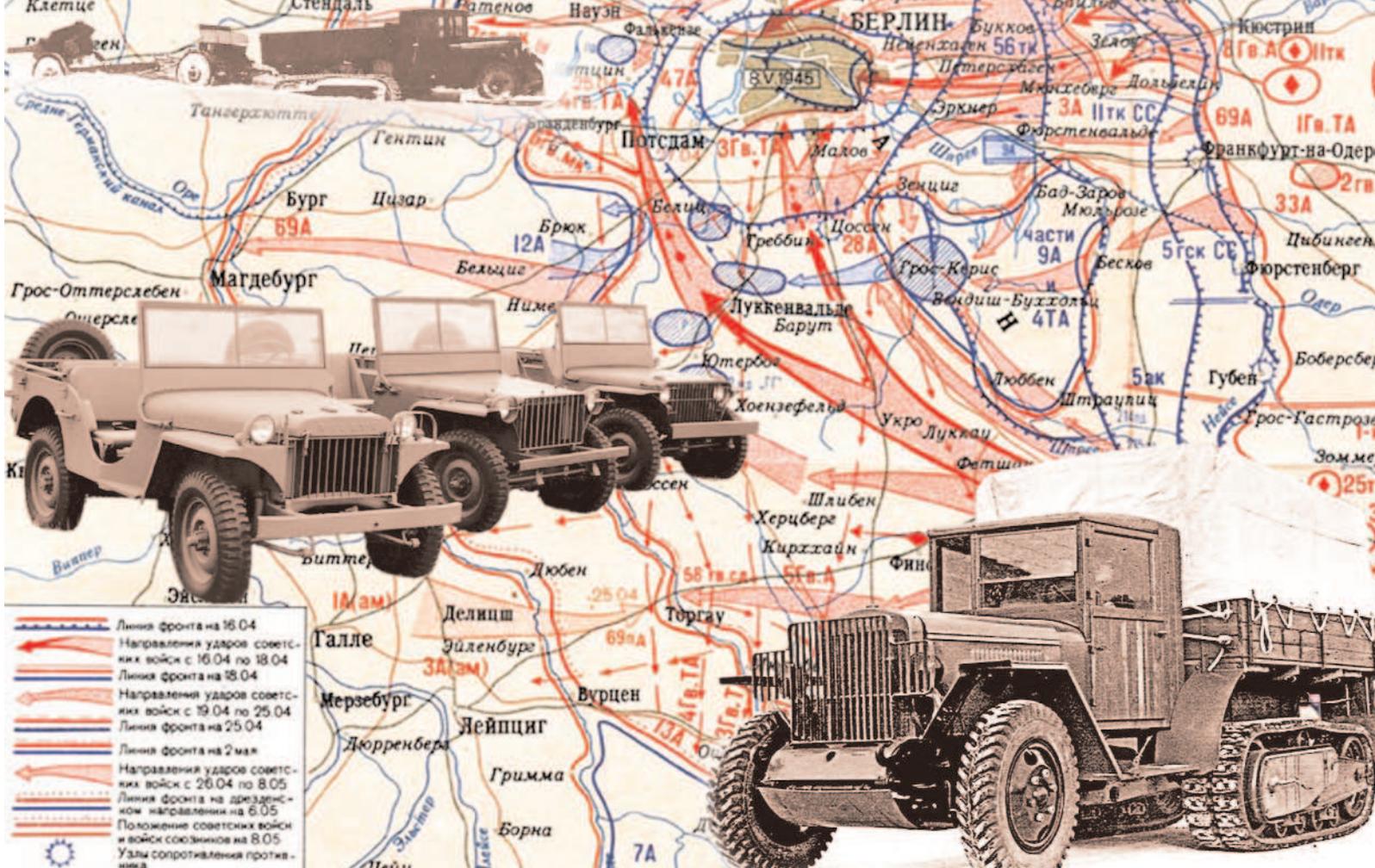


# Двигатель

**Научно-технический журнал № 3 (129 + 244) 2020**

<i>Памяти учёного</i>	<i>стр 5</i>
<i>Стереовизуализация в учебном процессе</i>	<i>стр 6</i>
<i>Свободнопоршневые двигатели</i>	<i>стр 18</i>
<i>Человек между двумя мирами</i>	<i>стр 22</i>
<i>Завод директора Кулькова</i>	<i>стр 26</i>
<i>Приключения Роллс-Ройсов в Советской России</i>	<i>стр 30</i>
<i>“Олдтаймер-галерея” 2020 год</i>	<i>стр 36</i>

