплекса СССР (1927-1937). Т. 3. Часть 1 (1927-1932): Сборник документов / Под ред. А.А. Кольтюкова. Отв. сост. Т.В. Сорокина. - М.: ТЕРРА - Книжный клуб, 2008. - 912 с.
11. Чистозвонов С.Б. Немецкие танковые двигатели // Вестник танковой промышленности. 1944. № 2-3. С. 24-28.

**Связь с автором: meln2011kit@gmail.com**

# ТАНКИ
## ОТ И ДО

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

*(Продолжение. Начало в 6 - 2014, 1-6 - 2015, 1-6 - 2016, 1-6 - 2017, 1-5 - 2018)*

Прежде чем приступить к освещению послевоенного опыта создания американских САУ, вернёмся в последние годы Второй мировой войны. Во втором номере журнала "Двигатель" за 2017 г. уже рассказывалось о создании САУ М10. Помимо этой машины в ходе войны были созданы и другие самоходные артиллерийские установки, вооружённые как противотанковыми пушками и гаубицами, так и безоткатными орудиями. Однако требования к их созданию со стороны американских военных и их реализация конструкторами достаточно любопытны.

*В самом начале Второй мировой войны американские военные сильно тяготели к разработке легкого высокомобильного истребителя танков. 2 декабря 1941 г. Генштаб направил в отдел G-4 записку с рекомендацией создания истребителя танков с 37-мм пушкой и подвеской Кристи. Руководствуясь этой концепцией, 8 декабря 1941 г. Артиллерийский Департамент одобрил разработку истребителя танков, который бы обладал высокой скоростью, подвеской Кристи и 37-мм орудием.*

*Предприятие General Motors Buick Division получило заказ на выпуск двух опытных САУ. Но уже к весне 1942 г. Артиллерийский департамент, проведя анализ боевых действий английской армии в Северной Африке, пришел к выводу о необходимости установки на САУ более мощной противотанковой пушки калибра 57-мм. 18 апреля 1942 г. была достигнута договоренность о создании двух прототипов, получивших название T49 Gun Motor Carriage. В техническом задании разрабатываемое противотанковое САУ должно иметь высокую мобильность (скорость до 80 км/ч по шоссе) при массе около 12 т, экипаж в 5 человек. Бронирование башни, лба корпуса и бортов должно было составлять 22 мм, низа и верха корпуса - 9,5 мм.*

*К середине 1942 г. два первых прототипа T49 GMC были готовы.*

*T49 GMC*

*В июле 1942 г. начались испытания самоходки на специальном полигоне в Абердине. Подвеска машины показала себя достаточно хорошо при движении по пересеченной местности, но выяснилось, что T49 не может развить заданной скорости. Но не это послужило причиной свёртывания работы по T49, а то, что военные потребовали установить уже 75-мм пушку. Второй прототип машины с новым орудием получил обозначение T67 GMC. Для размещения на САУ 75-мм орудия решили позаимствовать башню с T35 GMC, данная башня была круглой с открытым верхом. Лобовая часть машины была изменена, отсюда исчез курсовой пулемет, бронирование лба корпуса довели до 25 мм, а вот днище и верхние горизонтальные поверхности, а также корма и борта самоходки напротив сделали тоньше.*

*В ноябре 1942 года приступили к испытаниям T67 GMC на том же Абердинском полигоне. Тесты продемонстрировало, что машина удалась, но нуждается в переходе на торсионную подвеску, а также замене силовой установки на более мощный двигатель. Первый и второй прототипы оснащались двумя карбюраторными двигателями Buick мощностью 330 л.с., однако в серию машина пошла с радиальным 9-цилиндровым карбюраторным двигателем воздушного охлаждения мощностью 400 л.с. По завершении испытаний T67 GMC был рекомендован к стандартизации, но в дело вновь вмешались военные, которые попросили замены 75-мм пушки на новое 76-мм орудие M1. Новая пушка отличалась лучшими бронебойными характеристиками, что для истребителя танков было крайне важно.*

*В январе 1943 года General Motors получила заказ на производство 6 пилотных машин новой модификации, получившей обозначение T70 GMC.*

*T67 GMC.*
*Пушка в положении "по-походному"*

*T70 GMC*

*Первый прототип был готов весной 1943 года. Машина оснащалась радиальным двигателем Continental R-975-C1. Ради лучшей балансировки трансмиссия 900T Torqmatic была перенесена вперед, была использована индивидуальная торсионная подвеска. Два передних и последний опорный каток шасси машины оснащались амортизаторами. Для того, чтобы при движении по пересеченной местности не ослабевало натяжение гусениц, инженеры оснастили направляющие и ведущие колеса компенсаторами натяжения гусениц. Еще одним заметным техническим решением была установка двигателя и трансмиссии на специальные рельсы, по которым в случае ремонта или демонтажа они могли легко выкатываться. Корпус и башня самоходки выполнялись из катаной гомогенной брони, лоб башни был литым, соединение элементов брони выполнялось при помощи сварки.*

*Прототипы T70 GMC прошли боевые испытания в Италии и в феврале 1944 г. были стандартизованы под обозначением M18 Gun Motor Carriage (неофициальное обозначение - "Hellcat" (ведьма)). Всего компания General Motors Buick Division произвела 2507 САУ M18 по цене $57 500 за штуку.*

*САУ M18 не могла использоваться для поддержки наступающей пехоты. Она обладала очень слабым бронированием, которое с близкого расстояния могло пробиваться даже шрапнелью или 7,62-мм бронебойными пулями. Также самоходка не имела установленного в корпусе и спаренного с пушкой пулемета. Башня ее имела открытый верх, что, безусловно, улучшало видимость, существенно упрощая задачу слежения за противником во время боя. Одновременно с этим открытая башня делала экипаж машины уязвимым для минометного и артиллерийского огня противника, а также для пехоты противника в ближнем бою. Все это говорило об узкой роли ПТ-САУ M18 - охоте на танки противника из засад.*

*Самой выдающейся особенностью машины была ее скорость. Крейсерская скорость самоходки составляла более 70 км/ч, а максимальная по некоторым свидетельствам и вовсе доходила до 95 км/ч. Экипажи M18 сравнивали вождение САУ с вождением гоночного автомобиля. Столь выдающаяся скорость укрепляла надежду экипажа на выживание в бою со сравнительно неповоротливыми немецкими машинами.*

*Экипаж ПТ-САУ M18 состоял из 5 человек. Механик-водитель располагался в корпусе машины слева, рядом с трансмиссией, помощник водителя - спереди справа. Командир САУ находился в левой задней части башни, наводчик в левой передней ее части, а заряжающий в правой части башни.*

*Предсерийные версии самоходки вооружались 76-мм пушкой M1, серийные модификации САУ M18 вооружались пушками M1A1, M1A1C и M1A2, при этом первые два орудия были практически идентичны. M1A1C отличалась наличием резьбы на конце ствола для установки дульного тормоза. У M1A2 дополнительно была изменена нарезка ствола, что придавало снаряду бо́льшую устойчивость и незначительно повышало бронепробиваемость. Все орудия использовали одинаковые снаряды - PC-T M62 и HVAP-T M93. Первый из них имел начальную скорость 790 м/с, второй - 1040 м/с. Боекомплект орудия состоял из 45 выстрелов. Оборонительное вооружение состояло из 12,7-мм пулемета M2HB, установленного на заднюю левую часть башни.*

*В войсках ПТ-САУ M18 Hellcat практически сразу же полюбили за удобство эксплуатации и обслуживания, а также надежность. Трансмиссия и двигатель при необходимости могли быть заменены в рекордно короткие сроки, а высокая скорость передвижения даже по пересеченной местности вместе с достаточно низким силуэтом добавляли машине живучести в бою. M18 Hellcat поступала на вооружение противотанковых батальонов пехотных и танковых дивизий американской армии.*

САУ M18 Hellcat. Пушка с дульным тормозом

Несмотря на это, в роли истребителя танков САУ M18 Hellcat не была достаточно убедительна. Еще на стадии создания прототипов её вооружение эволюционировало от 37 до 76-мм орудия, но увеличение мощности орудия не соответствовало постоянно растущему бронированию немецких танков. Первоначально 76-мм орудие создавалось как орудие высокой бронебойности, но на его создание в полной мере оказали влияние неопределённость, бюрократическая неразбериха и ущербность американской концепции развития танков и их орудий.

В американской армии бытовало мнение, что для пушки живучесть ствола является более важным критерием, чем бронепробиваемость. Руководствуясь этим принципом, прототип 76-мм орудия был укорочен с 57 до 52 калибров. Одновременно с этим масса порохового заряда составляла всего 1633 г. Для сравнения, английская 17-футовая пушка при длине ствола в 55 калибров использовала пороховой заряд массой 4,1 кг. В стремлении увеличения срока эксплуатации орудия американцы уменьшили давление пороховых газов в каморе орудия до 2600 атм, в то время как у длинноствольной немецкой KwK 42 давление равнялось 3300 атм. Высокое давление газов во время выстрела вело к быстрому износу ствола, но немцы и англичане резонно полагали, что если танк будет уничтожен, то большой ресурс орудия ему просто не потребуется.

