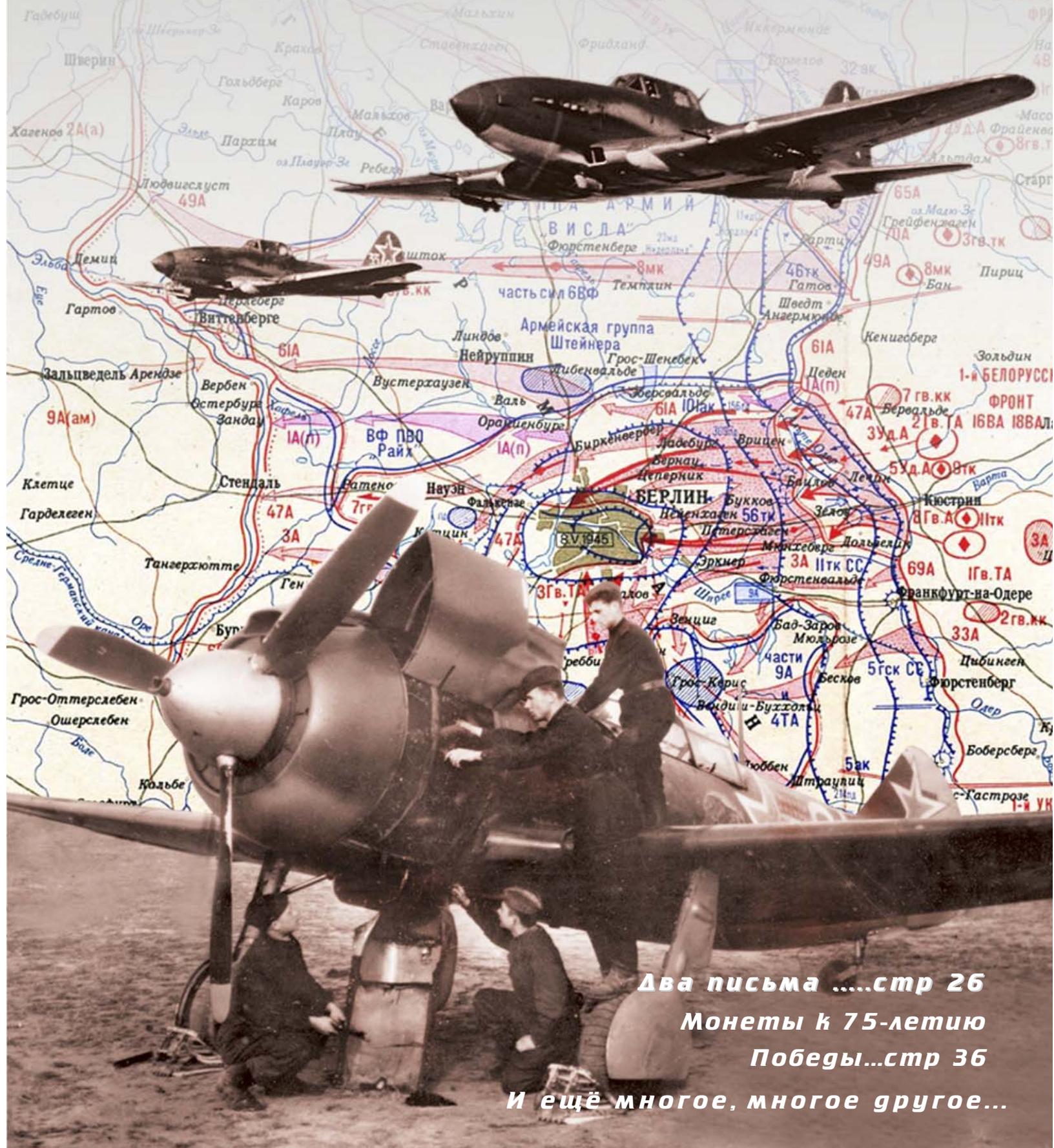


Двигатель

Научно-технический журнал № 1 (127 + 244) 2020



*Два письмастр 26
Монеты к 75-летию
Победы...стр 36
И ещё многое, многое другое...*



2007 2005 2004



Научно-техническое издание по освещению проблем в промышленности

2016

2010



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

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор

Александр Иванович Бажанов
академик Международной инженерной академии

Заместитель главного редактора

Дмитрий Александрович Боев

Ответственный секретарь

Александр Николаевич Медведь, к.т.н.

Финансовый директор

Юлия Валерьевна Дамбис

Редакторы:

Александр Григорьевич Лиознов

Андрей Иванович Касьян, к.т.н.

Максим Анатольевич Розсыпало

Юрий Романович Сергей, к.т.н.

Литературный редактор

Эрнст Галсанович Намсараев

Художественные редакторы:

Александр Николаевич Медведь

Владимир Николаевич Романов

Техническая поддержка

Ольга Владимировна Шаронова, к.пед.н.

Аделия Юрьевна Бурова

В номере использованы фотографии, эскизы и рисунки:

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

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111250, Россия, Москва,
ул. Красноказарменная, 14.
Тел./факс: +7(495) 362-7891

dvigatell@yandex.ru

boeff@yandex.ru

aib50@yandex.ru

www.dvigately.ru

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

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ООО "Редакция журнала "Двигатели" ©

генеральный директор Д.А. Боев

зам. ген. директора А.И. Бажанов

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

Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов.

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

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

Научно-технический журнал "Двигатель" © зарегистрирован в ГК РФ по печати.

Пер. № 018414 от 11.01.1999 г.

22-й (113-й) год издания.

Отпечатано

ООО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.

Тираж 3 000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная.



ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ СЕБЕСТОИМОСТИ ГТД

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

Предложено расчетное обоснование целевой структуры себестоимости ГТД, которая обеспечивает целевые значения рентабельности ГТД и запаса финансовой прочности промышленного предприятия.

A calculation justification of the target structure of a gas turbine engine is proposed, which provides target values of pro-fitability and financial strength of an industrial enterprise.

Ключевые слова: целевая себестоимость машиностроительной продукции
Keywords: target cost of engineering products.

Проектирование двигателя на заданную (целевую) себестоимость не отражено в отечественных публикациях, поскольку традиционное проектирование без ограничения себестоимости, характерное для затратного ценообразования гособоронзаказа, наиболее привычно для российских разработчиков. Представляет интерес построение процесса экономического сопровождения проектирования двигателя на целевую (заданную) себестоимость производства, чему и посвящается данная статья.

При проектировании двигателя на целевую себестоимость в производстве необходимо предварительно создать пропорциональную структуру калькуляции, включающую следующие статьи (на одно изделие):

- основные материалы (прокат, размерные заказные заготовки, полуфабрикаты и готовые покупные изделия), их доля в себестоимости назначается согласно структуре себестоимости двигателя-аналога;

- основная заработная плата производственных рабочих, как произведение плановой трудоемкости двигателя на средне-взвешенную цену нормо-часа на предприятии;

- страховые взносы на основную заработную плату, принимаем 31% к основной заработной плате;

- накладные расходы, сумма относимых на изделие общепроизводственных (цеховых) и общезаводских (заводских) накладных расходов, с прибавлением которых калькуляция становится равной целевой себестоимости.

Все затраты в калькуляции разделяются на переменные (не зависящие от программы производства) и условно-постоянные (зависящие от программы производства). Условно-постоянные затраты включают относимую на двигатель постоянную часть цеховых и все заводские накладные расходы.

Переходим к предварительному расчету элементов пропорциональной калькуляции. Для расчета оптимальной доли условно-постоянных затрат в себестоимости ГТД потребуются следующие исходные данные:

p - цена поставки изделия;

r - целевая рентабельность изделия, предварительно рассчитанная по нашей методике [1,2];

n - плановая программа производства изделия, штук;

n_{кр} - минимальное (критическое) количество изделий, которое сможем произвести и продать;

Z_{с ед} - сумма постоянных накладных расходов, относимых на программу производства, включающая все заводские и, примерно, половину цеховых накладных расходов.

Предлагается следующий порядок обоснования оптимальной доли условно- постоянных затрат в калькуляции себестоимости ГТД:

1. Расчет целевой себестоимости изделия выполняется по формуле (1):

$$S = p / (1 + r), \quad (1)$$

2. Выделение в себестоимости двух составляющих:

- условно-постоянных затрат, относимых на одно изделие, выполняется по формуле (2):

$$Z_{с ед} = Z_c / n, \quad (2)$$

- переменных затрат на одно изделие выполняется по формуле (3):

$$Z_{в ед} = S - Z_{с ед}. \quad (3)$$

3. Расчет критической программы производства **n_{кр}**, при которой валовая прибыль производства равна нулю, т.е. выручка равна затратам на программу выпуска, выполняется на основе уравнения (4):

$$p * n_{кр} = Z_c + Z_{в ед} * n_{кр}. \quad (4)$$

Выразим из уравнения (4) **n_{кр}**:

$$n_{кр} = Z_c / (p - Z_{в ед}). \quad (5)$$

Запишем выражение (5) в виде уравнения (6):

$$n_{кр} = S * n * K_c / (S + S * r - (S - S * K_c)), \quad (6)$$

где **K_с** - доля условно-постоянных затрат в себестоимости здесь: **K_с = Z_{с ед} / S**.

Преобразовав правую часть последнего уравнения, получим:

$$n_{кр} = n * K_c / (r + K_c). \quad (7)$$

4. Определение запаса финансовой прочности **K_з** для программы производства изделия выполняется по выражению:

$$K_{з ап} = (n - n_{кр}) / n. \quad (8)$$

На основе выражений (7) и (8) составим уравнение (9):

$$n - (n * K_{з ап}) = n * K_c / (r + K_c) \quad (9)$$

Преобразуя уравнение (9), получим уравнение связи рентабельности, доли постоянных затрат в себестоимости изделия и запаса финансовой прочности программы производства:

$$K_c = r * (1 - K_{з ап}) / K_{з ап}. \quad (10)$$

На основе выражения (10) проанализируем влияние рентабельности и запаса финансовой прочности на оптимальную долю постоянных затрат в себестоимости продукции. В **Таблице 1** показаны результаты расчета **K_с** по формуле (10), где выделена используемая для ГТД область целевой рентабельности **r = 0,1...0,4** и запаса финансовой прочности **K_{з ап} = 0,2...0,5**. Данные о фактической структуре себестоимости промышленных ГТД в классе мощности 4-10 МВт представлены в **Таблице 2**, в процентах от полной себестоимости двигателя.

Таблица 1 - Расчет целевой доли постоянных затрат K_с (%) в себестоимости ГТД

Целевая рентабельность, r	Целевое значение запаса финансовой прочности, K _{з ап}					
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0
0,0	0	0	0	0	0	0
0,1	0,9	0,4	0,233	0,10	0,043	0
0,2	1,8	0,8	0,466	0,20	0,086	0
0,3	2,7	1,2	0,7	0,30	0,129	0
0,4	3,6	1,6	0,932	0,40	0,132	0
0,5	4,5	2,0	1,165	0,50	0,215	0
0,6	5,4	2,4	1,398	0,60	0,258	0
0,7	6,3	2,8	1,631	0,70	0,301	0
1,0	9,0	4,0	2,33	1,0	0,43	0

В **таблице 1** выделены коричневым соотношения, которые не позволяют обеспечить рациональную структуру целевой себестоимости, так как предполагает очень высокие значения постоянных затрат в структуре себестоимости. Практическое значение имеет область, в которой оптимальная доля постоянных затрат в себестоимости ГТД составляет **K_с = 0,3...0,46** (выделено зелёным)

Это соответствует реальным данным аналогов из Таблицы 2 (строка 21), содержащей пример структуры (%) себестоимости для унифицированного ряда промышленных двигателей, поэтому выбираем Таблицу 2 за базовую структуру себестоимости.

Таблица 2 - Структура себестоимости ряда промышленных ГТД (в %)

	Наименование	4МВт	6МВт	8МВт	10МВт
1	Осн. материалы, %	8,09	8,65	9,1	9,49
2	Покупн. полуфабрикат	11,3	10,67	10,16	9,73
3	Покупн. комплектующ.	14,76	13,76	12,93	12,24
4	Итого: мат.затрат, %	34,16	33,18	32,19	31,45
5	ТЗР, %	0,64	0,62	0,6	0,59
6	Итого:мат.затраты с ТЗР, %	34,79	33,7	32,79	32,04
7	Зараб. плата осн. рабоч., %	7,71	7,85	7,96	8,06
8	Страж. взносы осн. рабочих	2,44	2,49	2,52	2,56
9	ЗП вспом. рабоч., %	12,7	12,94	13,12	13,29
10	Страж. взносы вспом. раб., %	4,03	4,1	4,16	4,21
11	Накл. общепр. расходы, %	29,45	29,99	30,43	30,8
12	Накл. общехоз. расходы, %	17,03	17,34	17,6	17,81
13	Амортизация, %	8,07	8,22	8,34	8,44
14	Технолог. неизбежные потери, %	3,62	3,69	3,74	3,79
15	Гарант. ремонт, %	2,71	2,76	2,81	2,84
16	Соисполнители, %	0,01	0,01	0,0046	0,043
17	Тара, %	0,58	0,52	0,47	0,43
18	Произв. себестоимость	98,34	98,34	98,34	98,34
19	Комм.-сбыт. расходы	1,66	1,66	1,66	1,66
20	Итого: полн. себестоим	100	100	100	100
21	- в т.ч. K_c , %	40,12	40,86	41,455	41,96

Ориентируясь на структуру себестоимости данных аналогов (Таблица 2), назначаем следующие пропорции целевой себестоимости двигателя:

- условно-постоянные накладные расходы (расчет K_c) - 40 %, в том числе общехозяйственные - 17 % (по аналогу);
- переменная часть цеховых накладных расходов - 20 %, включая заработную плату вспомогательных рабочих со страховыми взносами;
- мат. затраты с ТЗР - 30 %;
- заработная плата основных рабочих со страховыми взносами - 10 %.

Итого, сформировали 100 % целевой себестоимости двигателя (в расчете не учтены менее 5 % для прочих составляющих калькуляции целевой себестоимости).

Целевая структура себестоимости может использоваться при решении следующих управленческих задач:

1. При организации проектирования машиностроительной продукции на заданную себестоимость. Полученные нормативы для каждой структурной составляющей калькуляции умножаются на целевую себестоимость двигателя и формируется целевая сумма затрат, которая определяет требования к конструкторско-технологическим решениям при создании новой машиностроительной продукции.

2. При достижении целевой себестоимости машиностроительной продукции в условиях конкурентного ценообразования. На основе полученных нормативов для каждой структурной составляющей калькуляции определяются целевые суммы затрат для каждой статьи калькуляции. Нормативы стоимости для накладных расходов на изделие при умножении на плановый объем производственной программы позволяют определить целевые значения затрат в бюджете общепроизводственных и общехозяйственных расходов. Затем целевые затраты бюджета общепроизводственных и общехозяйственных расходов последовательно разворачиваются сверху вниз до каждого подразделения. □

Литература:

1. И.И. Ицкович, О.В. Камакина. Обоснование минимальной рентабельности производства газотурбинного двигателя // Научно-технический журнал "Двигатель". - 2019. - № 2. - С. 16-18.
2. И.И. Ицкович, О.В. Камакина. Обоснование целевой себестоимости ГТД // Научно-технический журнал "Двигатель". - 2019. - № 5. - С. 4-6.

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

Телефон/Факс: +7 (495) 362-7891
 E-mail: boeff@ciam.ru,
aib50@yandex.ru, dvigatel@yandex.ru
<http://www.dvigately.ru>
 111116, Москва, Красноказвременная, 14

Двигатель

Старейший отечественный научно-технический журнал
 Издаётся с 1907 г.



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

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

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

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

Состоит в общероссийском каталоге ВАК 2020 г. под № 1493 среди журналов, рекомендованных для опубликования материалов исследований, выполненных на соискание степени кандидата и доктора наук.

В каталоге подписного агентства «Роспечать» (<http://www.rosp.ru>) номер «Двигателя» - 69385

ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

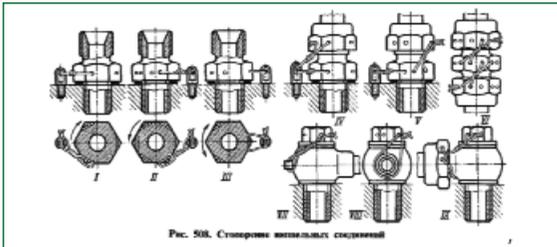


Игорь Викторович Ниппард,
главный конструктор ООО "УРАТУ"

Трудно переоценить значение чистоты при сборке и испытании современных двигателей. Мне, отработавшему на ПАО "КУЗНЕЦОВ" более 40 лет, известны случаи выхода из строя двигателей на испытательных стендах из-за попадания постороннего предмета, даже очень мелкого, в жизненно важные тракты - например, тракт охлаждения турбинной лопатки.

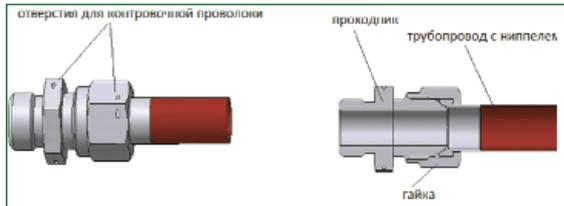
Финишем сборки является внешняя обвязка мотора, которая состоит из огромного количества трубопроводов.

Стопорение резьбовых соединений в авиации предусмотрено стандартом ОСТ1 39502-77. Трубопроводы монтируются посредством ниппельных соединений и стопорятся контровочной проволокой в соответствии с разделом 4 настоящего стандарта.



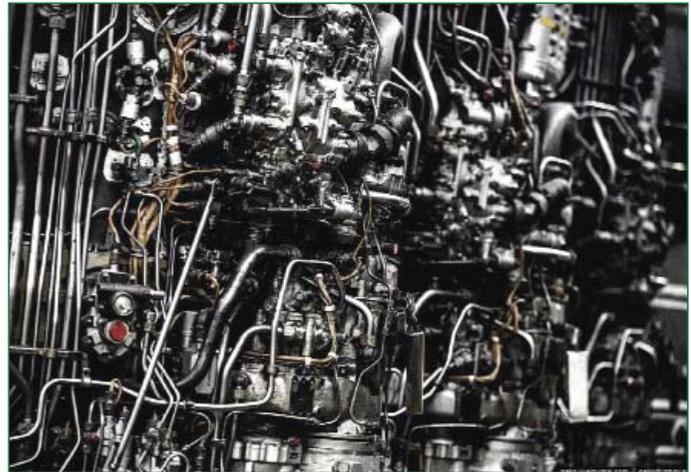
Концы проволоки после стопорения откусываются и тщательно подбираются, чтобы исключить их попадание в двигатель. Результат этой операции целиком лежит на совести и квалификации исполнителя. Особенно сложно проводить контроль данной операции при замене агрегатов или трубопроводов на испытательном стенде.

Наиболее типичная конструкция ниппельного соединения состоит из проходника с шестигранником, имеющего две резьбовые поверхности по разные стороны от шестигранника, одной он ввёрнут в корпус, другая - для гайки крепления ниппеля с приваренным трубопроводом. Между собой проходник и гайка стопорятся проволокой, для этого в них имеются отверстия.



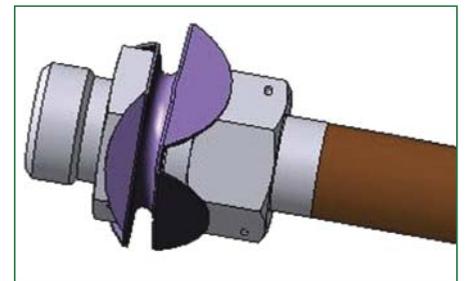
На рисунке показан внешний вид и разрез узла.

Целью данного предложения - исключить человеческий фактор путём замены способа стопорения ниппельного соединения трубопроводов стопорными шайбами - контровками в соответствии с разделом ГОСТ1 39502-77 вместо контровочной проволоки. Из рисунка видно, что шестигранники, которые нужно связать между собой, находятся на некотором расстоянии друг от друга, значит и пластины контровки, отгибы которых будут прижаты к граням стопорящихся деталей, должны отстоять друг от друга и быть связаны между собой.

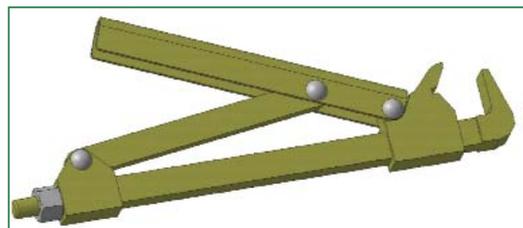


На рисунке представлен вид контровки (патент № 2711133).

Пластины контровки могут быть коническими (тарельчатыми), это повысит жёсткость после отгиба трёх сторон на грани шестигранников, т.е. у шестигранника (гайки) фиксируются три грани, а значит контровку можно будет изготавливать из более тонкого металла. После затяжки гайки каждая из пластин контровки отгибается на три грани соответствующих шестигранников, таким образом происходит взаимное стопорение двух шестигранников.



Трубопроводы не любят ударов, поэтому лепестки контровки нужно предварительно отогнуть и окончательно обжать на шестигранники специальным инструментом.



На рисунке представлена конструкция одного из вариантов такого инструмента

Связь с автором: iitskovichi@yandex.ru

РАЗВИТИЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ В СССР И РФ В КОНЦЕ XX - НАЧАЛЕ XXI ВЕКОВ

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

Рассмотрены вопросы, связанные с историей развития стандартизации и сертификации авиационной техники в Советском Союзе и Российской Федерации в 1965–2001 гг. Определены его этапы. Приведены их важнейшие события. Issues related to the history of standardization and certification of aviation equipment in the Soviet Union and the Russian Federation in 1965–2001 are considered. Its stages are defined. Their most important events are given.

Ключевые слова: авиационная техника, гражданская авиация, нормы летной годности, стандартизация, сертификация.

Keywords: aviation equipment, civil aviation, airworthiness standards, standardization, certification.

Исследование событий истории развития стандартизации и сертификации авиационной техники (АТ) в СССР и РФ с 1965 г. по 2001 г. позволяет определить тенденцию этого развития [1–2]. Учёт такой тенденции способствует поиску новых путей повышения качества и конкурентоспособности российской АТ.

Цель исследования – периодизация истории развития стандартизации и сертификации АТ в СССР и РФ до и после распада СССР и выявление тенденции этого развития перед последней реформой советской экономики ("Горбачёвской перестройкой"). Материалами исследования стали исторические документы конца XX в. – начала XXI в. При проведении исследования использовались методы сравнительного анализа исторических событий и их последствий. В результате проведённого исследования предложено деление этой истории на три этапа и определены их важнейшие события.

Предперестроечный этап (1965–1987 гг.)

В 1965 г. Государственный Комитет Совета Министров (СМ) СССР по АТ преобразован в Министерство авиационной промышленности СССР. В 1967 г. впервые изданы "Нормы летной годности гражданских самолётов СССР" (НЛГС), соответствовавшие требованиям стандартов ICAO, а сертификация АТ в СССР стала системным явлением. В 1971 г. создан Государственный авиационный регистр СССР и НЛГС стали обязательны при создании АТ. В 1976 г. изданы "Правила сертификации гражданских воздушных судов". В 1987 г. образована Государственная комиссия по надзору за безопасностью полётов (Госавианадзор) при СМ СССР.

Перестроечный этап (1987–1991 гг.)

28.04.1987 г. вышло Постановление СМ СССР № 502 "Об утверждении Положения о Государственной комиссии по надзору за безопасностью полётов воздушных судов при Совете Министров СССР", по которому на Госавианадзор при СМ СССР возлагалось осуществление государственного надзора за соблюдением норм летной годности гражданских воздушных судов (ГВС) и правил их сертификации на этапах создания, испытания, серийного производства, приёмки, эксплуатации и ремонта, а также правил сертификации типового оборудования гражданских аэродромов и выдачи сертификата летной годности на тип ГВС и сертификатов годности к эксплуатации при метеорологическом минимуме I, II и III категорий ICAO на типовое оборудование гражданских аэродромов. В 1989 г. введены в действие новые "Правила сертификации гражданских воздушных судов СССР". В 1990 г. начались работы по гармонизации отечественной системы Авиационных правил (АП) с американской системой АП FAR и европейской системой АП JAR. В 1991 г., согласно Указу Президента РСФСР от 28.11.1991 № 242 "О реорганизации центральных органов государственного управления РСФСР" функции и полномочия Министерства ГА СССР переданы Министерству транспорта РФ (Минтрансу России), в зону ответственности которого вошли функции и полномочия по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере ГА.

Постперестроечный этап (1991–2001 гг.)

В 1991 г. вместо Госавианадзора при СМ СССР образован Межгосударственный авиационный комитет (МАК) для проведения сертификации ГВС и образован Авиационный регистр (АР) МАК, который согласовывал проведение изменений в конструкции ГВС и соответствие этих изменений АП МАК, следил за безопасностью и надёжностью АТ с точки зрения АП МАК. В 1994 г. Госстандартом России зарегистрирована Система сертификации АТ и объектов ГА и вышло Постановление Правительства РФ от

23.04.1994 № 367 "О совершенствовании системы сертификации и порядка расследования авиационных происшествий в гражданской авиации Российской Федерации". В 1995 г. введена в действие Система сертификации на воздушном транспорте РФ и Приказом Минтранса России от 19.07.1995 № ССВТ01-95 "Система сертификации на воздушном транспорте РФ. Положение о Системе сертификации на воздушном транспорте РФ" утверждено Положение об этой Системе, которое установило её цели и задачи, основные принципы и структуру, а также порядок проведения сертификации АТ в РФ. В 1996 г. образована Федеральная авиационная служба (ФАС) РФ в качестве Федерального органа исполнительной власти, входящего в систему, возглавляемую Минтрансом России. В 1997 г. принят Федеральный закон РФ от 19.03.1997 № 60-ФЗ "Воздушный кодекс Российской Федерации". В 2000 г. вышел Приказ Федеральной службы воздушного транспорта РФ от 19.04.2000 № 93 "О совершенствовании системы сертификации на воздушном транспорте Российской Федерации". В 2001 г. вышли Постановление Госстандарта России от 12.04.2001 № 34 "О работе "Системы сертификации авиационной техники и объектов гражданской авиации" и Приказ Минтранса России от 17.05.2001 № 88 "О Системе сертификации в гражданской авиации Российской Федерации", которым утверждено Положение о Системе сертификации в гражданской авиации в РФ.

Результаты исследования показали и подтвердили, что тенденцией развития стандартизации и сертификации АТ в СССР и РФ в конце XX в. - начале XXI в. можно и должно считать гармонизацию требований к отечественной АТ с международными нормами и требованиями стандартов ICAO АП FAR и JAR [1–3]. Стандартизация и сертификация АТ в СССР и РФ с 1965 г. по 2001 г. обеспечили развитие ГА РФ в XXI в. [2,4]. ■

Литература

1. Афанасьев В.А., Лебедев В.А., Монахова В.П., Мышелов Е.П., Ножницкий Ю.А. Техническое регулирование и управление качеством. - М.: Книжный дом "Либроком", 2017.
2. Бузова А.Ю. Сертификация авиационной техники: Учебное пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: ЛЕНАНД, 2019.
3. Мышелов Е.П. Введение в метрологию, стандартизацию и сертификацию качества: Учебное пособие. - М.: КРАСАНД, 2010.
4. Соболев Д.А. и др. История отечественной авиапромышленности. Серийное самолётостроение, 1910–2010 гг./Под общ. ред. Д.А. Соболева. - М.: РУСАВИА, 2011.

Связь с автором: frambe@mail.ru

ИСТОРИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОГО МОРСКОГО ГАЗОТУРБОСТРОЕНИЯ

ПАО "ОДК "Сатурн":

Максим Николаевич Буров, главный конструктор по перспективным разработкам, к.т.н.,
Александр Вячеславович Логунов, главный специалист, д.т.н.,
Денис Викторович Данилов, ведущий инженер-технолог, к.т.н.

Рассмотрены основные, исторически сложившиеся, подходы к созданию морских газотурбинных двигателей и установок. Представлены результаты работ ПАО "ОДК-Сатурн" в области разработки конструкторской и технологической базы морского газотурбостроения в России. Рассмотрены основные проблемы, которые необходимо решать при конвертации авиационных газотурбинных двигателей для их применения в составе морских энергетических установок. Рассмотрены перспективные направления развития морских газотурбинных установок. Определены требования к специальным коррозионностойким жаропрочным сплавам для морских газотурбинных двигателей и установок. Создан жаропрочный никелевый сплав нового поколения, обладающий высокой стойкостью к морской солевой коррозии.

Examined main historical formed approaches of creation sea gas turbine engines and plants. Represented of resultates of PAS "UEK-Saturn" works in region of laborations constructions and technological base sea gas turbine production Russia. Examined main problems wich necessary decide for transform aviation gas turbine engines in employment for sea energetical plants. Examined perspective directions of development sea gas turbine a plants. Fouded requirements for special corrosion stand superalloys, wich necessaryes for sea gas turbine engines and plants. Elaborated nickel superalloy of a new generation, which has high firmness a sea salt corrosion.

Ключевые слова: Газотурбинные установки, энергетические ГТУ, морские энергоустановки, электростанции, топливная эффективность, специальные сплавы.

Keywords: Gas-turbine units, Electric power generation gas turbines, boat gas turbines powerplants, power stations, fuel efficiency,

В СССР разработка корабельных ГТД началась в конце 30-х годов. Работы велись под руководством сотрудника Научно-исследовательского института военного кораблестроения (НИВК, в настоящее время НИИ КиВ ВМФ) Г.И. Зотикова. В 1937 - 1940 гг. на Ленинградском металлическом заводе под его научным руководством строился опытный образец первого в мире корабельного ГТД мощностью 3000 л.с. После начала Великой Отечественной войны работы были практически прекращены [1].

В послевоенное время определились два пути развития морских ГТД. Первый путь - "тяжелых" (промышленного типа) ГТУ сложного цикла с регенерацией тепла уходящих газов и умеренной температурой газа перед турбиной.

Второй путь - "легкие" ГТД авиационной конструкции, с более высокими параметрами простого цикла связан с именем С.Д. Колосова. Первая морская газотурбинная установка М-1 была создана в СССР под руководством С.Д. Колосова на базе авиационного ТВД.

Сложность процессов конвертации и значительные отличия условий работы ГТД на корабле от самолетных, проблемы с освоением серийного производства конвертированного авиационного двигателя привели Колосова к выводу, что ГТД, предназначенные для работы в корабельных условиях, необходимо разрабатывать специально. Сейчас можно считать, что эти трудности были исключительно организационного и субъективного характера, так как зарубежные авиадвигателестроительные фирмы успешно проектируют и производят морские версии своих авиационных ГТД. В итоге была создана советская база корабельного газотурбостроения в г. Николаеве. Серийное производство корабельных ГТУ было основано на Южном турбинном заводе в г. Николаеве. Там же было создано Специальное конструкторское бюро газотурбинных установок (СКБ ГТУ), впоследствии выделенное в отдельное предприятие СПБ "Машпроект". ЮТЗ был переименован в ПО "Заря". На протяжении сорока лет было выпущено около трех десятков типов легких корабельных ГТД и ГТУ на их базе для энергетики и газовой отрасли [2].

С распадом Советского Союза возникла необходимость создания в России собственной базы морского газотурбостроения. В 1992 году по решению правительственной комиссии базовым предприятием для разработки корабельных ГТД в РФ было определено ОАО "Рыбинское конструкторское бюро моторостроения" (в настоящее время ОКБ ПАО "ОДК-Сатурн"). Учитывая опыт рыби-

нских конструкторов в создании уникальных двигателей для военной авиации, за основу для создания морских ГТД был взят газогенератор перспективного авиационного двигателя.