**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 АМКЭС "Преодоление"



**Редакционный совет**

- Агульник А.Б., д.т.н.,** заведующий кафедрой "Теория воздушно-реактивных двигателей" МАИ
- Бабкин В.И., к.т.н.,** первый зам. ген. директора ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"
- Багдасарьян Н.Г., д.филос.н.,** профессор МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ им. Н.Э. Баумана
- Богуслаев В.А., д.т.н.,** Президент ПАО "МОТОР СИЧ"
- Воронков Ю.С., к.т.н.,** зав. кафедрой История науки РГГУ
- Гейкин В.А., д.т.н.,** заместитель генерального директора - руководитель приоритетного технологического направления "Технологии двигателестроения" АО "ОДК", директор филиала НИИД АО "НПЦ газотурбостроения "Салют"
- Дмитриев В.Г., член-корр. РАН,** главный научный сотрудник ГНЦ "ЦАГИ"
- Драгунов В.К., д.т.н.,** проректор по научной работе НИУ "МЭИ"
- Жердев А.А., д.т.н.,** Декан факультета "Энергомашиностроение", руководитель Научно-учебного комплекса МГТУ им. Н.Э. Баумана
- Зрелов В.А., д.т.н.,** профессор кафедры конструкции и проектирования двигателей ЛА СГАУ им. С.П. Королёва
- Иноземцев А.А., д.т.н.,** ген. конструктор ОАО "Авиадвигатель"
- Каторгин Б.И., академик РАН**
- Кравченко И.Ф., д.т.н.,** ген. конструктор ГП "ИВЧЕНКО-ПРОГРЕСС"
- Кутенев В.Ф., д.т.н.,** зам. ген. директора ГНЦ "НАМИ" по научной работе
- Ланшин А.И., д.т.н.,** научный руководитель - заместитель Генерального директора ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"
- Марчуков Е.Ю., д.т.н.,** генеральный конструктор - директор ОКБ им. А. Люлька
- Пустовгаров Ю.Л.,** советник генерального директора АО "Вертолеты России"
- Равикович Ю.А., д.т.н.,** проректор по научной работе МАИ
- Рачук В.С., д.т.н.,** председатель НТС АО "НПО Энергомаш"
- 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.

Аделия Юрьевна Бурова

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.

**В номере использованы**

**фотографии, эскизы и рисунки:**

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

**Адрес редакции журнала "Двигатель":**

111250, Россия, Москва,

ул. Красноказарменная, 14.

Тел./факс: +7(495) 362-7891

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

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

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

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

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

**УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ**

ООО "Редакция журнала "Двигатели" ©

генеральный директор Д.А. Боев

зам. ген. директора А.И. Бажанов

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

*Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов.*

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

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





# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА СМЕСИТЕЛЯ С ДВУХФАЗНЫМ РАБОЧИМ ТЕЛОМ (ПРЯМАЯ ЗАДАЧА)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет)" (МАИ):  
Игорь Александрович Лепешинский, д.т.н., профессор  
Ся Сюй, аспирант

*Рассматривается смеситель с двухфазным рабочим телом, представляющий собой осесимметричный канал переменной геометрии, снабженный рядом струйных форсунок. Оси струйных форсунок расположены перпендикулярно оси канала. В канал подается двухфазный газокapельный поток воздуха и топлива, который вытекает через струйные форсунки. Разработана математическая модель и программа расчета, позволяющая получать на выходе из смесителя распределение параметров двухфазного потока.*

*We consider a mixer with a two-phase working fluid, which is an axisymmetric channel of variable geometry, equipped with a number of jet nozzles. The axes of the jet nozzles are located perpendicular to the axis of the channel. A two-phase gas-drop flow of air and fuel is fed into the channel, which flows out through jet nozzles. A mathematical model and calculation program have been developed that allows obtaining the distribution of two-phase flow parameters at the mixer outlet.*

**Ключевые слова:** смеситель, двухфазный поток, струйные форсунки, газ, капли, формирование полей параметров.  
**Keywords:** mixer, two-phase flow, jet nozzles, gas, drops, the formation parameter fields.