Можно с уверенностью сказать, что 76-мм орудие M1A1 ПТ-САУ M18 Hellcat плохо подходило для борьбы с тяжелыми танками противника и новыми средними танками "Пантера". Для того чтобы исправить эту ситуацию, в 1944 г. в армии появились вольфрамовые подкалиберные снаряды HVAP (High Velicity Armor Piercing), которые обладали достаточно хорошей бронепробиваемостью. Но в войсках этих боеприпасов было мало, да и на больших дистанциях стрельбы они давали высокое рассеивание и ситуацию коренным образом не изменили. Принимая во внимание достаточно маломощную пушку и слабое бронирование, экипажи САУ M18 Hellcat использовали тактику "hit and run" (бей и беги). В целом эта тактика себя оправдывала, так как M18 Hellcat имели больше побед над противником, чем потерь.

В стремлении повысить бронепробиваемость своих противотанковых САУ американские военные в октябре 1942 г. решили рассмотреть вариант самоходки с 90-мм зенитной пушкой.

Первоначально данный проект преследовал скорее теоретические цели, но вскоре стал действительно необходим. Установить 90-мм орудие на истребитель танков удалось в начале 1943 г. Новая пушка была существенно длиннее и на 300 фунтов тяжелее 76-мм орудия САУ M10. Стало очевидным, что для нее требуется башня большего размера с более мощным поворотным механизмом.

Работы над деревянным макетом башни, специально спроектированной под установку 90-мм орудия, начались в марте 1943 г. Разработкой занималась компания Chevrolet, готовые макеты башен были отправлены фирме Ford, которая изготовила две экспериментальных башни из небронеовой стали. Важным отличием в них было то, как решилась проблема длины и значительного веса 90-мм пушки. Если на M10 вес 76-мм орудия компенсировался при помощи специальных металлических грузов, прикреплённых к задней стенке башни, общей массой 1600 кг, то на новой башне в роли противовеса выступал большой стальной ящик, служащий для размещения орудийных выстрелов.

Бронирование башни было увеличено. Разработчики создали новый поворотный механизм с возможностью ручного траверса. Экипаж размещался в башне следующим образом: командир слева от орудия за наводчиком, справа от орудия - заряжающий. Водитель и помощник водителя размещались впереди - в отделении управления. Два созданных прототипа: САУ T71 на базе M10 и T71E1 на базе M10A1 были направлены для испытаний на Абердинский полигон.

T71

В ходе испытаний заказчик потребовал провести ряд изменений: разместить боекомплект орудия в спонсонах, заменить кольцевую турель зенитного пулемёта на штыревой станок в корме башни, усовершенствовать оборудование башни. После внесения изменений прототипы прошли повторные испытания, в ходе которых у военных появились новые замечания. Главное из них касалось 90-мм орудия. При стрельбе из него возникала сильная вспышка и поднималась густая пыль. Для того чтобы решить эту проблему, предлагалось установить на орудие дульный тормоз и использовать другие боеприпасы.

К ноябрю 1943 г. работы над новым истребителем танков были завершены. Была заказана ограниченная серия машин в 500 T71 GMC, которые предполагалось конвертировать из M10A1 на заводе Fisher. С апреля по июль 1944 г. удалось произвести только 300 машин, однако потребность в противотанковой САУ с 90-мм пушкой была настолько велика, что для ускорения производства решено было подключить фирму Massey Harris Company. С июля по декабрь 1944 г. здесь собрали еще 500 САУ, конвертированных из M10A1. В июле 1944 года прототип T71 был окончательно стандартизирован и получил обозначение M36 Slugger ("слаггер" - термин из бокса, боксер с сильным ударом).

Бои в Нормандии продемонстрировали, что 76-мм орудие ни M10, ни "Шерманов" не в состоянии успешно бороться с немецкими "Тиграми" и "Пантерами". В этой обстановке M36 была единственной американской машиной, которая могла более-менее успешно бороться с немецкими тяжелыми танками. С передовой валом пошли требования прислать им M36, в войсках вспыхнул настоящий бум на этот истребитель танков.

Пытаясь удовлетворить растущую потребность армии в самоходках, американцы пошли на крайние меры - установили башню с 90-мм орудие на корпус своего среднего танка M4A3 Шерман. Новая машина была стандартизирована в октябре 1944 года и получила обозначение M36B1.

С точки зрения американской концепции истребителей танков, данная машина получилась тяжелой и недостаточно скоростной.

Тем не менее, именно эта самоходка была, возможно, лучшей в американской армии. Бронирование среднего танка и 90-мм орудие удачно сочетались. САУ M36B1 стала самой бронированной американской самоходкой времен Второй мировой войны, а также единственной из них, имеющей курсовой пулемет. Этими своими вынужденными "недостатками" машина максимально близко приближалась к немецким и советским здравым требованиям иметь хорошее бронирование, мощное орудие и защитный пулемет для борьбы с пехотой противника. Однако американцы до конца войны продолжали придерживаться своей ущербной оборонной концепции в отношении истребителей танков. С октября по декабрь 1944 цеха фирмы Fisher покинуло лишь 187 САУ M36B1.

К концу 1944 года контракты на поставку M36 и M36B1 были закрыты, но войскам по-прежнему требовались эти машины. Корпуса M10A1, которые конвертировали в M36, также подошли к концу. В этих условиях в серию пошла последняя версия данной машины M36B2, созданная с использованием корпуса M10. В данном проекте были решены многие проблемы предыдущих версий. Внутренняя конструкция САУ претерпела множество мелких изменений, орудие получило большой дульный тормоз, на части серийных машин открытый верх башни был закрыт стальными откидными створками.

САУ M36 Slugger обладала дифференцированной противоснарядной броней с использованием рациональных углов наклона и открытым сверху боевым отделением. В зависимости от разновидности САУ имели разные варианты корпуса M36 и M36B2 от САУ M10A1 и M10, а модификация M36B1 - от танка M4A3. Броневой корпус САУ M10 представлял из себя жесткую несущую коробочную конструкцию, которая собиралась из катаных листов броневой стали методом сварки, применялись в нем и литые броневые детали. Верхняя лобовая деталь была толщиной в 38 мм и располагалась под углом 55° к вертикали. Нижняя лобовая деталь была литым кожухом трансмиссии и имела аналогичный угол наклона. Дополнительным бронированием были 6-мм экраны, которые закрывали верхнюю ветвь гусениц.

Корпус танка M4A3 имел схожую конструкцию, но имел более существенное бронирование. Верхняя лобовая деталь корпуса имела толщину в 64 мм и угол наклона брони 47°, кожух трансмиссии повторял деталь M10.

Полностью литая башня САУ M36 была одинакова для всех модификаций и обладала цилиндрической формой с развитой кормовой нишей. Борта башни имели бронирование в 32 мм. Корма ниши башни, выступавшая в роли противовеса, имела толщину в 127 мм. Лобовая часть башни обладала сложной формой и прикрывалась литой маской орудия толщиной в 76 мм. Башня САУ была открыта сверху, но небольшой участок лобовой ее части и кормовая ниша обладали крышей толщиной от 10 до 25 мм. При таком бронировании масса САУ M36 составляла 28,5 т.

Основным вооружением САУ M36 Slugger было 90-мм нарезное полуавтоматическое орудие M3, созданное на основе зенитного орудия. Орудие оснащалось вертикальным клиновым затвором, длина ствола составляла 50 калибров (4500 мм). Бронепробиваемость на дистанции 900 м составляла 199 мм. Скорострельность орудия составляла 8 выстр./мин. Боекомплект - 47 выстрелов.

Для обеспечения точности и плавности вертикального наведения орудие оснащалось компенсатором пружинного типа. Углы вертикального наведения орудия составляли от -10° до +20°. Вертикальное наведение орудия осуществлялось вручную, горизонтальное обеспечивалось поворотом башни с использованием электрогидравлического или дублирующего ручного привода. Скорость поворота башни составляла 24 град/с.

Дополнительное вооружение - 12,7-мм пулемет M2HB с боезапасом в одну тысячу патронов.