В 2000 году в соответствии с концепцией создания и применения газотурбинных двигателей и агрегатов на надводных кораблях Морского флота, был определен типоряд корабельных двигателей мощностью от 7000 до 27000 л.с. который должен был обеспечить потребности флота.

Основной сложностью, с которой пришлось столкнуться при конвертации авиационного газогенератора в морской, - это требование по обеспечению работоспособности в морской среде. Дело в том, что существующие коррозионностойкие жаропрочные материалы существенно уступают по своим прочностным характеристикам авиационным.

Так, например, при значении параметра Ларсона-Миллера 26·10³, длительная прочность коррозионностойкого жаропрочного сплава ЧС88У-ВИ более, чем на 60 % ниже, чем у авиационного сплава ЖС32.

Это привело к необходимости разработки новой турбины высокого давления с более эффективной системой охлаждения и существенному снижению температуры газа перед турбиной. Кроме того для улучшения топливной эффективности была выполнена оптимизация профилей и проточной части ряда ступеней компрессора.

Первый российский морской двигатель М75РУ прошел ГСИ в 2006 году. Он предназначен для применения в составе энергетических установок патрульных и ракетных катеров, десантных кораблей.

Следующим двигателем семейства, созданным в ПАО "ОДК - Сатурн", стал газотурбинный двигатель М70ФРУ. Для расширения мощностного ряда к компрессору была добавлена "нулевая" ступень, что позволило увеличить расход воздуха и степень повышения полного давления в компрессоре [3,4].

В настоящее время на базе модификации двигателя М70ФРУ (М70ФРУ-2) созданы газотурбинные агрегаты для кораблей на воздушной подушке с динамическим поддержанием, где немаловажную роль играет относительно малый вес, присущий морским двигателям авиационного типа. Также разработана модификация с реверсивной силовой турбиной (М70ФРУ-Р) для водоизмещающих кораблей.

К 2018 г. была успешно реализована программа освоения серийного производства на ПАО "ОДК-Сатурн" двигателя мощ-

ностью 20 МВт.

Полученные результаты свидетельствуют, что за прошедшие 26 лет в России была создана собственная база для разработки и серийного производства морских ГТД и агрегатов на их основе.

Таким образом, можно утверждать, что на сегодняшний день в России создана собственная база морского газотурбостроения.

Решив задачу обеспечения флота российской корабельной энергетикой в ближнесрочной перспективе, ПАО "ОДК-Сатурн" рассмотрены направления перспективного развития морских ГТД и ГТА.

Повышение топливной эффективности ГТД может достигаться за счет: повышения КПД лопаточных машин, увеличения КПД термодинамического цикла, а также за счет применения сложного цикла (рекуперация, промежуточное охлаждение, пароутилизационный контур и т.д.).

Однако, аналогично авиационным двигателям, кривая эффективности морских ГТД при переходе от поколения к поколению постепенно выхолаживается. Это значит, что каждый дальнейший шаг по повышению экономичности ГТД при существенных материальных и временных затратах дает все меньший результат.

Дело в том, что уровень аэродинамического совершенства лопаточных машин сегодня вплотную приближается к своему теоретическому максимуму и в будущем уже не будет являться существенным фактором повышения КПД двигателя и агрегата.

Аналогично можно сказать и про параметры цикла. Так предельный достигнутый на сегодняшний день уровень температур газа перед рабочим колесом турбины морских в ГТД при развитии охлаждения рабочих лопаток и ограниченной наработке на максимальном режиме немногим более 1500К.

Дальнейшее повышение температуры газа при использовании существующих материалов горячей части потребует увеличения охлаждения турбины, что в свою очередь негативно скажется на мощностных, экономических и ресурсных характеристиках ГТД, тем самым практически полностью обесценив ожидаемый эффект.

Что касается применения сложного цикла, то, несмотря на существенный прирост топливной эффективности за счет утилизации тепла уходящих газов, применение таких установок не всегда целесообразно на боевых кораблях по компоновочным и эксплуатационным соображениям. Кроме того, применение ГТД сложного цикла ни в коей мере не снимает актуальность проблемы повышения жаропрочности материалов горячей части.

Ранее говорилось, что обеспечение высокой стойкости к сульфидной коррозии для никелевых жаропрочных сплавов требует усиленного легирования хромом в количестве не менее 12 % по массе. Однако повышение содержания этого элемента способствует снижению длительной прочности. Для улучшения показателей жаропрочности нужно применять сложное легирование тугоплавкими элементами, что вызывает другие проблемы: высокая дендритная ликвация указанных элементов, испаряемость хрома в вакууме, высокая вероятность образования топологически плотноупакованных (ТПУ) фаз, охрупчивающих материал. В результате область составов легирования, обеспечивающего высокие показатели жаропрочности и стойкости к коррозии, очень узка, и искать ее следует с использованием современных оптимизационных технологий. При поиске необходимо оценивать и анализировать большое количество термодинамических, структурных, прочностных, концентрационных и других параметров материала.

В соответствии с целями настоящего исследования была разработана оптимизационная модель.

В результате решения серии задач оптимизации и анализа полученных Парето-оптимальных решений была определена область существования семейства новых сплавов, получившего название СЛЖС-5.

На рис.1 в качестве примера показана микроструктура сплава СЛЖС5-1, содержащего 1,2% рения.

Предварительные исследования коррозионного воздействия в расплавленной смеси солей (10%NaCl+90%Na₂SO₄) при 900 °С указывают на высокую стойкость к коррозии.

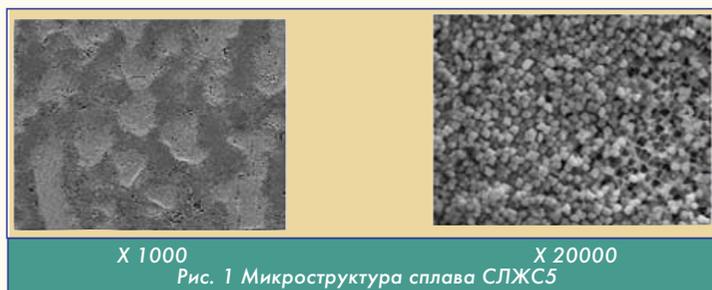


Рис. 1 Микроструктура сплава СЛЖС5

Сравнение полученных материалов с существующими (Таблица 1) позволяет сделать вывод о том, что по критериям структурной стабильности и стойкости к коррозии сплавы семейства СЛЖС5 соответствуют материалам, доказавшими на практике свою работоспособность в агрессивных средах, и при этом обеспечивают повышенную жаропрочность.

Таблица 1 Сравнение нового материала с существующими сплавами

Сплав	Vγ',%	Mysfit,%	M(d) _γ	σ _{γ_{max}} ¹⁰⁰⁰	T _{HP}	d, г/см ³
ЖС-32	68	0,36	0,90	240	1281	8,79
SC16	41	-0,11	0,92	135	1177	8,15
IN 738LC	42	0,23	0,94	137	1164	8,15
CMSX-11B	59	0,16	0,95	184	1210	8,39
CMSX-11C	52	0,03	0,95	180	1203	8,45
ЧС-70	42	0,10	0,93	141	1161	8,2
ЦНК-7	48	0,29	0,95	166	1189	8,23
IN 792	54	0,05	0,94	169	1198	8,25
ЖС-6К	56,5	0,35	0,94	139,30	1200	8,03
ЖС-6У	63,8	0,38	0,94	175,0	1231	8,34
IN 792	53,9	0,05	0,94	169	1197	8,25
ЖСКС-1	49,4	0,10	0,92	135,0	1175	8,23
ЖСКС-2	52,6	0,30	0,94	173,0	1185	8,24
СЛЖС-5	54	0,16	0,91	192,7	1207	8,49

Видно, что новый сплав в наименьшей степени склонен к образованию ТПУ-фаз (критерий минимален); он обладает хорошей стойкостью к сульфидной коррозии (критерий Al/Ti-Cr 05 для этого сплава достаточно низок), в то же время его жаропрочность является наиболее высокой по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами [5-7].

Литература

1. Прасников В.Б. Первый газотурбинный корабль отечественного ВМФ (Опытный большой торпедный катер пр.183Т). [Текст] / В. Б. Прасников // Судостроение, 2004.- № 6. - С.27 - 31.
2. Романов, В.И. НПП "Машпроект" 45 лет. [Текст] / В.И. Романов // В кн.: Известия Академии инженерных наук Украины. 1999. - Выпуск 1.- С. 10 - 17.
3. Буров М.Н. Основные направления развития морских газотурбинных двигателей в России. Вестник РГАТУ, Рыбинск, РГАТУ - 2016. - № 4(39) - С. 13 - 16.
4. Буров М.Н., Пономарев В.А. Анализ тенденций развития отечественных морских ГТД Вестник РГАТУ, Рыбинск, РГАТУ - 2017. - № 4(43) - С. 3 - 11.
5. А.В. Логунов, М.Н. Буров, Д.В. Данилов. Развитие энергетического и морского газотурбинного двигателестроения в мире, часть 1, Двигатель, 2016, № 1 (103), с. 10-13.
6. А.В. Логунов, М.Н. Буров, Д.В. Данилов. Развитие энергетического и морского газотурбинного двигателестроения в мире, часть 2, Двигатель, 2016, № 2 (104), с. 2-4.
7. А.В. Логунов, М.Н. Буров, Д.В. Данилов. Перспективы развития ГТУ в России, часть 3, Двигатель, 2016, № 3 (105), с. 2-5.

Связь с авторами:

burov_mm@npo-saturn.ru
logunov06@rambler.ru
denis.danilov.uec-saturn@mail.ru

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ НЕСТАЦИОНАРНО-ТЕПЛОВОЙ ЭКЗЕРЦИС ЖРДМТ

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

Представлены результаты целенаправленных систематических исследований особенностей процессов, происходящих в ЖРДМТ. Рассмотрены важные отличия по сравнению с маршевыми ЖРД, такие как нестационарность, возникающая из-за циклического характера работы, неравновесность химических и термодинамических процессов, а также сильное влияние в этих условиях эффектов сжимаемости и вязкости. Показана прямая сильная зависимость этих параметров между собой. Особое внимание уделено такому свойству ЖРДМТ как неравномерность распределения тепловых и термодинамических параметров. Представлены новые экспериментальные результаты по структуре потоков вблизи стенок модельных двигателей. Сделаны количественные оценки неравномерности распределения в пространственно-временном континууме основных тепловых параметров.

The results of targeted systematic studies of the features of the processes occurring in the LRDMT are presented. Important differences in comparison with marching LRE are considered, such as unsteadiness arising from the cyclical nature of work, non-equilibrium of chemical and thermodynamic processes, as well as the strong influence of compressibility and viscosity effects in these conditions. The direct strong dependence of these parameters on each other is shown. Special attention is paid to such a property of LRDMT as uneven distribution of thermal and thermodynamic parameters. New experimental results on the structure of flows near the walls of model engines are presented. Quantitative estimates of the unevenness of the distribution of the main thermal parameters in the space-time continuum are made.

Ключевые слова: турбулентность, метод горячей визуализации, нестационарность, неравновесность.
Keywords: turbulence, hot method of visualization, non-stationarity, non-equilibrium.

ЖРД малой тяги в настоящее время являются основным типом исполнительных органов в системе коррекции, стабилизации и ориентации космических аппаратов различного назначения. Более пятидесяти типов ЖРДМТ, разработанных в отрасли, успешно эксплуатируются в космосе. В зависимости от выполняемых задач и условий эксплуатации ЖРДМТ одной и той же тяги могут существенно отличаться друг от друга по своим параметрам: ресурсу, динамике выхода на режим и спада тяги и циклограмме работы [1, 2].

Поскольку ЖРДМТ являются чрезвычайно энерго- и теплонапряженными аппаратами, одновременное выполнение максимально возможных требований по этим основным параметрам и обеспечение длительного ресурса и надежности - невозможно. Аналогичная несовместимость существует между требованиями высокой динамики двигателя и произвольной циклограммой его включений, из-за явления теплового удара, который возникает, когда тепловой поток от камеры сгорания в паузах между включениями разогревает смесительную головку и топливные клапаны до недопустимо высоких температур.

Поскольку камера сгорания ЖРДМТ работает, как правило, без регенеративного охлаждения, то охлаждение стенок обеспечивается либо излучением тепла от нагретой стенки, либо созданием жидкой пленки одного из компонентов топлива и пристеночного слоя газа с относительно низкой температурой, формируемой на внутренней поверхности стенок камеры с помощью специальных схем смесеобразования. Во всех этих случаях возникает осевая и окружная неравномерность теплового потока. Ограниченная возможность использования периферийных форсунок охлаждения создает условия непостоянного подвода тепла из потока к стенке, что приводит к локальным прогарам.

Наличие противоречивых условий при разработке ЖРДМТ формирует особенности внутренних процессов, которые существенно отличаются от процессов маршевых ЖРД.

1. Процессы в ЖРДМТ являются сугубо нестационарными, так как маршевые режимы в них соизмеримы с переходимыми.

2. Процессы в таких двигателях (ЖРДМТ) сопровождаются сильной химической неравновесностью, возникающей из-за циклической работы. При этом деформируется импульс и отношение расхода окислителя к расходу горючего из-за этого сильно изменяется и отличается от номинальной величины, что приводит к сниже-

нию ожидаемого значения удельного импульса тяги.

3. Из-за малых размеров камеры ограничено количество топливных форсунок, размеры которых соизмеримы с самой камерой, что приводит к неравномерности распыляемых потоков продуктов горения и, как следствие, к неравномерности термодинамических параметров и теплообмена.

В работе показано, что нестационарность, неравновесность, а также сжимаемость и вязкие эффекты взаимно связаны. Эти вопросы актуальны для ЖРДМТ. Они будут кратко отмечены в начале работы с приведенными результатами теоретических вкладок. А вот вопросы неравномерности потоков, в том числе тепловых, в поперечном сечении сопла, а также в осевом направлении предсказать теоретически весьма затруднительно. Поэтому очевидным решением является эмпирический метод - метод, когда с помощью экспериментальных исследований возможно получить качественные картины турбулентного течения, а также количественные оценки уровней неравномерностей.

О влиянии на процессы в ЖРДМТ нестационарности, неравновесности, сжимаемости и вязкости

Само построение уравнения движения с учетом химической неравновесности [5] отражает существо происходящих процессов. Уравнения движения в форме Коши с учетом неравновесного члена [6, 7]

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

где K_p - константа равновесия в законе действующих масс, говорит о прямой связи названных выше эффектов. На формирование члена слева от равенства напрямую оказывает влияние неравновесный член, второй справа. Этот член учитывает деформацию структуры потока и опосредованно, через давление, влияет на субстанциональную производную. Если бы его не было, то уравнение приняло бы вид уравнения Навье-Стокса. А оно, как известно, содержит члены, определяющие сжимаемость и вязкость. Для ламинарного замороженного течения [8] член, содержащий одновременно сжимаемость и вязкость, выглядит весьма эффектно:

$$\frac{d\vec{j}}{d\tau} = -\text{grad} \left(P + \frac{4}{3} \frac{v}{a^2} \frac{dP}{d\tau} \right).$$

Ранее было показано, что ламинарное течение реализуется в двигателях в местах непосредственной близости от стенки (ламинарный подслои) и в сверхзвуковом потоке. Поэтому задача определения газового поля для практически важных ситуаций в общем случае может быть поставлена как ламинарная с учетом граничных условий прилипания и сопровождения [9].

Наличие в конструкции двигателей, в частности ЖРДМТ, различных особенностей, связанных с изменением идеальных обтекаемых форм (форсунки, завесные устройства, уступы, выступы и т.д.) могут сильно влиять на газовую динамику. Они искривляют линии тока, способствуют возникновению вихрей и жгутов. Они деформируют профиль сопла у стенки. Делают поток из осесимметричного сильно пространственным, стратифицированным.

Все это вносит огромные трудности в расчет, а главное - в задание граничных условий. Расчетные методы и современная электронная техника не справляются с такой проблемой. Поэтому нужен эксперимент. Такой эксперимент, который позволил бы, во-первых, понять газодинамическую картину и, во-вторых, получить количественные значения. Пожалуй, единственным экспериментальным методом, позволяющим разрешить поставленную задачу, является метод горячей визуализации или, как его чаще называют, метод уноса массы. Этот метод позволяет проводить многочисленные экспериментальные исследования при различных параметрах процессов и на различных конструкциях ракетных двигателей с бесконечным многообразием форм.

Применение метода горячей визуализации к исследованию неравномерности потока в ЖРД МТ

Метод горячей визуализации ассоциируется с методом фотографии высокоэнтальпийного потока, с фотокарточкой, в результате воздействия которого появляется отпечаток (след) потока на внутренней оmyиваемой камере и сопла в виде рельефных узоров. Метод позволяет выявить особенности сложных турбулентных течений, и поэтому он уникален. С помощью этого метода можно получить качественную картину течения, подчеркивающую все тонкие нюансы "горячего" потока, развивающуюся и изменяющуюся во времени. Основная ценность этого метода заключается именно в том, что он передает объективную картину газового поля в процессе работы установки. Если на метод горячей визуализации смотреть с практической точки зрения, то есть смотреть на него как на инструмент получения количественных результатов (величин) уносов, усредняемых тепловых потоков и даже температур стенок, то этому методу больше подходит другое историческое название - метод уноса массы. Его разрабатывали различные ученые-экспериментаторы, в том числе и советские: А.И. Федоров, М.М. Бенилова, Н.В. Ильин и другие. Метод уноса массы основан



А.И. Федоров

М.М. Бенилова

Н.В. Ильин

на обратной тепловой задаче, задаче пересчета унесенной с поверхности стенки за определенное время части материала, масса которого затем пересчитывается в тепло. При этом предполагается линейная зависимость величины скорости линейного уноса и соответствующего ему теплового потока. Этот процесс называется линейным пиролизом. Механизм линейного пиролиза чисто тепловой [10] и работает в условиях высокотемпературного разложения органических полимеров. Но не все полимеры пригодны для использования их в условиях высокотемпературных потоков. Нап-

пример, полиэтилен в процессе воздействия на него высокотемпературного потока в процессе работы не только "сухо" уносится (сублимирует), но и плавится. А полиметилметакрилат хотя и сублимирует без плавления, но после выключения установки продолжает еще долгое время гореть в атмосфере, нарушая рельефные следы от потока, полученные в период ее работы.

Наиболее подходящим для этих целей оказался фторопласт. Он хорошо подчиняется закономерностям разрушения и мгновенно "отключается от сублимации" без догорания и оплавления после останова двигателя. Основные тепловые свойства фторопласта [11]: температура разложения 688К, теплопроводность 0,34 Вт/М·К, теплоемкость 1046,7 Дж/кг·К, плотность 2200 кг/м³.

При пересчете скоростей линейных уносов обычно используется формула для коэффициентов теплообмена:

$$\frac{\alpha}{c_p} = \frac{1}{B_0} \dot{m}_n,$$

где B₀ - безразмерный коэффициент (параметр ддува), и для фторопласта его экспериментальное значение составляет B₀ = 2,2; $\dot{m}_n = \rho u_n$ - плотность оттока продуктов разложения.

После подстановки значений получаем, что рабочая формула для фторопласта приобретает наиболее простой вид. Величина коэффициента теплообмена $[\alpha/c_p] = \text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ численно равна линейной скорости уноса $[u_n] = \text{мм}/\text{с}$:

$$\frac{\alpha}{c_p} = u_n.$$

Методически работа была поставлена следующим образом. Была изготовлена модельная установка, работающая на компонентах жидкого топлива азотный тетроксид и несимметричный диметилгидразин (свойства в [11]).

Установка (рис. 1) содержала в своем составе корпус, гайку и вкладную втулку из фторопласта.



Рис. 1 Модельная установка: 1 - вкладная втулка, 2 - корпус, 3 - гайка

Внутренняя поверхность втулки моделировала цилиндрическую камеру сгорания (D_к = 20 мм) и коническое сверхзвуковое сопло (d_{кр} = 6 и 12 мм).

Эксперименты проводились для различных времен работы у двигателя с диаметром критического сечения 6 мм времена работы были в диапазоне τ_р = 0,5...1,5 с, а для d_{кр} = 12 мм соответственно τ_р = 0,4...2,0 с.

Различные времена работы давали возможность проследить за динамикой разгара внутренней части двигателя и изменением поверхностных следов, оставленных потоком.

В табл. 1 представлены точные времена работы (разгара) в соответствии с последовательностью проведения экспериментов.

Таблица 1

Эксперимент, №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
τ _р при d _{кр} = 12 мм, с	0,4	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	2,0	-	-	-	-
τ _р при d _{кр} = 6 мм, с	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,6	1,0	1,5

Тепловой экерцис ЖРДМТ

Слово экерцис означает многократное повторение в целях овладения новыми навыками, знаниями, свойствами. В переводе с французского "exercice" означает: упражнять, развивать путем многочисленных повторений, испытаний. В экспериментальной науке под этим словом понимают многочисленные систематические эксперименты, проводимые для установления закономерностей и глобальной верификации процесса.

В этих целях было проведено одиннадцать экспериментов по исследованию картины течения внутри ЖРДМТ и определения коэффициентов тепломассообмена вдоль камеры сгорания и сверхзвукового сопла. Важным аспектом было установление неравномерности разгаров, а значит тепловых потоков в окружающем направлении. На рис. 2 и 3 последовательно представлены фотографии разрезанных втулок, сделанных после экспериментов. Условные номера втулок соответствуют номерам проведенных экспериментов. На всех поверхностях в зависимости от времени отпечатались общие следы воздействия высокоэнэальпийного потока, поэтому во всех опытах в той или иной мере присутствуют одинаковые виды турбулентности. Это - следы от воздействия струй из форсунок, гофрообразные следы от волн Толмина- Шлихтинга в камере и в критической области, и чередующиеся в шахматном порядке ячеистые структуры потока в виде следов жгутовых образований. В сверхзвуковой части сопла по аналогии с результатами, полученными ранее [12], были отмечены "расплетающиеся" потоки, переходящие в ромбовидные узоры, характерные для скачков уплотнений (ударных волн). Полученные качественные результаты соответствуют теоремам турбулентности [13] и общей новой торсионно-волновой парадигме турбулентности. [14].



Рис. 2 Разрезанные втулки с $d_{кр} = 12$ мм

В результате обработки экспериментов были получены следующие количественные результаты:

- по распределению средних линейных уносов вдоль камеры сгорания;
- по распределению коэффициентов тепломассообмена [15];
- по определению окружной неравномерности тепловых и температурных полей.

Распределение средних линейных уносов вдоль камеры сгорания модельного ЖРДМТ представлено на рис. 4. Из рисунка видно, что унос увеличивается в направлении к

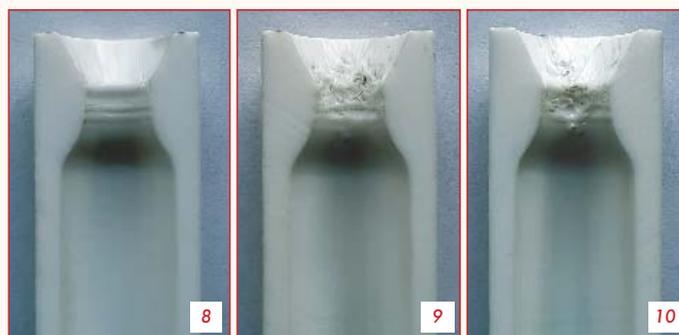


Рис. 3 Разрезанные втулки с $d_{кр} = 6$ мм



срезу сопла и в зависимости от времени его абсолютная величина пропорционально увеличивается. Представленный вариант распределения соответствует времени работы двигателя 0,6 с.

Для анализа полученных распределений величин уносов в окружающем направлении по аналогии [16] было выбрано 2880 дискретных точек (16 поперечных сечений и 180 продольных образующих). Технология

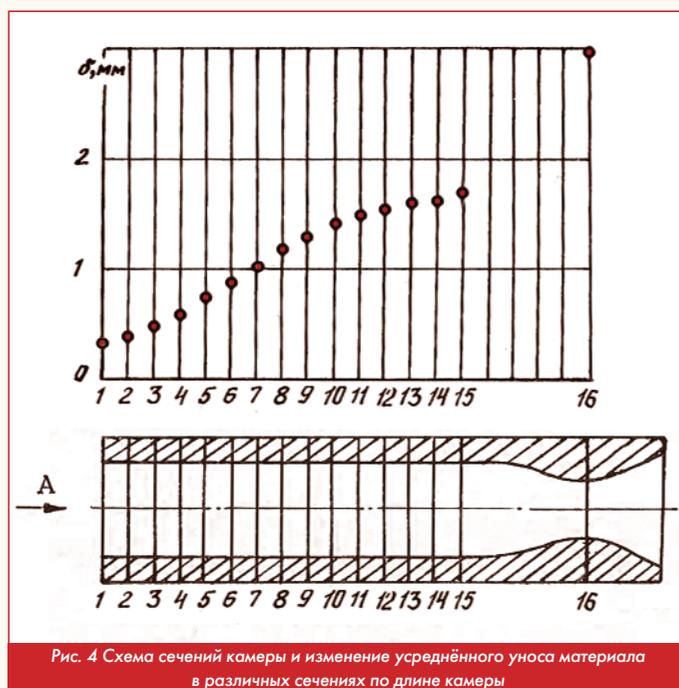


Рис. 4 Схема сечений камеры и изменение усреднённого уноса материала в различных сечениях по длине камеры

обработки информации состояла из следующих этапов:

- разрезки вкладыша на кольца;
- фотографирования колец с последующим увеличением изображения;
- копирования внутреннего контура колец (с помощью компьютерной приставки "планшет") на магнитный носитель;
- получения трехмерных массивов данных (величины уноса и координат точки);
- анализа информации по величине уноса с применением пакетов "Grapher" и "AutoCad".

Экспериментальная информация представлялась в виде внутренних контуров колец, совмещенных со схемой расположения форсунок (рис. 5).

Окружная неравномерность полей в соответствии с этой информацией по оценкам составила величину 30 %.

На основании экспериментальных значений по линейным уносам (разница толщин стенок до и после испытаний) производился пересчет на величины коэффициентов тепломассообмена. Значения этих коэффициентов для варианта № 5 представлены в табл. 2 в зависимости от длины сопла.

Таблица 2

X, мм	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	72	76	80
$\alpha/C_p, \text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	0,32	0,35	0,46	0,54	0,72	0,86	0,99	1,16	1,27	1,4	1,47	1,51	1,6	1,62	1,53	2,3	3,0	2,24

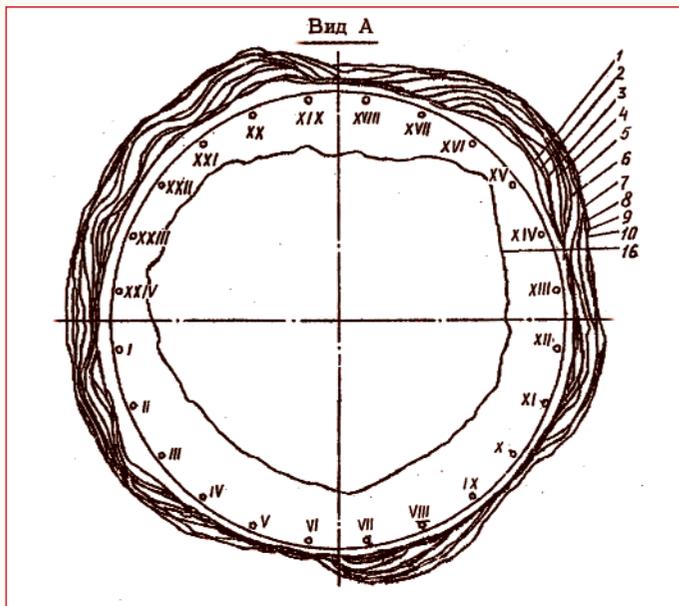


Рис. 5 Вид внутренних контуров колец, совмещенных со схемой расположения форсунок, и расположение периферийных форсунок I - XXIV

Очевидно, что значения коэффициентов теплообмена численно совпадают со значениями линейных скоростей уносов материала в каждом сечении. И тот и другой параметр в зависимости от координат имеет распределение в форме шляпы. Максимальное значение распределений находится в области критического сечения сопла, восходящая и ниспадающая ветви зависят от крутизны контура сопла.

Таким образом, с помощью экспериментов, проведенных на модельном ЖРДМТ, была определена пространственно-временная картина - распределение тепловых полей вблизи стенок камеры сгорания и сопла. Результаты этой работы могут быть использованы для решения самых разнообразных задач ракетной техники, в частности более точного определения потерь удельного импульса тяги ЖРДМТ.



Литература

1. С.П. Павлов. Проблема и перспективы развития ЖРД малой тяги // Сборник РКТ №3, М. НИИТП, 1992 г.
2. А.А. Козлов, А.Г. Воробьев, И.Н. Боровик. Жидкостные ракетные двигатели малой тяги // М. Изд. МАИ. 2013 г.
3. Ю.М. Кочетков. Турбулентность при нестационарных процессах в РД // Двигатель №6, 2019 г.
4. Ю.М. Кочетков, Т.Н. Кравчик, О.А. Подымова. Пять теорем турбулентности и их практические приложения // Вестник машиностроения №7, 2019 г.
5. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Неравновесные течения в двигателях летательных аппаратов // Двигатель №1, 2018 г.
6. Дж. Серрин. Математические основы классической механики жидкости // М. Изд. Иностранной литературы, 1963 г.
7. Ю.М. Кочетков. Турбулентность вывод уравнения импульсов из начал термодинамики // Двигатель №3, 2016 г.
8. Ю.М. Кочетков. Турбулентность сверхзвуковых течений. Памяти Гилевича // Двигатель №2, 2013 г.
9. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Фундаментальное граничное условие сопровождения и новая постановка краевой задачи вязкой газовой динамики // Двигатель №5, 2015 г.
10. С. Мадорский. Термическое разложение органических полимеров // М. МКР, 1967 г.
11. Справочник по пластическим массам. Под ред. М.И. Гарбара, М. Химия, 1967 г.
12. Ю.М. Кочетков. Турбулентность и математическое доказательство о ее невозможности в сверхзвуковом потоке // Двигатель №3, 2018 г.
13. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Пять теорем как инструмент глобального преобразования уравнений сохранения в целях разработки новых подходов и вычислительной газовой динамики // Двигатель №4, 2019 г.
14. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Торсионно-волновая парадигма // Двигатель №4, 2011 г.
15. Г.П. Кочеткова, Ю.М. Кочетков. Экспериментальные исследования особенностей теплообмена при несимметричных течениях в соплах методом уноса массы // М. Гаити-8, 1990 г.
16. Ф.П. Хистанов, В.Д. Грачев. Исследования теплового состояния камеры сгорания ЖРД МТ методом уноса массы // сборник РКТ №3, М. НИИТП, 1992 г.

Связь с автором: swgeorgy@gmail.com

ИНФОРМАЦИЯ - НАНОРЕШЕТКА, КОТОРАЯ ПРОЧНЕЕ АЛМАЗА

Алмаз, являющийся на Земле одним из самых твердых материалов естественного происхождения, уже давно выступает в роли своего рода эталона в материаловедении и других связанных с этим областях науки. Но ученые и инженеры постоянно ищут возможности создания новых искусственных материалов, которые по параметрам должны превосходить самое лучшее из того, что может предложить нам природа. И не так давно группа ученых из Калифорнийского университета в Ирвине создала новый тип углеродной нанорешетки, которая обладает гораздо большим показателем прочности к плотности, чем алмаз.