## Введение

В форсажной камере ГТД кислорода намного меньше, поскольку значительная часть его использована в основных камерах сгорания. Поэтому для обеспечения процесса горения целесообразно использование воздуха подаваемого совместно с топливом. В основу модели положена одномерная математическая модель двухфазного газокapельного потока с учетом неравновесного взаимодействия фаз и монодисперсности капель [1-4]. Эта модель успешно использовалась для расчета двухфазного течения в соплах, эжекторах и других каналах, и апробирована экспериментальными исследованиями [2-4]. Применительно к рассматриваемой задаче, в работе [5] решалась обратная задача. Для решения прямой задачи модель была модифицирована и доработана. Математическая модель включает уравнения, выражающие законы сохранения: неразрывности, количества движения, энергии, уравнения состояния каждой фазы, уравнения межфазного взаимодействия, значения теплофизических характеристик. Для истекающих из форсунок двухфазных струй используются аналогичные уравнения для каждой фазы. Пример рассматриваемого канала показан на рис. 1.



Рис. 1 Пример многофорсуночного смесителя

Решение задачи строилось следующим образом: для расчета течения на участке без отверстий использовалась основная система уравнений, использовавшаяся ранее при решении обратной задачи [5], для расчета течения на участке с отверстием использовалась дополнительная система уравнений, основанная на использовании уравнения количества движения с переменным расходом, которая решалась методом последовательных приближений.

## Основная система уравнений:

$$\frac{dD_{ch}}{dx} = b_1x^4 + b_2x^3 + b_3x^2 + b_4x + b_5 \quad (1)$$

$$\frac{dS}{dx} = \frac{\pi D_{ch} dD_{ch}}{2dx} \quad (2)$$

$$\frac{dS_k}{dx} = -\frac{dW_k S_k}{dx W_k} + \frac{dG_k}{dx \rho_k W_k} \quad (3)$$

$$\frac{dS_g}{dx} = \frac{dS}{dx} - \frac{dS_k}{dx} \quad (4)$$

$$\frac{d\rho_g}{dx} = -\frac{dS_g \rho_g}{dx S_g} - \frac{dW_g \rho_g}{dx W_g} + \frac{dG_g}{dx S_g W_g} \quad (5)$$

$$\frac{dP}{dx} = \frac{d\rho_g R_g T_g}{dx} + \frac{dT_g R_g \rho_g}{dx} \quad (6)$$

$$\frac{dW_k}{dx} = -\frac{dP}{dx \rho_k W_k} - \frac{3C_{ш} \rho_g \Psi(We) W_g^2 \left| \frac{W_k}{W_g} - 1 \right| \left( \frac{W_k}{W_g} - 1 \right)}{4\rho_k W_k a_k} \quad (7)$$

$$\frac{dW_g}{dx} = -\frac{dPS}{dx G_g} - \frac{dW_k G_k}{dx G_g} - \frac{\xi_f (A_{67} W_g G_g + A_{68} W_k G_k)}{D_c G_g} - \frac{dG_k W_k}{dx G_g} - \frac{dG_g W_g}{dx G_g} \quad (8)$$

$$\frac{dT_k}{dx} = -\frac{6\lambda Nu T_g \left( \frac{T_k}{T_g} - 1 \right)}{C_k \rho_g D_{ch} a_k^2} \quad (9)$$

$$\frac{dT_g}{dx} = -\frac{dW_k G_k W_k}{dx G_g C_g} - \frac{dW_g W_g}{dx C_g} - \frac{dT_k C_k G_k}{dx G_g C_g} - \frac{dG_k W_k^2}{2dx G_g C_g} - \frac{dG_g W_g^2}{2dx G_g C_g} \quad (10)$$

$$\frac{dG_k}{dx} = -B \frac{dG_{koi}}{d_{oi}} \quad (11)$$

$$\frac{dG_g}{dx} = -B \frac{dG_{g oi}}{d_{oi}} \quad (12)$$

## Дополнительная система уравнений:

$$P_1 S_1 - P_2 S_2 = (G_{g1} - G_{gotv}) W_{g1} + (G_{k1} - G_{kotv}) W_{k1} \quad (13)$$

$$P_2' = \frac{P_1 S_1 - (G_{g1} - G_{gotv}) W_{g1} + (G_{k1} - G_{kotv}) W_{k1}}{S_2} \quad (14)$$