В зависимости от модификации M36 могла оснащаться несколькими вариантами двигателей. M36 и M36B1 имели V-образный 8-цилиндровый авиационный карбюраторный двигатель жидкостного охлаждения мощностью 450 л.с., который позволял разогнаться по шоссе до 42 км/ч. Топливом для двигателя служил бензин с октановым числом не ниже 80. Система

Колонна САУ M36B2

охлаждения состояла из двух вентиляторов и двух радиаторов, которые располагались в кормовой части моторного отделения. Запуск двигателя производился с помощью стартера. На версии САУ M36B2, которая основывалась на шасси M10, силовая установка состояла из двух 6-цилиндровых рядных дизельных двигателей жидкостного охлаждения. Мощность установки составляла 375 л.с.

На САУ M36 имелось 4 топливных бака общим объёмом 727 л. Располагались они в спонсонах моторного отделения. Этого запаса топлива было достаточно для преодоления 280 км по шоссе. Из-за того, что на M36B1было другое расположение топливных баков: два по бокам от двигателя и два в спонсонах корпуса, их емкость не превышала 659 л. На M36B2 емкость топливных баков составляла 625 литров.

САУ M36 выпускалась серийно с ноября 1943 г. по сентябрь 1945 г., и всего за это время заводские цеха покинуло 2324 самоходки всех модификаций. Война заканчивалась, а у американских военных так и не появилось противотанковых систем, способных бороться как с немецкими танками, так и сравниться с танками и САУ Советского Союза.

Одним из путей развития противотанковых систем военные увидели в применении безоткатного вооружения. И в 1945 г. в США стартовал проект по разработке боевых машин с безоткатным вооружением на основе существующих шасси, и в первую очередь созданных на базе САУ M37, на истории создания которой немного задержимся.

Следует отметить, что работы по созданию самоходной артиллерии велись в США со времён Первой мировой войны, но ни один из разработанных в межвоенный период проектов САУ не вышел за стадию прототипа. Причины этого крылись в отсутствии интереса со стороны военных к САУ и подходящей серийной танковой базы для бронированных установок на гусеничном шасси, а также в недостатке финансирования. И только в 1942 г. на вооружение американской армии была принята самоходная артиллерийская установка M7 Priest, построенная на базе среднего танка M3 Lee, вооружённая 105-мм гаубицей. Но уже к середине 1943 г. военные задумались о замене этой техники (танки "Ли" уже считались устаревшими).

Работы по созданию перспективной самоходки с орудием калибра 105 мм стартовали в июле 1943 года. Изначально рассматривались несколько вариантов боевой машины, предусматривавшие использование разных базовых шасси. Достаточно быстро стало ясно, что новую САУ не следует строить на базе среднего танка M4 Sherman. Такое шасси было слишком крупным и тяжелым для сравнительно легкой 105-мм гаубицы. Более удобным вариантом базового шасси посчитали легкий танк M24 Chaffee. Использование его шасси позволило бы успешно решить все поставленные задачи без особых проблем технического и технологического характера.

Новый проект получил рабочее обозначение T76. В рамках этого проекта планировалось перенести основные компоновочные решения САУ M7 на новое шасси с минимальными изменениями последнего. Этим, в частности, объяснялось почти полное сохранение общей компоновки базового танкового шасси, которая не претерпела значительных изменений. В проекте T76 базовое шасси должно было сохранить кормовой двигательный отсек, а новое боевое отделение в виде крупной открытой сверху рубки размещалось в средней и кормовой частях корпуса.

САУ M7 Priest

САУ T76 получила броневой корпус, основанный на агрегатах легкого танка M24. Была сохранена лобовая часть, состоящая из трех бронелистов. Как и ранее, лобовые детали располагались под разными углами к вертикали. Была удалена подбашенная коробка, что позволило увеличить доступные объемы для размещения боевого отделения. Двигатель располагался в броневом кожухе в кормовой части машины и соединялся с передним трансмиссионным отсеком при помощи карданного вала, проходящего через боевое отделение. Позади лобовых листов корпуса начиналась броневая рубка, закрывавшая все пространство боевого отделения и крыши моторного отсека. В центре лобового листа корпуса находилась орудийная установка с броневой маской. Справа от нее предусмотрели цилиндрический агрегат с местом помощника водителя и пулеметной турелью.

Большая часть деталей самоходки T76 имела толщину 13 мм. Достаточный уровень защиты достигался при помощи рациональных углов бронирования. Листы корпуса соединялись друг с другом при помощи сварки.

Применение общей компоновки, заимствованной из проекта M7 Priest, позволило обойтись без крупных переработок базового шасси. Кроме того, остался прежним и состав агрегатов танка M24. В кормовой части корпуса находились два бензиновых двигателя Cadillac 44T24 мощностью по 110 л.с. При помощи карданного вала они связывались с механической трансмиссией в передней части корпуса. Последняя обеспечивала восемь скоростей переднего хода и четыре заднего. Крутящий момент двигателей передавался на передние ведущие колеса.

В топливные баки моторного отсека заливалось 420 л горючего.

Ходовая часть заимствовалась у "Чаффи" без изменений. В ее состав входило по пять сдвоенных опорных катков на борт. Индивидуальная подвеска строилась на основе торсионов. Кроме того, все пары катков, за исключением третьей, оснащались дополнительными амортизаторами, призванными компенсировать нагрузки на шасси. Самоходка могла комплектоваться гусеницей двух типов, шириной 410 или 360 мм (419 мм при использовании дополнительных элементов).

В лобовом листе рубки САУ располагалась орудийная установка типа M5 с приводами горизонтальной и вертикальной наводки. С ее помощью можно было наводить орудие в пределах горизонтального сектора шириной 25,4° влево от оси машины и 26,3° вправо, углы вертикальной наводки составляли от -10,5° до +42,8°. Механизмы наведения приводились в действие вручную.

Главным оружием САУ T76 должна была стать 105-мм гаубица M4, представлявшая собой доработанный вариант полевого орудия M1/2 (M101) с некоторыми изменениями для установки на самоходные боевые машины. Гаубица оснащалась стволом длиной 22 калибра и могла использовать снаряды различного назначения. В номенклатуру её боеприпасов включались осколочно-фугасные, дымовые, химические и другие снаряды. Начальная скорость снарядов достигала 470 м/с, дальность стрельбы составляла 11,1 км.

Благодаря сравнительно большим размерам боевого отделения, обусловленным габаритами рубки, САУ T76 имела достаточно крупный возимый боекомплект. На нескольких стеллажах боевого отделения удалось разместить 68 унитарных снарядов калибра 105 мм, что позволяло не только вести огонь в течение длительного времени, но и вводить в боекомплект достаточное число боеприпасов того или иного типа. Позже, в ходе доработок по результатам испытаний, боекомплект увеличили до 126 снарядов.

На левой передней цилиндрической части корпуса устанавливалась кольцевая турель T107 с креплениями для крупнокалиберного пулемёта M2HB. Турель позволяла вести огонь в любом направлении с большими углами возвышения. Возимый боекомплект пулемета составлял 990 патронов. Ленты с ними располагались в укладках боевого отделения.

В качестве дополнительного оружия для самообороны можно было использовать личное вооружение экипажа: карабины и пистолеты-пулеметы. Таким образом, экипаж имел возможность защиты как от нападения с воздуха, так и от атак живой силы противника.

Экипаж перспективной самоходки должен был состоять из семи человек. Двое, водитель и его помощник, располагались в передней части корпуса. При этом место водителя находилось ниже уровня крыши корпуса, тогда как помощник находился внутри цилиндрического агрегата. Остальные пять членов экипажа, включая командира и наводчика, располагались на местах в боевом отделении. Во время ведения огня они должны были выполнять различные задачи по обслуживанию орудия.

Применение готовых компоновочных решений позволило сохранить габариты и вес машины на приемлемом уровне. Общая длина машины составляла 5,5 м, ширина - 3 м, высота (с учетом пулемета на кольцевой турели) - 2,84 м. Боевая масса определялась на уровне 21 т. Несмотря на некоторый рост боевой массы в сравнении с танком M24 Chaffee, основные параметры подвижности остались на прежнем уровне. Максимальная скорость на шоссе достигала 56 км/ч, запас хода составлял 160 км.

В силу загруженности предприятий разработка проекта T76 заметно затянулась. Первый прототип этой боевой машины был построен только в начале лета 1944 года. В июле начались испытания на Абердинском полигоне, которые прошли успешно. Доработки завершили к началу 1945 г. В целом, машину сочли удачной и рекомендовали к принятию на вооружение.

Новая самоходка основывалась на шасси новейшего легкого танка и имела достаточно мощное оружие. Некоторые претензии вызывало сравнительно слабое бронирование, но по совокупности характеристик САУ T76 считалась достаточно удачной. Новая бронемашина была принята на вооружение и получила новое армейское обозначение M37 Howitzer Motor Carriage.