Новый материал представляет собой типичную нанорешетку, пористую упорядоченную структуру, состоящую из вертикальных, горизонтальных поперечин и наклонных распорок, сделанных из углерода, вещества, из которого состоят и алмазы. Создание подобных нанорешеток практикуется учеными уже достаточно давно, но все подобные материалы, созданные ранее, имели элементы решетки цилиндрической формы,

производство которых намного проще, чем производство элементов другой формы. Именно формой элементов решетки и отличается материал, созданный калифорнийскими учеными, эти элементы представляют собой плоские пластины определенной толщины.

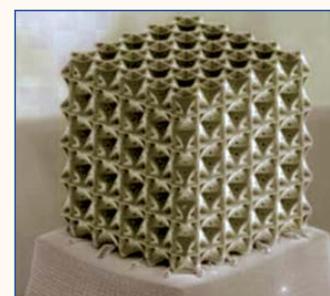
Новый класс пластинчатых нанорешеток более прочен и более жесток по сравнению со всеми другими типами подобных материалов.

Помимо новой структуры нанорешетки, исследователи использовали новый метод ее производства. Очень тонкий лазерный луч был сфокусирован внутри капли специального вязкого полимерного материала, чувствительного к ультрафиолетовому свету. Свет лазера заставляет материал полимеризоваться (затвердеть) в точке фокусировки луча, а перемещение луча позволило сформировать пластины, толщиной 160 нанометров. После создания структуры нанорешетки при помощи лазера, материал был помещен в печь, где при температуре в 1650 °C из него были удалены остатки неис-

пользованного полимера, а затвердевший полимер в результате процесса пиролиза превратился в чистый углерод.

В результате получился материал, который превосходил аналогичный материал с цилиндрическими элементами решетки на 639 % по прочности и на 522 % по жесткости.

Одной из областей применения нового материала является, безусловно, область конструирования и производства космической техники и другие области, в которых ключевым требованием является использование легких материалов, обладающих малой плотностью, но обеспечивающих прочность и твердость на уровне обычных монолитных материалов естественного или искусственного происхождения.



О ПУТЯХ СНИЖЕНИЯ ЗАМЕТНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ БОЕВЫХ САМОЛЕТОВ

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

Игорь Александрович Нестеров, к.т.н., доцент кафедры информатики и математики Московского университета МВД России имени В.Я. Кикотя

В статье рассматриваются пути дальнейшего развития технологии "стелс" и влияние технологии на внешний облик боевой авиации будущего и на средства обнаружения. Одно из перспективных направлений в этой сфере предполагает использование в РЛС более низких частот электромагнитного спектра (УВЧ, ОВЧ) по сравнению с обычным рабочим радиолокационным диапазоном. Другое направление связано с инфракрасными комплексами, способными обнаружить тепловое излучение горячих частей ЛА. Успехи этих технологий требуют снижения демаскирующих признаков ЛА не только в радиолокационном, но и в ИК-диапазоне.

The article discusses the ways of further development of the stealth technology and the impact of the technology on the appearance of the future combat aircraft and on detection tools. One of the promising areas in this area involves the use in radars of lower frequencies of the electromagnetic spectrum (UHF, VHF) in comparison with the usual working radar range. Another direction is associated with infrared complexes capable of detecting thermal radiation from the hot parts of aircraft. The successes of these technologies require a reduction in the unmasking features of the aircraft not only in the radar, but also in the infrared range.

Ключевые слова: стелс-технологии, низкочастотные РЛС, радиопоглощающие материалы.
Keywords: stealth technology, radars of lower frequencies, radiation-absorbent materials.



В современном авиационном строении интенсивно разрабатываются технологии снижения всеракурсной радиолокационной заметности летательных аппаратов в широком диапазоне частот ("стелс"-технологии). Снижение заметности ЛА осуществляется в радиолокационном, оптическом, инфракрасном диапазонах, а также в акустическом. Наибольшее внимание уделяется уменьшению радиолокационной заметности, так как обнаружение на больших расстояниях обеспечивают РЛС, а также инфракрасные датчики. Применение радиопоглощающих покрытий обеспечивает заметное снижение уровня отражений, однако основное влияние оказывает форма ЛА. Поэтому одним из важнейших направлений стелс-технологии является выбор формы объекта (самолета, БЛА), позволяющей отражать радиолокационные волны в стороны с одновременным поглощением энергии излучения. С этой целью конструируются особые фюзеляжи и крылья, на которые наносятся покрытия, чему способствует совершенствование методов математического моделирования ЭПР. Современная концепция малозаметных ЛА требует, чтобы это свойство не шло в ущерб маневренности. В этом случае наиболее эффективным является использование поглощающих покрытий [2].

Отражения падающих волн от поверхности сопла, от кромок крыла и хвостового оперения увеличивают ЭПР с задней полусферы. Важный демаскирующий вклад вносит реактивная струя двигателя. При передних ракурсах основной вклад вносят воздухозаборники. В то же время с боковых ракурсов авиационные конструкции обычно имеют большую площадь и оснащены элементами, хорошо отражающими радиолокационные волны.

БРЛС истребителя Су-35 в режиме узкого луча обнаруживает цели с ЭПР, равной нескольким квадратным метрам, на дальности 300-400 км с передней полусферы и на дальности около 100 км с задней полусферы [3]. Особенно трудно обнаружить цели, движущиеся перпендикулярно лучу РЛС. Дальность применения наземных ЗРК (С-300/400) ограничена радиогоризонтом (а не дальностью радарного обнаружения). Поэтому задачу увеличения дальности обнаружения малозаметных ЛА целесообразно решать путем размещения мощных БРЛС на борту БЛА. Оптико-локационная система Су-35, функционирующая в диапазоне MWIR (1,5...6 мкм), способна обнаруживать цели габаритами с самолет Су-30 на дальностях 90 км с задней полусферы и 35 км с передней полусферы [1].

Американский истребитель F-117 имел фасеточную форму,

поглощающее покрытие, узкое выхлопное сопло с отклоненной вверх панелью, защищающей от проникновения радиоволн. Для моделирования использовались соответствующие фасеточные методы и программы. К моменту проектирования бомбардировщика B-2 появилось усовершенствованное программное обеспечение, рассчитывающее ЭПР сложных криволинейных поверхностей. Схема B-2 - "летающее крыло" с W-образной задней кромкой. Фюзеляж с плавным сопряжением плоскостей имеет меньшую ЭПР, чем фасеточный. На бомбардировщике применена "четырёхлепестковая схема": параллельные передние и задние кромки корпуса и кромки люков, створок ниш шасси и отсеков двигателей, а также обечаяк воздухозаборников формируют х-образно расположенные четыре основных сектора отражения. Носок крыла имеет внутреннюю шиловидную радиопоглощающую конструкцию с сотовым наполнителем. Однако опыт проектирования самолетов B-2 и F-22 показал, что результаты моделирования должны проверяться в ходе испытаний.

С целью обеспечения высокой маневренности возникла необходимость оснащения истребителей двигателями с отклоняемым вектором тяги. Так, истребитель F-35 использует малозаметные формы F-22 и оснащен двигателем F135 с осесимметричными соплами с РЛ-сигнатурой, аналогичной сигнатуре плоского сопла F-22 (двигатель F135 разработан на основе F119). Воздухозаборники F-22 ромбовидного сечения не оснащены подвижными клиньями, несмотря на то, что максимальное число $M = 2,25$. Для обеспечения характеристик скрытности створки имеют пилообразную переднюю кромку, а каналы спроектированы так, что первая ступень компрессора невидима. Экранная решетка имеет сотни прецизионно прорезанных отверстий. Двигатель F119-100 является ТРДДФ с малой степенью двухконтурности. Он имеет трехступенчатый вентилятор и шестиступенчатый компрессор с цельными монолитными дисками. Требование обеспечения сверхзвукового бесфорсажного режима поле-



та предопределило более теплонпряженный режим работы турбокомпрессора.

Следует заметить, что если длина радиолокационной волны увеличивается, то интенсивность зеркального отражения падает, но незеркальное отражение (поверхностные волны) возрастает. Мощность зеркального отражения от плоских участков обратно пропорциональна квадрату длины волны. Интенсивность излучения бегущих волн возрастает с квадратом их длины. Дифракционные явления на криволинейных поверхностях усиливаются с ростом длины волны. Физика явлений способствует применению для целей обнаружения низкочастотных РЛС с быстрой перестройкой частоты. Например, преимущества метрового диапазона связаны с возможностью подключенных к приемо-передающим модулям фазовращателей автоматически изменять форму диаграммы направленности антенны, достигая более высоких рубежей обнаружения. В случае метровых волн слабые флуктуации отраженных сигналов и малая изрезанность диаграммы переизлучения обеспечивают устойчивое сопровождение и измерение координат цели.

С целью исключения резонансных эффектов бомбардировщик В-2 сконструирован без хвостового оперения, которое увеличивало бы ЭПР на некоторых ракурсах. Выбранная кривизна поверхностей ограничивает размеры зоны зеркальных отражений и минимизирует отражения, обусловленные поверхностными токами. Значительная площадь фюзеляжа В-2 покрыта радиопоглощающими материалами, что позволяет обеспечить величину ЭПР, не превышающую 0,001 м². Разрабатываемый в США истребитель 6-го поколения имеет подобный облик. Однако расчеты показывают, что для волн метрового диапазона ЭПР будет на несколько порядков выше [4].



Воздухозаборник В-2 имеет изогнутый воздухопровод, покрытый радиопоглощающими материалами. Для ограничения отражений падающих волн сопло сделано узким и также покрытым радиопоглощающими материалами. Воздухозаборники и сопла размещены в верхней части фюзеляжа бомбардировщика.

Самолеты технологии "стелс" используют практически одинаковые методы снижения заметности и отличаются, в основном, устройством сопловых аппаратов. Двигатели истребителей F-22 и F-35 оснащены малозаметными форсажными камерами. За турбиной располагаются толстые лопатки, экранирующие горячие вращающиеся элементы. Форсунки для впрыска топлива размещаются в лопатках. Турбину низкого давления прикрывают лопатки с отверстиями небольшого диаметра, через которые подается охлаждающий воздух.

Истребитель F-22 оснащен плоскими поворотными соплами с клиновидными законцовками. Створки сопел имеют сужающийся и расширяющийся участки, позволяющие регулировать проходное сечение сопла. В целях снижения демаскирующих признаков осесимметричная струя выхлопных газов преобразуется в плоскую с завихрениями. Небольшие отверстия на внутренних клиновидных кромках предназначены для подачи охлаждающего воздуха. Более экономный метод снижения теплового излучения выб-



ран для силовой установки истребителя F-35. Сопло двигателя F135 оснащено 15 парными створками, перекрывающимися между собой и обеспечивающими его расширение. Внешние створки облицованы плитками, образуя пилообразную кромку. Шевроны на задних кромках сопловых створок приводят к образованию завихрений, укорачивающих факел выхлопных газов. Внутренние поверхности парных створок имеют небольшие отверстия для охлаждения. В некоторых источниках говорится о наличии между хвостовым оперением и шевронами эжекторов, обеспечивающих подачу охлаждающего воздуха.

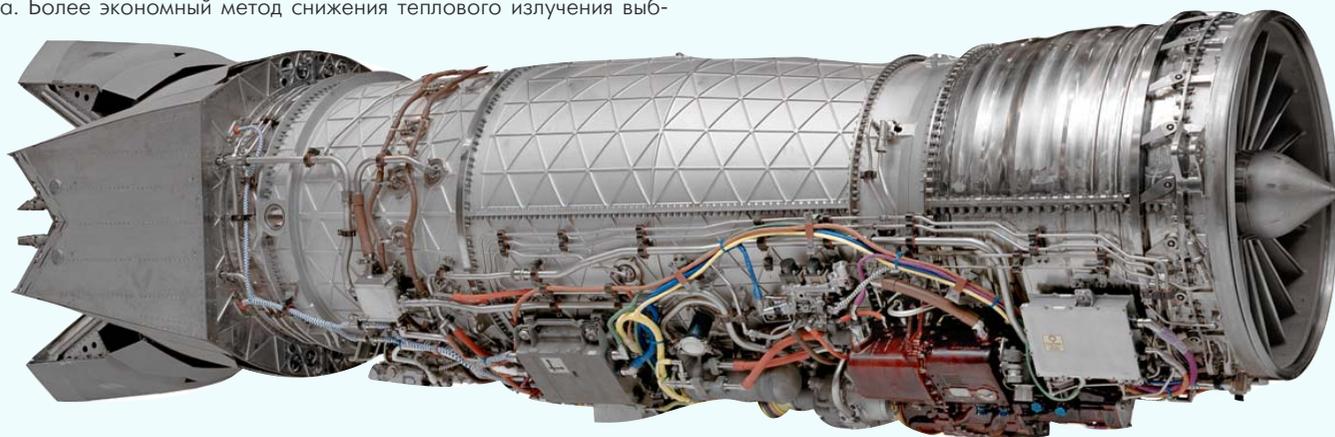
Из опубликованного изображения В-21 следует, что конструкция нового бомбардировщика усовершенствована и ожидаемая величина ЭПР будет дополнительно уменьшена. Воздухозаборник В-21 отличается от входного устройства бомбардировщика В-2. Он имеет не зубчатые кромки, а прямые, переходящие в поверхность фюзеляжа и не имеет отсекающих пограничного слоя. Воздухозаборники В-21 похожи на входные устройства F-35. Считается, что технологии "стелс" обеспечат В-2 и В-21 малозаметность в метровом диапазоне.

Следует отметить, что появились РЛС, работающие в ВЧ-диапазоне (3...30 МГц). Это приводит к тому, что невозможно создать ЛА, геометрическая форма и размеры которого не будут формировать резонансное и релеевское рассеяние соответствующих радиоволн. В тоже время появились магнитные материалы, эффективно поглощающие электромагнитную энергию на этих частотах. В будущем малозаметность ЛА явится средством обеспечения боевой живучести. Истребители 6-го поколения будут обладать минимальными демаскирующими признаками. Более мощный воздушный поток во внешнем канале разрабатываемых трехконтурных двигателей позволит эффективно охлаждать факел выхлопных газов и снизить тепловую сигнатуру. Соперничество технологий "стелс" и "контр-стелс" будет усиливаться и определяться соотношением "стоимость/боевая эффективность".

Литература

1. В.А. Чабанов, Н.К. Яковлева. Влияние технологии "стелс" на облик боевой авиации будущего // НТИ ГосНИИАС, № 1, 2020 г., стр. 2.
2. Российская газета: "Российские "стелс-технологии" востребованы на мировом рынке (Интервью с чл.-корр. РАН А.Н. Лагарьевым), вып. № 0(3460), 21.04.2004.
3. Aviation Week. 2017, 18/1X-1/X, p. 64.
4. О.И. Сухаревский, В.А. Василец, С.В. Кукобко Рассеяние электромагнитных волн воздушными и наземными радиолокационными объектами.-Х.:ХУПС, 2009.

Связь с автором: a.kasyan1@yandex.ru



ВИНТОКРЫЛЫ: НА ВЗЛЁТ!

ПРОДОЛЖЕНИЕ СТАТЕЙ "ЛЕТАТЬ И НЕ БОЯТЬСЯ ЗЕМЛИ" В ЖУРНАЛЕ "ДВИГАТЕЛЬ" № 3, 2019 г. И "АВТОЖИРЫ "НА ЭКРАНЕ" В № 6, 2019 г.

Александр Григорьевич Лиознов, зам. гл. конструктора проекта "Гидроавтожир"

Максим Анатольевич Розыпало, аспирант НИУ МЭИ, редактор журнала "Двигатель"

Рассмотрены вопросы, связанные с условиями, которым должны удовлетворять авиационные транспортные средства, обеспечивающие потребности в перевозках местных и близкомагистральных линий в современных условиях.

The issues related to the conditions to be met by air transport vehicles that meet the needs for transportation of local and short-haul lines in modern conditions are considered.

Ключевые слова: автожир, экраноплан, дальность, экономичность и комфорт полёта.

Keywords: autogyro, ekranoplan, range, economy and comfort of flight..

Как мы и намеревались в предыдущем номере, продолжим обсуждение возможности создания перспективной транспортной системы на авиационной базе, поставив в основу её создания принципы: Безопасности, Экономичности и Комфортабельности.

Попробуем сформулировать новые технические требования исходя и этих принципов.

Сначала - о скорости: какая же может считаться оптимальной.

Полагаем, что для нашей страны этот вопрос должен решаться в сравнении с альтернативными системами - железнодорожной, автомобильной, речной. Для них всех средняя скорость на уровне 120 км/ч - предел мечтаний. И это связано далеко не только с техническими возможностями применяемой техники.

Конечно, существуют в каждой из этих систем образцы, способные двигаться и быстрее - рельсовый транспорт достиг эксплуатационных скоростей до 300...450 км/ч, экранопланы Алексеева летали со скоростями 400...500, а массовые серийные автомобили легко преодолевают рубеж 200...250 км/ч, но все эти примеры соответствуют в основном "тяжелым" транспортным системам для массовых потоков по устоявшимся и выделенным маршрутам, где создана соответствующая инфраструктура. Автомобильный же транспорт во всём мире, даже имея техническую возможность развивать такие скорости при наличии хороших автострад и выверенного трафика движения, все равно ограничивается скоростным режимом в основном до 130 км/ч (90 миль/ч). Но и это-то тоже не обеспечивает необходимого уровня безопасности: число погибших в автоавариях неуклонно растёт. Да и с точки зрения экономичности - аэродинамическое сопротивление современных автомобилей на скорости выше 120 км/ч, более всего увеличивает топливный расход. К тому же, и за хорошую дорогу теперь приходится отдельно платить в объёме "удвоенного топливного расхода"!

Попытки эксплуатировать скоростные суда ОКБ Алексеева со скоростями 100 км/ч ни к чему хорошему тоже не привели - массовым типом СПК остались его же "Ракеты" и "Метеоры" с эксплуатационной скоростью 60...70 км/ч, хотя и "Чайка" и "Буревестник" могли ходить по рекам с максимальной скоростью по 150 км/ч.

Таким образом - для индивидуальной распределенной транспортной системы, не привязанной к инфраструктуре, будем рассматривать именно автомобиль основным конкурентом.

В прошедшей публикации мы определили, как быстро можно ехать, например, по одной из самых новых и скоростных наших трасс, М11 "Москва - С-Петербург". Почти везде на платных участках сейчас действует ограничение скорости в 110 км/ч, хотя к лету 2020 его обещают поднять до 130 км/ч.

Таким образом предельная крейсерская скорость в нашей стране не превышает разрешенных (с положительным допуском) 150 км/ч. Такова же и расчетная скорость движения, которая закладывалась при строительстве трассы. Это значит, что на более быстрые автомобили она просто не рассчитана ни по качеству дорожного полотна, ни по самой своей архитектуре.

Именно на такую крейсерскую скорость и надо проектировать 4...9 местный ЛА индивидуального использования. Как

сформулировано в предыдущей статье - такая крейсерская скорость позволит обеспечить и весьма щадящие взлетно-посадочные условия. Отсюда же - о стоимости передвижения из одного пункта в другой. Согласно тому же примеру, приведённому в прошлой публикации, расходы на проезд автомобилем от Москвы до Питера находятся в границах 4500...5200 рублей. Примем это как ориентир.

Спокойный ритм позволит максимально экономить топливо во время поездки, но все равно будет прерываться необходимостью оплачивать проезд по платной автострате (даже с помощью транспондера, требующего снижения скорости до 30 км/ч), проведением ремонтных работ на трассе, неадекватным поведением отдельных водителей, плохо оценивающих дорожную обстановку и создающим предпосылки к аварийным ситуациям. Дураки на дорогах - реально действующий фактор, сильно снижающий не только безопасность эксплуатации, но и среднюю скорость движения.

Насыщение электроникой серийных легковых автомобилей, информатизация транспортных систем, позволяет реализовывать уже сегодня как функцию автопилота (круиз-контроль - уже массовая опция) так и общего анализа состояния автомашины и водителя (функции "черного ящика", контроля состояния водителя). Про GPS-навигацию - уже и говорить не приходится. Без сотового почти никто уже и не садится за руль.

Однако, для удаленных мест она должна дополняться спутниковой навигацией: например, для работы "Севморпути" сегодня дополнительно требуется не менее четырёх выделенных навигационных спутников, ориентированных для работы в Арктике.

В качестве схемы такого лёгкого летательного аппарата можно рассматривать схему из предыдущей статьи - прототипа роторного экраноплана, представленного консорциумом Хели-Ферри.



CH-150 Heliplane Transport



Хели-Ферри
100 местный

Однако консорциум предпочитает заниматься разработкой масштабного проекта - 100-местного парома на базе проектов тяжелых автожирных систем, выполненных Джейм Картером.



"Rotodyne" фирмы "Фейри" в Ле Бурже

Видимо, лавры строителей "Ротодайна" не дают успокаиваться замечательным конструкторам Европы и Америки в желании вернуться к уже давно реализованным результатам эффективности и экономичности этого типа летательных аппаратов.

Еще с 1947 г. фирма "Фэйри" начала исследования по реактивным приводам несущего винта (НВ). До 1950 г. разработали и испытывали на наземных стендах винты как с компрессорным приводом, так и с реактивными двигателями на концах лопастей. В результате сделали вывод о возможности разработки большого транспортно-летательного аппарата с компрессорным приводом НВ. В рекордном полете новый аппарат 5 января 1959 г. на замкнутом 100-км маршруте показал среднюю скорость 307,2 км/ч. Тем самым был установлен рекорд скорости для винтокрылых машин и почти на 80 км/ч превышен прежний рекорд скорости для вертолетов. Этот рекорд "Ротодайна" продержался почти три года и был побит только в октябре 1961 г., когда советский винтокрыл Ка-22 показал на прямой дистанции скорость 356,3 км/ч.

16 июня 1959 г. "Ротодайн" отправился в первый зарубежный тур, в ходе которого он демонстрировался на XXIII Авиасалоне в Ле Бурже, где показали и модель его серийного варианта в цветах авиакомпании "Нью-Йорк Эйрвейс" (NYA), предназначенного для перевозки 57/65 пассажиров. Именно эта американская компания, как наиболее опытный эксплуатант вертолетов, по достоинству оценила возможности "Ротодайна", который, по мнению ее экспертов, мог снизить стоимость пассажирских перевозок **до четырёх центов за пассажиромилю**.

В рассматриваемый же период этот показатель составлял у самой NYA **25 центов за пассажиромилю**, а после получения больших газотурбинных вертолетов мог бы быть снижен **не более чем до 12 центов**.

К осени 1959 г. прототип "Ротодайна" налетал около 100 часов, выполнив свыше 200 полетов. В процессе испытательной программы продемонстрировали возможности посадки по самолётному, с одним отключенным двигателем, и транспортировку крупногабаритных грузов на внешней подвеске, в частности, фермы моста, что существенно расширяло сферу его применения.

В чем же отличие предлагаемого облика в нашем варианте в интересующей нас размерности 4 - 9 пассажиров и взлетном весом до 2500 ...3000 кг?

У автожирного ротора есть недостаток - необходимость одновременно иметь хорошие "ветряковые" свойства - для получения вращения от набегающего потока и, одновременно, хорошие тяговые характеристики - для создания вертикальной тяги. Иначе говоря, ротор автожира должен каким-то образом сочетать качества турбины и компрессора.

Компромисс между этими задачами приводит к тому, что в отличие от привычных "вертолетных" удельных нагрузок на ометаемую площадь в районе 20 кг/м² для автожира более характерны значения от 5 до 9 кг/м².

Идея использования экранного режима полета такого автожира позволит увеличить нагрузку на ротор - об этом мы писали в предыдущей статье.

Другая идея - не используемая почему-то в среде автожиро-строителей, но успешно освоенная вертолетостроителями и коптеростроителями - использование нескольких несущих систем.

Не залезая в проблему работы автожирных винтов в продольной компоновке и отложив "на потом" экзотические варианты системы с числом роторов более двух, вспомним уже полученные в прошлом результаты, чтобы призвать на помощь мнения и опыт старших товарищей.

Почему Братухин остановился на поперечной схеме, сегодня остается лишь гадать. Вполне возможно, это было продолжение разработки похожей машины в ЦАГИ, или к этому подтолкнули успехи немецкой фирмы "Фокке-Вульф", построившей ещё в 30-х гг. удачный FW 61. с двумя несущими винтами диаметром по 7 м. Самой известной публичной демонстрацией вертолета стал полет Ханны Райч под крышей зала берлинского Deutschland-halle в феврале 1938 г.

Успешные заводские испытания "Омега-2" завершились эффективными демонстрационными полетами вертолета перед высокой правительственной комиссией под руководством главного маршала артиллерии Воронова, наркома авиационной промышленности Шахурина и генерального конструктора Яковлева. Входившие в ее состав видные ученые, руководители авиационной промышленности и военачальники дали отличную оценку вертолету и выступили с предложением о запуске его в серийное производство и опытную эксплуатацию.

Вертолет "Омега" после замены двигателей на М-26ГР стал называться Г-4. Пришлось увеличивать почти на метр и диаметр несущих винтов с увеличением до 500 л.с. мощности новых моторов и взлетной массы до 3000 кг. Как в дальнейшем показали испытания - этого оказалось недостаточно и повышение нагрузки требовало еще большего увеличения диаметров винтов.

В экспериментальных полетах на Г-4 была подтверждена способность к авторотации для поперечной схемы. Она оказалась вполне органична даже для высоконагруженных винтов.

В частности, на Г-4 летчику Пономареву и инженеру Маицкому удалось выполнить впервые в отечественной практике на режиме авторотации ряд полетов. При этом скорость планирования достигала 160 км/ч, а вертикальная 12 м/с. Пробег после посадки со скоростью 80...90 км/ч не превышал 15 м.

Проблема масштабирования для винтокрылой техники является наисложнейшей, и те решения, которые великолепно находили себя для легких аппаратов, не могут быть однозначно применены для более тяжелых модификаций!

К проектированию пассажирского вертолета на базе Г-4 ОКБ И.П. Братухина приступило еще в 1945 г., но по мере разработки проекта превратился в полностью новую конструкцию, положившую основу новой гамме вертолетов конструкторского коллектива. Разработка пассажирского вертолета была



FW 61



"Омега" Братухина в 1943 г. Казахстан

Таблица 1

Модификация	Омега	Омега-2 (Г-4)	Б-5, Б-11 (Б-11М проект)
Диаметр несущих винтов, м	7	7,70 (7,70)	10,00 (14,00)
Длина, м	8,20	8,20	
Ширина, м	14,20	14,20	
Масса, пустого, кг	1760	1880	3398
Масса, макс. взлётная, кг	2050	2300 (3000)	4150 (5100)
Тип двигателя	2 ПД МВ-6	2 ПД МГ-31-Ф	2 ПД АИ-26ГРФ
Мощность, л.с.	2 x 220	2X 350	2 x 420-ном. / 2 x 550-взл.
Макс. скорость, км/ч	186	170	155/124- крейсерская
Практич. дальность, км	250	250	328
Практический потолок, м	700	3000	2550
Статический потолок, м	290	700	1200
Экипаж, чел	1	1	2 (3)
Полезная нагрузка:	1 пассажир	1 пассажир	6 пасс. или 700 (970) кг груза

официально задана постановлением правительства от 26 февраля 1946 г.

По своей принципиальной схеме Б-5 и его дальнейшие модификации: Б-10 и Б11 были аналогичны ранее построенным вертолетам "Омега", Г-3 и Г-4, но существенно отличался от них размерами, конструкцией, массой и внешним видом.

В заключении по заводским испытаниям отмечалось, что "Геликоптер связи Б-11 после произведенных доводок заводские испытания прошел удовлетворительно. Все агрегаты работали надежно. Надежность работы агрегатов подтверждена длительными ресурсными 100-часовыми испытаниями... Полученные летные характеристики соответствуют тактико-техническим требованиям на геликоптер связи... Геликоптер Б-11 благодаря большим габаритам фюзеляжа может быть использован как пассажирская, санитарная и грузовая машина".

Для повышения надежности и упрощения пилотирования в систему трансмиссии предполагалось также включить автомат постоянства оборотов винтов, соединенный с автоматом перехода на режим авторотации.

Планами дальнейшего развития машины предусматривалось переоборудование Б-11М по входившей в то время в моду схеме винтокрыла. Для этого предполагалось установить спереди мото-



Б-5/Б-11

гондол тянущие воздушные винты. По мнению Братухина, развитая им поперечная схема наиболее оптимально подходила для винтокрылов.

Следующим шагом в развитии семейства машин на базе Б-11М было переоснащение их газотурбинными двигателями вместо поршневых. Однако и это предложение Братухина поддержки не получило. В тот момент руководители советской авиационной промышленности окончательно "поставили крест" на вертолетах двухвинтовой поперечной схемы.

Наш сегодняшний авиамodelьный опыт убедительно подтверждает возможность поперечной схемы для создания автожирных ЛА. Создано и успешно летает целая гамма таких автожиров.

Кстати: полагаем, что желание обходиться в винтокрылой машине вообще без крыльев, это - как и упомянутый лозунг - "Летать



Взлет с 3 - 4 метров при слабом ветре меня очень даже удивил. Вынос двигателя вниз оказался мал, и модель при полном газе лезла вверх под 45градусов к горизонту. Управляемость отличная, но модель настолько легкая, что ее постоянно сдувало. При 1/3 газа модель висела на одном месте. При отключенном двигателе я так и не смог понять: как снижается модель (ее уносило по ветру), при отклонении РВ вниз модель снижалась вертикально. Маневренность автожира меня порадовала: можно резко развернуться практически вокруг вертикальной оси модели. Попытки сделать петлю успехом не увенчались, т.к. модель просто сдувало (крен без элеронов выправлять нечем) На авторотации модель снижается очень медленно.

быстрее всех, дальше всех и выше всех" - тоже атавизм 30-х годов. И место ему в истории. Объясняем.

Сегодня многие вертолеты используют по разным причинам в составе несущей системы те или иные крылья - от Ми-6 до Ми-28.

Да и в "Теории автожира" Братухина [1] на эту тему сказано: "Качество несущей системы, состоящей из ротора и крыла выше чем у одного ротора"

Напомним, что и в проектах Дж. Картера все аппараты были снабжены крыльями.

§ 5. 0 выборе площади и угла установки неподвижного крыла

Неподвижное крыло в автожире играет существенную роль, хотя в принципе и не является необходимым, так как автожир мог бы летать и без неподвижного крыла—при наличии бокового управления. Примером чего может служить французский автожир Люре—Оливье (фиг. 34).

Постановка неподвижного крыла выгодна прежде всего потому, что качество несущей системы, состоящей из ротора и крыла, выше, чем качество одного ротора. Кроме того, при соответствующем подборе площади и угла установки неподвижного крыла можно достичь почти одинаковых оборотов ротора на большом диапазоне полетных режимов. С точки зрения плавности работы ротора на всех полетных режимах и плавности перехода с одного режима на другой постоянство оборотов ротора является желательным, и американские конструкторы автожиров считают его одним из основных соображений при выборе площади и угла установки неподвижного крыла.

Если при выборе площади крыла ставить целью получение постоянных (или близких к постоянным) оборотов ротора при возможно большом диапазоне режимов горизонтального полета, то это можно приблизительно сделать следующим образом.