$$\rho_{g2}' = \frac{P_2'}{R_g T_{g2}} \quad (15)$$

$$S_{k2}' = \frac{G_{k2}}{W_{k2} \rho_k} \quad (16)$$

$$S_{g2}' = S_2 - S_{k2}' \quad (17)$$

$$W_{g2}' = \frac{G_{g2}}{\rho_{g2}' S_{g2}'} \quad (18)$$

$$P_1 S_1 - P_2' S_2 = (G_{g1} W_{g1} - G_{g2} W_{g2}') + (G_{k1} - G_{kotv}) W_{k1} \quad (19)$$

$$P_2'' = \frac{P_1 S_1 - (G_{g1} W_{g1} - G_{g2} W_{g2}') + (G_{k1} - G_{gotv}) W_{g1} + (G_{k1} - G_{kotv}) W_{k1}}{S_2} \quad (20)$$

$$P_2' - P_2'' = \Delta P_2 \quad (21)$$

$$\frac{\Delta P_2}{P_2''} < 1\% \quad (22)$$

$$\Pi_{1i} = \frac{G_{ki}}{G_{gi}} \quad (23)$$

$$\rho_{gi} = \frac{P_i}{R_g T_{gi}} \quad (24)$$

$$\pi(\lambda_i) = \frac{P_H}{P_i} \quad (25)$$

$$\lambda_i = \sqrt{\left[ 1 - \left[ \pi(\lambda_i) \right]^{\frac{k-1}{k}} \right]^{\frac{k+1}{k-1}}} \quad (26)$$

$$M(\lambda_i) = \sqrt{\left( \frac{\frac{2}{k+1} + \lambda_i^2}{1 - \frac{k-1}{k+1} \lambda_i^2} \right)} \quad (27)$$

$$W_{kotvi} = \xi \sqrt{\left(2 \frac{P_i - P_H}{\rho_k}\right)} \quad (28)$$

$$W_{gotvi} = \xi M(\lambda_i) \sqrt{(kR_g T_{gi})} \quad (29)$$

$$\alpha = \frac{W_{kotvi} \rho_k}{W_{gotvi} \rho_g \Pi_{1i} + W_{kotvi} \rho_k} \quad (30)$$

$$G_{kotvi} = W_{kotvi} \rho_k (1 - \alpha) F_{otv} \quad (31)$$

$$G_{gotvi} = W_{gotvi} \rho_g \alpha F_{otv} \quad (32)$$

$$c_x = \frac{24}{Re} + \frac{4}{\sqrt{Re}} + 0.4 \quad (33)$$

$$Re = \frac{\rho_{rg}(W_g - W_k) a_k}{\mu_g} \quad (34)$$

Расчет истечения потока через отверстия проводился следующим образом. Значение давления и концентрации  $\Pi_{1i} = G_k / G_i$  в отверстии ( $i$  - номер отверстия) принималось равным значениям в конце сечения перед отверстием. Для расчета параметров истекающих струй использовались уравнения, аналогичные уравнениям статьи [5].

**Для расчета задавались следующие граничные условия на входе в канал:**

$$N = 10; G_{k0} = 0.069 \text{ кг/с}; G_{g0} = 0.046 \text{ м/с}; R_g = 287 \text{ Дж/кг К}; l_{ch} = 0.16 \text{ м};$$

$$D_{ch} = 0.01 \text{ м}; P_0 = 1806063 \text{ Па}; W_{k0} = 28.8 \text{ м/с}; W_{g0} = 28.8 \text{ м/с}; T_{k0} = 300 \text{ К};$$

$$T_{g0} = 300 \text{ К}; FF_{otv} = 0.785 \text{ мм}^2; P_H = 100000 \text{ Па}; a_k = 50 \text{ мкм}.$$

Получим решение для части канала, содержащего 10 отверстий. Разделим канал на десять частей, каждая из которых содержит один канал и одно отверстие. Сначала рассчитываем изменения параметров двухфазного потока в канале до отверстия, по уравнениям 1-12. Затем по уравнениям 13-33 рассчитываем изменения параметров двухфазного потока на участке отверстия и параметры истекающих струй. После этого используем полученные результаты как начальные параметры для следующего элемента канала. Повторяем этот расчет до последнего отверстия, и объединяем данные каждого элемента, чтобы получить общий результат.