Вскоре компания American Car & Foundry получила заказ на 448 машин. Выполнение этого заказа было связано с некоторыми трудностями, связанными с необходимостью массового строительства танков M24 Chaffee. Из-за большего приоритета строительства танков производство самоходок сталкивалось с недостатком базовых шасси. Как следствие, до конца Второй мировой войны удалось построить менее сотни серийных САУ. Вскоре после завершения боев было решено передать заказ компании Cadillac, а также сократить его объемы до 317 машин. Тем не менее, и этот контракт не был выполнен полностью. После завершения строительства очередной партии

САУ M37 HMC

военные решили свернуть производство. В общей сложности было собрано и поставлено 150 самоходок.

Снятие М37 с вооружения началось вскоре после завершения Корейской войны. К концу пятидесятых годов сухопутные войска США полностью завершили списание устаревшей техники, как САУ М37 HMC, так и других машин на базе легкого танка М24 Chaffee, но весной 1945 г. шасси этого САУ взяли для проведения экспериментов по установке безоткатного вооружения. Первый подобный проект подразумевал небольшую доработку конструкции самоходной артиллерийской установки М37 HMC, подразумевавшую замену вспомогательного вооружения. В базовой версии этой машины, построенной на базе танка М24, на бортовом цилиндрическом агрегате корпуса располагалась кольцевая турель Т107 с креплениями для крупнокалиберного пулемета M2HB, предназначенного для борьбы с авиацией противника и пехотой. В начале 45-го появилось предложение об усилении огневой мощи вспомогательного оружия самоходки.

В течение нескольких месяцев были проведены проектные работы, доработка машин-прототипов и испытания. За основу для опытных машин были взяты серийные САУ М37. В ходе этих работ были переоборудованы две машины путём демонтажа имеющегося пулемета и установки на его место безоткатного орудия. На турели САУ были смонтированы 75-мм безоткатное орудие Т21 и 107-мм "безоткатный миномет" М4. Использовать это вооружение должен был помощник механика-водителя совместно с другими членами экипажа. Боекомплект размещался в боевом отделении.

САУ М37 с 75-мм безоткатным орудием Т21

САУ М37 со 107-мм безоткатным миномётом М4

Подробности испытаний подобных доработанных самоходок неизвестны, однако в имеющихся источниках отмечаются характерные минусы проекта. Открытая сверху конструкция рубки базовой САУ М37 серьезно затрудняла использование безоткатного оружия, при выстреле выбрасывающего пламя и реактивные газы. Во избежание травм экипажа и повреждений агрегатов машины, вплоть до самых печальных последствий, вести огонь из безоткатного вооружения можно было только в определенных секторах. При этом безопасные сектора стрельбы располагались не самым удобным для эффективного огня образом.

Использование безоткатных орудий предъявляло особые требования к конструкции базовой машины. По этой причине доработки самоходки М37 были признаны нецелесообразными и бесперспективными. Тем не менее, работу по многообещающей программе не прекратили. Уже летом 1945 года начался новый этап, в ходе которого была создана полноценная боевая машина с новым оружием. На этот раз было решено отказаться от идеи переоснащения существующей техники и создать полностью новый проект, основанный на готовых компонентах.

Анализ возможностей показал, что оптимальной базой для перспективной самоходки с противотанковым безоткатным вооружением является зенитная установка M19 MGMC, построенная на базе танка M24 Chaffee и вооруженная двумя 40-мм пушками. Этот выбор, в первую очередь, был обусловлен достаточно удачной компоновкой базовой машины. Шасси машины М19 имело стандартную для американских САУ того времени компоновку. В передней части корпуса располагались отделение управления и отсек с механизмами трансмиссии, в центре устанавливался двигатель, а корма высвобождалась под боевое отделение с погоном для поворотной башни. В базовой конфигурации ЗСУ М19 оснащалась четырехместной открытой сверху поворотной башней, в которой располагались две 40-мм автоматические пушки. Конструкция базового шасси и башни обеспечивала круговое наведение в горизонтальной плоскости. Новый экспериментальный проект предлагал отказаться от существующей башни и заменить ее новым боевым модулем с безоткатным вооружением. По имеющимся данным, новая башня была разработана на основе некоторых агрегатов старой, но отличалась множеством различных элементов.

Фактически единственным сохранившимся элементом башни оказалась нижняя платформа, устанавливаемая на погон корпуса. На ней установили бортовые броневые агрегаты изогнутой формы, предназначенные для защиты экипажа и вооружения от пуль и осколков. При этом правый борт башни имел сравнительно небольшую ширину, а его задняя часть заменялась сеткой на раме. Левый борт, в свою очередь, закрывал всю боковую проекцию. В левом борту предусматривалась ниша для хранения различного имущества.

В центральной части новой башни смонтировали установку для четырех безоткатных орудий, выполненную на базе существующей системы М12. Ее конструкция позволяла наводить вооружение по горизонтали поворотом всей башни, а вертикальная наводка должна была осуществляться за счет соответствующих механизмов с ручным приводом. Орудийная установка имела конструкцию, при которой стволы выступали из переднего "окна" башни, а казенные части должны были оставаться в пределах боевого модуля, в определенной мере облегчая перезарядку.

Сборка первого прототипа перспективной САУ осуществлялась специалистами Абердинского полигона. Работы не заняли много времени: машина была готова к испытаниям уже в июне 1945 года. Вскоре после этого она вышла на полигон для проверок.

Изначально предполагалось, что новая боевая машина получит четыре безоткатных орудия типа Т19 калибра 105 мм. Тем не менее, на момент строительства прототипа специалисты не располагали требуемым

Первый вариант М19 с новой башней и 75-мм пушками Т21

вооружением, из-за чего проект немного доработали. На испытания САУ вышла с новым оружием в виде четырех орудий Т21 калибра 75 мм. Подобные системы имели меньший калибр и их боевые возможности уступали 105-мм, но были доступны и могли использоваться при сборке прототипа без каких-либо задержек.

Целью проекта была проверка возможности установки безоткатных орудий на существующие гусеничные шасси и оценка характеристик такой техники. Ввиду отсутствия серьезных изменений габаритов или веса машины-прототипа в сравнении с базовой М19 удалось обойтись без ходовых испытаний и сразу перейти к тестовым стрельбам. Подобные проверки показали жизнеспособность идеи, а также приемлемые характеристики предложенной машины даже в "упрощенной" конфигурации с 75-мм орудиями.

По имеющимся данным, безоткатное орудие Т21 калибра 75 мм имело ствол длиной 1524 мм и его масса составляла всего 22 кг. Система использовала кумулятивный боеприпас, похожий на применявшиеся ранними ручными гранатометами американской разработки. Боевая часть боеприпаса позволяла пробить до 63...65 мм гомогенной брони при выстреле с дистанции не более нескольких сотен метров.

По своим характеристикам орудие Т21 не являлось лучшим представителем своего класса, хотя в случае с перспективным проектом самоходки прекрасно справилось с поставленными задачами. Была подтверждена принципиальная возможность установки безоткатных систем (в том числе в виде нескольких орудий) на существующие и перспективные бронированные шасси. По результатам испытаний первого прототипа на базе M19 MGMC было решено продолжить работы и построить опытную боевую машину с орудиями калибра 105 мм.

Осень и зима 1945 года ушли на создание обновленного проекта. Общая компоновка перспективной САУ осталась прежней. На базовом шасси от ЗСУ M19 MGMC предлагалось смонтировать башню новой конструкции с четырьмя 105-мм безоткатными орудиями. На этот раз проект создавался с учетом возможного начала серийного производства и поставок в войска, что сказалось на ряде особенностей конструкции башни. Основным нововведением при этом стало применение полноценного бронирования для обеспечения требуемого уровня защиты экипажа.

Общая компоновка башни не изменилась. В центральной части платформы располагалась орудийная установка, по бокам прикрытая бортовыми броневыми агрегатами. Конструкция последних была значительно изменена для выполнения требований по уровню защиты и эргономике. Сбоку экипаж и вооружение защищались коробчатыми агрегатами, изготовленными из изогнутых бортов, а также прямых лобовых деталей и крыш. Кормовые листы не предусматривались. Левый агрегат в силу определенных причин имел меньшие размеры в сравнении с правым. Вдоль бортов располагались места для экипажа и крепления для боекомплекта. Выстрелы перевозились в вертикальном положении.

На центральной установке башни смонтировали четыре безоткатных орудия Т19 калибра 105 мм. Заряжать их предлагалось поочередно, путем открытия затворов и помещения в каморы снарядов из укладок. За счет большего калибра орудия Т19 по дальности огня и могуществу заметно превосходили ранее использовавшиеся Т21.

Сборка нового прототипа самоходки на базе ЗСУ М19 с четырьмя орудиями Т19 завершилась весной 1946 года. В апреле машина вышла на полигон и приняла участие в испытаниях. Подробности этих испытаний, к сожалению, неизвестны. Можно предположить, что по характеристикам защиты, огня и

Последний прототип М19 со 105-мм пушками Т19

общей боевой эффективности обновленная САУ должна была значительно превосходить прототип упрощенной конфигурации. Кроме того, по основным параметрам она полностью соответствовала ранее предъявляемым требованиям.