Число оборотов ротора определяется из уравнения:

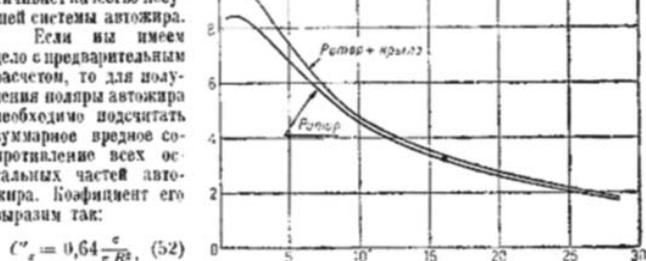
$$G_0 = C_v \rho \pi R^2 V^2.$$

Подставляя в него вместо величины V^2 ее выражение через угловую скорость ротора:

$$V^2 = \mu^2 \frac{(\Omega R)^2}{\cos^2 \alpha},$$

На фиг. 72 дано сравнение кривых качества ротора и несущей системы, состоящей из ротора и крыла, причем крыло имеет профиль серии А ЦАГИ, угол установки $\alpha = 2^\circ$, площадь крыла составляет 6% от площади, ометаемой ротором.

Из сравнения видно, что постановка неподвижного крыла увеличивает качество несущей системы автожира. Если мы имеем дело с предварительным расчетом, то для получения полнры автожира необходимо подсчитать суммарное вредное сопротивление всех остальных частей автожира. Коэффициент его выразим так:



где μ — эквивалентная вредному сопротивлению пластинка.

И практический опыт эксплуатации к этому подводит - при аварийных посадках А-7 крыло оказывалось не лишним.



А-7-3а после посадки на крышу

Рождение Винтокрыла

В конце 1951 г конструкторы вертолетов и автожиров Н.И. Камов, В.В. Никитин и В.Б. Баршевский разработали принципиально новый тип летательного аппарата с вертикальными взлетом и посадкой, который получил имя "винтокрыл".

...в печати появились сообщения об опытах буксировки вертолетов самолетами в район операции с целью повышения дальности: при этом несущий винт вертолета авторотировал и топливо сохранялось на обратную дорогу. Пришла мысль соединить вместе самолет-буксировщик и подъемное устройство (то есть несущий винт, двигатель, трансмиссию) и таким образом обеспечить летательному аппарату вертикальный взлет и посадку и повысить дальность за счет аэродинамического качества. Получив одобрение Н.И. Камова и его заместителя В.В. Никитина, я сочинил очень короткое - буквально на половину страницы - письмо И.В. Сталину, где излагалась основная цель проекта и возможность его быстрого осуществления. Подписанное тремя авторами письмо я отвез в Кремль. Это было в начале марта днем, а ночью Николай Ильич поднял меня с постели - ему только что звонил министр, получивший команду, очевидно, с самого верха... Уже 22 мая 1952 г. готов эскизный проект, за два месяца спроектирована механизированная модель винтокрыла с несущими винтами от Ка-1 - и высокочастотным двигателем, осенью проводились ее испытания в Т-101. -
В.Б. Баршевский

Машина удостоилась положительной оценки специалистов - о чем говорит документ под названием "Заключение по предварительному проекту винтокрыла", утвержденный начальником ЦАГИ А.И. Макаревичем 15.01.52 г.

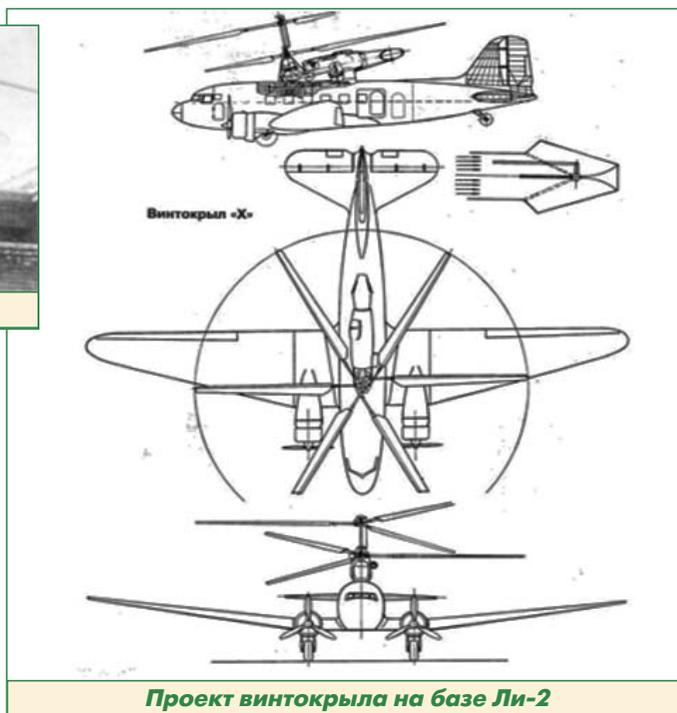
Конструкторы 9 февраля 1952 г. направили И.В. Сталину письмо. В нем говорилось, что вертолеты, наряду со своими замечательными взлетно-посадочными свойствами, имеют весьма ограниченные летные характеристики. Увеличение скорости, высоты, дальности и продолжительности полета вертолетов связано с преодолением серьезных трудностей, обусловленных особенностями работы несущего винта на режиме косо обдувки и малым аэродинамическим качеством этих машин.

С другой стороны, самолеты, имея значительно более высокие летные характеристики, чем вертолеты, не обладают их уникальными взлетно-посадочными возможностями. Поэтому возникла идея объединить лучшие качества обоих. Чтобы ускорить и облегчить создание столь сложной комбинированной машины, конструкторы решили использовать в качестве основы самолет Ли-2, снабдив его дополнительной моторной установкой и несущими винтами.

В случае остановки дополнительного двигателя (преднамеренной или аварийной) дополнительная мотоустановка с несущими винтами автоматически поворачивалась. Несущие винты переходили на режим авторотации, и полет продолжался.

Однако проект реализован не был. Серийный выпуск Ли-2 прекращался, и этот самолет не мог служить базой для постройки винтокрылов. Нужны были и более мощные машины с новыми турбовинтовыми двигателями.

В конце 1952 г. почти одновременно началась разработка вертолета Ми-6 и винтокрыла Ка-22. Оба летательных аппарата создавались под турбовинтовые двигатели на базе ТВ-2Ф мощностью 5900 л.с. Неизбежным становилось острое соперничество двух конструкторских коллективов, двух



Проект винтокрыла на базе Ли-2

конструктивных схем. К этому времени и Николаю Ильичу надоела роль соавтора...

На винтокрыле решили применить поперечную схему расположения несущих винтов и установить двигатели на концах крыла. Эта схема позволяет органически слить самолет и вертолет, обеспечить компактность силовых установок. Она является симметричной, а Николай Ильич Камов не устал подчеркивать преимущества симметрии машины для пилотирования. Кроме этого, в поперечной схеме целесообразно используются крылья в качестве опоры для несущих винтов и емкостей для топлива. У нее максимально эквивалентное удлинение и, следовательно, наибольшее аэродинамическое качество. Применение двух несущих винтов вместо одного винта удвоенной площади позволяет получить определенные весовые преимущества.

Правда, у поперечной схемы была плохая репутация. Неудачи отечественных вертолетов И.П. Братухина, американских машин Мак-Донелл, Платт де Пейдж и других обычно связывали с сильными вибрациями, которые якобы являются органическим свойством данной схемы, однако, скорее всего, они связаны со сложной и развитой трансмиссией.

Еще одним недостатком схемы винтокрыла считалась невозможность (сложность реализации) осуществления переходного режима, когда мощность с несущих винтов передается на тянущие. Этот режим действительно не был изучен. У аппарата автожирной схемы такого полетного режима нет, но аэродинамическая раскрутка потоком воздуха на авторотирование идет с момента старта и сопровождает машину всю дорогу.

Ка-22 в воздухе



Очень сложным представлялось создание силовой установки и трансмиссии общей мощностью около 12 000 л.с, состоящей из двух двигателей, разнесенных на 23 метра и связанных между собой синхронизационным валом, которая способна передавать мощность на два несущих и два тянущих винта.

Несущие винты имели противоположные направления вращения, и их концы двигались над фюзеляжем от носа к хвосту, что при звуковой скорости их законцовок снижало уровень шума в кабине и напряжения в центроплане от звуковых волн.

Главное внимание коллектива создателей винтокрыла Н.И. Камов сосредоточил на конструировании скоростных несущих винтов, определявших возможность достижения комбинированным летательным аппаратом скорости 400...450 км/ч. На больших скоростях полета крыло аппарата должно было максимально разгрузить несущие винты, обеспечив малые коэффициенты сопротивления. Это позволяло иметь окружную скорость концов лопастей, равную скорости звука, а несущему винту работать на режиме, близком к режиму авторотации. Принципиально важным оказалось решение Н.И. Камова на больших скоростях полета машины сохранить на несущих винтах минимальную необходимую нагрузку, достаточную для демпфирования их колебаний и обеспечения устойчивого поведения при маневрировании.

Авиамоделирование (шире - экспериментальное моделирование с выполнением правил подобия) всегда должно предшествовать разработкам полноразмерных аппаратов.

С января по май 1953 г. была спроектирована, построена и отправлена в ЦАГИ механизированная модель винтокрыла в масштабе 1:7,25 с двумя электродвигателями по 100 кВт, приводящими два несущих винта диаметром 2,76 м. Первые испытания механизированной модели проводились в углу огромного помещения открытой части трубы Т-101 силами сотрудников отдела Сперанского. На модели установили несущие винты с 3-лопастными втулками. На максимальных оборотах - 1800 об./мин. - окружная скорость равнялась 260 м/с.

Затем всё же перешли на двухлопастные полужесткие несущие винты с общим горизонтальным шарниром - прообраз классического ротора АЖ.

В состав несущей системы входят крылья с двумя несущими винтами на их концах. Полет на малой скорости и вертолетная вертикальная посадка обеспечивались работой несущих винтов, которые производили необходимую тягу. Закрылки Ка-22 во время медленного полета и посадки поворачиваются вертикально на 90° с целью минимизации потери тяги в результате обдувки крыльев винтами. Чем выше скорость летательного аппарата, тем больше нагрузки в создании подъемной силы ложится на крылья. Так, на максимальных скоростях за счет крыльев создается около 90 % подъемной силы винтокрыла.

По мере увеличения скорости подъемная сила крыла возрастает, разгружая несущие винты. На крейсерских скоростях результирующая подъемная сила на 80...90 % создается крылом, пропульсивная сила несущих винтов имеет минимальное значение, а продольная сила практически полностью формируется тянущими винтами. Это позволяет достичь на винтокрыле существенно больших, чем на вертолете, скоростей полета. В испытательном полете винтокрыл развивал скорость 370 км/ч. Разгрузка несущих винтов на больших скоростях положительно сказывается на ресурсе агрегатов, узлов и систем, подвергающихся воздействию динамических нагрузок.

Одним из главных недостатков Ка-22 были большие потери тяги от обдувки крыла потоком несущих винтов. Для автожира эти потери не существенны - его винт не обдувает крыло.

Предпочтение отдали тяжелому вертолету Ми-6, который с конца 1959 г. запущен в серийное производство. Соревнование закончилось в этот раз победой вертолета...

Однако необходимость дальнейшего роста полезной на-грузки и, соответственно, взлетной массы заставила конструкторов вернуться к разработке многовинтовых систем.

В нашем случае мы предлагаем вообще отказаться от передачи мощности на несущие винты или ограничиться мощностью предварительной раскрутки НВ, берущейся от бортовых электроаккумуляторов, а наиболее эффективным варианте - от компаунд - системы, использующей энергию выхлопных газов.

Наиболее вероятной схемой будущего сверхтяжелого вертолета В-12 в ОКБ-329 считали продольную, хотя рассматривалась и классическая - по типу Ми-6. Для изучения машин, сделанных по продольной схеме, Милю предоставили один из серийных Як-24 и закупленный в 1960 г. в США вертолет "Вертол" V-44.



Уяснив положительные и отрицательные стороны аппаратов продольной схемы, Миль в 1962 г. пришел к выводу о необходимости изменения компоновки вертолета и переходу к поперечной схеме. Определенную роль в этом сыграл и опыт создания винтокрыла Ка-22.

Много лет спустя, Миль скажет, что "винтокрыл Камова вновь обратил внимание вертолетного мира на поперечную схему, разработавшуюся в свое время с успехом Фоккером в Германии и Братухиным в СССР. Эта машина продемонстрировала преимущества поперечной схемы в дальности полета и грузоподъемности, особенно при взлете с разбегом, которые она таит в себе при удачном конструктивном решении".

Желание уменьшить габариты машины привело к расположению винтов с перехлестом. При этом возрастал уровень шума в кабине и для его снижения пришлось потратить немало времени, выбирая направления вращения винтов. От последнего зависели и характеристики управляемости вертолета.

В работе над Ми-12 Генеральному конструктору пришлось вспомнить свои старые работы по управляемости. Он рассмотрел аэродинамические силы и моменты, действующие на вертолет при вращении винтов в двух направлениях: от фюзеляжа наружу - так называемый тип "брас" и в противоположном - тип "бабочка".

Миль пришел к выводу, что в случае вращения винтов по схеме "брас" вертолет более управляем, (но у нас не вертолет а винтокрыл!) хотя многие специалисты настойчиво подталкивали его к выбору направления вращения винтов извне к фюзеляжу. Несмотря на успешные полеты вертолета, М.Л. Миль так и не удалось убедить оппонентов в своей правоте.

Пилотирующий его летчик В. П. Колошенко рассказывал, что вертолет устойчиво летал с брошенной ручкой управления от трех до семи минут!

Он запомнил и необычные для вертолетчика ощущения: не было мелькания перед глазами лопастей винта, вибраций и шума: "Я будто плыл на огромном корабле". И все это благодаря тому, что двигатели удалены от кабины и число оборотов несущих винтов втрое меньше, чем у других вертолетов.

Большое внимание уделялось снижению вибраций машины, которые, как известно, привели к прекращению работ по вертолетам Братухина и Як-24. Объем исследований, по сравнению с предшественниками, возрос многократно...

Впрочем, овчинка стоила выделки: полученные результаты подтвердили необходимость научно-экспериментального обеспечения работ по созданию новой уникальной техники.

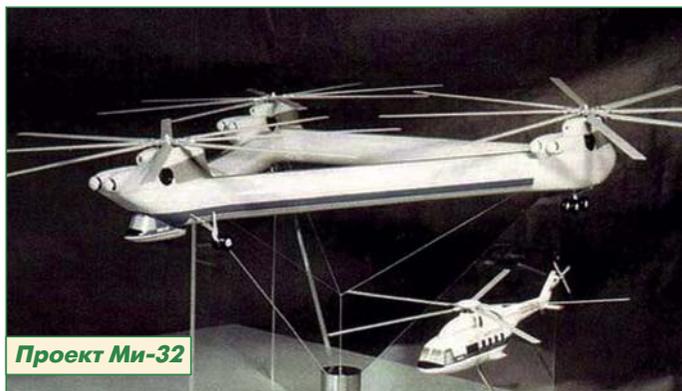
... Может, чем больше винтов - тем лучше?

Кроме того, продолжались исследования и по шестивинтовому вертолету грузоподъемностью 40 т. Эту машину, получившую обозначение В-16, поначалу предлагали сделать по трехвинтовой схеме на базе тех же агрегатов от Ми-6, исходя из необходимости транспортировать неразъемные грузы. С В-16 даже предлагали запускать баллистические ракеты, превратив вертолет в мобильную стартовую позицию.

В середине 70-х годов в КБ Миля появился проект сверхтяжёлого вертолёта очень необычной схемы, который получил индекс Ми-32. Главный конструктор М.Н. Тищенко решил проектировать вертолёт трёхвинтовой схемы на основе систем Ми-26. Выбор такой схемы был обусловлен требуемой грузоподъемностью в 55...60 тонн.

В 1982 г. проект на создание уникальной 3-винтовой транспортной машины был готов.

Но до "железа" дело так и не дошло, а вот фирма Cierva,



Проект Ми-32

строившая ранее только автожиры воплотила проект 3-винтового вертолета - Воздушную (Летающую) Лошадь.

Еще 7 декабря 1948 года впервые взлетел самый крупный в мире на тот момент вертолет W.11 Air Horse . В его фюзеляже стоял мотор Merlin с приводами на три больших трехлопастных несущих винта, установленных на консольных балках, выдающихся вперед и в стороны из фюзеляжа прямоугольного сечения.

В пассажирской версии W.11 мог перевозить 24 человека.



W.11 "Air Horse" фирмы Cierva ("Воздушная лошадь")

Также предусматривалась работа в качестве скорой помощи, воздушного крана и распылителя химических реагентов в сельском хозяйстве. С грузом в 3000 кг инсектицидов вертолет W.11 оказался довольно удачным летательным аппаратом для опыления полей. Проведенные после первого полета испытания показали многообещающие результаты

Попробуем представить, какими же качествами должен обладать перспективный ЛА для индивидуальной (распределенной) транспортной системы размерности 4 - 9 пассажиров?

1. Крейсерская скорость - 120...150 км/ч (с максимальной - до 200 км/ч)
2. Взлетно-посадочная скорость от 30 до 40 км/ч (с такой скоростью можно бегать или ездить на велосипеде)
3. Низкие стоимости создания и эксплуатации (в том числе - минимальные топливные расходы - применение газового топлива).
4. Безаварийное прекращение полёта с любой скорости

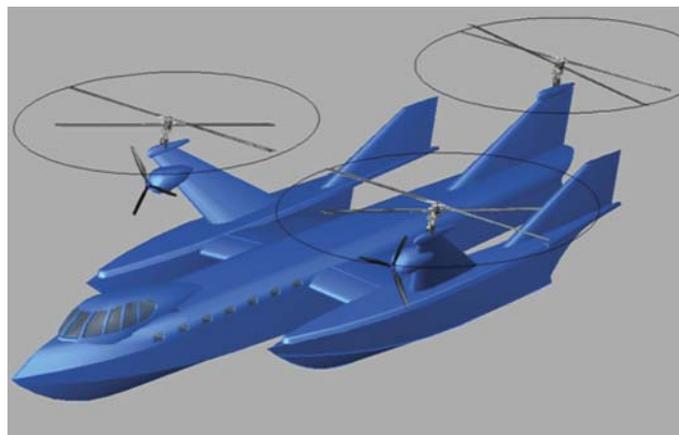
движения в случае отказа систем (вплоть до тягового двигателя) и посадка на необорудованные площадки при прекращении полета.

5. Амфибийность (как на минимальной - хоть ползком, так и на взлетно-посадочной скорости).

6. Минимальные шумовые и вибрационные нагрузки.

7. Максимальная устойчивость к неблагоприятным погодным изменениям (всепогодность).

В автожирной версии перспективный амфибийный 3-х роторный прототип может выглядеть, например, так...



PS: В наше время мировой тренд перспективных разработок вертолетов движется в сторону создания аппаратов мультивинтовой схемы с ещё большим количеством несущих винтов.



Oktokopter



E-Volo-03



Volocopter

Литература

1. И.П. Братухин. Автожиры. Теория и расчет. Госмашметиздат, 1934, 110 стр.
2. Г.И. Кузнецов. ОКБ Н.И. Камова. Издательство: Центр Авиации и Космонавтики 1999
3. А.И. Акимов. "Аэродинамика и летные характеристики вертолетов", 1988 г., Изд-во "Машиностроение"
4. "Уголок неба". Электронная энциклопедия, <http://www.airwar.ru/index.html>
5. "Крылья Родины", Национальный авиационный журнал, 11-12. 2018, стр. 58.

Связь с авторами: lio-z@mail.ru

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОМАССОБМЕНА СОПЕЛ РДТТ ПРИ РАБОТЕ НА ЗВЕЗДООБРАЗНЫХ ЗАРЯДАХ

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

Показано, что звездообразный заряд твердого топлива обуславливает повышенный существенно неравномерный разгар в до- и сверхзвуковой частях сопла, причем искажения в сверхзвуковой части продолжают интенсивно развиваться и после выгорания лучей в заряде. Получено новое явление в РДТТ, заключающееся в том, что в сверхзвуковом сопле предварительно нанесенное на поверхность стенки возмущение подвергается воздействию со стороны потока нового механизма разрушения и уноса материала в направлении потока с нарастающей скоростью и приводящее к многократному увеличению тепломассообмена в этой области. Максимальные уносы материала на входной кромке утопленного сопла происходят в местах, расположенных напротив лучей заряда. Интенсивность развития начальных искажений профиля сверхзвуковой части сопла и форма следа за ними зависят от начальной формы искажения, его местоположения и относительной глубины.

It is shown that the star-shaped charge of solid fuel causes an increased significantly uneven acceleration in the pre- and supersonic parts of the nozzle, and distortions in the supersonic part continue to develop intensively even after the rays burn out in the charge. A new phenomenon is obtained in the rdt, which consists in the fact that in a supersonic nozzle, a pre-applied perturbation on the wall surface is affected by the flow of a new mechanism of destruction and entrainment of material in the direction of the flow with increasing speed and leads to a multiple increase in heat and mass transfer in this area. Maximum material entrainment at the inlet edge of the recessed nozzle occurs in places located opposite the charge beams. The intensity of development of initial distortions of the profile of the supersonic part of the nozzle and the shape of the trace behind them depend on the initial form of distortion, its location and relative depth.

Ключевые слова: турбулентность, метод горячей визуализации, метод уноса массы.

Keywords: turbulence, hot method of visualization, method of mass entrainment.

В процессе отработки натурного двигателя со звездообразным зарядом [1, 2] было выявлено воздействие неравномерного потока на величину разгара в сверхзвуковой части сопла. После испытания двигателя обнаружился сильно неравномерный унос материала стенок в сверхзвуковой и дозвуковой части сопла. Наибольший унос материала стенок за критическим сечением сопла наблюдался в местах, расположенных между лучами, напротив торцов звездообразного заряда, причем профиль получившегося углубления имел форму, близкую к прямоугольной.

Существенное влияние трехмерности течения на развитие пограничного слоя, его отрыв в местах взаимодействия с возникающими на искажениях скачками уплотнения и отсутствие экспериментально подтвержденной физической модели механизма разрушения теплозащитных материалов в местах интенсивного осаждения конденсированной фазы не позволяют достаточно точно рассчитать ожидаемые величины локальных уносов материала стенок сопла и на этом основании сформулировать рекомендации по обеспечению работоспособности соплового блока.

Методика экспериментальных исследований

Трудности теоретического описания подобных трехмерных течений явились причиной преимущественного развития экспериментальных работ в этой области.

В работе [3] экспериментально на газодинамических моделях выявлена существенно отличная от осесимметричной картина обтекания сопла газовым потоком и установлено влияние формы заряда и его компоновки на распределение давлений и скоростей обтекания внешней поверхности утопленной части сопла. Показано влияние соотношения канала заряда и входного участка сопла, геометрических и газодинамических параметров проточного тракта на глубину локальных искажений входной части сопла и расходные характеристики. Получены также данные по деформации профилей газодинамических параметров в сужающейся части сопла.

Перечисленные результаты получены на газодинамических моделях с имитаторами, соответствующими зарядам твердого топлива с круглым каналом в задней (околосопловой) части. Такие модели испытывались в НИИТП и в ЛМИ. При этом как в случае непроница-

емых имитаторов зарядов со струйной подачей воздуха в кольцевой и центральный каналы модели, так и в случае проницаемых имитаторов, с распределенным по длине поперечным вдувом воздуха через пористые стенки, были получены практически одинаковые результаты по газодинамике поворотного управляющего сопла.

К настоящему времени практически отсутствуют систематические экспериментальные исследования рассматриваемого явления. В отдельных натуральных и модельных испытаниях был зафиксирован неоднородный унос материала стенок сопла, но он рассматривался, как правило, лишь с точки зрения определения энергетических характеристик двигателя.

В настоящей работе определялось влияние формы заряда на процессы образования и развития искажений контура сопла модельного РДТТ с зарядом твердого топлива. Эксперименты проводились на модельном двигателе со значением $d_{кр} = 22$ мм (рис. 1).

В работе использовались топлива с содержанием алюминия 18 и 20 %. Давление в камере сгорания составляло 60 кг/см².

В основу экспериментальной методики был положен метод уноса массы [4, 5]. Время работы двигателя составляло 2 с, что существенно превышало время нестационарного прогрева фторопласта, равное примерно 0,1 с.

Профиль контура сопла был выбран из Руководства для конструкторов по профилированию сверхзвуковых сопел [6]. Звездообразная форма канала моделировалась соответствующими

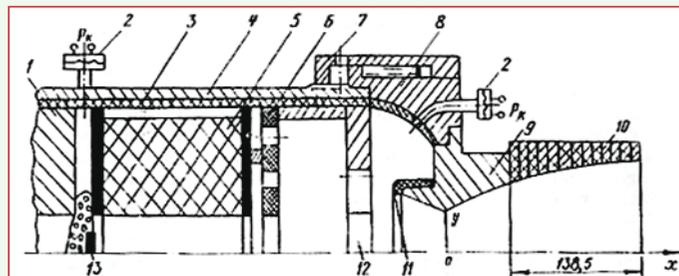


Рис. 1 Схема экспериментальной установки:

- 1 - наполнитель; 2 - штуцер измерения давления; 3 - ТЗП; 4 - корпус;
- 5 - топливный насос; 6 - диафрагма; 7 - предохранительное устройство;
- 8 - заднее днище; 9 - неуносимая часть сопла; 10 - уносимая часть сопла;
- 11 - насадок из уносимого материала; 12 - имитатор; 13 - воспламенитель

щими имитаторами и модельными зарядами, которые воспроизводили необходимые трехмерные потоки.

За величину локального линейного уноса материала стенок принималась разница между толщиной кольца, измеренной до и после испытания. Обмеры проводились в точках, равномерно расположенных по окружности с шагом 6° .

Результаты исследований особенностей тепломассообмена в двигателях с имитаторами

В процессе испытаний было обнаружено, что при всех используемых имитаторах звездообразного канала заряда зоны максимального уноса материала на входной кромке утолщенного сопла располагались напротив лучей заряда, что объяснялось воздействием на него мощного двухфазного потока. При этом избыточная величина уноса материала в этих местах относительно фонового составляла 6...7 мм (рис. 2, кривая "а").

Анализ полученных результатов показал, что форма имитатора заряда оказывала существенное влияние на форму и величину искажения профиля сверхзвуковой части сопла (рис. 2, кривая "б").

Однако выявить причину возникновения искажений профиля, подобных наблюдаемым при натурных испытаниях, не удалось. Поэтому была запланирована серия экспериментов на зарядах твердого топлива с каналами звездообразного сечения.

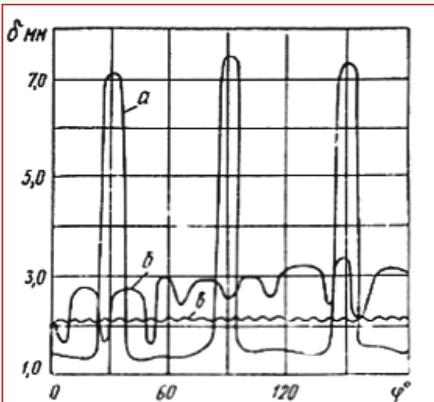


Рис. 2 Картина уноса материала стенок сопла в его поперечном сечении:
 а - входная кромка утолщенного сопла;
 б - сверхзвуковое сопло с имитатором звездообразного канала;
 в - сверхзвуковое сопло без имитатора

Исследование особенностей тепломассообмена в соплах модельных двигателей со звездообразными каналами в зарядах

Экспериментальная установка для следующей серии экспериментов была доработана. Рабочая часть, составленная из фторопластовых колец, была увеличена и начиналась непосредственно от критического сечения. Имитатор в этом случае не использовался. Звездообразный заряд устанавливался напротив сопла. Эксперименты были проведены на небольших зарядах твердого топлива, представленных на рис. 3. Внутренняя часть каналов зарядов изготавливалась механическим способом. Было испытано два типа зарядов: с 4- и 6-лучевыми каналами.

Унос в лобовой части утолщенного сопла проявился достаточно четко и по форме был похож на унос, полученный при испытаниях на имитаторах. Значения линейных уносов по длине сверхзвуковой части сопла представлены на рис. 4.

Из рисунка видно, при испытаниях с зарядами без лучей кривые уносов не расслаиваются, так как по всем окружностям наблюдается только фоновый унос. На испытании с шестилучевым зарядом видны расслоения уносов напротив лучей. Особенно это хорошо видно в закритической области. На 4-лучевых зарядах различия более четкие. В этой области двухфазные потоки более локализованы. Тем не менее, следует отметить, что разница уносов по лучам относительно фонового очень небольшая. По-видимому, аналогичная картина наблюдается и в натурных экспериментах. Ведь известно из расчетов, что звезды в сечениях каналов из-за быстрого выгорания заряда в этой области существуют порядка трех-пяти секунд. Далее канал приобретает форму, близкую к цилиндрической, а значит унос материала будет стремиться к равномерному по окружности. Но на практике такого не происходит. Уносы в натурных соплах очень

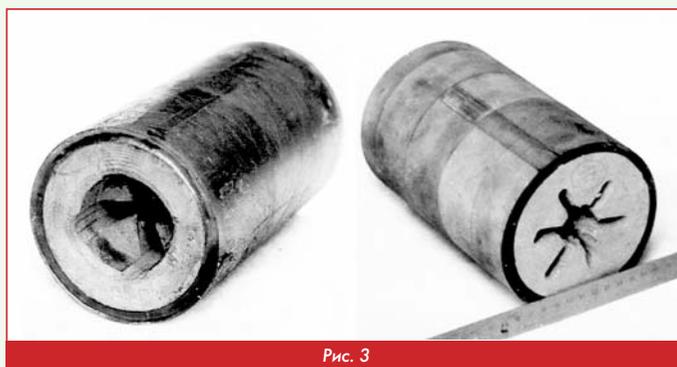


Рис. 3

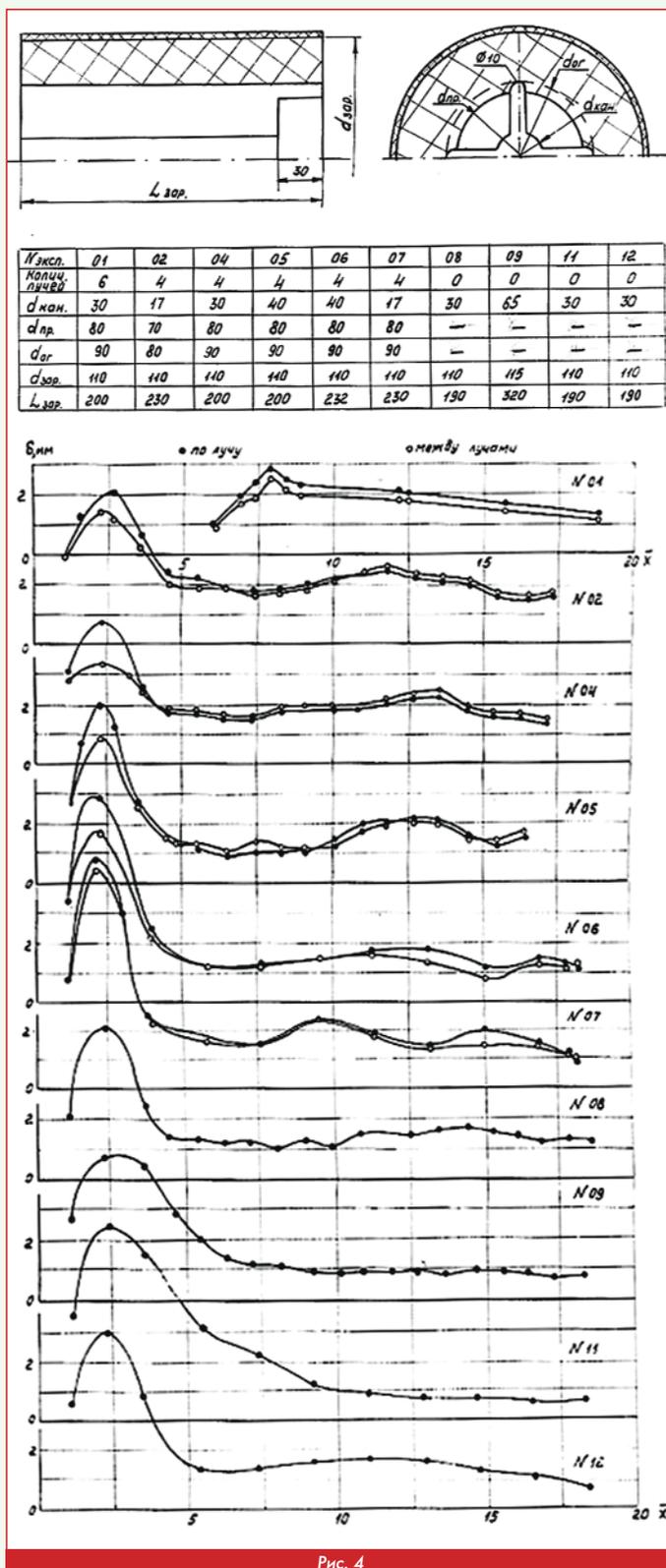


Рис. 4

глубокие и рельефные. В связи с этим появилось предположение о том, что звездообразный поток формирует только затравку для будущего уноса, оставляя первичное углубление на поверхности, а затем стенка разрушается совсем по другому механизму. Было сочтено целесообразным провести специальную серию экспериментов по разгарам стенки вблизи заранее организованных локальных небольших углублений различной формы. При этом заряд твердого топлива должен иметь цилиндрический канал.