**Использованы следующие обозначения параметров:**

$P$  - давление,  $\rho$  - плотность,  $W$  - скорость,  $S$  - площадь сечения канала,  $T$  - температура,  $G$  - массовый расход,  $D$  - диаметр, дифференциал,  $\zeta$  - коэффициент скорости,  $C$  - теплоемкость,  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности и приведенная скорость,  $Nu$  - критерий Нуссельта,  $We$  - критерий Вебера,  $Re$  - критерий Рейнольдса,  $N$  - число отверстий,  $\alpha$  - объемная концентрация газа,  $V, b$  - константы.  $F$  - площадь отверстий,  $S_{ш}$  - коэффициент сопротивления капли,  $\mu$  - коэффициент динамической вязкости газа;

**нижние индексы:**  $_g$  - газ,  $_k$  - капли,  $_{ch}$  - канал,  $_H$  - среда, в которую истекают струи,  $_0$  - параметры на входе в смеситель,  $_{otv}$  - отверстие,  $_i$  - номер сечения,  $_x$  - осевая координата,  $_{1,2}$  - номер приближения.

Ниже представлены результаты расчета параметров внутри цилиндрического смесителя и параметров истекающих струй. Из графика рисунка 2 видно, что давление  $P$  в канале возрастает, что объясняется уменьшением расхода газа  $G_g$  и каплей  $G_k$ , движущихся в канале, за счет истечения из отверстий, графики изменения расхода  $G_k$  и  $G_g$  фаз в канале приведены на рисунках 5 и 6. Поскольку масса каплей существенно больше массы газа, а капли имеют относительно небольшой размер, то температура фаз практически не меняется в канале. Это следует и из графика рисунка 7. Поэтому плотность газовой фазы увеличивается, график рисунка 4. Соответственно уменьшатся осевые скорости фаз в канале, графики рисунка 8.