По имеющимся данным, не позднее осени 1946 года все работы по созданию самоходок с безоткатным вооружением на базе существующих машин семейства M24 Chaffee прекратились. Вероятно, главной причиной этого стало отсутствие заметных перспектив у существующих шасси, созданных еще во время Второй мировой войны. Кроме того, на судьбе этих разработок мог сказаться их экспериментальный характер. Сборка прототипов позволила опробовать новые идеи на практике, не усложняя работы строительством полностью новых боевых машин.

В начале 1950-х годов было разработано и принято на вооружение армии США 106-мм безоткатное орудие M40, предназначенное для уничтожения огневых точек и живой силы противника, а также для борьбы с бронетехникой.

Безоткатное орудие M40

Орудие имеет нарезной ствол и поршневой затвор с 4 выходными соплами. В этой установке использовалась перфорированная гильза с маленькими отверстиями. Часть газов проходила сквозь них и выбрасывалась назад через специальные сопла, создавая таким образом реактивный момент, гасящий силу отдачи.

M40 - первое безоткатное орудие, оснащенное прицельным приспособлением для стрельбы как прямой наводкой, так и с закрытых огневых позиций. Для стрельбы прямой наводкой и с закрытых позиций на орудии установлен телескопический прицел. Поворотный и подъемный механизмы орудия снабжены ручными приводами. Но это при индивидуальном применении орудия. Нередко орудие M40 устанавливали на автомобили повышенной проходимости и бронетехнику, в т.ч. на самоходные артиллерийские установки. В этом случае для пристрелки сверху орудия установлен 12,7-мм пристрелочный пулемёт M8 (который использует для стрельбы специальные патроны с баллистикой, соответствующей траектории 106-мм выстрела M40).

Для борьбы с бронетехникой для M40 был разработан кумулятивный противотанковый выстрел M344A1 High-Explosive Anti-Tank (HEAT). Масса боевой части - 7,9 кг при массе снаряда от 16,9 кг до 18,25 кг. Начальная скорость снаряда - 503 м/с; дальность эффективной стрельбы - 1350 м. В США орудия M40 производились на оружейном заводе Watervliet Arsenal.

Самым интересным представителем САУ с безоткатным орудием M40 стала боевая машина M50 Ontos, к разработке которой приступили в 1951 г. В 1955 г. после постройки и испытания различных моделей официальное одобрение военных получила модифицированная версия T165E2, после чего фирма "Аллис-Чалмерс" приступила к серийному производству этой машины.

M50 представлял собой легкобронированную гусеничную машину, вооруженную шестью безоткатными орудиями калибра 106 мм, четырьмя 12,7-мм пристрелочными пулеметами и одним 7,62-мм пулеметом. Боекомплект состоял из 18 выстрелов, 90 патронов к 12,7-мм пулемету и 1000 патронов к 7,62-мм пулемету. Компоновка машины выполнена с носовым расположением моторно-трансмиссионного отделения и отделения управления. Корпус M50 сваривался из противопульной брони, причем лобовые листы устанавливались с большим наклоном. В верхней части корпуса размещалась небольшая вращающаяся башенка. Шестиствольная орудийная установка была симметрично смонтирована на горизонтальном валу, пропущенном сквозь башенку, тем самым обеспечивалось наведение орудий по вертикали. Механизмы наведения орудийной установки оснащались лишь ручными приводами. Угол горизонтального наведения орудий составлял 40° вправо и влево от продольной оси машины; угол возвышения орудий равнялся +20°, угол склонения -10°. Два орудия можно было легко снять с машины для ведения огня с земли. При подходе к цели на дистанцию прицельного огня (1200 м) открывался огонь из одного или нескольких пристрелочных пулеметов с соответствующей корректировкой наведения. Попадание в цель было заметно благодаря яркой вспышке. После пристрелки можно было произвести одиночный выстрел или залп из двух, четырех или шести стволов. При начальной скорости свыше 400 м/с кумулятивный снаряд пробивал броню толщиной более 300 мм. При выполнении залпа из всех стволов M50 просто исчезал в непроницаемом облаке пыли, поднятом безоткатными орудиями. После стрельбы машина отходила в укрытие, где орудия перезаряжались с казенной части через люки в корме корпуса. Основной недостаток машины заключался в том, что для перезаряжания безоткатных орудий экипаж должен был выходить из-под прикрытия брони.

В моторно-трансмиссионном отделении истребителя танков M50 "Онтос" устанавливался бензиновый 4-цилиндровый двигатель воздушного охлаждения с противоположным горизонтальным расположением цилиндров "Континентал" мощностью 205 л.с., позволявший разгонять M50 массой 8,5 т по шоссе почти до 50 км/ч. При этом запас хода составлял 240 км.

За время с1957 г. по 1959 г. было выпущено 297 M50.

В 1963 году в целях повышения маневренности 294 машины были оснащены 8-цилиндровым дизельным двигателем мощностью 190 л.с. Модернизированный образец получил обозначение M50A1 и прослужил в войсках еще 7 лет. В 1970 году M50 был снят с вооружения, а в середине 70-х на вооружение американской армии пришли противотанковые управляемые ракеты.

Кроме противотанковой САУ в США разрабатывались и САУ, основным вооружением которых были гаубицы. Решения об их создании принимались ещё в ходе Второй мировой войны, но принимались они на вооружение уже на завершающем этапе боевых действий и не все они на фронт попали. Так в 1945 г. на вооружение были приняты M-40 и M-41 со 155-мм пушками и M-43 с 203-мм гаубицей. В тот же период времени разрабатывалась САУ T92 с мощным 240-мм орудием.

Летом 1942 года на вооружение американской армии была принята самоходная артиллерийская установка M12 Gun Motor Carriage, вооруженная 155-мм пушкой M1917/18.

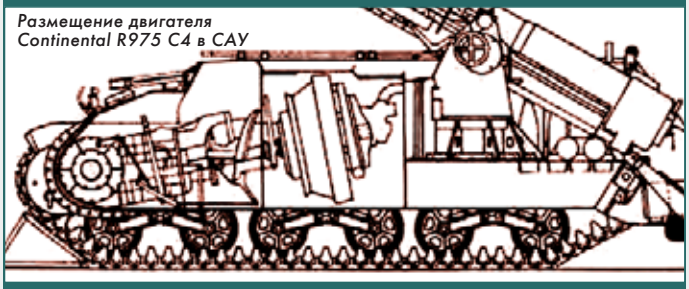
САУ M12

Несколько первых серийных машин этой модели были отправлены на полигоны и военные базы для проверок и подготовки личного состава. Остальные были отправлены на хранение и вспомнили о них только в конце 1943 г. в ходе подготовки к высадке в Нормандии. Но т.к. САУ M12 было построено на шасси танка M3 Lee, а этот танк не предполагался к участию в будущей высадке в Европе, то у этих САУ могли возникнуть проблемы с обслуживанием. Требовалась САУ на базе новых танков, и на тот момент это был M4 Sherman. Поэтому в самом конце 43-го появилось решение о разработке САУ на базе танка "Шерман", вооруженной 155-мм орудием типа M1A1 или M2. Проект получил обозначение T83 Gun Motor Carriage. В качестве основы для САУ T83 было взято шасси среднего танка M4A3, которое модернизировалось с учётом опыта создания и эксплуатации САУ M12. Например, компоновка: отделение управления и агрегаты трансмиссии располагались в передней части корпуса, далее размещался двигатель,

105-мм истребитель танков M50 "Онтос"

перенесённый из кормы, а кормовая часть корпуса отдавалась для размещения боевого отделения.
Корпус базового танка сохранил некоторые агрегаты, но часть его деталей пришлось переделать. Поскольку огонь прямой наводкой и столкновения с вражеской бронетехникой не предполагались, то все элементы корпуса за исключением нижней лобовой детали корпуса имели толщину до 25,4 мм, что защищало только от пуль стрелкового оружия.
В моторном отсеке устанавливался 9-цилиндровый карбюраторный радиальный двигатель Continental R975 C4 мощностью 340 л.с.