Исследование эффекта самокопания

В процессе отработки натурного двигателя было обнаружено, что зоны максимального уноса материала стенок сопла увеличивают свои размеры не только в начальный период работы ДУ (во время существования развитого звездообразного канала в заряде), но и после выгорания перьев звездообразного канала. Причем последующее выгорание происходит весьма интенсивно. Серия экспериментов на модельном двигателе проводилась для исследования процесса развития заранее нанесённых искажений контура сверхзвуковой части сопла при работе ДУ. На сверхзвуковую часть модельного сопла наносились начальные искажения профиля, геометрически подобные искажениям на сопле натурного двигателя, а именно: $h = 2$ мм (глубина), $b = 2,8$ мм (ширина).

В натурном двигателе относительная глубина максимальных уносов материала стенок составляла $h = h/\delta_{п.с} = 3$ ($\delta_{п.с}$ - толщина пограничного слоя). Исследования проводились при значении $h = 1...3,5$. Искажения на модельном сопле располагались вдоль трех его образующих: одно из них было нанесено на всю длину уносимой части, второе - до ее середины, а третье - с середины до среза сопла. После испытаний было обнаружено, что начальные искажения контура увеличиваются значительно медленнее в окружном направлении. В направлении потока уносы возрастают кратно. На рис. 5 представлена картина уноса материала стенок сопла в продольном направлении.

Далее, как показали эксперименты, начало прогрессирующего уноса материала стенок сопла в местах нанесения предварительного искажения его контура зависит от начальной глубины самого искажения. Нанесение в разных местах уносимой части сопла царапин различной длины глубиной 0,5...0,7 мм не привело к местной интенсификации процесса разрушения фторопласта. Напротив, унос материала стенок сопла происходил равномерно по внутренней поверхности, а искажения малого размера сглаживались. Другими словами, при заданной геометрии сопла и местоположении начального искажения, имеется максимальная глубина искаже-

ния, связанная с толщиной пограничного слоя, при которой еще не наблюдается отрыв пограничного слоя и интенсификация процесса развития начального искажения контура сопла.

В целях изучения влияния начальной формы искажения профиля проводились испытания с П-, Л- и М-образными продольными сечениями искажений (рис. 6, 7). После проведения экспериментов было обнаружено, что задняя стенка искажения размыта, вблизи неё располагается зона максимальных уносов фторопласта, переходящая в ручьеобразные продольные вымыты по всей длине сопла. В случае расположения начального искажения контура в середине уносимой части сопла наблюдался более плавный переход от начального искажения к его следу. Как и в предыдущем случае, след имел ручьеобразный вид, обусловленный, по-видимому, сложными характером взаимодействия ударной волны с пограничным слоем и вихревой структурой течения. Начальное искажение профиля на срезе сопла в процессе сглаживалось.

Анализ результатов экспериментов позволяет зафиксировать следующие факты:

- а) максимальная величина уносов (тепловых потоков) в следе мало зависит от формы начального искажения профиля сопла;
- б) при П-образной форме начального искажения профиля сопла ширина следа по длине сопла увеличивается, в то время как для Л-образного искажения она уменьшается;
- в) при М-образном продольном сечении начального искажения профиля сопла картина уносов материала стенки более равномерна.

Литература

1. Л.П. Лавров, М.И. Соколовский, А.А. Болотов и др. Конструкции ракетных двигателей на твердом топливе. М. Машиностроение, 1993 г.
2. Ю.М. Милехин, М.И. Соколовский, Г.В. Бурский, М.Л. Филимонов. Внутренняя баллистика РДТТ. М. Машиностроение, 2007 г.
3. Ю.М. Кочетков. Турбулентность пространственных компонок. Инверсия Наумова // Двигатель № 3, 2009 г.
4. А.М. Губертов, В.В. Миронов, Ю.М. Кочетков и др. Газодинамические и теплофизические процессы в ракетных двигателях твердого топлива. М. Машиностроение, 2004 г.
5. Ю.М. Кочетков. Турбулентность не хаос, а тонко организованная структура // Двигатель № 6, 2004 г.
6. Д.А. Мельников, У.Г. Пирумов, А.А. Сергиенко. Сопла ракетных двигателей // Аэродинамика и газодинамика. М. Наука, 1976 г.

Связь с автором: swgeorgy@gmail.com

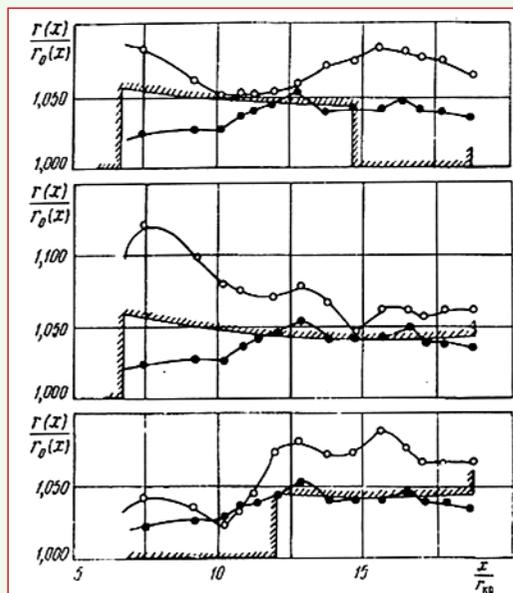


Рис. 5 Картина уносов материала стенок сопла в зависимости от геометрических размеров начального искажения профиля сверхзвуковой части

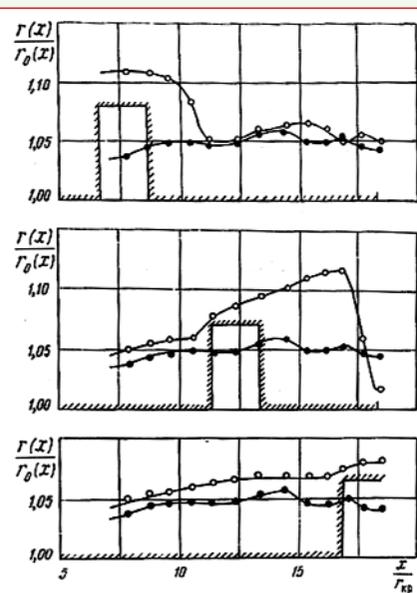


Рис. 6 Картина уносов материала стенок сопла с П-образными начальными искажениями профиля в зависимости от их расположения

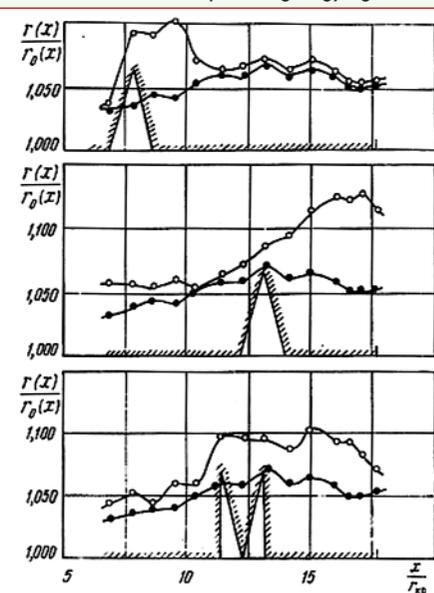


Рис. 7 Картина уносов материала стенок сопла с Л- и М-образными начальными искажениями профиля в зависимости от их расположения

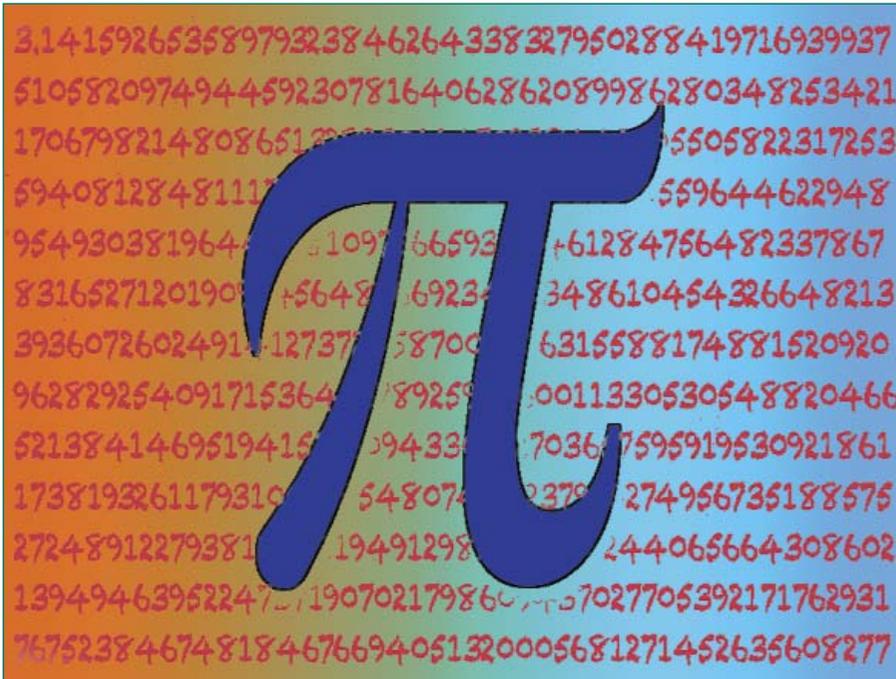
● - сопло с искаженным профилем; ○ - сопло без искажения профиля

БЕСКОНЕЧНЫЕ ЧИСЛА

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

Рассматриваются свойства бесконечных чисел. Вводятся арифметические действия.
Properties of infinite numbers are considered.
 Ключевые слова: бесконечные числа, вычислимость.
 Keywords: infinite numbers, computability.

Развитие темы.
 Предыдущие статьи в
 №4 и №6 2018 г.



Немногие будут возмущаться, что целый ряд чисел, например, корень квадратный из двух $\sqrt{2}=1,4142\dots$ или число Архимеда $\pi=3,1415\dots$ записываются бесконечной (десятичной) дробью, т.е. их десятичная запись никогда не заканчивается и не является периодической. Такая неограниченная запись трактуется, как "с точностью до значащей цифры...". Число π , как и корень, иррациональное (А.Гельфонд), вычислимо, т.е. может быть вычислено с любой точностью. Известны алгоритмы, которые позволяют вычислить любую значащую цифру, без вычисления предыдущей. Хорошо известное число Непера или основание натуральных логарифмов $e=2,7182\dots$ вычислимо, трансцендентно (Ш.Эрмит) и имеет квадрильоны известных значащих цифр. Квадратный корень из двух, а также из трех, как алгебраические числа, также вычисляемые числа и известны алгоритмы, дающие многие миллиарды их значащих цифр. Тогда, чтобы получить бесконечное число (более корректно, безграничной формы записи) нам достаточно провести такую операцию, как "удаление запятой" (обозначим штрихом '). В итоге, получим "вычисляемые" числа: число Архимеда 31415..., число Эйлера 27182..., число Пифагора 14142... и т.д. Любую значащую цифру этих чисел можно, очевидно, вычислить. Обратное действие - нижний штрих, отождествим с запятой. Арифметические действия в этом случае будем основывать на родоначалниках. Рассмотрим сумму обычного числа и числа Архимеда π (пи "большое" π) равное $100+\pi$. Сначала находим обычную сумму $100+\pi=103,1415\dots$, а затем убираем запятую и получаем $(100+\pi)'=100+\pi=1031415\dots$. Легко получить произведение $2\pi=62831\dots$. Если складывать два числа в неограниченной форме записи, то также требуется обращаться к родоначалникам. Например, сумма числа Архимеда и числа Пифагора (S) равна $\pi+S=4555806\dots$. Произведение $\pi S=444295\dots$. Периодические дроби, очевидно, складывать легко. Например, сумма $0,(3)+0,(2)=0,(5)$. После операции отбрасывания запятой,

получаем $(0,(5))'=05555\dots=0(5)$. Запись периода в скобках используем и в нашем случае. Почему оставляем нуль? Обычно, в старших разрядах нуль опускается. И ему обидно. Здесь тоже можно опускать, но имеется ряд тонких вопросов. Например, в машинных расчётах принимается $1/2=0,5=0,49999\dots$. Число с неограниченной записью, в этом случае, есть $049999\dots$. Если необходимо применить обратную к штриху операцию, то нуль укажет на место запятой, т.е. даст $0,4999\dots$. Есть более сложные вопросы, например, сумма числа Архимеда и числа Эйлера. Эта сумма может оказаться конечной, т.е. числом в конечной форме записи, но может и бесконечной. Аналогично, их разность, произведение и т.д. Этот вопрос не поддается решению. Тем не менее, нам известны значащие цифры слагаемых и суммы или произведения вычислимы. Сделаем такое замечание, что сумма (разность), произведение вычисляемых чисел является вычислимыми. Далее, существуют невычисляемые числа, т.е. такие, для которых отсутствует алгоритм вычисления с любой

точностью. Если вычисляемых чисел столько же, сколько и натуральных, то невычисляемых значительно больше. Тем не менее, если нам известны два невычисляемых числа a и b , то найдя их обычную сумму, отбрасывая запятую, получим число с неограниченной формой записи и малым числом значащих цифр. Информация об этих числах ограничена, но правила действий остаются теми же самыми. В заключение сделаем такое замечание, что чисел с неограниченной формой записи несравненно больше (невообразимо больше), чем привычных нам чисел. Поэтому незаслуженно оставлять их без внимания. \square

(Продолжение следует.)

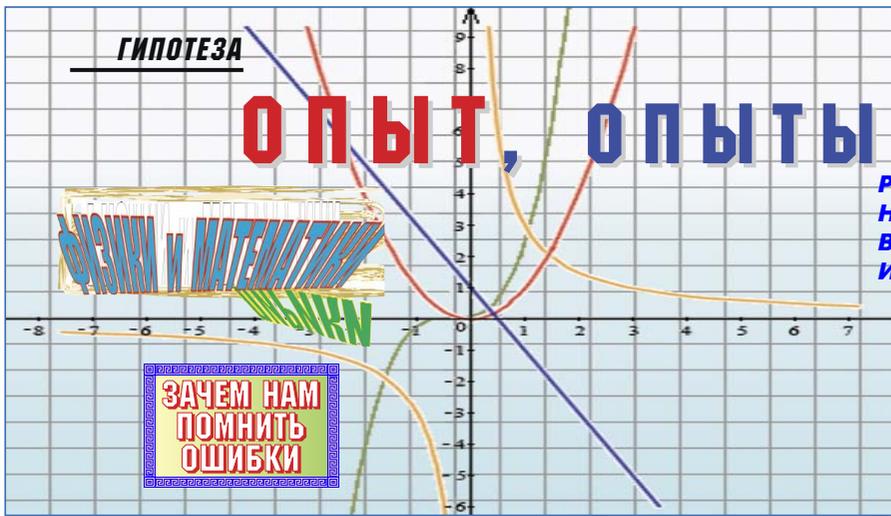
Литература

1. Г. Биркгоф, Т. Барти. Современная прикладная алгебра. М.: Мир, 1976 г.
2. А. Касьян. Простые числа // Двигатель № 4, 2018
3. А. Касьян. Простые числа // Двигатель № 6, 2018

Связь с автором: a.kasyan1@yandex.ru

Квадратные корни чисел 0...99

\sqrt{x}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	1,41421	1,73205	2	2,23607	2,44949	2,64575	2,82843	3
1	3,16228	3,1662	3,4641	3,60555	3,74166	3,87298	4	4,12311	4,24264	4,3589
2	4,47214	4,58258	4,69042	4,79583	4,89898	5	5,09902	5,19615	5,2915	5,38516
3	5,47723	5,56776	5,65685	5,74456	5,83095	5,91608	6	6,08276	6,16441	6,245
4	6,32456	6,40312	6,48074	6,55744	6,63325	6,7082	6,78233	6,85565	6,9282	7
5	7,07107	7,14143	7,2111	7,28011	7,34847	7,4162	7,48331	7,54983	7,61577	7,68115
6	7,74597	7,81025	7,87401	7,93725	8	8,06226	8,12408	8,18535	8,24621	8,30662
7	8,3666	8,42615	8,48528	8,544	8,60233	8,66025	8,7178	8,77496	8,83176	8,88819
8	8,94427	9	9,05539	9,11043	9,16515	9,21954	9,27362	9,32738	9,38083	9,43398
9	9,48683	9,53939	9,59166	9,64365	9,69536	9,74679	9,79799	9,84886	9,89949	9,94987



ОПЫТ, ОПЫТЫ И ГРАФИКИ

*Руками никогда нигде не трогай ничего.
Не впутывайся ни во что и никуда не лезь.
В сторонку молча отойди, стань скромно в уголке
И тихо стой, не шевелясь, до старости своей.*
(Г. Остер, "Вредные советы")

Дмитрий Александрович Боев

*(В продолжение статей в журнале "Двигатель"
№ 6 2017 г. "О ФИЗИКАХ И МАТЕМАТИКАХ",
№ 3 2019 г. "ЗАЧЕМ НАМ ПОМНИТЬ ОШИБКИ" И
№ 6 2019 г. "УВИДЕТЬ И ПОНЯТЬ".*

В этом номере я позволил себе перепечатать с незначительными изменениями и дополнениями статью, большая часть которой уже была ранее опубликована в № 3 "Двигателя" 2007 года, посвящённом столетию выхода первого номера этого журнала. Просто, она очень последовательно ложится на три предыдущие публикации, указанные в заголовке. Думаю, это будет верным решением. Тем более, журналу уже 113 лет. Подрос.

С самого рождения мы постоянные участники великой и не всегда удачной для нас игры "Мы и мир". Хотим - не хотим, а приходится. И вот в ней-то главное - не результат (он-то как раз, увы, заранее известен), а сам процесс. Такая игра.

Именно в столкновении с реальностью происходило и происходит накопление человеком жизненного опыта. Все мы, живые существа, в течение жизни ставим в этой игре опыты над природой и собой - частью той же природы - с тем, чтобы попытаться понять, на какие воздействия и как реагирует окружающая среда. И что нам, соответственно, за это может быть. Недаром слово "опыт" в смысле "эксперимент" звучит так же, как и накопленный человеком результат осознания этих экспериментов. Неосознанный опыт, который в сознании в виде логично-объяснимых конструкций не отложился, обычно именуется "интуицией" и также, на самом деле, используется в качестве основы для жизненного поведения. Тем живое и выделяется из всей остальной (неживой) природы, что постоянно накапливает и приумножает эти "результаты столкновения с реальностью", в результате чего и возможны более-менее целенаправленные действия. Мы, как я уже раньше говорил, всегда живем в двух мирах - в одном, внешнем, действуем, а в другом, своём внутреннем (который построили сами же в собственной голове в результате этих "экспериментов"), планируем дальнейшие действия и оцениваем их результат. Считаем синяки и шишки. Несовпадение этих двух миров и есть та "вероятность", которую мы по недомыслию решили считать свойством окружающего мира. В отдельных случаях это непонимание можно считать в процентах. И чем меньше наш жизненный опыт, тем менее вероятен ожидаемый результат наших действий, то есть тем меньше величина его вероятности. Впрочем, об этом я уже тоже писал.

Все сказанное в виде частного случая включает и эксперимент научный, сознательно поставленный с познавательной целью. Ему присущи, следовательно, все плюсы и минусы нашего подхода к жизни и способа существования в ней. Любой эксперимент - решение какой-то заранее более или менее определенной задачи взаимодействия среды и какого-то выделенного из нее объекта в определенных условиях. Но надо всегда помнить, что поскольку мы сами тоже часть природы, то любой наш эксперимент включает и нас самих в качестве объектов. Иначе: эксперимент проводится также и над экспериментатором, более точно - над тем самым нашим пониманием мира, о котором говорилось выше. Дело в том, что даже если мы физически и не участвуем в эксперименте, то в любом случае, занимаемся осмыслением его хода и результатов. Потому, результат может настолько отличаться от ожидаемого, что формальный постановщик эксперимента - человек - не в состоянии будет объяснить, что же это такое вышло. Иногда, таким образом совершаются открытия, но чаще - просто возникают конфликты со снабженцами и непосредственным руководством по поводу списания потраченных неизвестно на что средств.

Ясно, что одной из основных задач любого эксперимента всегда была и остается проверка правильности теоретических

предположений, на основе которых этот эксперимент был осуществлен. Впрочем, в явном виде такая задача может и не стоять, но предположения типа "а что будет, если..." - тоже постановка задачи. А там уже - как повезет.

Принято различать прямую и обратную задачи при работе с экспериментальным материалом. Коротко можно сформулировать так: **Прямая задача:** определение параметров среды при известном воздействии на нее объекта эксперимента. **Обратная задача:** определение поведения объекта эксперимента по определенным параметрам среды, в которой он находился.

Надо сказать, что очень редко сам по себе эксперимент является самоцелью. Чаще всего его ставят все-таки для того, чтобы использовать результат для проверки чего-то либо продуманного, либо полученного ранее. Потому, очень и очень редко результирующие графики строят по исходным, полученным непосредственно в эксперименте параметрам. Это происходит по большей мере потому, что условия эксперимента все-таки модельные (то есть вообще-то близки к действительности, но не полностью ей соответствуют, на деле - в каждом опыте - свои). Для сравнения результатов экспериментов, полученных в разное время и в разных условиях над одними и теми же или однотипными объектами, следовательно, требуется приводить результат к каким-то общим условиям. Методов такого приведения человечество накопило множество. В газовой динамике, например, около десятка формул приведения: по скорости потока, по геометрии объектов, по плотности среды, по ее вязкости - да много еще по чему. За каждой из них - тысячи экспериментов и годы осмысления и теоретических разработок. И, замечу, масса всякого рода эмпирики и приводящих к реальности констант, которые как раз и есть следствие влияния разницы реального мира и нашего о нём представления.

Человечество накопило большой багаж методик постановки задач и организации эксперимента. Правда, как утверждают теоретики литературы, весь спектр беллетристического багажа человечества можно свести к семи основным сюжетам, а прочее - вариации на тему, так и здесь: общие принципы на самом деле тоже одинаковы - будь вы Павлов со своими собаками или Курчатова у реактора. Какая бы из двух основных задач ни решалась, главное - постараться заранее (априорно, то есть "до опыта") попытаться понять, что представляет собою объект, поведение скольких из его независимо изменяющихся параметров мы можем наблюдать и в связи с изменением чего именно они, собственно, меняются. И желательно, конечно, избавиться от всякого рода неучитываемых факторов, которые не относятся к тому, что мы, собственно пытаемся измерить. Это скромное, на первый взгляд, пожелание делает эксперимент все сложнее и дороже, особенно с увеличением его точности и информативности. Затраты на эксперимент при увеличении, скажем точности определения параметров, растут экспоненциально.

И не менее важно разобраться: каким образом изменение одних параметров влияет на другие. В общем случае это неоп-

ределимо ни до опыта, ни после. Традиционно из этого положения выходят, заставляя изменяться какой-то один из параметров и поддерживая в неизменности прочие. Таким образом и получаются привычные для нас характеристические кривые, в которых эффект изменения параметра связан с изменением определенной исходной величины. На самом деле, поставленная Вами задача имеет столько измерений, сколько было реально измеряемых при эксперименте параметров. Другое дело, что изменения многих отдельно замеряемых параметров коррелированы и взаимосвязаны, поскольку вызваны одними и теми же физическими процессами. Например, измерения температуры в нескольких точках по окружности на одном сечении трубопровода. Характеристики, построенные по ним, изменяются эквидистантно и ничегошеньки-то не прибавят к пониманию процесса. Поэтому, обычно, такие независимые измерения используют для взаимного контроля друг друга и определения случайных (или наведенных аппаратурно) выбросов, либо, учитывая возможный инструментальный разброс, каким-либо образом осредняют измеренную величину. Таким образом, вместо ряда идентичных величин получают одну общую. Это дает возможность честному экспериментатору приблизить описание процесса, построенного по результату эксперимента, к реально проходящим процессам, а не очень честному - выбросить все не попадающие под теоретические построения точки из рассмотрения и приблизить наблюдаемый результат к теоретическому описанию процесса. Такая практика сильно убыстряет получение экспериментальной части диссертационной работы и уменьшает количество ехидных вопросов оппонентов. Иногда эффект от этого может быть глобален. Таким образом, сравнительно небольшие "коррекции" данных позволили сформулировать долго владевшую умами теорию "озоновых дыр" и царствующую и до сих пор "теорию глобального потепления" и вину в ней человеческой цивилизации.



Рис. 1. Крутящий момент у дизеля с наддувом

нии перепуска воздуха (см. рис. 1). Но при других (столь же постоянных) величинах перепуска эта характеристика будет иметь уже иной вид, на третьих - третий и т.д. Так появляются графики с расслоением характеристик (см. рис. 2), также привычные нам. Но ведь на самом-то деле это расслоение - ни что иное, как срезы характеристических поверхностей плоскостями. В нашем случае, это - плоскости со значениями перепуска = const (см. рис. 3).

И так - с любимыми расслаивающимися характеристиками.

Это настолько привычно, что мы не задумываемся о том, что и такая характеристическая поверхность - просто трехмерный срез той самой многофакторной характеристики, которая суммарно и описывает поведение объекта исследования. При этом, количество действующих факторов и является размерностью характеристики. Достойно изобразить это (увы!) невозможно, но понять, а тем более оперировать в эпоху работы с многомерными массивами данных - вполне.

Так что, на самом деле, для настоящего специалиста главное, чтобы во время проведения работ не изменялись условия взаимодействия составляющих частей испытуемого объекта, или изменялись эк-

видистантно (или иначе - взаимозависимо). Остальное он сделает сам. Имея такую многомерную характеристику объекта построить в ней уже знакомые нам графики зависимости - с расслоением характеристик или без - дело техники. И, конечно, математики.

Потому, проводить исследования какого-то испытуемого объекта по изменению определенной величины, строго выдерживая неизменными остальные параметры, как принято сейчас, совершенно не обязательно, поскольку любая снятая нами экспериментальная точка (условно показанная на Рисунке 3 синими звёздочками), при сохранении указанных выше условий стационарности протекающих в них процессов, неизменно попадет на характеристическую поверхность измеряемого объекта (тонированную на том же рисунке). И дело только математической обработки результатов эксперимента, каким образом и какие характеристические кривые из "звёздного поля", определяющего эту поверхность, мы желаем в конце концов получить.

При этом, на самом деле, эта поверхность вовсе не должна быть трёхмерной, как на этом рисунке. Область существования объекта имеет право быть сколько угодно n-мерной. И дело только в уровне применяемого математического аппарата, каким образом это сделать. Да ещё и графическое представление более 3D на бумаге или плоском экране монитора выглядит переусложнённым. Что вовсе не мешает работать с многомерной поверхностью, выраженной математически.

Учитывая сказанное, можно полностью изменить методологию проведения эксперимента. Применяя достаточно сильный математический аппарат, нет необходимости в столь чётком выдерживании его параметров. Достаточно добиться стационарности протекающих процессов. Это может существенно упростить и ускорить (а, следовательно, удешевить) процесс проведения эксперимента. □

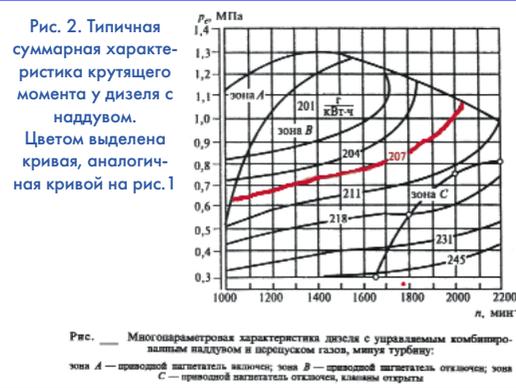


Рис. — Многопараметровая характеристика дизеля с управляемым комбинированным наддувом и перепуском газов, минуя турбину: зона А — прямой наддуватель выхлопа; зона В — прямой наддуватель отключен; зона С — прямой наддуватель отключен, клапаны открыты

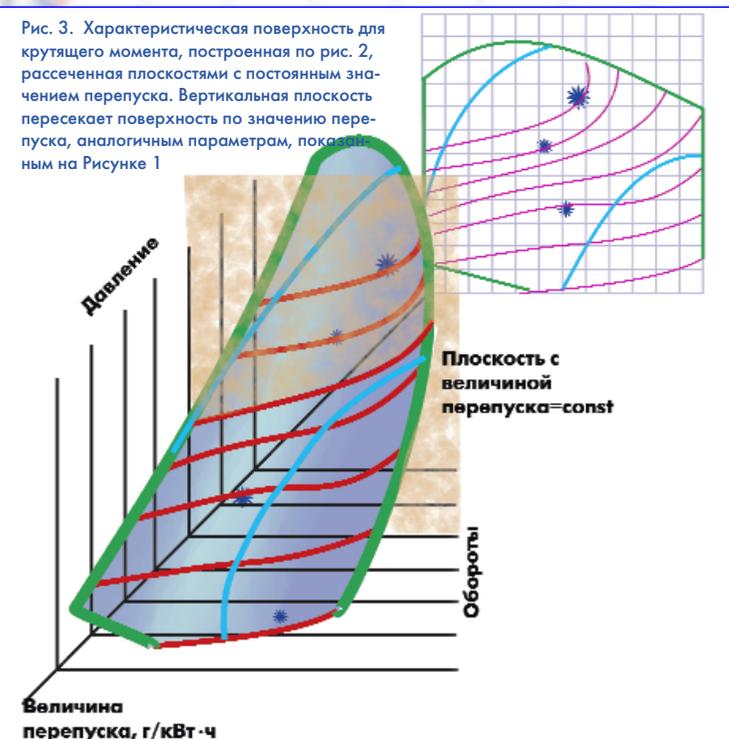


Рис. 3. Характеристическая поверхность для крутящего момента, построенная по рис. 2, рассеченная плоскостями с постоянным значением перепуска. Вертикальная плоскость пересекает поверхность по значению перепуска, аналогичным параметрам, показанным на Рисунке 1

ДВА ПИСЬМА ИЗ ПРЕДВОЕННОГО 1941 ГОДА

Иногда отдельные моменты нашей истории заменяются не совсем непредвзятыми свидетельствами либо самих непосредственных очевидцев событий, либо их слушателей. При отсутствии противоречащих сказанному версий произошедшего и отдалённости, эта информация со временем начинает считаться незыблемо объективным фактом. Впрочем, чаще бывает даже и наоборот: то, что нам по каким-то причинам не хочется помнить, мы и не вспоминаем. И когда уйдут все, кто мог бы что-то свидетельствовать, оказывается, что этих случаев и событий и вовсе как бы не было. И то и другое позволяет придумывать на место реальных фактов любые сказки по потребности их говорящего.