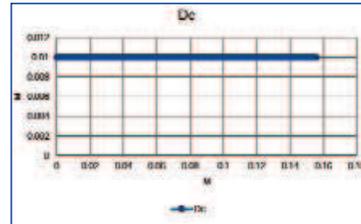


Рис. 2 Пример многофорсунного смесителя

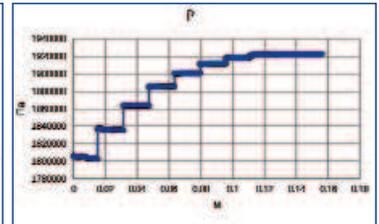


Рис. 3 Изменение давления вдоль канала смесителя

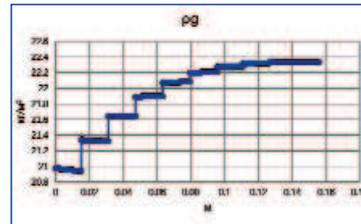


Рис. 4 Изменение плотности газа в канале

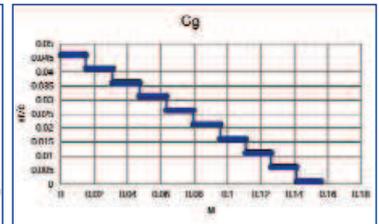


Рис. 5 Изменение расхода газа в канале

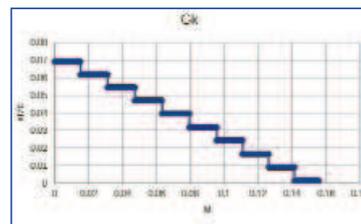


Рис. 6 Изменение расхода капель в канале

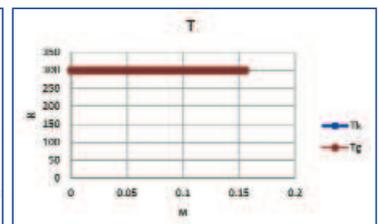


Рис. 7 Температуры капель и газа в канале

При этом скорость газовой фазы в канале  $W_g$  меняется резко, отслеживая изменение давления, а частицы вследствие межфазового динамического взаимодействия и инерционности также уменьшают свою скорость  $W_k$ , вследствие уменьшающейся скорости газа. Под действием увеличивающегося в канале давления  $P$  увеличивается скорость каплей в отверстиях  $W_{kotvi}$ , график рисунка 11, при этом увеличивается и расход каплей через отверстия  $G_{kotvi}$ , график рисунка 9. Расход газа через отверстия  $G_{gotvi}$  также увеличивается, график рисунка 10, но причина увеличения этого расхода объясняется ростом плотности газа  $\rho_{gi}$ , поскольку его скорость в отверстии  $W_{gotvi}$  при выбранных граничных условиях не изменяется, график рисунка 12. Это связано с тем, что в канале существует сверхзвуковой перепад давления, так как  $\pi(\lambda_i) = P_H / P_i < 0.528$ , поэтому газовая фаза истекает из отверстий с постоянной скоростью, равной скорости звука. При этом сохраняется постоянная массовая концентрация в смеси газовой и жидкостной фаз, что имеет важное значение при организации процесса горения в камерах сгорания. В работе [5] авторы решали обратную задачу, и было показано возможность формирования заданной концентрации между фазами путем формирования геометрии канала, в котором движется двухфазный поток.

В полученном решении концентрацию постоянной удалось сохранить путем выбора соответствующих граничных условий на входе и выходе канала, в частности, иметь сверхзвуковой перепад давления в канале. Следует отметить, что решаемая задача является трехмерной. Вместе с тем, разработанная методика позволяет в первом приближении получать геометрию устройства (обратная задача), или, задавая геометрию канала, его газодинамические характеристики (прямая задача). Естественно, судьей должен выступать эксперимент.

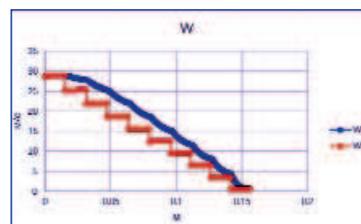


Рис. 8 Скорости капель и газа в канале

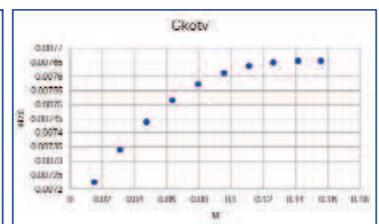


Рис. 9 Изменение расхода капель в отверстиях

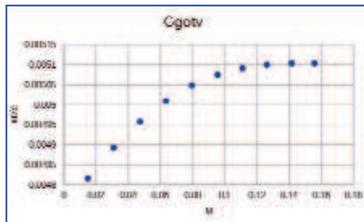


Рис. 10 Изменение расхода газа в отверстиях профиля канала

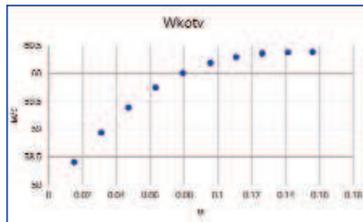


Рис. 11 Скорости капель в отверстиях

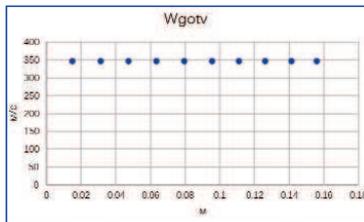


Рис. 12 Скорости газа в отверстиях

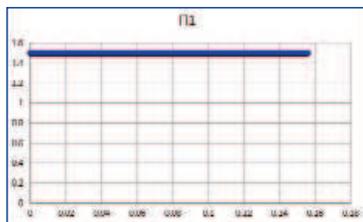


Рис. 13 Изменение концентрации в канале

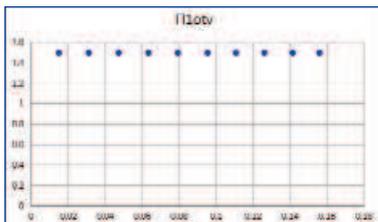


Рис. 14 Изменение концентрации в отверстиях

**Выводы.** Впервые разработана модель и программа решения прямой задачи расчета процесса многофорсуночного

смесителя с двухфазным рабочим телом при истечении потока через форсунки по нормали к оси смесителя. Проведенные численные расчеты на водовоздушном рабочем теле подтвердили работоспособность модели и программы расчета. Модель и программа расчета позволяют получать поля топливоздушной смеси на выходе из смесителя. Расчет также показал возможность формирования необходимой концентрации между фазами.