Размещение двигателя Continental R975 C4 в САУ

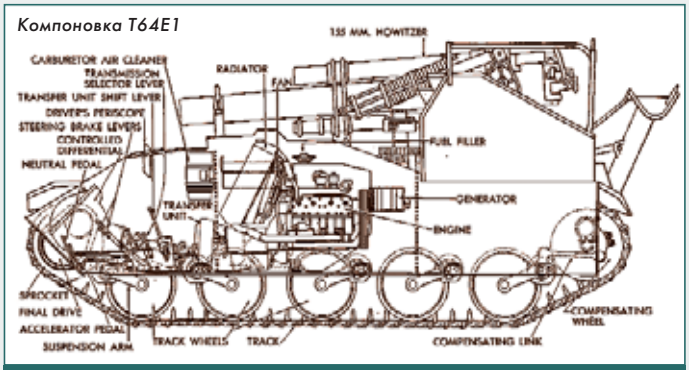


В связи с изменением общей компоновки машины некоторым доработкам подверглась трансмиссия. Двигатель соединялся с механизмами в передней части корпуса при помощи карданного вала, который имел меньшую длину в сравнении с агрегатами "Шермана". Карданный вал двигателя соединялся с пятискоростной механической коробкой передач и иными агрегатами, передающими крутящий момент на передние ведущие колеса. Органы управления остались прежними: водитель располагал двумя рычагами тормозов, рычагом переключения передач, а также набором педалей.
При массе САУ в 37 т двигатель мощностью 340 л.с. мог обеспечить максимальную скорость на хорошей дороге около 35...40 км/ч. Причём, однако, движение на максимальной скорости порядка 40 км/ч могло продолжаться лишь в течение небольшого времени. Запаса топлива хватало на 160 км пути по шоссе.
В кормовой части корпуса поместили площадку для вооружения, боекомплекта и расчета. Ширина площадки соответствовала ширине нижней части корпуса, а на надгусеничных полках располагались стеллажи для боекомплекта и различного имущества.
В передней части боевого отделения разместили установку для монтажа 155-мм орудия M1A1 или M2. Механизмы установки оснащались ручными приводами и позволяли наводить орудие в пределах горизонтального сектора шириной 36° и устанавливать углы возвышения от -5° до +45°.
Главным оружием САУ T83 должна была стать 155-мм пушка M1/2 длиной 45 калибров, известная под именем Long Tom. Канал ствола имел 48 нарезов. Пушка имела раздельно-гильзовое заряжание и оснащалась поршневым затвором. Собственная масса орудия при установке на САУ не превышала 4350 кг. Предлагались несколько типов снарядов: осколочно-фугасный M101 массой 42,95 кг, бронебойный с фугасным зарядом M112B1 массой 45,35 кг и дымовой M104 - 44,53 кг. При использовании наиболее крупного метательного заряда максимальная начальная скорость снаряда (осколочно-фугасного или дымового) достигала 853 м/с. Максимальная дальность стрельбы составляла немногим более 23 км. Натренированный расчет мог вести огонь с темпом до 1 выстрела в минуту. Возимый боекомплект САУ T83 состоял из 20 снарядов различных типов.
Экипаж самоходки состоял из восьми человек. Двое, механик-водитель и командир, располагались на своих местах в передней части корпуса в отделении управления. Расчет орудия состоял из шести человек. Во время марша они должны были находиться в кормовом боевом отделении, а при участии в боевой работе некоторые номера расчета спускались на землю и занимались подготовкой боеприпасов.
Разработка проекта T83 GMC стартовала в январе 1944 г. и завершилась в марте, после чего компания Pressed Steel Car получила заказ на строительство опытного образца T83. В конце весны эта машина вышла на испытания, которые и подтвердили правильность принятых решений. К середине лета САУ T83 была готова к серийному производству.
В июле 1944 г., вскоре после высадки в Нормандии, компании Pressed Steel

САУ T83

Car было поручено изготовить 304 машины, но выполнение первого заказа столкнулось с очень большой проблемой - отсутствием необходимого количества танков M4 Sherman. Тем не менее, в январе было завершено выполнение первого контракта, и заказчик получил 304 САУ новой модели. После недолгих войсковых испытаний и некоторых бюрократических процедур самоходку приняли на вооружение. В марте 1945 года T38 была принята на вооружение под обозначением M40 Gun Motor Carriage. В дальнейшем появилось и неофициальное прозвище. Его самоходка унаследовала от использованного орудия: Long Tom.
После завершения строительства первой партии было решено заказать еще 296 самоходных артиллерийских установок, доведя их общее количество до 600 единиц. В силу определенных обстоятельств до конца боевых действий в Европе было построено лишь семь машин второй партии. После окончания войны на Европейском ТВД сборка техники продолжилась, новые машины сходили с конвейера до конца 1945 года.
С февраля по декабрь 1945 года компания Pressed Steel Car построила 144 САУ M40 GMC, после чего сборку такой техники прекратили.
В общей сложности армия получила 448 бронемашин со 155-мм орудиями.
В конце 1942 г. появилось техническое задание на создание перспективной САУ с гаубичным вооружением калибра 155 мм для сопровождения танковых соединений и поддержки их огнем. В качестве основы для новой бронемашины было предложено шасси легкого танка M5 Stuart. На нем следовало смонтировать гаубицу типа M1 и набор необходимого оборудования.
Проект перспективной самоходки получил обозначение T64. Разработка новой машины не заняла много времени: предварительный проект был одобрен уже в декабре 42-го. Вскоре были выполнены все оставшиеся проектные работы, что позволило перейти к строительству и испытаниям новой техники. По имеющимся данным, в проекте T64 предлагалось использовать основные компоновочные идеи, уже отработанные в рамках проекта САУ M12 GMC.
В первых месяцах 1943 года первый прототип САУ T64 вышел на испытания и, в целом, неплохо себя показал. Существующее шасси серийного танка не имело значительных недостатков, что могло открыть новой самоходке дорогу в войска. Тем не менее, военное ведомство решило иначе. Появилось предложение о разработке т.н. Light Combat Team - семейства бронетехники различного назначения, построенного на базе общего шасси. С целью достижения максимально возможных характеристик было решено строить новое семейство на базе нового легкого танка M24 Chaffee.
В конце 1943 года стартовал новый проект с обозначением T64E1, целью которого был перенос артиллерийской части базовой T64 на новое танковое шасси. При этом следовало соответствующим образом переработать шасси танка M24. Работы по новому проекту начались в январе 44-го и в силу ряда обстоятельств продлились до конца года. Проектирование САУ T64E1 завершилось только в декабре.
Напомним, что у танка M24 была типичная для американских танков того времени компоновка. В передней части корпуса устанавливались агрегаты трансмиссии и располагалось отделение управления. В корме монтировался двигатель, соединявшийся с трансмиссией при помощи длинного карданного вала. Последний, в свою очередь, проходил под полом боевого отделения.
Сохранение подобной компоновки при установке 155-мм орудия было невозможным, поэтому авторы проектов T64 и T64E1 прибегли к значительным доработкам конструкции, уже опробованным на более ранней технике с аналогичным вооружением. Ввиду отсутствия башни с вооружением двигатель перенесли в центральную часть корпуса, укоротив карданный вал. Таким методом был освобожден крупный объем в корме корпуса, который отдали под открытое боевое отделение.
Корпус САУ, как и в случае с базовым танком, изготавливался из броневых деталей, обеспечивающих противопулевую защиту. T64E1 сохранила основные черты корпуса базовой машины. Лобовая проекция защищалась тремя наклонными листами. Моторный отсек прикрывался горизонтальной крышей. В корме предусматривались лобовой и бортовые листы рубки. Днище корпуса являлось полом боевого отделения. Кормовой лист корпуса был откидным и соединялся с сошником.
Перспективную самоходку T64E1 оснастили двумя бензиновыми двигателями Cadillac 44T24 мощностью по 110 л.с., установленными в средней части корпуса. Через карданный вал, две гидромуфты, две планетарные коробки передач, двойной дифференциал, демультипликатор и механическую коробку передач крутящий момент двигателей передавался на передние ведущие колеса. С целью упрощения и удешевления серийного производства было решено не вносить кардинальные изменения в состав силовой установки. Изменилось только расположение двигателя, который передвинули в центральное отделение.
Ходовая часть базового танка M24 Chaffee перешла к САУ T64E1 без каких-либо изменений. На каждом борту корпуса имелось по шесть сдвоенных опорных катков с индивидуальной торсионной подвеской. Также часть опорных катков оснащалась дополнительными амортизаторами. Ввиду сравнительно малого диаметра опорных катков верхняя ветвь гусеницы поддерживалась четырьмя роликами (на каждом борту). Ведущие колеса располагались в передней части корпуса, направляющие - в корме. Гусеница шасси состояла из 86 траков шириной 586 мм.
В кормовом отделении корпуса предлагалось монтировать стеллажи для боеприпасов и установку для орудия. Для упрощения конструкции эти два изделия были объединены в общий агрегат. С днищем и бортами корпуса соединялся стеллаж с ячейками для боеприпасов, а на его крышке располагалась орудийная установка. При помощи ручных приводов расчет мог наводить орудие на 20° 30' влево или 17° вправо от оси машины по горизонтали, а вертикальные углы наводки были ограничены -5° и +45°. В ячейках стеллажа боевого отделения имелось место для 22 выстрелов раздельного картузного заряжания.
В качестве основного оружия для T64E1 предлагалась 155-мм гаубица M1 (также известна под обозначением M114). Это орудие оснащалось нарезным

Компоновка T64E1




стволом длиной 24,5 калибра и имело поршневой затвор. Ствол монтировался на гидропневматических противооткатных устройствах. Для использования гаубицей M1 предлагались снаряды нескольких типов, осколочно-фугасные, дымовые, химические, осветительные и т.д. Максимальная начальная скорость снарядов достигала 564 м/с, максимальная дальность стрельбы - порядка 14,95 км.