...А в архивах встречается разное. Иногда – так и вовсе противоречащее друг другу.

Публикуемый материал был в начале 90-х передан мне одним из старейших работников ЦИАМ конца XX века, членом, а затем и председателем его Совета Ветеранов, заместителем начальника отдела 010 Иваном Денисовичем Ходаковым, свидетелем и непосредственным участником всех описанных событий. И – членом парткома института. Эти два коротких официальных письма, сохранились в "особой папке" парткома до самой его ликвидации. Чтобы эта информация не пропала для общественности, Иван Денисович, посчитав её существенной, предложил мне опубликовать её.

Кажется, сейчас уже стоит исполнить его просьбу, поскольку предвоенная история института из тёмного пятна уже становится пятном белым, и полностью заменена общими словами. По письмам видно, что агрессивная кадровая политика середины – конца 30-х годов настолько подействовала на общество, что ни о каких репрессиях в предвоенные годы даже уже не помышляли. Хотя повод, несомненно, представился.

Мне кажется, любопытно. Потому, материал даю без каких-либо купюр, вставок и комментариев, с сохранением синтаксиса и орфографии оригиналов.

Дмитрий Александрович Боев, ветеран труда ЦИАМ, генеральный директор журнала "Двигатель"



И.Д. Ходаков в конце XX века
Фото с его семейного сайта в INSTAGRAM

**4 ЯНВАРЯ 1941 г. ЗАМ. НКВД МЕРКУЛОВ И
НАЧ. ГЭУ НКВД КОБУЛОВ НАПРАВИЛИ ПИСЬМО
ТОВ. ВОЗНЕСЕНСКОМУ Н.А. (ВХОД. № 72/Б СНК СССР ОТ 9 ЯНВАРЯ)**

С.Н.К. СССР - товарищу ВОЗНЕСЕНСКОМУ.

Виза Вознесенского:

**т. Горемыкину с участием т. Кузнецова
(или Баландина) НКАП и ЦИАМ
подготовить проект решения о работе
Института в 1940 г. (оценка) по заданиям
на 41 г. Виновных наказать. 7 января
1941**

Н. Вознесенский.

Постановлением Комитета Обороны Центральный Институт Авиационного Моторостроения обязан был в 1940 г. провести научно-экспериментальную работу и провести испытания с передачей в серийное производство по 9 опытным объектам авиамоторов и высотных агрегатов.

На 1-е января 1941 года ЦИАМ не закончил и не обеспечил проведения опытно-экспериментальных работ по двигателям бесклапанного распределения, двигателям форкамерного зажигания и двухтактным бензиновым двигателям.

По агрегатам непосредственного впрыска не закончены опытные работы по доводке автоматики для проведения испытаний на моторах М-105 и М-88.

По агрегатам высотности - из пяти различных модификаций турбокомпрессоров ТК-1, ТК-2, ТК-2Б, ТК-2И и нагнетателей Э-100, Э-42, Э-42А, Э-42Г опытные работы не закончены, на самолетах не испытаны и на вооружение ВВС КА ни один из агрегатов высотности не принят.

Экспериментально-опытные работы в ЦИАМ'е проводятся без должного контроля и учета реальных возможностей лабораторий; руководители научно-исследовательских тем в ряде случаев произвольно изменяют и нарушают установленные сроки по работам. В результате убытки от брака, без учета стоимости материала, за 11 месяцев 1940 г. составили 1 млн. 300 тыс. рублей.

Решением правительства ЦИАМ обязан был построить к 1 мая 1940 года 3 мотора М-300 мощностью 3000-3500 л.с., а к 1 ноября произвести их государственные испытания.

Указанные моторы не изготовлены, затрачено же на их проектирование и изготовление отдельных деталей свыше 7 млн. рублей.

Руководство ЦИАМ самовольно, без ведома НКАП, четыре раза меняло сроки по выпуску мотора.

Агрегат непосредственного впрыска для мотора М-300 своевременно не был включен в план работы конструкторского бюро № 32, а в декабре 1940 г. опытные работы по этому агрегату были даже приостановлены.



Н.А. Вознесенский



Горемыкин Пётр Николаевич,
в 1940 г. - зам. наркома
вооружений



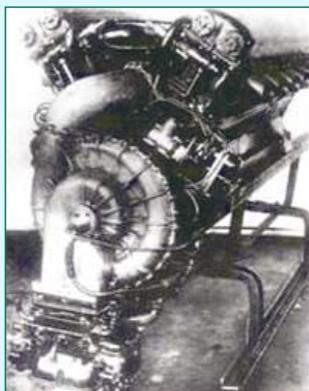
Зам НКВД Всеволод
Николаевич Меркулов



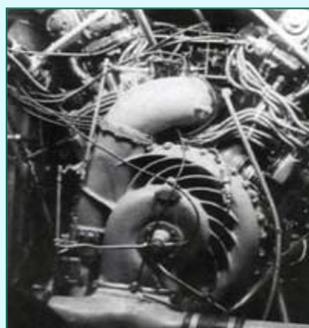
Нач. ГЭУ НКВД Б.З Кобулов



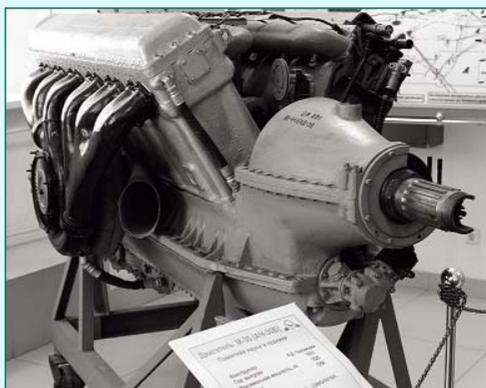
Авиационный завод № 18, Куйбышев, 1943 г.



М-34Н с нагнетателем Э-100



М-34 ФРНВ с ТН-1 на самолёте ПС-124



Авиадизель АЧ-30Б

Приказом НКАП'а ЦИАМ обязан был провести в мае - июне 1940 года летные испытания турбокомпрессоров ТК-1, ТК-2И, ТК-2Б и определить их пригодность для эксплуатации на самолетах.

Испытания полностью не проведены, а результаты частичных испытаний не отработаны, нет ясности, на каких именно самолетах будут использованы изготовленные турбокомпрессоры.

Главные конструкторы серийных авиационных заводов ПОЛИКАРПОВ, МИКОЯН, МИКУЛИН и др. предъявляют ЦИАМ'у требование изготовить турбокомпрессор для моторов мощностью до 2000 л.с.

Запроектированный турбокомпрессор ТК-3 для моторов мощностью 2000 л.с. руководством ЦИАМа в опытном производстве не изготовлен, несмотря на то, что рабочие чертежи были сданы в производство еще в июле месяце 1940 года.

На протяжении 2-х лет конструктор ТРЕСКИН работает над нагнетателем Э-42А для мотора М-105, который должен обеспечить нормальную работу мотора на высоте 13 тыс. метров.

По решению правительства нагнетатель должен был быть выпущен к 1 мая 1940 года. Зам. нач. ЦИАМ'а ЛЕВИН при составлении плана тематических работ на 1940 год самовольно изменил срок выпуска нагнетателя на октябрь месяц.

В ответственный период сборки и испытаний нагнетателя на станке ведущий инженер ЛИТВИНОВ с группой квалифицированных работников по сборке нагнетателя были переведены на другую работу.

Руководство ЦИАМ'а, зная о значительных преимуществах нагнетателя Э-42А перед нагнетателем Э-100, форсировало в первую очередь работы по нагнетателю Э-100.

С 1934 года ЦИАМ работает над усовершенствованием агрегата непосредственного впрыска для моторов легкого топлива.

В результате плохой организации экспериментально-опытных работ агрегат непосредственного впрыска остался конструктивно недоработанным и испытаний не прошел, несмотря на израсходование свыше 12,5 млн. рублей.

По мотору М-40 ЦИАМ хотя и работает на протяжении восьми лет, однако изготовлено всего 24 мотора. На каждый мотор израсходовано свыше одного миллиона рублей и 16,5 тонн дорогостоящего металла.

В ноябре месяце 1940 года мотор М-40 прошел государственные станковые испытания, но на вооружение ВВС КА не принят, так как во время полета на самолете было установлено, что при планировании на высоте свыше 4000 м мотор глохнет и не запускается.

Руководство ЦИАМ'а, зная о дефектах мотора, выявленных в полете, необходимых мер по устранению этого дефекта своевременно не приняло и сдало мотор на государственные испытания конструктивно недовершенным и непригодным для эксплуатации на самолете.

Топливный насос ТН-12, установленный на моторе М-40, сложен в производстве и не обеспечивает дальнейшего форсирования мотора по мощности.

Спроектированный конструктором МАКАРОВЫМ насос ТН-14А является унифицированным и может быть использован на моторах М-30, 40, 50 и значительно проще при изготовлении в производстве.

Отсутствие насосов ТН-14А задерживает выпуск моторов М-40 серийного производства на Кировском и Харьковском заводах.

Переданная техническая документация и технологические разработки мотора М-40 на серийные заводы Наркомата Среднего Машиностроения имеют существенные недостатки, вследствие которых мотор не осваивается в производстве в установленные правительством сроки.

Решением правительства ЦИАМ обязан в 6-ти месячный срок составить рабочие чертежи и разработать технологии на детали мотора М-500 Даймлер Бенц 601Е, полученного из Германии.

Созданное конструкторское бюро не может закончить в установленные сроки свою работу, так как руководством ЦИАМ'а не были выделены работники отдела Технического контроля для промера основных деталей мотора.

Отсутствие рабочих чертежей и разработанной технологии задерживает освоение этого мотора в серийном производстве на Горьковском заводе № 466.

В результате неудовлетворительной работы ЦИАМ'а и его начальника КАШИРИНА выполнение правительственных заданий по опытным объектам задерживается по несколько лет в производстве.

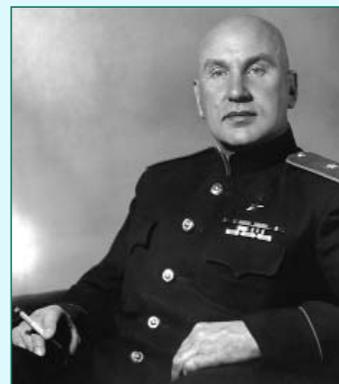
Еще в июле 1940 года состояние выполнения тематического плана опытных и экспериментально-научных работ было проверено инспекцией при Наркоме авиационной промышленности, которая установила, что сроки этих работ по вине руководства ЦИАМ'а были сорваны.

Несмотря на указание Наркома авиационной промышленности тов. ШАХУРИНА Начальнику 8 Главка НКАП тов. КУЗНЕЦОВУ В.П., виновники срыва к ответственности не были привлечены и антигосударственная практика в работе ЦИАМ'а продолжает иметь место.

**ЗАМ. НАРКОМА ВНУТРЕННИХ ДЕЛ СОЮЗА ССР
НАЧАЛЬНИК ГЭУ НКВД СОЮЗА ССР (3333, 124-128).**



Баландин Василий Петрович, 1940 г

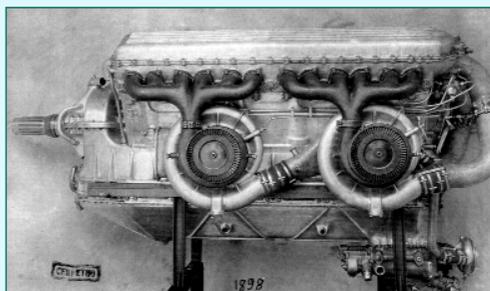


Микулин А.А., послевоенное фото

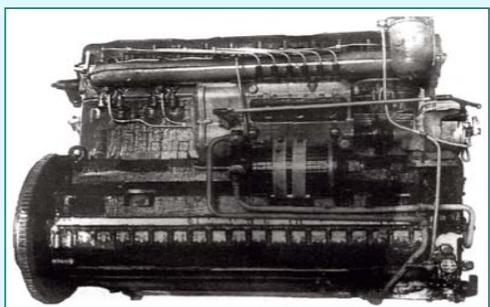
В НАЧАЛЕ ЯНВАРЯ 1941 КОРЗИНЫМ БЫЛА ПОДГОТОВЛЕНА СПРАВКА ДЛЯ ТОВ. ВОЗНЕСЕНСКОГО

Зам. Наркомвнудел - т. Меркулов докладывает:

- 1. Руководство Центрального Института Авиационного Моторостроения - ЦИАМ'а в 1940 г. сорвало выполнение плана научно-исследовательских и опытно-экспериментальных работ по авиамоторам.**
- 2. Виновники срыва Наркомавиапрома к ответственности не Привлечены и антигосударственная практика в работе ЦИАМ'а продолжает иметь место.**



Авиадизель АН-1 РТК (М-40)

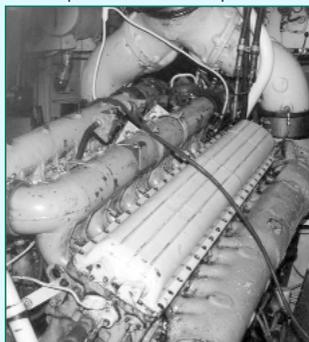


Дизель М-50Т

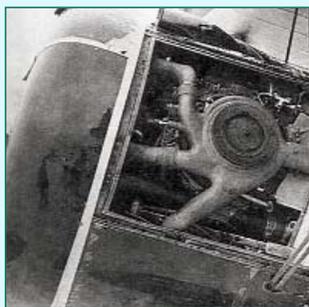
(б) выполнял и продолжает выполнять сейчас работу по составлению чертежей и технологии мотора М-500 (ДБ-601).

Согласно Постановлению чертежи мотора должны быть составлены к 15.2.41 г. технология к 15.4.41 г., чертежи инструмента и приспособлений к 15.5.41 г.

ЦИАМ выполняет работу в соответствии с графиком. Горьковский автозавод в данное время готовит производство мотора М-105 и только во втором полугодии обязан выпустить 25 шт. моторов М-500.



Судовой двигатель М50



Турбокомпрессор-ТК-1 на И-15 бис

Тов. Меркулов ошибочно докладывает, что уже сейчас из-за отсутствия чертежей и технологии задерживается серийный выпуск моторов М-500 на Горьковском автозаводе.

В 1940 г. внимание руководства ЦИАМ'а было сосредоточено на внеплановых, но важнейших заданиях КО (М-40, М-50, двухступенчатый нагнетатель и др.). Опытно-производственная база ЦИАМа была на 70 % занята внеплановыми работами. Такие объекты, как М-40, М-50, потребовали только по механическому цеху 310 тыс. станко-часов.

Тов. Меркулов правильно докладывает, что в 1940 г. ЦИАМ не выполнил работу по созданию агрегатов непосредственного впрыска для моторов М-88 и М-105, мощного мотора М-300, а также не выполнил плана научно-исследовательских работ (из 71 темы не выполнено 25).

Частичное невыполнение плана по второстепенным объектам объясняется не антигосударственной (как утверждает т. Меркулов) практикой руководства ЦИАМ'а, а большими внеплановыми заданиями и ограниченностью опытно-производственной базы Института.

В настоящее время Секретариат Комитета Обороны с привлечением Наркомавиапрома и УВВС готовит задание ЦИАМ'у на 1941 г. в виде плана научно-исследовательских и опытных работ.

Считаю целесообразным сообщить изложенное т. Меркулову. Корзин. [п/п]

М-40 принят на вооружение ВВС Красной Армии и запущен в серийное производство.

Тов. Меркулов ошибочно докладывает, что мотор М-40 непригоден для эксплуатации и не принят на вооружение ВВС.

2. В 1940 г. ЦИАМ, согласно Постановлений КО, выполнил работу по созданию двухступенчатого нагнетателя Э-100, нагнетателя со сверхзвуковыми скоростями Э-42А и турбокомпрессора ТК-2.

Постановлением СНК СССР и ЦК ВКП(б) от 9.1.41 г. двухступенчатый нагнетатель запущен в серийное производство по нагнетателю Э-42А и турбокомпрессору ТК-2, установлены жесткие сроки для проведения летных испытаний.

Двухступенчатый нагнетатель повышает мощность серийного мотора М-105 на земле и особенно на боевых высотах на 100-150 л.с.

Тов. Меркулов делает ошибку, когда противопоставляет нагнетатель Э-42А двухступенчатому нагнетателю. До высоты 8000 м. последний имеет бесспорное преимущество перед другими нагнетателями, в том числе и перед нагнетателем Э-42А.

3. В 1940 г. ЦИАМ, согласно Постановлению СНК СССР и ЦК ВКП

Докладываю:

По вопросу работы ЦИАМ'а в ряде важнейших моментов т. Меркулов докладывает неточно.

ЦИАМ не выполнил утвержденный в начале 1940 г. план научно-исследовательских и опытно-экспериментальных работ, но вне плана, согласно Постановлений Комитета Обороны, выполнил ряд важнейших заданий.

1. В 1940 г. ЦИАМ создал, согласно Постановлений КО, мощный авиационный дизель-мотор М-40 и легкий морской дизель М-50 с целым рядом сложных агрегатов. Указанные моторы удовлетворительно прошли государственные испытания. Мотор



Руководители Горьковского авиационного завода № 21 имени С. Орджоникидзе: гл. конструктор ОКБ-21 С.А. Лавочкин, парторг завода А.В. Агуреев, директор завода С.И. Агаджанов у Ла-5 на заводском аэродроме



Автошарж руководителя группы агрегатчиков ЦИАМ 40-х годов Л.Е. Франкштейна

Помета: Секретариат КО подготовил план опытных работ НКАП (в т.ч. ЦИАМа) на 1941 г.

План при участии т. Репина обсуждался у тов. Ворошилова.

Проект постановления проголосован т. Ворошиловым (3333)





**МОТОРЫ
ПОБЕДЫ**



РЕКЛАМА

ВЫСТАВКА СТАРИННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

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



Аукционный дом
ЕГОРОВЫХ



РЕАЛИЗАЦИЯ МЕЧТЫ - ВЕРШИНА СЧАСТЬЯ

Валерий Игнатьевич Гуров, доктор технических наук, начальник сектора ГИЦ РФ ЦИАМ, кавалер медали "За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина"

ПОСВЯЩАЕТСЯ МОЕМУ ДЕДУ ГРИГОРИЮ ГУРОВУ - КУРСАНТУ КРЕМЛЕВСКОЙ ПУЛЕМЕТНОЙ ШКОЛЫ, ЧАСОВОМУ У КАБИНЕТА ЛЕНИНА.

В начале было слово. Слово это замысел. И если по слову Творца хаос со временем приобрел порядок, то для своего развития человек старается творить уже по своему замыслу и воле. Сообразуясь с тем, как течёт жизнь. Каждый человек по своему рождению получает исходный капитал в качестве ума и времени земной жизни. Насколько будет развит ум в разум по ходу земного пребывания и разумной деятельности человека, настолько он оставит свой след на земле и настолько будет он памятен и любезен своему народу. Знаменитую строку по Пушкину образно дополняет поэт-философ советской эпохи Леонид Мартынов в своем стихотворном послании людям - "Какой ты след оставишь: след, чтоб вытерли паркет и посмотрели косо вслед или...?"

Все люди как люди, а ты как хан на блюде...

Своим предваряющим рассуждением обязан многочисленным читательским откликам на публикацию о возможности замедления старения, представленную в "Двигателе" № 5 за 2019 год. В основном, читатели в своих откликах благодарят за жизнеутверждающий материал, позволяющий поменять даже направление мыслей взрослых людей. Вместе с тем, мой друг и коллега из Воронежа пожурил меня за неточную информацию об ученой степени Оксаны Федоровой (она, мол, всего-навсего КЮН, а не доктор) и, кроме того, отметил перенасыщенность статьи авторскими фото. С последним замечанием полностью согласился, пояснив, однако, что и на мои подобные возражения на усмотренную перенасыщенность получил неотразимый ответ генерального директора издательства: мол, статья настолько хороша, что обязана иметь хоть один недостаток. А вот насчет докторской степени, главного героя статьи продолжаю стоять на своем утверждении: кандидатская диссертация Оксаны настолько актуальна и внятна по четкому решению важной проблемы юриспруденции, что в советские времена ей - по тогдашней практике работы диссертационных Советов - могла бы быть присуждена степень доктора наук в рамках одного заседания Совета. Но соискательница - верная своим новым убеждениям - отдала предпочтение семейным ценностям и отклонила предложение об очередной быстрой защите.

Особняком стоит отзыв, вынесенный в заголовок. Он вроде бы и ни отрицательный, но явно и не положительный. Попытка связаться с автором - безуспешно: хорошо уже то, что хулиганское слово из трех букв известного выражения читатель заменил в своей оценке интеллигентным словом.

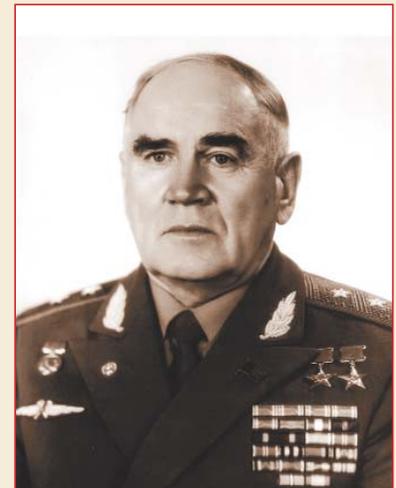
Мне можно было бы остановиться - как такое принято - на выражении благодарности активным читателям через редакционную почту, но ... "Что значит гармония любви, творчества и выбора?" - так прозвучал вопрос одного из читателей. Вопрос затронул мою профессиональную гордость. Хотелось ответить формально: мол, гармонично - значит с одинаковым весом влияния каждого из факторов на функцию отклика. Такой формальный ответ диктует системное мышление научного сотрудника мирового уровня. Заметьте не



ученого, а именно сотрудника. Как говорят, ученых много - умных мало! Начальник (1967 - 1982 годы) моего родного ГИЦ РФ ЦИАМ Сергей Михайлович Шляхтенко доверительно делился со мной тем, что чрезвычайно стеснялся, когда его величали ученым: мол, ученый - это штучный товар и ученых действительно можно сосчитать по пальцам. Но что делать: мировые ценности и раньше, а теперь особенно катастрофически девальвируются практически во всем.

Тем не менее, вопрос читателя озадачил меня и заставил усомниться - даже на первом этапе - в правильности выбора равного влияния каждого из трех факторов на формирование счастливого состояния человека. Какой же из них более важный и какой вес ему придать? Очевидно, что простыми рассуждениями в ответе на поставленный вопрос нельзя ограничиться: нужен, как минимум, анализ обширных социальных данных, в том числе по опросу людей, считающих себя счастливыми. При этом наглядным аргументом может стать прямая аналогия по оценке научных исследований: теория становится знанием только после убедительного подтверждения ее допущений экспериментом.

Считаю, что наиболее важным из трех факторов формулы счастья является фактор правильного выбора. Такому уверенному утверждению способствовало знаменитое публичное высказывание моего кумира, стратега XX века в научно-технической сфере Николая Дмитриевича Кузнецова о том, что "лучше долго и упорно искать хорошее, чем улучшить плохое". Несомненно: такому поиску способствует умение правильного выбора на основе разумного сравнения качеств - с подключением развитой интуиции - тех, с кем намерен обрести счастье, причем об уровне интуиции человека можно судить по высоте его мечты.



Тропой реализации мечты к обретению счастья

Вершина счастья - реализованная высокая мечта. Для принятия такого утверждения достаточно вспомнить мечту героини романтического творения Александра Грина "Алые паруса" и призыв психологов не забывать о принципе самосбывшегося пророчества. Неустанно говори о том, что ты неотразима и достойна своей мечты и мечта непременно сбудется, причем в достижении длительного комфортного состояния тела, души и духа.

Я не удержался от проведения социологического опроса людей с оценкой их способности к выбору. Предложил отдать предпочтение одному из двух вариантов: или культ личности, или культ наличности. Из пожилых людей большинство без сомнения выбирали культ личности, а из молодых - культ наличности, причем некоторые уходили от ответа, поясняя тем, что им не нравится само слово культ. Видимо, такая категория людей не утруждает себя премудростями выбора путем рассуждений и ограничивается бытовым уровнем сопоставления предлагаемых вариантов ответа. Им легко возразить тем, что невозможно отказаться от культа красоты или даже от культа женщины. Кстати, Нобелевский лауреат Михаил Шолохов очень почтительно относился к отвергаемому слову. На вопрос об его отношении к

культу личности Сталина он ответил: "Была бы Личность, а с культом разберемся". Результаты опроса позволили мне задачу выбора использовать в качестве теста уровня развития ума. В частности, о показателе IQ может свидетельствовать выбор одного из двух самых коротких и не менее притягательных детективов автора принципов создания законов роботехники Айзека Азимова: "Что значит имя" и "Человек, который никогда не лгал".

Очевидно, что масштаб мечты, как путеводной звезды на тропе счастья, может меняться по времени. И только на исходе жизни каждый человек вправе задать самому себе вопрос о том, насколько он доволен своей жизнью и оказался ли значимым масштаб его мечты.

Мир спасется Россией

Масштаб моей нынешней мечты основан на твердом убеждении, что мир - с его неодолимыми потребительскими устремлениями - спасется только Россией, в особенности его Сибирью. Сибирь - удивительный край, в котором издавна и по сию пору господствует простенькая, но достаточно глубокая триада: "Сто рублей - не деньги, сто километров - не расстояние, сто лет - не старуха". Свое мнение на сей счет кратко пытался обосновать в рубрике откликов читателей журнала "Наш современник" №11, 2019 год. Моя мечта необыкновенно укрепляет и воодушевляет меня, в том числе в профессиональной деятельности. Более трети века (с 25 мая 1987 года), оставаясь в должности руководителя разработок проблем совершенствования ключевого агрегата мощных жидкостных ракетных двигателей (ЖРД),

продолжаю общаться с корифеями российского двигателестроения. Это общение концентрируется на совместных попытках плодотворного внедрения в общую промышленность прорывных технических решений в ЖРД, приоритетно закрепленных патентами объектов интеллектуальной собственности РФ.

Надеюсь, что вдумчивый читатель поймет по итогам моих рассуждений, что формула счастья зависит не только от трех основных факторов (искренняя любовь, неустанное творчество и правильный выбор), но она - несомненно - двуполога: счастье женское отличается от счастья мужского. Вместе с тем их объединяет фактор правильного выбора и вес его влияния (не менее 40%) на функцию отклика. Но, тем не менее, главное в ином: один человек не способен создать формулу счастья. Она подвластна только коллективному разуму высокого уровня. Спасибо откликам читателей, которые вразумили меня.

Только поставил точку, и - на тебе: пришел запоздалый отклик читателя с сообщением о том, что формулой счастья занимался (но не решил) и академик Ландау - светило мировой науки. Он предложил три фактора с равнозначным весом: работа, любовь, общение. Это еще раз убедило меня в недоступности окончательного общего решения для столь высоких понятий. □

Связь с автором: dr.gurow2015@yandex.ru

ИНФОРМАЦИЯ - НОВЫЙ ЭЛЕКТРОСАМОЛЕТ

Область экологически чистых авиационных перевозок стала на один шаг ближе благодаря первому полету, совершенному девятиместным самолетом Cessna Caravan с электрической двигательной установкой. Данный самолет является результатом совместных усилий специалистов аэрокосмической компании AeroTEC и компании magniX, специализирующейся на электрических силовых установках. Отметим, что двигательная установка magni500, мощностью 560 кВт (750 л.с.), уже была использована для переоснащения шестиместного гидроплана, который совершил первый полет в декабре прошлого года.

Теперь же, двигательная установка magni500 была использована для перевода самолета Cessna 208B Grand Caravan с авиационного топлива на электрическую тягу, что превратило этот самолет в летательный аппарат с нулевой эмиссией. Первый полет этого самолета, получившего название eCaravan, был проведен на полигоне



компании AeroTEC в Мозес-Лейке, штат Вашингтон, США. Самолет, размах крыльев которого составляет 16 м, совершил взлет и совершил 30-минутный полет.

Одной из нерешенных до настоящего времени проблем для допуска eCaravan к

пассажирским перевозкам является то, что отсутствуют утвержденные программы испытаний и сертификации электрических самолетов. И пока идет поиск решений по сертификации электросамолетов специалисты компании magniX приступили к разработке нового авиационного электрического двигателя мощностью 1120 кВт (1500 л.с.) и которому уже будет по силам поднимать в воздух гораздо более тяжелые самолеты.

Максимальная дальность полета ЛА eCaravan "на одной заправке" составляет сейчас порядка 100 миль (160 км). Главная причина - ограниченное количество энергии в литий-ионной аккумуляторной батарее самолета. Однако есть надежда, что последние достижения в разработке литий-воздушных, литий-серных аккумуляторных батарей и водородных топливных элементов в конечном итоге позволят создать источник, который будет способен обеспечить полет электрических самолетов и с большей массой, и на более дальние расстояния. □



ПОЛИТЕХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ УПРАВЛЯЕМЫЙ МЕХАНИЗМ ИГНАТЬЕВА



Максим Олегович Карташев, старший научный сотрудник Политехнического музея

В настоящее время всем, кто хотя бы немного следит за развитием техники, хорошо известны возможности современных дистанционно управляемых роботов, получивших широкое применение во многих областях человеческой деятельности. Они могут использоваться как боевые машины для выполнения специальных задач (разминирование, дистанционный подрыв и т.п.), а также при работе в условиях, опасных для жизни и здоровья человека. Например, на местности, подвергшейся радиоактивному или химическому заражению.

Однако мысли о создании устройств, управляемых дистанционно, возникали у инженеров и изобретателей из разных стран уже в начале XX века. Как правило, их попытки были связаны с применением таких разработок в военном деле. Дополнительным толчком к проведению работ в этом направлении послужил опыт Первой мировой войны, когда особо остро встал вопрос о поиске способов прорыва хорошо укрепленных оборонительных линий противника. Но, вплоть до начала Второй мировой войны, проекты по созданию дистанционно управляемой техники, как правило не шли далее изготовления одного или нескольких опытных образцов. Например, в 1915 году французскими конструкторами Обрио и Габэ была создана первая, так называемая, "сухопутная торпеда" (Torpille Terrestre). Она могла нести до 200 кг взрывчатки, и следом за собой тянула два кабеля, по которым осуществлялось питание электродвигателей. Управлялась торпеда посредством простого отключения или включения двигателей, вращавших гусеницы. Торпеда была создана в единственном экземпляре и серийно не производилась [9, с. 52]. В США в сентябре 1918 года инженером компании "Холт Маньюфакчуринг Ко." Элмером Викарсэмом (Elmer E. Wickersham) также была создана сухопутная торпеда. В 1922 году он получил патент на свое изобретение, которое называлось "Land torpedo" (сухопутная торпеда). Торпеда Викарсэма приводилась в движение двумя электродвигателями, которые находились между ведущим задним колесом и передним ленивцем каждой гусеницы. При этом наличие опорных катков в торпеде не предусматривалось. Питание на двигатели должно было подаваться по проводу, разматывавшемуся с подпружиненной катушки [9, с. 52]. Серийно это творение американского изобретателя также не производилось.