В боевом отделении также предлагалось перевозить дополнительное вооружение для самообороны, состоявшее из двух пистолетов-пулеметов Thompson и трех карабинов M1.

Стационарный пулемет на турели не предусматривался.

Как и другие САУ американской разработки того времени, построенные на шасси существующих танков, перспективная машина T64E1 не могла вести огонь на ходу. Для стрельбы следовало занимать позицию и закрепляться на ней. Для удержания бронемашины на месте предлагалось использовать кормовой сошник. Это устройство состояло из двух опорных балок и отвала с упорами для заглубления в грунт. Учитывая опыт предыдущих проектов, сошник оснащался не гидроприводом, а ручной лебедкой. После прибытия на позицию экипаж должен был опускать сошник и затем сдавать назад, заглубляя его в грунт. Перед уходом с позиции требовалось сдвинуться вперед, а затем поднять сошник.

Экипаж самоходки T64E1 должен был состоять из пяти человек: водителя, командира и трех артиллеристов. По понятным причинам, в стрельбе из основного оружия принимали участие все члены экипажа.

Благодаря сохранению основных агрегатов базовой бронемашины перспективная самоходка по габаритам и весу мало отличалась от танка "Чаффи". Длина САУ достигала 5,8 м, ширина 2,85 м, высота - около 2,4 м. Боевая масса достигала 19,3 т.

Сохранение базовой силовой установки, а также незначительное увеличение веса машины позволило достичь достаточно высоких характеристик подвижности. Скорость самоходки на шоссе доходила до 55 км/ч, запас хода достигал 160 км.

Применение готового шасси не только сказалось на скорости разработки проекта, но и сократило время, необходимое для строительства прототипа. Проектные работы завершились в начале зимы 1944 г., и уже в декабре был собран первый прототип перспективной САУ T64E1 с гаубичным вооружением. Вскоре машина прошла испытания на Абердинском полигоне, где показала правильность выбранных решений, а также подтвердила расчетные характеристики.

Представленный образец полностью соответствовал предъявленным требованиям, и после испытаний был принят на вооружение. Приказ о принятии на вооружение был подписан 28 июня 1945 года. Самоходка получила официальное обозначение M41 Howitzer Motor Carriage. Вскоре после начала эксплуатации новая военная техника, как и другие бронемашины до нее, получила неофициальное прозвище Gorilla, по аналогии с неофициальным названием САУ M12, также известной как King Kong.

Не дожидаясь конца испытаний, американская армия подписала первый контракт на поставку машин T64E1/M41. Уже в мае 45-го заказ на производство 250 серийных самоходок получила компания Massey-Harris, занимавшаяся строительством легких танков M24 Chaffee.

Этот факт позволил в определенной мере упростить и ускорить строительство самоходок.

Налаженный процесс производства танков позволил фирме-подрядчику сразу начать строительство новых САУ. Тем не менее, до конца Второй мировой войны было изготовлено лишь 85 боевых машин нового типа. Позднее начало производства не позволило "Гориллам" попасть на войну, однако войска все же начали осваивать новую технику. Согласно ряду источников, после окончания войны было решено отказаться от дальнейшего строительства самоходок. Армии передали 85 построенных машин, а производство остальных было отменено.

САУ M41

В 1950 г. большую часть M41 отправили в Корею для участия в начавшейся там войне. Несмотря на сравнительно малое количество, самоходки активно применялись на всех участках фронта и обеспечивали полноценное решение поставленных задач. Как и предполагалось на стадии разработки, самоходные артиллерийские установки наглядно демонстрировали свои преимущества перед буксируемыми орудиями.

В ходе подготовки к войне в Европе американские военные понимали, что 155-мм орудий для уничтожения мощных оборонительных сооружений будет недостаточно. В результате было выдвинуто требование о разработке САУ с 8-дюймовым (203 мм) орудием. Заказ на разработку был размещен в ноябре 1944 года. Проект получил рабочее обозначение T89.

Согласно техническому заданию, перспективная САУ должна была основываться на шасси самоходки T83/M40, представлявшего собой доработанное шасси среднего танка M4A3 Sherman. На это шасси следовало установить гаубицу M115 калибра 203 мм. Танки "Шерман" и самоходки M40 уже строились серийно, а необходимые гаубицы состояли на вооружении с 1940 года. Все это позволяло сравнительно быстро завершить проектирование, а затем начать производство новых боевых машин. Подобный подход полностью оправдался: разработка проекта T83 завершилась в первых месяцах 1945 года.

Основным элементом бронемашины T89 стал корпус САУ M40 с набором всего необходимого оснащения. Он представлял собой переработанный корпус существующего танка M4, спроектированный с учетом особенностей применения. Расчеты показали, что замена орудия на более мощное не потребует значительных переработок корпуса или его агрегатов.

Таким образом, базовая бронемашина претерпела лишь незначительные изменения, обусловленные необходимостью усиления кормовой части для установки 203-мм орудия.

Корпус сохранил существующую конструкцию и по-прежнему собирался из нескольких деталей разных форм, размеров и толщины. Лобовая проекция корпуса защищалась нижней деталью, являвшейся кожухом трансмиссионного отсека, толщиной около 100 мм. Верхняя лобовая деталь располагалась под большим углом к вертикали и имела толщину 12,7 мм. Корпус имел вертикальные борта с увеличенной кормовой частью и горизонтальную крышу. В кормовой части предусматривалось боевое отделение, выполненное в виде открытой сверху и сзади рубки.

Компоновка корпуса была аналогична САУ M40 и M41. В передней части корпуса располагались агрегаты трансмиссии, из-за которых нижняя лобовая деталь имела характерный внешний вид. Позади них находилось отделение управления с местами механика-водителя и командира.

В центральной части корпуса предусматривалось моторное отделение. Двигатель соединялся с трансмиссией при помощи карданного вала, проходящего через отделение управления. Корма отдавалась под боевое отделение с орудием и боекомплектом.

Шасси сохранило радиальный авиационный двигатель Continental R975 C4 мощностью порядка 400 л.с. В трансмиссию входила пятискоростная механическая коробка передач и другие агрегаты, связывавшие двигатель с передними ведущими колесами. За исключением двигателя и его расположения, по силовой установке и сопутствующим агрегатам машина T89 были унифицирована с танком Sherman. Одновременно с этим достигалась полная унификация с САУ M40.

В сравнении с базовым проектом не претерпела изменений и ходовая часть. Для удержания САУ на месте во время стрельбы и передачи мощного импульса отдачи на грунт в корме машины располагался усиленный сошник. Его опускание и подъём осуществлялось при помощи ручной лебедки. На кронштейнах для крепления сошника предусматривался лист, который увеличивал размеры площадки для работы расчета.

На кормовой площадке корпуса разместили установку типа M17 с креплениями для орудия и механизмами наведения в двух плоскостях. Механизмы с ручными приводами позволяли поворачивать орудие на угол до 18° от оси машины в горизонтальной плоскости и поднимать ствол по вертикали от -5° до +45°. Кроме орудийной установки в боевом отделении предусматривались стеллажи для перевозки 16 снарядов раздельного заряжания, а также места для посадки артиллеристов во время движения.

Использованная гаубица M115 имела калибр 203 мм и оснащалась стволом длиной 25,3 калибра. Имелись гидропневматические противооткатные устройства, уменьшавшие силу отдачи, передаваемую на корпус самоходки. Орудие оснащалось поршневым затвором. Благодаря меньшей длине ствола гаубица M115, имея больший калибр, отличалась от пушек M1/2, использовавшихся на M40, немного меньшей массой.

В боекомплект гаубицы M115 входили два типа осколочно-фугасных снарядов, M106 и Mk 1A1 массой по 90,7 кг. Также предусматривались несколько вариантов метательного заряда. При максимальном заряде начальная скорость снаряда составляла 595 м/с, что позволяло стрелять на расстояние до 16,9 км. Возимый боекомплект T89 состоял всего из 16 снарядов с метательными зарядами.

Несмотря на более мощное орудие, состав экипажа остался прежним. В отделении управления должны были располагаться механик-водитель и командир. Расчет орудия состоял из шести человек, находившихся в боевом отделении. В их обязанности входили различные операции по обслуживанию орудия и ведению огня.

Отсутствие значительных отличий в весовых параметрах (боевая масса T89 составляла 36 т), а также в конструкции ходовой части и силовой установки позволили обеспечить максимальную скорость на шоссе порядка 40 км/ч и запас хода - 160 км, как и у M40.

Разработка проекта T89 заняла всего несколько недель. В первых месяцах 1945 года компания Pressed Steel Car, занимавшаяся строительством новых самоходок, получила заказ на сборку опытного образца новой боевой

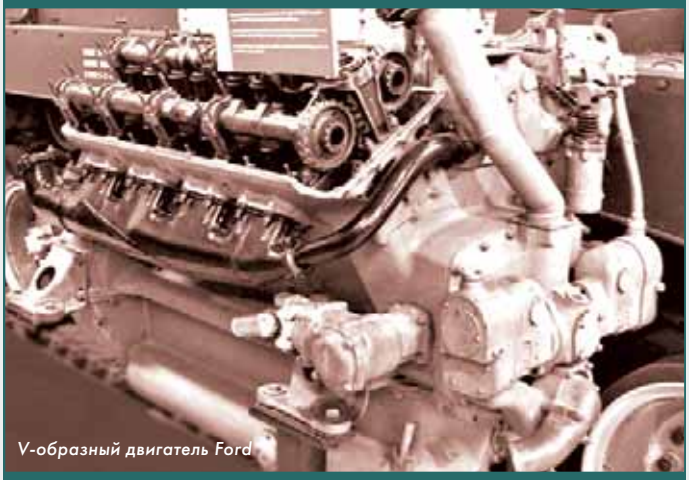
машины. Вскоре после завершения строительства опытная САУ T89 прибыла на Абердинский полигон для испытаний, которые в марте 1945 г. подтвердили соответствие машины техническому заданию и отсутствие значительных недостатков.
В августе самоходка T89 была принята на вооружение под обозначением M43 Howitzer Motor Carrier, после чего на заводе Pressed Steel Car началась сборка малой серии M43.

САУ M43

Производство серийных M43 HMC продолжалось до конца Второй мировой войны и за это время было построено 48 бронемашин с гаубицами M115. САУ M43 не успели принять участие во Второй мировой войне, но в ходе войны в Корее САУ M40 GMC и M43 HMC активно применялись для обстрела удаленных целей с закрытых позиций.
Эксплуатация САУ M43 продолжалась до второй половины пятидесятых годов.
Опыт создания САУ M43 навеял американским военным идею установки 240-мм буксируемой гаубицы M1918 на шасси тяжелого танка T26E3 (M-26 Pershing). Работы по проектированию T92 были одобрены в марте 1945 г., после этого компания Chrysler (Детройтский арсенал) получила заказ на постройку четырёх опытных машин.
Первую самоходную гаубицу изготовили уже в начале июля 1945 г. и сразу направили на Абердинский полигон. В это же время военным пришла ещё одна идея: на это же шасси установить 203-мм гаубицу и они выдали заказ на САУ с индексом T93.
Обе САУ использовали большое количество агрегатов и узлов танка T26E3, тот же двигатель, трансмиссию и подвеску. При этом, в отличие от тяжелого танка, ведущие колеса располагались спереди (как и на всех других САУ). У обеих самоходок шасси сделали облегчённым путём ослабления бронезащиты - наибольшая толщина брони не превышала 25,4 мм (одного дюйма). В корме установили сошник. Вооружение САУ T92 и T93 было взаимозаменяемым. Большие габариты устанавливаемых орудий заставили добавить по одному опорному катку с каждого борта и удлинить корпус по сравнению с танком T26E3. Таким образом, на каждый борт приходилось по 7 опорных катков, имеющих индивидуальную торсионную подвеску, а также 6 поддерживающих роликов.
Экипаж САУ T92 состоял из 8 человек: водителя и помощника водителя (как и на тяжелом танке T26E3), командира, наводчика и 4-х заряжающих.
В отделении управления самоходки располагались рабочие места водителя и его помощника, и у каждого были свои механизмы управления, и своя башенка с установленными в ней тремя смотровыми блоками. Башенки размещались на лобовом листе корпуса, который имел наклон в 72 градуса от вертикали. Остальные члены экипажа размещались в боевом отделении. Для защиты от возможных атак вражеской пехоты в боевой рубке в специальной укладке имелись 7,62-мм карабины.

САУ T92

Испытания, которые были проведены на Абердинском военном полигоне, продемонстрировали, что данные САУ идеально подходят для разрушений долговременных огневых точек и всевозможных бункеров противника. При этом были отмечены и недостатки машины. В частности, была выявлена потребность в установке на машину более мощного двигателя. Поэтому было принято решение о том, что разработка новых САУ должна основываться на компонентах силовой установки серии новых тяжелых танков T29, T30 и T32, которые в свою очередь в это время сами находились лишь на стадии проведения испытаний. Поэтому силовая установка обеих САУ состояла из 8-цилиндрового V-образного жидкостного охлаждения бензинового двигателя Ford GAF мощностью 500 л.с.
Максимальная скорость передвижения по шоссе была всего 24 км/ч; запас хода - 128 км.



V-образный двигатель Ford

Орудие монтировалось в корме корпуса в специальной П-образной надстройке с противопульным бронированием (броня 12,7 мм).
Скорострельность 240-мм гаубицы составляла 1 выстрел в 3 минуты. Огонь велся в основном с использованием осколочно-фугасных снарядов, которые обладали максимальной дальностью стрельбы до 23 065 метров. Для 203-мм орудия данный показатель был больше и составлял 32 584 метра. Также мог использоваться специальный бетонобойный снаряд. Относительным недостатком системы можно было считать небольшой возимый боекомплект, который состоял всего из 6 снарядов.
В марте 1945 г. было принято решение о серийном производстве 115 САУ T92 и 58 T93. К сентябрю 1945 г. Детройтский арсенал полностью собрал пять САУ T92 и два САУ T93. Но из-за окончания войны с Японией, а именно для разрушения мощных железобетонных укрытий и бункеров при ведении боевых действий на тихоокеанских островах и создавались эти САУ, заказы на них были сняты.

В следующем номере рассказ начнём с танков, создаваемых в послевоенный период во Франции.

*(Продолжение следует.)*

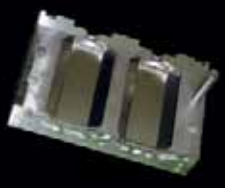
# Sodick

## 45000 линейных электроискровых станков в эксплуатации

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

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

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



Точность позиционирования:

гарантия **10** лет

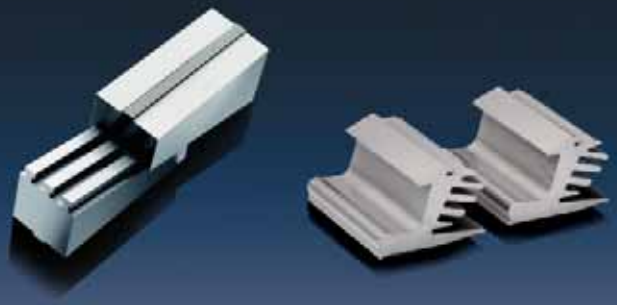
Впервые в отрасли!

## 60 лет опыта производства ЭИ станков!

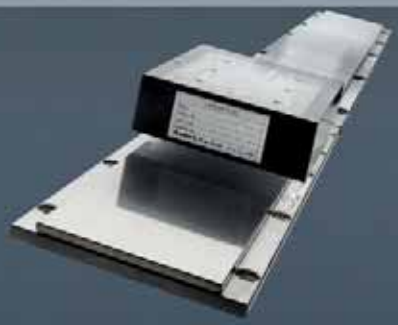
# Smart Pulse & Smart Linear

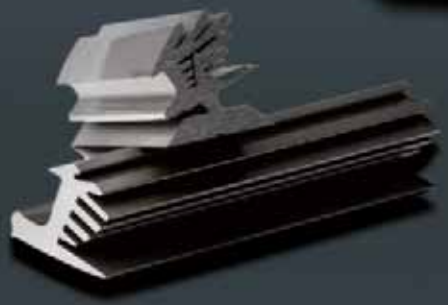
## ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫЕ ПРОВОЛОЧНО-ВЫРЕЗНЫЕ СТАНКИ

## УЛУЧШЕННАЯ ШЕРОХОВАТОСТЬ



# ALC 400G
# ALC 600G





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

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

Sodick

# «Черный пояс» – за выдающуюся культуру производства.

## Обрабатывающие центры, которые доказывают добросовестность производства.

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

Больше о добросовестности и культуре нашего предприятия:
**hermle6.de**

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

HERMLE
ООО Восток

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