Занимались данной темой и инженеры в Советской России. Чаще всего разработчики дистанционно управляемых устройств брали за основу уже существующий образец какой-либо обычной боевой машины и переводили его на управление по электрическим проводам или радиосигналу. В частности, таким радиоуправляемым танком-торпедой стал "телетанк" ТТ-18, созданный на базе серийной бронированной машины Т-18 в Особом техническом бюро ("Остехбюро") под руководством выдающегося советского инженера Владимира Ивановича Бекаури.

Еще одна разработка дистанционно управляемой машины представляет для нас особый интерес, поскольку она связана с именем человека, являвшегося личным шофером последнего российского императора Николая Второго. Звали его Адольф Кегресс. Во время службы в России Кегресс стал инициатором создания русских полугусеничных автомобилей, оснащенных движителем его собственной конструкции. Сегодня единственную сохранившуюся подлинную гусеничную тележку Кегресса можно увидеть в Горках Ленинских под Москвой. Она установлена на полугусеничный автомобиль марки "Роллс-Ройс" (рис. 1). Используя свои предыдущие разработки, Кегресс создал так называемую "машину Кегресса" или "машину К" (Engin K или Vehicles K) [10].



Рис. 1 Движитель Адольфа Кегресса

Устройство успело пройти полевые испытания, на которых показало себя очень хорошо. Однако запустить его в производство помешало немецкое вторжение во Францию. В 1940 году захватчикам удалось получить прототип "машины К" - он был поднят со дна реки Сены, где его ранее затопили французы. Прототип отправили в Германию на предприятие компании "Боргвард" (Borgward), которое с конца 30-х годов занималось разработкой дистанционно управляемых машин для нужд Вермахта. В результате на основе технических решений, реализованных французами, в апреле 1942 года немецкие конструкторы создали единственную в мире серийно выпускавшуюся сухопутную торпеду, применявшуюся в годы Второй мировой войны [10]. В апреле 1942 года начались ее испытания, в которых машина показала себя весьма неплохо. Ей был присвоен индекс "SonderKrafftfahrzeug 302" ("машина спецназначения 302"), сокращенно - Sd. Kfz. 302. В войсках она получила неофициальное название "Голиаф". Всего за время Второй мировой войны было произведено 7564 "Голиафа" различных модификаций. Но использование данной техники в реальных боевых условиях показало ее ненадежность. Среди недостатков этой сухопутной торпеды называют ее небольшую грузоподъемность (всего 70 кг), малый клиренс (всего 11,4 см у "Голиафа Е" и 16,8 см у "Голиафа V"), низкую скорость (10...11,5 км/ч) и слабое бронирование, делавшее машину уязвимой даже для стрелкового оружия, ведущего огонь бронейными пулями. Кроме того, советские пехотинцы быстро сообразили, что "Голиафа" можно обезвредить, если успеть перерубить провода питания [10] (рис. 2).



Рис. 2 Машина "Голиаф"

Красная армия уже в начале Великой Отечественной войны также обладала подобными устройствами. В августе 1941 года по инициативе военинженера 3-го ранга А.П. Казанцева была разработана телеторпеда ЭТ-1-627. Последнее число в индексе торпеды появилось благодаря московскому заводу № 627 Наркомата электротехнической промышленности, сотрудники которого участвовали в создании первых прототипов торпеды и ее серийном производстве. Торпеда собиралась на деревянной раме, имела по четыре небольших опорных катка с каждой стороны, гусеницы на резиново-тканевой основе с деревянными траками-пластинами и электродвигатель с приводом на задние ведущие колеса. Управление движением и подрывом танкетки-торпеды производилось по двум проводам, а питание поступало по третьему силовому проводу от генератора, размещенного в танке сопровождения. Достоверно известно, что ЭТ-1-627 использовались во время боев на Керченском полуострове, причем за их применением наблюдал конструктор А.П. Казанцев. Использовались они и при обороне Ленинграда для борьбы с немецкими ДЗОТами и прочими укреплениями [10] (рис. 3). Но широкого распространения это изделие также не получило ввиду его сложности, дороговизны и относительно невысокой эффективности. Опыт применения телеторпед показал, что недостаточно высокая скорость и уязвимость изделия для огня всех видов оружия приводят к тому, что наносимый им урон не окупает затрат на его производство.

В коллекции же Политехнического музея хранится уникальный



Рис. 3
Телеторпеда
ЭТ-1-627

образец дистанционно управляемой машины, в основу действия которой положены чисто механические принципы. В ряду подобных устройств она занимает собственное, совершенно особое место.

Полное ее название звучит так: "Многофункциональный управляемый механизм (Самодвижущийся танк) Игнатьева". Танком свое изобретение назвал сам А.М. Игнатьев, хотя в наше время такое наименование к его конструкции вряд ли было бы применимо. В отличие от всех аналогичных устройств, механизм Игнатьева приводится в движение исключительно при помощи мускульной силы человека. Принцип его работы чем то напоминает принцип работы часового механизма настенных часов с гирями. Механизм Игнатьева (рис. 4, 5) имел в своем составе два металлических барабана с намотанными на них веревками или тросами. Правый вспомогательный барабан служил для перемотки веревки на основной левый барабан, вращательное движение которого посредством редуктора и приводных цепей преобразовывалось в поступательное движение самого устройства. Поочередно наматывая и сматывая веревки с барабанов на себя можно было обеспечить продвижение механизма вперед. С помощью специальной



Рис. 4
Механизм
Игнатьева

рамки имелась возможность отключить трансмиссию и поставить редуктор в режим "холодного хода". Это поз-

воляло возвращать механизм на исходную позицию задним ходом, потянув за третью веревку. Дальность действия механизма, по сути, определялась длиной веревок на основном и вспомогательном барабанах. Сам Игнатьев предполагал, что после постройки его машины достаточно больших размеров, с ее помощью можно будет не только прорвать вражеские проволочные заграждения, но и, зацепив специальным крюком неприятельский аэроплан или пушку, притащить их к своим окопам. Последняя идея выглядит явно утопической. Машину же, сходную по конструкции, но меньших размеров, по замыслу изобретателя можно было использовать для дистанционного подрыва. То есть именно с той целью, с которой применялись аналогичные устройства других изобретателей.



Рис. 5 Механизм Игнатьева. Вид сверху

Очень интересна история создания единственной действующей модели механизма Игнатьева, сделанной им собственноручно в 1934 году. Здесь следует сказать несколько слов о личности самого Александра Михайловича Игнатьева (1879-1936), являвшегося революционером-романтиком, наивно верившим в утопическую идею построения бесклассового общества всеобщего благоденствия. Как и многие революционеры того поколения, А.М. Игнатьев был родом из вполне обеспеченной дво-

рянской семьи. Его отец - Михаил Александрович Игнатьев (1850-1919) - крупный петербургский ветеринарный врач, выходец из крестьян, впоследствии получивший чин действительного статского советника и потомственное дворянство. Мать - Аделаида Федоровна происходила из дворянского рода Казимирских. Но их сын своим инженерным талантом и техническими знаниями пользовался в основном для осуществления подпольной террористической деятельности, направленной на свержение действовавшей власти в России. Он был активным участником Первой русской революции 1905 года, подвергался преследованиям и арестам.



Рис. 6 Подпоручик А.М. Игнатьев. Фото из архива ФГБУ ВИАИ-ВиВС МО РФ

Авантюрный характер Игнатьева постоянно заставлял его балансировать на грани провала. Одним из его проектов, впоследствии отвергнутых самим В.И. Лениным, был план похищения императора Николая Второго, с привлечением на свою сторону казаков из императорского конвоя. В годы Первой Мировой войны А.М. Игнатьев, будучи командиром противозаэропланной батареи в звании подпоручика [1, л. 1] (рис. 6), изобрел и испытал прицел для стрельбы по воздушным целям. На фото 1916 года А.М. Игнатьев - крайний справа [2, л. 1; 7, с. 18] (рис. 7). Позднее, уже в советское время, он демонстрировал свое изделие в ГАУ Красной Армии В.И. Ленину и А.М. Горькому [8, с.12-13]. Этот эпизод, в частности, воспроизведен на картине под названием: "В. Ленин и М. Горький знакомятся с изобретением А. Игнатьева" художника В.А. Серова (рис. 8).

О революционной деятельности А. Игнатьева уже написаны многочисленные научные статьи. Нас же, в первую очередь, интересуют его технические изобретения. Сюда относятся и упомянутый выше артиллерийский прицел для стрельбы по аэропланам, и метод изготовления многослойного металлорежущего инструмента, а также множество других. Но наименее известным, и в то же время необычным из них, является упомянутый выше управляемый механизм или "танк Игнатьева".

Впервые идею создания этой машины изобретатель представил пролетарскому писателю А.М. Горькому, во время их встречи в Италии на острове Капри, который Александр Игнатьев посетил проездом по пути в Россию в 1908 году после выполнения очередного революционного задания. Для демонстрации принципа действия придуманного им устройства Игнатьев попросил писателя принести катушку с нитками. Он отмотал несколько витков, положил катушку на стол и потянул за конец нитки к себе. Катушка покатила в противоположную сторону. Игнатьев положил на пути катушки карандаш и сказал:

"Представьте, что на пути нашего барабанчика проволочное заграждение. Мы из окопа тянем канат, и тяжелый коток, наезжая на преграду, прокладывает дорогу солдатам [5, с. 26-27]."

Однако воплотить свою идею в металле Игнатьеву уда-



Рис. 7 А.М. Игнатьев (крайний справа) на фронте Первой Мировой войны. Фото из архива ФГБУ ВИАИ-ВиВС МО РФ



Рис. 8 Фрагмент картины художника В.А. Серова

дом 4. В архиве Политехнического музея сохранились уникальные документы, рассказывающие о первом публичном испытании модели танка Игнатъева [3, л. 288; 4, с. 1] (рис. 9, 10). Интересно, что в качестве "публики" выступили А.М. Горький и И.В. Сталин. Данные воспоминания оставил соратник Игнатъева - рабочий Н.Ф. Верещагин (рис. 11), помогавший в изготовлении его машины [6, с. 197]. Испытания модели механизма Игнатъева проходили в поселке "Горки-10" в особняке А.М. Горького. При этом А.М. Горький и И.В. Сталин собственноручно помогали распутывать веревки машины. Глядя, как хорошо Сталин управляет с работой, А.М. Горький заметил: "Ловко у тебя выходит, ты старый рыбак". На что Сталин в ответ добродушно улыбнулся [4, с. 1].

Пробные запуски механизма Игнатъева прошли успешно, и после этого модель была упакована в деревянный ящик, который оставался в особняке Горького вплоть до 1950 года. В том же году модель передали в Политехнический музей, где она и находится по нынешний день. Вторая публичная демонстрация механизма в движении состоялась 9 марта 2019 года в рамках Фестиваля технических музеев на "Олдтаймер-галерее" Ильи Сорокина в Сокольниках. То есть более 80 лет спустя. До сих пор остается невыясненным вопрос, почему машина Игнатъева не получила широкого распространения, и, по всей видимости, изобретатель более не возвращался к этой теме. Вероятнее всего, выявленные при испытаниях модели механизма недостатки (ограниченный радиус действия, плохая маневренность, недостаточная проходимость, уязвимость для вражеского огня и др.), не имевшие перспектив для их полного устранения, навели инженера Игнатъева на мысль о бесперспективности дальнейших работ по модернизации и внедрению своего изобретения.

лось только спустя 26 лет после памятной встречи на Капри с "буревестником революции" А.М. Горьким. В то время Игнатъев уже руководил Научно-исследовательской лабораторией при Наркомате тяжелой промышленности. Лаборатория располагалась в центре Москвы по адресу:

Лучников переулок, 26
 борьбы с танками и укреплениями противника стало бесполезным в связи с появлением новых, более эффективных средств. Тем не менее, сама идея создания механизмов, способных выполнять приказы человека-оператора на удаленном расстоянии, осталась весьма актуальной. Уже в 70-е годы XX века в СССР были разработаны и успешно использованы в научных целях знаменитые "Луноходы".

борьбы с танками и укреплениями противника стало бесполезным в связи с появлением новых, более эффективных средств. Тем не менее, сама идея создания механизмов, способных выполнять приказы человека-оператора на удаленном расстоянии, осталась весьма актуальной. Уже в 70-е годы XX века в СССР были разработаны и успешно использованы в научных целях знаменитые "Луноходы".

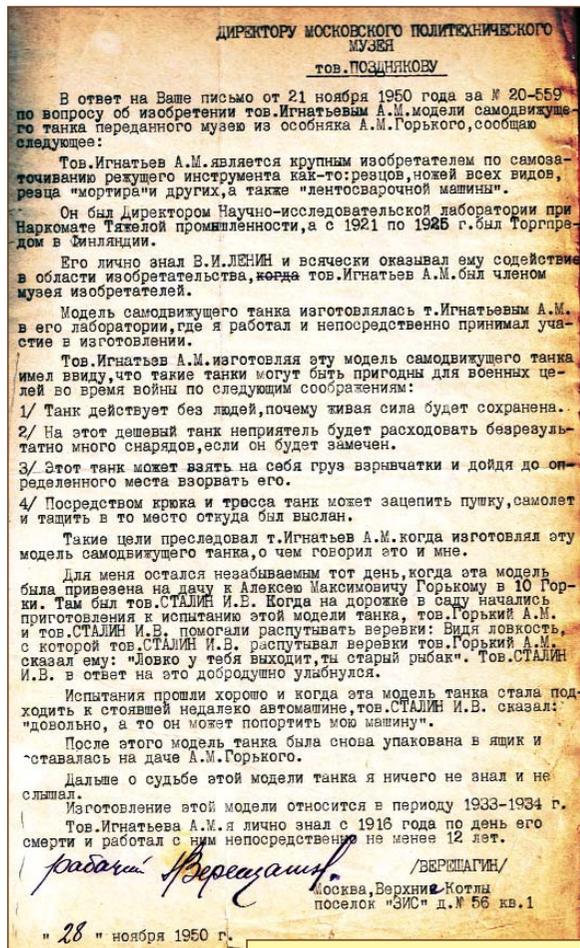


Рис. 9 Документ из архива ПМ

Современные вызовы поставили перед разработчиками подобных устройств другие задачи и побудили к созданию их на качественно новой элементной базе с применением новейших технологий. В настоящее время существует целый ряд компаний, занимающихся проектированием и изготовлением дистанционно управляемых роботов различного назначения. Спектр их применения весьма обширен. От медицинских центров до спецподразделений. Сохранившаяся же до наших дней модель механизма Игнатъева является живым свидетелем отечественного инженерного гения. Она наглядно демонстрирует одну из первых попыток изготовления дистанционно управляемой машины, идею создания которой русский инженер А.И. Игнатъев выдвинул еще в 1908 году.

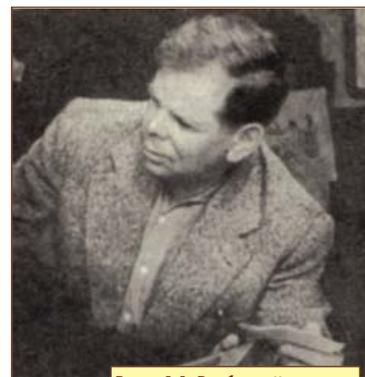


Рис. 11 Рабочий Н.Ф. Верещагин

На новом технологическом витке развития мировой цивилизации вектор применения дистанционно управляемых устройств сместился совершенно в другую сторону. Использование их в качестве средства

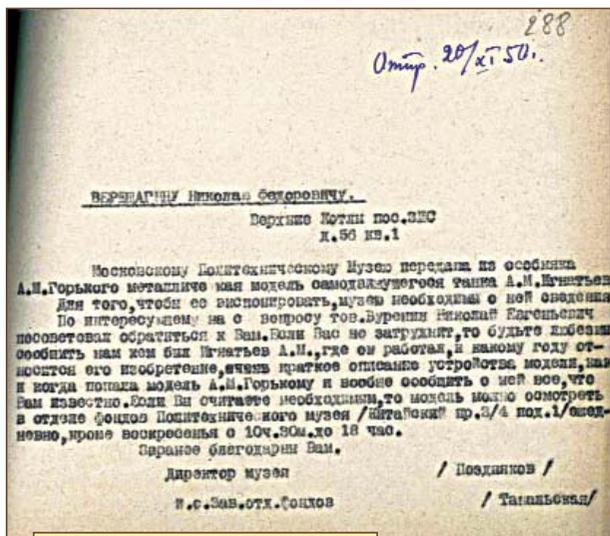


Рис. 9 Документ из архива ПМ

- Литература, источники и примечания:**
1. Архив ФГБУ ВИМАИВиВС МО РФ. - Ф.40, ОП.1, Д. 2
 2. Архив ФГБУ ВИМАИВиВС МО РФ. - Ф.40, ОП.1, Д. 7
 3. Архив учетных документов ПМ. ОП.1, Д.185
 4. ПМ. Отдел фондов, 1949. Старые описания и этикетаж уникальных экспонатов.
 5. Массович Я.М. Им помогал Ленин.-М. "Московский рабочий", 1981.
 6. Буренин Н.Е. Памятные годы. -Л. "Лениздат", 1961.
 7. Апресян В. Изобретение Игнатъева.- Знание-Сила, №11, 1950.
 8. Апресян В. Вечный пример.-Техника Молодежи, №4, 1960.
 9. Ардашев А. Электротанки.- Техника Молодежи, №14, 2017.
 10. Стаценко А. Сухопутные торпеды - от брандеров к управляемым ракетам <https://warspot.ru/1632>

2020 годъ.



ДВУХМЪСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛЪ



DVIGATEL

XXI ГОДЪ ИЗДАНІЯ

DVIGATEL

Fieri faciendo opere

Дело делается делаящими дело

Business is doing business

La seule revue technique „Le Moteur“

Die einzige technische Zeitschrift „Der Motor“

The sole technical review „The Motor“

РЕДАКЦИЯ: Москва, Лесоритово, Красноказарменная, 1Б тел. 8 495 382 7891

ДВИГАТЕЛЬ

двухнедельный научно-технический журнал

Уважаемые коллеги!

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

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

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

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

Журнал с 2002 года включён в Перечень ВАК (сейчас - № 1493 в общероссийском Перечне 2020 г.) по тематикам 05.04.02, 05.04.12 и 05.07.05 комиссий ВАК; индексируется в базах данных РИНЦ (НЭБ eLIBRARY.RU). Все статьи выкладываются на сайте журнала www.dvigately.ru одновременно с выходом журнала из печати или даже несколько опережая появление типографского варианта. Все статьи, заявленные как соискательские, попадают в библиотеку eLibrary. Публикация статей осуществляется в кратчайшие сроки. Стоимость опубликования статей по тематикам ВАК с 2020 года составляет 7 тыс. руб. за одну журнальную полосу и предназначена только на покрытие типографских расходов (печать и бумага).

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

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

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

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



www.dvigately.ru

МОНЕТЫ К 75-ЛЕТИЮ ПОБЕДЫ

Андрей Викторович Барановский

К 75-летию Победы во Второй мировой войне, которая для СССР стала Великой Отечественной, монеты отчеканили около 15 стран. Российская Федерация выпустила большую серию из 19 медно-никелевых номиналом по 25 рублей под общим названием "Оружие великой Победы".

На каждой из них изображён наиболее известный самолёт, танк, артиллерийское орудие, корабль, стрелковое оружие и написано имя главного конструктора. Тираж каждой монеты - 1 млн штук.

Было ещё несколько монет из недорогих металлов. Это биметаллические 10 рублей, 5 рублей 75 лет Курильской десантной операции.

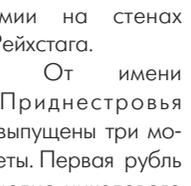
Кроме того, московский и Санкт-петербургский монетные дворы выпустили памятные монеты из серебра и золота номиналом 3, 25 и 50 рублей, посвящённые годовщине Победы.



это 1 рубль из медно-никелевого сплава и 20 рублей из серебра. Для Киргизии - медно-никелевый 1 сом и серебряные 10 сомов. На монете в 1 сом на фоне голубя помещена репродукция известной фотографии с автографами бойцов Красной



Армии на стенах Рейхстага. От имени Приднестровья выпущены три монеты. Первая рубль из медно-никелевого



сплава, на реверсе которого помещён памятник воину-освободителю в берлинском Трептов-парке. Вторая и третья из серебра и золота номиналом в 10 рублей с одинаковым рисунком - на фоне орде-



1 рубль Приднестровья

на Отечественной войны танк Т-34. На монетных дворах России от имени Камеруна были выпущены четыре монеты из серебра номиналом по 1000 африканских франков. Первая - Салют Победы 9 мая 1945 г. и Красная площадь. Вторая -



1000 афрофранков Камеруна



Из стран СНГ по одной монете выпустили Армения - серебряные 75 драмов и Украина - 5 гривен из нейзильбера. Казахстан выпустил три монеты номиналом 100 и 500 тенге. Часть 100 тенге отчеканены из мельхиора и часть из нейзильбера, 500 тенге - из серебра.

Беларусь и Киргизия отчеканили по 2 монеты. Для первой

Оружие Победы, на аверсе которой изображён Т-34 и на



20 рублей республики Беларусь

Армения - монета в 75 драмов к 75-летию Победы



Камерун "Катюша"

реверсе женщина у станка, делающая мины для миномета и третья с бипланом У-2 на аверсе с мальчишкой, стоящим у станка. На аверсе четвертой помещена катюша на базе трёхосного ЗИС-6 и на реверсе - женщина на сборке миномёта.

Из стран союзников по антигитлеровской коалиции наиболее интересную стратегию чеканки монет в память окончания

Второй мировой войны избрали США.

Все монеты регулярного обращения, юбилейные и инвестиционные, начиная с апреля 2020 г., снабжены специальной гравировкой "V75" (Victory). Первым примером этой масштабной программы стал новый квотер серии "Прекрасная Америка".



Великобритания - 75-летию Дня Победы

Англия отчеканила 2 биметаллических фунта, на реверсе которых изображено стихийное шествие людей, во главе которого фигура женщины, держащей в поднятой правой руке свежую газету с заголовком "VEDAY" (Victory in Europe day, День Победы в Европе).

Входящий в состав Великобритании, но имеющий право чеканить

собственную монету, остров Мэн выпустил серию из 7 памятных семиугольных монет номиналом по 50 пенсов. На каждой из них помещена одна буква из слова "VICTORY" и помещён рисунок. На V - Черчилль со своим знаменитым жестом V, на I - граждане острова Мэн празднуют победу; на С - солдаты пожимают друг другу руки на Трафальгурской площади; на Т - легкий крейсер типа "Дидо"; на О - "Спитфайр" над собором Святого Павла; для R - уличные вечеринки и на Y - возвратившийся к своей семье солдат.

Монеты острова МЭН к 75-летию Победы



Из других европейских стран юбилей окончания Второй Мировой войны отметили ещё Нидерланды и Бельгия. Первые выпустили серию из трёх монет одинакового рисунка под названием "75 лет свободы". Это медные и серебряные



Нидерланды 10 евро золото 75 лет мира



Бельгия 75 лет мира в Европе

10 евро. Бельгия отчеканила большим тиражом биметаллические 2,5 евро.

Канада выпустила 10 долларов из серебра с полихромным покрытием и 100 долларов из золота. Последняя посвящена участию ВВС страны во Второй мировой. На аверсе обеих монет изображён профиль короля Георга VI, который в годы войны возглавлял всю Британскую империю. На реверсе первой мы видим британского солдата, которого приветствуют жители Роттердама. Ведь именно Канада не только взяла под свою защиту наследников королевской семьи Нидерландов - беременную дочь королевы Юлиану, но и предприняла беспрецедентные меры для защиты голландского престолонаследия. Когда дочери Юлианы подошло время явиться на свет, правительство Канады официальным законом утвердило, что палата принцессы является территорией Нидерландов.



Канада 100 долл. золото



На реверсе второй монеты представлено памятное изображение бойцов канадских ВВС, включая представительницу женских военных подразделений. Над ними пролетает "Спитфайр".

В 1939 году RCAF были самыми малочисленными из трех подразделений Вооруженных сил Канады. В них насчитывалось всего 4153 человека и 270 самолетов (90% из них считались устаревшими). К 1945 году канадские ВВС стали четвертыми по величине военно-воздушными силами в мире. Около 300 тыс. мужчин и женщин служили в Королевских ВВС, в том числе 17 тыс. женщин.

Австралия 75-летие окончания Второй мировой отметила выпуском трёх монет - две циркуляционные из алюминиевой бронзы с разным рисунком и серебряные 5 долларов весом в 1 тройскую унцию. Так как Австралия основные боевые действия вела с Японией на тихоокеанском фронте, то изображения на монетах связаны именно с этим фронтом.



5 долларов Австралии

Новая Зеландия отчеканила одну двухунцовую монету номиналом в 1 новозеландский доллар из серебра под названием "75 лет мира".



И в заключение.

Начиная с 1965 г. каждая десятая годовщина Победы отмечалась выпуском памятных медалей. А в 1970 г., когда исполнилась её 25-я годовщина, был выпущен памятный знак. Именно его носили и до сих пор носят все ветераны ВОВ.



Новая Зеландия 1 NZD



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 - 6-2019)

Следует отметить, что танк Т-72, серийное производство которого началось ещё в 1974 г. (более 45 лет назад!), до сих пор стоит на вооружении армий многих стран мира. Произошло это в основном благодаря его большому модернизационному потенциалу, который обеспечивает Т-72 возможность поддерживать боевые характеристики на уровне, соответствующем современным танкам. Естественно, каждая страна осуществляет программы модернизации, исходя из своих желаний, и из своих возможностей.

Например, в семидесятых годах Югославия приобрела у Советского Союза лицензию на производство основных танков Т-72. И практически сразу югославские военные приступили к модернизации танка.

В 1982 г. головной разработчик - белградский Военно-технический институт - завершил проектирование, а оборонная промышленность построила прототип танка под названием М-84. Главной целью проекта М-84 было значительное повышение характеристик боевой машины путем обновления отдельных систем и агрегатов. В связи с этим конструкция танка Т-72 претерпела минимальные изменения, но значительно изменилось внутреннее оснащение.

Югославский танк М-84 первой серии



Корпус М-84 был сварной, состоял из листов и штампованных деталей. Толщина бронелистов и конструкция комбинированных преград не менялась. Лобовая проекция бронекорпуса и башни прикрывалась блоками системы динамической защиты "Контакт".

Двигатель, трансмиссия и ходовая часть танка М-84 ничем не отличались от использовавшихся на советском танке. Из-за этого ходовые и экономические характеристики боевой машины югославской разработки остались на старом уровне. Точно так же без каких-либо изменений у танка Т-72 было заимствовано все оружие: 125-мм гладкоствольное орудие-пушковая установка 2А46, пулеметы ПКТ и НСВ.

Для танка М-84 югославские специалисты разработали систему управления огнем (СУО) SUV М-84. С ней были сопряжены электронно-оптические наблюдательные приборы DNKS-2 и PPV-2, а также прицел с лазерным дальнометром. Вся электронная аппаратура была создана Югославией на основе советских разработок и собственного опыта.

Серийное производство танка М-84 началось в 1983 г. Сборка осуществлялась на заводе им. Джуро Джаковича в городе Славонски-Брод. Одновременно с серийным производством танка М-84 югославские специалисты принялись за его совершенствование. В незначительно доработанный бронированный корпус танка М-84 установили обновленный дизельный двигатель. Дизель В-46 получил два турбокомпрессора, благодаря которым его мощность увеличилась до 1000 л.с. В ходе модернизации силовой установки и корпуса боевая масса танка возросла до 44 тонн.



М-84А

Несмотря на это, удельная мощность бронемашин М-84А оказалась немного выше, чем у М-84 или советского Т-72. Максимальная скорость танка после модернизации выросла до 68...70 км/ч.

Вооружение танка М-84А, как и в случае с М-84, было полностью заимствовано у Т-72. Для увеличения боевых характеристик модернизированный М-84А получил новую систему управления огнем, в составе которой имелись баллистический вычислитель и система обнаружения лазерного облучения. Все новое электронное оборудование было разработано югославскими предприятиями и представляло собой дальнейшее развитие аппаратуры, примененной на танке М-84.

Серийное производство танков М-84 и М-84А продолжалось до начала девяностых годов. За это время было построено не менее 700 машин обеих модификаций.

Теперь рассмотрим чехословацкую модернизацию Т-72. Всё началось с того, что в 70-х годах прошлого века завод ZTS Dubnica в ЧССР получил техническую документацию для лицензионного производства танка Т-72М. С 1977 г. по 1991 г. это предприятие выпустило 815 машин, которые шли на вооружение чехословацкой армии и поставлялись армиям стран Варшавского блока. После распада страны завод оказался на территории Словакии, армия которой не могла закупать танки в таком количестве, которое могло бы загрузить завод заказами. Для сохранения завода ZTS Dubnica его руководителями и конструкторами было принято решение о начале работ над собственными вариантами модернизации танка Т-72М. Причём таких, которые позволили бы обеспечить поставку танка на экспорт. И в этом им готовы были помочь зарубежные компании: французская SFIM и бельгийская SABCA. Проект модернизации получил название Т-72М2 Moderna.

Существенным изменениям подверглась защита танка. Вместо стандартной динамической защиты базового танка "Модерне" установили новый комплекс DYNAS. Характерными коробками этой системы покрыли лоб башни и корпуса, а также большую часть бортов.

В состав комплекса защиты включили аппаратуру обнаружения облучения лазером, от которой информация поступала на отстрел универсальных дымовых гранат системой Galix. Данная система также могла отстреливать ложные тепловые цели и специальные осколочные боеприпасы для поражения вражеской пехоты.

Несмотря на то, что башенное оружие танка - 125-мм гладкоствольное орудие-пушковая установка 2А46 и 7,62-мм пулемет ПКТ, спаренный с ним - осталось прежним, системы, предназначенные для управления вооружением, были новыми, но такими, что они могли устанавливаться на освободившиеся места без доработок. Так, имевшаяся в составе системы управления огнем VEGA тепловизионная аппаратура TIS по своим габаритам соответствовала прицелу наводчика ТПН-1. Благодаря этой особенности TIS можно было устанавливать на это же место, причём органы управления и перископический блок прицела оставались на своих местах.

Рабочее место командира было оборудовано стабилизированным в двух плоскостях панорамным прицелом SFIM VS-580, который уже использовался на бельгийском Leopard 1, французском AMX-56 Leclerc и других танках. Комплекс вооружения танка Т-72М2 дополнили двумя дополнительными орудиями. В специальных подъемных контейнерах в задней части башни разместили две автоматические 20-мм пушки КАА-200 с боезапасом.

Управление орудиями привязали к панорамному прицелу командира. Механика позволяла наводить пушки по вертикали в пределах от -4 до +35 градусов. Горизонтальное наведение осуществлялось поворотом всей башни. Эти пушки предназначались для поражения легкобронированной техники и живой силы противника на земле, а также для уничтожения низколетящих летательных аппаратов, находящихся в зоне обстрела.

Проведённые испытания не подтвердили заявленных характеристик и вместо

Словацкий Т-72М2 Moderna с двумя 20-мм пушками



двух 20-мм установили одну 30-мм пушку 2А42, установленную на боевой машине пехоты БМП-2.

Из-за этих нововведений масса танка Т-72М2 Moderna возросла до 43,5 т.

Для сохранения ходовых качеств танк Т-72М2 получил новый дизельный двигатель S12U мощностью 850 л.с., который являлся форсированной версией В-46. Кроме того, была модернизирована система управления двигателем, в состав которой была введена ЭВМ. Благодаря применению более мощного двигателя удалось немного улучшить ходовые качества. К примеру, средняя скорость по пересеченной местности увеличилась примерно на 10%. Применение ЭВМ в системе управления двигателем позволило немного снизить расход топлива. С 1993 г. танк Т-72М2 Moderna неоднократно демонстрировался на различных выставках, но для покупателей из стран, в армиях которых танк Т-72 уже был, эта модификация не стала настолько привлекательной, чтобы раскошелиться на модернизацию танкового парка. Мало того, и армия Словакии не смогла из-за отсутствия необходимого финансирования провести модернизацию собственных танков Т-72М до уровня Т-72М2 Moderna. Ну, а в армиях стран НАТО были свои танки.

Словацкий Т-72М2 Moderna с одной 30-мм пушкой



На Украине танки Т-72 не производились, но в танковых частях их было изрядное количество, и специалисты из Харьковского конструкторского бюро по машиностроению им. А.А. Морозова предложили свою программу модернизации этих машин, направленную на повышение боевых характеристик (огневой мощи, защиты, подвижности).

Было проработано три варианта комплексной модернизации Т-72: Т-72АГ, Т-72МП и Т-72-120.

Т-72АГ впервые был показан на выставке "IDEX'97" в 1997 году.

Что касается пушечного вооружения, то на Т-72АГ предлагалось как сохранить штатную 125-мм пушку 2А46, так и заменить её на украинскую 125-мм пушку КБМ1, которая снабжена двумя тормозами отката и легко устанавливается вместо штатной пушки. Ствол пушки КБМ1 быстросъемный и может быть заменен в полевых условиях без демонтажа всей пушки из танка. Пушка КБМ1 должна была обеспечить более высокую вероятность попадания как при стрельбе с места по неподвижной цели, так и при стрельбе в движении по движущейся цели.

На Т-72АГ устанавливается зенитный пулемет с дистанционным управлением с места командира. Угол наведения по вертикали составляет от -5° до $+70^\circ$, по горизонту - в диапазоне $\pm 75^\circ$ (360° вместе с башней).

Для повышения вероятности поражения подвижной цели с места или сходу на танке Т-72АГ установлен новый комплекс управления огнем. Взамен прицела наводчика ППД-К1 со стабилизацией линии визирования только в вертикальной плоскости установлен прицел 1Г46 с линией визирования, стабилизированной как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях. Прицел имеет встроенный лазерный дальномер и канал управления ракетой. В состав комплекса управления огнем также входит танковый баллистический вычислитель (на него поступает информация о скорости танка, угловой скорости цели, угле крена оси цапф пушки, поперечной составляющей скорости ветра, дальности до цели, курсового угла) с соответствующих датчиков, а также вручную вводится температура окружающего воздуха, температура заряда, износ канала ствола, атмосферное давление и другие параметры. Конечно, точность попадания в цель зависит от точности учета всех этих параметров и от алгоритмов работы баллистического вычислителя. Значительный вклад в точность вносят и возможности применяемых прицелов, особенно ночью и в условиях ограниченной видимости.

Украинский танк Т-72АГ



Так, вместо ночного прицела ТПН-1 (ТПН-3) с зависимой линией визирования и дальностью видения в активном режиме ночью 300...600 м установлен ночной комплекс наводчика ТО1-КО1Э с прицелом ТПН-4Э с электронно-оптическим преобразователем (ЭОП). Данный прицел обеспечивает дальность видения ночью в пассивном режиме до 1200 м. Линия визирования стабилизирована в вертикальной плоскости и имеет электрическую связь с пушкой. Для повышения эффективности видения ночью в полной темноте, в тумане и сквозь дым предлагается установить тепловизионный прицел.

На базовом танке Т-72 командир не может стрелять из пушки. На танке Т-72АГ имеется режим дублированного управления огнем с места командира.

При необходимости командир может взять управление комплексом управления огнем на себя и производить поражение цели как из пушки, так и из спаренного с ней пулемета. Обеспечивается также работа экипажа в режиме целеуказания наводчику от командира. При условии установки прицела ТКН-5 командир в режиме дублированного управления огнем может поражать неподвижные и движущиеся цели как с места, так и сходу практически с той же эффективностью, как и наводчик.

Новый комплекс управления огнем танка может включать в себя комплекс управляемого вооружения, при этом 125-мм противотанковая управляемая ракета "Комбат" эффективно пробивает броню всех находящихся в эксплуатации танков на всех обычных для поля боя дальностях (до 5 км).

Для повышения уровня защиты на танке Т-72АГ устанавливаются дополнительные броневые модули на лобовые части корпуса и башни, встроенная динамическая защита (ВДЗ) на корпус и башню, а также бортовые экраны с ВДЗ в передней части корпуса. Установка броневых модулей и ВДЗ повышает уровень защиты танка Т-72 от кумулятивных поражающих средств - в 2 раза,

а от кинетических поражающих средств - в 1,6 раза. Расположение элементов динамической защиты внутри броневых ячеек позволяет избежать их повреждения от пуль стрелкового и автоматического оружия калибра 7,62 мм и 12,7 мм и от осколков артиллерийских снарядов. Элементы динамической защиты не детонируют при попадании в них даже 30-мм снарядов автоматических пушек. Однако установка комплекса динамической защиты увеличивает массу танка более чем на 3100 кг.

Помимо ДЗ на Т-72АГ дополнительно устанавливается комплекс оптико-электронного противодействия "Варта", который обеспечивает срыв наведения на танк ПТУР путём создания световых помех (двумя осветителями) и постановки быстрообразующихся аэрозольных завес с помощью

ПТУР "Комбат"



Танк Т-72АГ с комплексом "Варта" на выставке в Нижнем Тагиле в 2011 году



гранатометов, установленных на борту башни справа и слева.

Для повышения мобильности танка Т-72АГ предусмотрена замена штатного двигателя мощностью 780/840 л.с. новым двигателем серии 6ТД. Имеются два различных варианта дизельных двигателей: 6ТД-1 мощностью 1000 л.с. и 6ТД-2 мощностью 1200 л.с. Оба двигателя обеспечивают высокие характеристики при эксплуатации в условиях пустыни при температурах окружающей среды до 55 градусов выше нуля.

Еще одним вариантом усовершенствования танка Т-72 стал совместный проект модернизации этой машины украинскими, чешскими и французскими конструкторами, который, по сути, является развитием программы Т-72АГ, но уже в рамках натовского сотрудничества. Украину в этом проекте представляют ХКБМ и ЗТМ им. Малышева, Чехию - предприятия PSP BOHEMIA a.s., Францию - фирмы SAGEM и SFIM.

Новый проект модернизации танка может позволить продлить срок службы Т-72 на 15-20 лет и по стоимости составит не более 30% от суммы, необходимой для закупки новых машин. По соотношению стоимости - эффективности по некоторым параметрам Т-72МП имеет даже лучшие результаты, чем у новых танков. Модернизация разработана как модульная система, что позволит выполнять будущие усовершенствования в зависимости от потребностей клиентов. Благодаря использованию последних разработок в области танкостроения, по своим боевым характеристикам танк Т-72МП приблизился к новейшим машинам ведущих стран НАТО, таким как "Леклерк", M1A2 "Абрамс" и "Леопард" 2А5.

Модернизация Т-72МП предусматривала повышение всех основных боевых свойств танка. Огневая мощь увеличена путём расширения возможностей обнаружения целей и их идентификации в любых условиях, сокращения

времени реакции на открытие огня после обнаружения. Это достигнуто установкой в танк панорамного дневного прицела командира VS/MVS 580 и комбинированного (дневного/ночного) прицела наводчика SAVAN-15 со встроенным лазерным дальномером и тепловизионной камерой. Оба прицела имеют независимую стабилизацию линии прицеливания в двух плоскостях. С установкой на танк новых прицелов, автоматизированной СУО с комплектом автоматических датчиков условий стрельбы, включая и датчик метеорологических условий, системы контроля относительного положения дульного среза ствола и усовершенствованной пушки удалось значительно увеличить вероятность попадания с первого выстрела с места и с ходу, днем и ночью при любых погодных условиях.

Защищенность танка повышена благодаря установке на него встроенной и дополнительной динамической защиты нового поколения. Помимо повышения стойкости бронирования против боеприпасов с кумулятивной боевой частью и бронебойно-подкалиберных новой ДЗ обеспечивает защиту даже от боеприпасов с тандемными боевыми частями. На Т-72МП может устанавливаться система оптико-электронной защиты от противотанковых управляемых ракет с инфракрасным и лазерным наведением. Силловая установка Т-72МП по своему составу и характеристикам

Т-72МП



аналогична установленной на Т-72АГ.

25 февраля 1991 года государства-участники Организации Варшавского договора упразднили свои военные структуры, армии этих стран переориентировались на дружбу с западными армиями.

Наличие у них большой численности различных модификаций Т-72 навело украинских танкостроителей на мысль о модернизации его вооружения. Прежде всего это коснулось пушки, а поскольку в армиях стран НАТО на вооружение принята 120-мм гладкоствольная пушка, то именно её и поставили в башню танка, который получил наименование Т-72-120. Комплекс вооружения оснащен новым автоматом заряжания, расположенным в нише башни, подобным тому, что установлен на французском танке "Леклерк". В транспортёре автомата заряжания размещается 22 унитарных выстрела, остальные 20 укладываются в специальную нишу в задней части боевого отделения. Система управления огнем, вспомогательное вооружение, силловая установка и защита Т-72-120 полностью аналогичны танку Т-72АГ. В МТО танка установили двигатель 6ТД-2 мощностью 1200 л.с., повысивший характеристики подвижности теперь уже 48-тонной машины. Танк на шоссе мог развивать скорость до 70 км/ч. Вкупе с новой трансмиссией танк получил возможность двигаться задним ходом со скоростью до 32 км/ч. Специалисты высоко оценили модернизацию Т-72 до уровня Т-72-120, но заинтересовать покупателей не получилось. Так, Венгрия и Румыния вообще

Т-72-120



отказались от Т-72, а Чехия сократили их количество до минимума. Польша сама провела небольшую модернизацию оставшихся в её армии Т-72. В Польше на машиностроительном комбинате "Бумар Лабэндз" по лицензии до 1993 г. выпускались советские Т-72М. Всего было произведено 1610 танков. Но ещё до окончания производства была начата модернизация Т-72М, и к 1992 г. была изготовлена опытная партия нового основного боевого танка, получившего название РТ-91 "Тварды". Основных отличий от Т-72М несколько. Во-первых, новая система управления огнем СКО-1М "Драва", разработанная и изготовленная в Польше. Во-вторых, активная броня типа "Эрава-1" (однослойная) и "Эрава-2" (двухслойная). Кроме того, "Тварды" снабжены покрытием, поглощающим радиационное облучение, системой "Обра-4", предупреждающей об облучении танка лазером, 12-ствольной 81-мм системой пуска дымовых гранат "Туча" и одноствольной

80-мм системой пуска антилазерных гранат "Теллур". В конце 1994 г., с началом серийного производства, на РТ-91 начали устанавливать французскую систему управления огнем "Savap-15T". Вооружение, трансмиссия и ходовая часть сохранены от Т-72, однако установлен польский 12-цилиндровый турбодизель S12U мощностью 850 л.с., разгоняющий танк до 70 км/ч. Пробег танка с одной заправкой достигает 650 км. Предполагается к установке и 1000-сильный турбодизель.

РТ-91 "Тварды"



Стоимость модернизированного танка примерно \$2 млн. Израиль советские танки не покупал, по лицензии не производил, но в их модернизации поучаствовала компания Elbit Systems. На модернизированном танке для обеспечения возможности ведения огня с ходу была введена стабилизация вооружения по двум осям. Система управления огнем была доработана для обеспечения возможности вести огонь управляемой ракетой через канал ствола. В приборах наблюдения механика-водителя и в прицеле наводчика были установлены тепловизионные камеры, что расширило возможности при применении танка ночью. Поскольку первые Т-72М, поставляемые на экспорт, были без динамической защиты, израильские специалисты предложили свой вариант её установки на корпус и башню.

Прогресс электроники и связи позволил ввести компьютеризированную систему управления, которая предназначалась для информирования командира танка и экипажа о состоянии на поле боя. В систему связи были включены помехоустойчивые и защищенные приёмопередатчики, в навигационное оборудование - GPS-приёмники. Для предотвращения стрельбы по своим танкам установлена система "свой-чужой", которая предупреждает экипаж звуковым сигналом при наведении пушки на своих. Известны две страны, воспользовавшиеся данным предложением: Грузия - модернизированный танк получил наименование Т-72SIM 1,

Грузинский Т-72SIM 1



Т-72 Aslan



и Азербайджан - T-72 Aslan.

На рубеже 70-х - 80-х гг. прошлого века Румыния купила у СССР 30 T-72M, которые по своим боевым качествам не удовлетворили покупателя. Имея у себя некоторую конструкторскую и производственную базу, правительство Румынии приняло решение разработать на основе приобретённых танков свою боевую машину, получившую название TR-125. Работы начались в 1984 г. При проектировании новой машины основное внимание было уделено усилению защиты танка. В результате установки динамической защиты его масса возросла на 7 т по сравнению с T-72M. С целью сохранения необходимой подвижности из-за роста массы на нем был установлен более мощный V-образный 12-цилиндровый четырёхтактный дизельный двигатель 8VSA3 мощностью около 900 л.с., разработанный во Франции. Но в родное МТО он не поместился, поэтому танк пришлось еще и удлинить на один каток, получив при этом характерную семиопорную ходовую часть, разработанную бухарестским специальным заводом тяжелого оборудования. Корпус танка стал длиннее на один метр, что опять-таки увеличило его массу, но это увеличение было компенсировано двигателем 8VSA3, который позволял

TR-125 разогнаться на шоссе до скорости более 60 км/ч.

Основное вооружение танка TR-125 хотя и было аналогично установленному на советском T-72, но своё - гладкоствольная танковая пушка А555 была разработана на заводе Arsenal Resita. Башня танка и механизм зарядки были разработаны научно-исследовательским институтом ICSITEM в Бухаресте, но по сути практически полностью копировала башню советского T-72M1. Сохранился от T-72 пулемёт ДШК. Все восемь дымовых гранатометов были сгруппированы на левой стороне башни.

Первые три прототипа были изготовлены в 1988 г., после чего начались их испытания, которые продолжались до смены в 1991 г. власти в стране.



Румынский TR-125

Все изготовленные TR-125 были отправлены на хранение.

После распада в 1993 г. Чешской и Словацкой Федеративной Республики на два независимых государства у чешских сухопутных войск осталось более 500 танков T-72, изготовленных в основном по лицензии в вариантах M и M1.

Для обеспечения присоединения Чешской республики к НАТО встала необходимость проведения программы модернизации по доведению этих танков до стандартов армий НАТО.

Предполагалось, что в модернизации примут участие пять чешских и четыре зарубежные фирмы, совместное предложение которых победило в конкурсе. Главным исполнителем программы стало предприятие Vojensky opravavensky podnik 025 (VOP 025), ранее выполнявшее программы по модернизации танков T-54 и T-55. Специалистами предприятия VOP 025 была предложена концепция модернизации, в соответствии с которой в 1997 г. на военной выставке IDEX в Брно были представлены два модернизированных опытных танка, соответствующих разным вариантам модернизации - T-72M3CZ и T-72M4CZ. Для оценки предложенных решений и выбора окончательного варианта модернизации оба танка были направлены на войсковые испытания.

На обеих модификациях вооружение осталось в том же составе, что и на базовом танке. Однако пушка оборудована системой контроля относительного положения дульного среза ствола (СКПДС), позволяющей контролировать несоответствие оси канала ствола пушки оптической линии прицеливания, возникающее в результате изгиба ствола. Огневая мощь танка увеличена путём повышения точности стрельбы по неподвижным и движущимся целям как при стрельбе с места, так и при стрельбе с ходу. Существенно увеличена эффективная дальность стрельбы из танка днём и особенно ночью. Это достигнуто благодаря установке в танк автоматизированной СУО TURMS-T, значительно расширившей возможности как наводчика, так и командира танка по эффективному обнаружению и поражению целей. СУО совмещена со стабилизатором вооружения и автоматом зарядания базового танка. Она управляет работой этих систем, подготавливает и автоматически вводит исходные данные для стрельбы, автоматически обрабатывает углы прицеливания в соответствии с исходными данными для стрельбы, а также наводит пушку 2A46 и спаренный с ней пулемет ПКТ на цель. Повышение огневой мощи нового танка также было достигнуто благодаря применению новых боеприпасов для штатной 125-мм танковой пушки 2A46: новый выстрел с бронебойно-подкалиберным снарядом обеспечивал меньшее рассеивание и большую бронепробиваемость по сравнению с существующими боеприпасами.

Все принятые меры позволили увеличить дальность эффективного огня модернизированного танка с ходу до 2000 м. Дальность обнаружения цели

типа танк стала составлять до 5000 м днём и до 4000 м ночью. Повышение защищённости танка обеспечивается комплектом динамической защиты DYNA-72, изготавливаемым заводом VOP 025. Этот комплект обеспечивает дополнительную защиту всех жизненно важных мест танка от всех типов имеющихся боеприпасов. Она безопасна в обращении, устойчива против действия пуль стрелкового оружия и осколков снарядов.

Полный комплект DYNA-72 повышает защиту от ударов кумулятивными зарядами по наклонной броне на 220 %, по передней и бортовым частям башни на 300 % и по бортам корпуса на 190 %. Элементы брони DYNA-72 эффективны и против подкалиберных снарядов кинетического действия и обеспечивают повышение уровня защиты ВЛД корпуса, передней и бортовых частей башни на 130 %.

На танках T-72 серии CZ устанавливается система обнаружения и оповещения о лазерном облучении LARDIS, сигнал с которой поступал в СУО, а та в свою очередь давала команду на отстрел дымовых гранат DGO-1.

По шесть гранатометов располагалось с каждой стороны башни.

Для защиты танка от магнитных мин был разработан навесной электромагнитный трал, который создаёт дополнительное магнитное поле и вызывает, таким образом, детонацию электромагнитных мин как спереди, так и с боков движущегося танка.

А вот решение проблем с подвижностью на каждой модификации решалось по-разному. В варианте T-72M3 CZ был сохранён "родной" двигатель и немного доработанные бортовые коробки передач. Единственная особенность модернизации двигателя V-46TK - установка двух турбокомпрессоров. Танк в варианте T-72M4CZ отличается полностью новой силовой установкой, которая существенно улучшает подвижность. Разработанная израильской фирмой NIMDA (в качестве подрядчика предприятия VOP 025) новая силовая установка включает 12-цилиндровый двигатель водяного охлаждения



Двигатель CV-12 чешского танка T-72M4CZ

"Кондор" CV-12 1000TCA мощностью 1000 л.с.

Двигатель разработан фирмой "Перкинз" и оснащён двумя турбоагрегатами с промежуточным охладителем. В составе силовой установки находится и автоматическая трансмиссия XTG 411-6 фирмы "Аллисон". Кроме улучшенных характеристик (особенно, что касается ускорения), больших удобств вождения и уменьшенной физической нагрузки на механика-водителя, существенным преимуществом этого варианта является то, что силовая установка разработана как блок, что позволяет осуществлять полную замену за 30 мин.

Скорость T-72M4CZ по шоссе составляет 61 км/ч, а по пересечённой местности - 44 км/ч. Запаса топлива достаточно для преодоления 700 км по шоссе и 430 км по пересечённой местности.

После всесторонних испытаний опытных машин был выбран вариант T-72M4CZ с новой силовой установкой и завод VOP 025 получил заказ на изготовление пяти опытных и 25 серийных машин. Для выполнения этого заказа в 2002 г. был заключён контракт с фирмой Caterpillar Defence Products на поставку 36 дизельных двигателей CV-12 фирмы Perkins.

К 2006 г. в войска поступили все 30 танков, и было принято решение о дальнейшей модернизации. Но в 2011 г. чешское министерство обороны объявило о нехватке средств военного бюджета, и эти планы были отменены, тем более, что резервные T-72 потихоньку распродавались, на хранения



Чешский танк T-72M4CZ

осталось около 100 машин в базовой версии. Несмотря на то, что индийские конструкторы еще в 70-х годах прошлого века занимались разработкой собственного танка, но не все сразу получалось. Поэтому, для поддержания своего танкового парка на современном уровне правительство Индии приняло решение купить в СССР партию Т-72М1. Первоначально Индия намеревалась заказать только 200 танков, планируя вскоре начать производство машины собственной разработки - танка "Arjun". Однако из-за его высокой стоимости и недостаточной надежности было решено организовать лицензионное производство Т-72М1, установочная партия которого вышла из ворот завода в 1987 г. Первые 175 танков были произведены из комплектов, поставленных Советским Союзом. В дальнейшем предполагалось, что танки будут на 97% состоять из индийских комплектующих и получат название "Ажея". Последние "Ажея" покинули завод в марте 1994 г. В общей сложности индийская армия располагает, по разным оценкам, от 1100 до 2000 таких машин.

Когда в начале нового века стало ясно, что танк "Ажея" больше не соответствует современным требованиям, Индия решила опереться на собственные силы в модернизации этих танков. Конструкторы индийского НИИ боевых машин для упрощения задачи решили на шасси танка "Ажея" установить башню танка "Arjun".

Таким образом танк лишился башни со 125-мм пушкой, вместо которой установили башню с многослойным противоснарядным бронированием и 120-мм нарезным орудием. Как и в "Arjun", так, соответственно, и в новом танке, получившем обозначение "ЕХ", отсутствовал автомат заряжания, а экипаж пополнился заряжающим.

В "ЕХ" были установлены более совершенные прицелы, чем на Т-72М1: так, наводчик получил тепловизор, которым в режиме "дубль" также может пользоваться и командир танка. У него дополнительно был установлен стабилизированный в двух плоскостях панорамный прицел.

Поскольку танк по сравнению с первоначальной массой в 41 тонну потяжелел, то мощности двигателя уже не стало хватать, и пришлось устанавливать 1000-сильный дизель, позволивший сохранить удовлетворительные характеристики подвижности.

Однако после создания двух образцов и шести месяцев испытаний проект был закрыт. Индийские военные посчитали, что даже модернизированный танк не будет отвечать современным требованиям.

Индийский "ЕХ"



Вместо обновления Т-72М1 были закуплены российские Т-90. В 1991 г. свою независимость от Югославии провозгласила Хорватия, которой достался завод им. Джуро Джаковича. Совместно с другими предприятиями бывшей Югославии специалистам этого завода удалось провести несколько модернизаций танка М-84. Первым вариантом модернизации был танк М-84А4 Sniper, появившийся в середине девяностых годов. Этот танк представлял собой дальнейшее развитие М-84А с новыми прицелами и баллистическим вычислителем. Фактически М-84А4 представлял собой М-84А с электронным оборудованием М-84АВ (этот танк являлся модернизацией танка Т-84А и поставлялся в Кувейт до распада Югославии). Согласно некоторым данным, часть танков "Снайпер" получила двигатели мощностью 1100 л.с. немецкого производства. С 1996 по 2003 годы хорватская промышленность построила 40 танков модели М-84А4.

Еще в восьмидесятых годах завод им. Джуро Джаковича начал разработку

Хорватский танк М-84А4



нового проекта М-91 Vihor. Планировалось, используя имеющиеся наработки, создать основной танк с характеристиками на уровне

Танк М-91 Vihor



современных зарубежных образцов.

Проект М-91 дошел до стадии испытаний прототипа, однако начавшаяся война помешала завершить доводку и начать строительство серийных машин.

В дальнейшем хорватские специалисты привлекли к проекту израильскую компанию Elbit. В результате такого международного сотрудничества проект М-91 был преобразован в М-95 Degman. Эта боевая машина частично унифицирована с имеющимися на вооружении танками М-84 всех моделей, но при этом оснащается новым электронным оборудованием. Танк М-95 получил 1200-сильный дизельный двигатель и дополнительные модули бронирования, значительно повышающие уровень защиты. Комплекс средств связи и управления огнем создавался израильскими специалистами. Вооружение танка М-95 соответствует предыдущим машинам линейки М-84, однако вместо зенитного пулемета НСВ был установлен дистанционно управляемый боевой модуль Samson. Кроме того, утверждалось, что по желанию заказчика 125-мм орудие 2А46 может быть заменено на пушку калибра 120 мм, соответствующую стандартам НАТО. Построено было два

Танк М-95 Degman



прототипа с последующим заказом 30 таких машин.

Одновременно с проектом М-95 хорватские танкостроители работали над танком М-84D - развитием одного из старых проектов семейства М-84. Танк М-84D предполагается оснащать большим количеством модулей системы динамической защиты, двигателем мощностью до 1200 л.с., новым прицельным оборудованием и СУО. Главной целью проекта М-84D было не просто создание танка с характеристиками, превышающими возможности существующих машин, но разработка комплекса средств, позволяющего быстро и дешево модернизировать 70 с лишним танков М-84 всех

М-84D



Со следующего номера начнется рассмотрение основных боевых танков западных стран второго послевоенного поколения.

(Продолжение следует.)



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

2020

«ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ»



Организатор



Москва, ВДНХ
павильон 75

При поддержке



Генеральный партнер



ООО «АССАД-М»

Россия, 105118, Москва, проспект Буденного, 19
+7 (495) 366-18-94, +7 (495) 366-85-22, +7 (495) 366-79-38
Тел./факс: +7 (495) 366-45-88
e-mail: forum@assad.ru
www.assad.ru

Серия ALC

Smart Pulse & Smart Linear

Умный генератор &
Умные линейные сервоприводы

Единственные в отрасли ЭИ станки
с керамической рабочей зоной!

15-летняя гарантия
точности позиционирования
Долговечная точность!



подтверждена временем
и обеспечена 20+летним
опытом эксплуатации

Проволочно-вырезные
электроискровые
(электроэрозионные)
станки с КЧПУ.

Интеграция опыта и ноу-хау
Sodick в линейных станках.
30 лет опыта создания
совершенных планарных
линейных сервоприводов.



<https://sodick.sodicom.biz/ru/>

HEIDENHAIN LC 483 / 10nm SN 59 98
www.heidenhain.de ML 120 mm ID 662 122-05

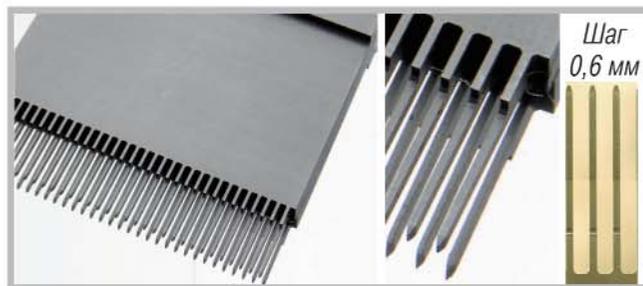


Твердый сплав
 $t=15$ мм,
Ra 0,04 мкм



Сталь,
Ra 0,09 мкм

До 8 осей
одновременного
управления



Шар
0,6 мм

ЯПОНСКОЕ КАЧЕСТВО





Конусное резание с Taper Flex Neo, точность контура 3 мкм/сторона

Ra 0,35 мкм - 4 прохода
Сталь t=200 мм
Точность ± 1 мкм



Антикоррозийная система "ANCS"



Sodick



Жесткие сверхвысокомоментные планарные линейные сервоприводы

Оптические линейки с дискретностью 10 нано.

15-летняя гарантия точности позиционирования подтверждена временем и 20+ летним опытом

ДОЛГОВЕЧНАЯ ТОЧНОСТЬ: сохраняют первоначальную точность станка со сроком эксплуатации 15 и даже 20 лет! (подтверждено документально - см. sodick.sodicom.biz/ru/)

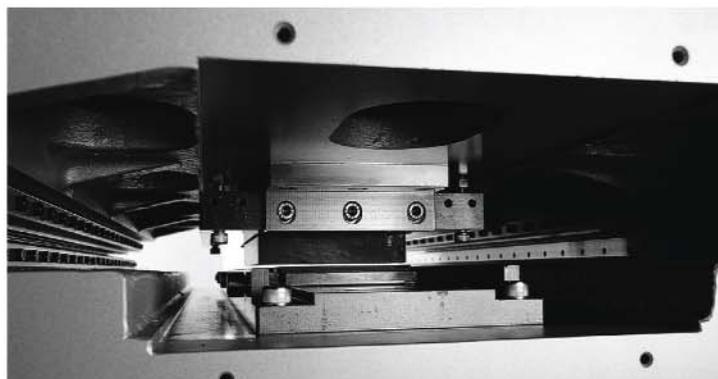
Единственный в мире изготовитель ЭИ станков с планарными линейными двигателями (с 1998 г.)

Керамическая рабочая зона из собственной керамики - сверхмалое тепловое расширение: в 3~4 раза меньше, чем у конструкционных сталей!

Известно, что несущие конструкции (столы, колонны) лучших измерительных машин делают из гранита. Несущие конструкции всех электроискровых станков "Содик" изготовлены из керамики с тепловым расширением в 2 раза меньше, чем у гранита.

В итоге покупатель Sodick получает станки с качеством рабочей зоны выше, чем у лучших измерительных машин. За те же деньги!

Полная электрическая изоляция рабочей зоны и заготовки от остальной конструкции станка - детали не "сидят на массе"!



Керамика не роскошь, а гарантия точности ЭИ станков!

Шабрение - долговременная точность станка!

На заводах "Содик" все посадочные плоскости литых несущих конструкций из чугуна после фрезерования не шлифуют, как другие изготовители, а ШАБРЯТ вручную!

Лишь шабрение позволяет убрать волнистость и избавиться от микротрещин, прижогов, внутренних напряжений, а также исключить шаржирование поверхностей микробразивом.

Sodick

Sodick Co.,Ltd. (Япония)

Head Office
Research and Technology Center
3-12-1, Nakamachidai, Tsuzuki-ku,
Yokohama, Kanagawa, 224-8522 Japan
Tel: +81-45-942-3111
<https://www.sodick.co.jp/en/>

Sodicom
ГРУППА КОМПАНИЙ

РОССИЯ / RUSSIA
АО "Содиком-Центр"
Россия, 127083, Москва,
ул. Мишина, 56, стр. 2
(метро «Динамо»)
тел.: +7(495) 787-0970;
fax: +7(495) 787-0971;
info@sodicom.biz

УКРАЇНА / UKRAINE
ПП "Содіком-Дніпро"
м.Київ, Героїв Сталінграда,4а-129,
Інноваційно-Технічний Центр
м. Київ, вул. Політехнічна, 41,
КПІ ім. І. Сікорського, кор.18, #116
тел.: +38(067)466-06-69
info@sodicom.biz // nsh@sodicom.biz

Эксклюзивный представитель Excetek в странах бывшего СССР: info@sodicom.biz
<https://excetek.sodicom.biz/ru/>

БЕЛАРУСЬ / BELARUS
ООО «ЕДМ Технологии»
тел.: +375297655135
minsk@sodicom.biz
ARMENIA
tel: +374(77)415043
armen@sodicom.biz

CNC I'm a power load.



Ваш партнер для будущего.

В комплексных решениях Hermle содержится больше, чем просто абсолютная точность. Это могут быть цифровые модули или автоматизация, мы предлагаем вам решения для более высокого качества и улучшенной эффективности – адаптированные к вашему предприятию. При этом вы, естественно, всегда можете положиться на наш сервис.

www.hermle-vostok.ru

000 Hermle Vostok, info@hermle-vostok.ru



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