**Литература:**

1. Лепешинский И.А. Газодинамика одно- и двухфазных течений в реактивных двигателях. М.: Изд-во МАИ. 2003. с. 276.
2. Лепешинский И.А., Антоновский И.В., Гузенко А.А., Истомин Е.А., Решетников В.А. Оптимизация двухфазных течений с помощью решения обратной задачи. МЖГ 2016, № 1. с. 72-77.
3. Лепешинский И.А., Решетников В.А., Заранкевич И.А. Численное моделирование и экспериментальное исследование жидкостно-газового двухфазного эжектора со сверхзвуковым профилированным соплом. Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2017. Т. 16. № 2. С. 164 - 171.
4. Лепешинский И.А., Яковлев А.А., Молессон Г.В., Воронцов А.В., Онес В.И., Ципенко А.В. Численное и экспериментальное исследование газокпельного течения в сопле с большими концентрациями дисперсной фазы. Математическое моделирование, 14:7 (2002), 121-127.
5. Лепешинский И.А., Ся Сюй. Разработка методики расчета смесителя с двухфазным рабочим телом. Насосы. Турбины. Системы № 1 (34) 2020.с.52-59.

Связь с авторами: igorlepush@yandex.ru  
372276952@qq.com

**ИНФОРМАЦИЯ. Электрокар E-Tron FE07 от Audi**

Мировые автопроизводители, совершенствуя традиционные двигатели, всё пристальнее смотрят в сторону электродвигателей и, соответственно, электромобилей. Для последних организован и регулярно проводится международный турнир "Формула E", которому с турнира 2020-2021 года Международной автомобильной федерацией (FIA) придан статус чемпионата мира, присоединив его к таким соревнованиям как "Формулы-1" и другим.

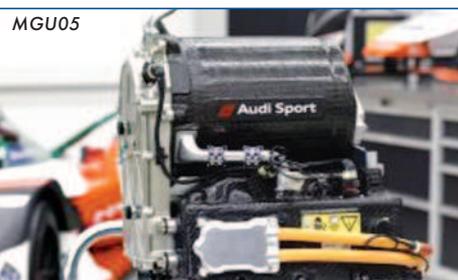
Для выравнивания исходных условий для участников турнира FIA определяет параметры и характеристики подавляющего количества узлов гоночного автомобиля: шасси должны быть из углеродного волокна, кузов - из углеродного композита, для колёс используются 18-дюймовые покрышки от Michelin, литий-ионный аккумулятор ёмкостью 52 кВт·ч только производства компании McLaren Applied Technologies.

Командам для получения каких-нибудь технических преимуществ разрешено самостоятельно совершенствовать силовую электронику, трансмиссию, систему управления электропитанием и рекуперацию энергии. Так, компания Audi в своём электрокаре E-Tron FE07 использует шестифазный электродвигатель-генератор MGU05 собственной разработки. Переменный ток на него подаётся через инвертор от одинаковой для всех команд аккумуляторной батареи постоянного тока. Электродвигатель вращается со скоростью в 20 тысяч оборо-



тов в минуту, и в нормальном режиме выдаёт 335 л.с. и в кратковременном - 382 л.с. Этого достаточно для разгона электрокара FE07 массой 900 кг до 100 км/ч всего за 2,8 секунды и обеспечивает ему максимальную скорость в 240 км/ч.

Корпус электродвигателя изготовлен из углеродистого композита. Масса двигателя MGU05 вместе с инвертором составляет 35 кг. Двигатель MGU05 в режиме генерации энергии работает при торможении болида FE07. Система работает на первоначальных этапах торможения и позволяет



вернуть в батарею до 40 % уже израсходованной энергии.

Энергетическая эффективность (к.п.д.) инвертора, электродвигателя и коробки передач суммарно составляет порядка 97 %. Перед гонкой аккумуляторные батареи полностью заряжаются, и этой энергии хватает для полного завершения гонки даже при выходе из строя системы рекуперации. Если же сбоев работе не будет, то на финише в батарее должно остаться еще около 21 кВт·ч энергии.

Команда Audi участвует в соревнованиях электрических болидов с момента их начала в 2014 году, и за это время имела 12 побед и ещё 43 вторых и третьих мест, а в сезоне 2018 года по полученным очкам заняла первое место. Но сезон 2021 года будет для Audi, к сожалению, последним.

В 2022 году Audi примет участие уже в "Дакаре", впервые после своего ухода в 1987 году. К этим гонкам компания готовит внедорожник с гибридной силовой установкой, в которой бензиновый турбомотор TFSI будет работать только для подзарядки аккумулятора. На новом внедорожнике будут внедрены многие технические решения, апробированные в болиде FE07. И, в свою очередь, испытания "Дакаром" перспективных разработок позволит Audi использовать их на серийных электромобилях. В компании прогнозируют, что к 2025 году около 40 % произведенных ими автомашин будут либо электромобилями, либо гибридами.



## ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ БАБКИН



2 ноября 2020 года на 65-м году ушел из жизни заместитель генерального директора по сертификации и экспертизе ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Академик-секретарь секции «Авиакосмическая» Российской инженерной академии, действительный член Международной инженерной академии и Академии транспорта Российской Федерации Владимир Иванович Бабкин.

Умер наш друг и коллега, вся жизнь которого - образец ответственности и бескорыстной помощи людям. Боль и скорбь переполняют сердца тех, кто знал и работал с этим искренним, мудрым оптимистом, готовым в любую минуту прийти на помощь тем, кто в этом особенно нуждался.

Всю свою трудовую жизнь он посвятил проблемам отечественного авиастроения, более сорока лет работал в авиационной промышленности на ответственных, а впоследствии - на руководящих должностях в федеральных органах исполнительной власти Российской Федерации, занимаясь вопросами государственного регулирования и научно-технологического развития авиационной промышленности.

Трудовая деятельность В.И. Бабкина началась с ЦАГИ, где он последовательно прошёл все ступени роста научного сотрудника: от инженера, младшего и затем старшего научного сотрудника, и до начальника сектора перспектив развития самолетов гражданской авиации. Ему довелось вести совместные работы с классиками отечественной науки. Труды, написанные В.И. Бабкиным в содружестве с другими исследователями в процессе этих работ, сейчас играют важнейшую роль в обеспечении безопасности полетов.

Он работал в федеральных органах исполнительной власти Российской Федерации, в частности, возглавлял Департамент авиационной промышленности Минпрома России, где занимался вопросами координации исследований и разработок в области авиационной техники, конверсионных программ, базовых технологий, военно-экономического сотрудничества, взаимодействия с Организацией разработок и технологий НАТО (RTO) в рамках Совета Россия - НАТО. Принимал непосредственное участие в разработке, защите и реализации Президентской «Программы развития

гражданской авиационной техники России до 2000 года» и федеральных целевых программ реформирования и развития оборонной промышленности и «Национальная технологическая база». Участвовал в качестве представителя министерств в разработке федеральных законов «Воздушный кодекс Российской Федерации» и «О государственном регулировании развития авиации».

Много лет Владимир Иванович возглавлял ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова». Он внес огромный вклад в научное обеспечение создания базовых двигателей нового поколения ПД-14 для МС-21 и двигателя II этапа для ПАК ФА. После образования в 2015 г. НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского» и вхождения ЦИАМ в его состав многое сделал для эффективного взаимодействия организаций, находящихся в структуре НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского».

В 1994 г. избран действительным членом Российской академии транспорта. С 2011 г. - действительный член Международной инженерной академии и Российской инженерной академии (РИА). С 2012 г. член президиума Российской инженерной академии, Академик-секретарь секции «Авиакосмическая» РИА. Почетный авиастроитель (2006 г.). Лауреат премий Госкомоборонпрома России в области конверсии (1994 г.) и качества (1996 г.). Имеет государственные награды, в том числе Орден «За заслуги перед отечеством» II степени (2003 г.). В 2015 году за выдающиеся заслуги перед Российским научным инженерным сообществом награжден Орденом «Инженерная слава».

В.И. Бабкин посвятил себя служению российской авиационной науке, был безгранично предан своему призванию, профессиональному долгу. Неустанная исследовательская, наставническая, организаторская деятельность, огромный личный вклад в развитие авиастроения снискали ему высочайший авторитет и уважение.

Светлая память о Владимире Ивановиче навсегда сохранится в сердцах его близких, коллег, учеников, всех, кто знал этого неординарного, душевно щедрого человека и настоящего подвижника.

Выражаем соболезнования семье и близким в связи с такой тяжелой утратой.

**Генеральный директор  
НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»  
А.В. Дутов**

**В.И. Бабкин - один из тех, кто активно поддерживал наш журнал, неоднократно печатался в "Двигателе", много лет был активным членом Редакционного совета журнала.**

**Скорбим по поводу нашей общей потери. Сочувствуем родным и близким Владимира Ивановича.**

### ИНФОРМАЦИЯ. Гибридная СУ с ЭД на сверхпроводниках

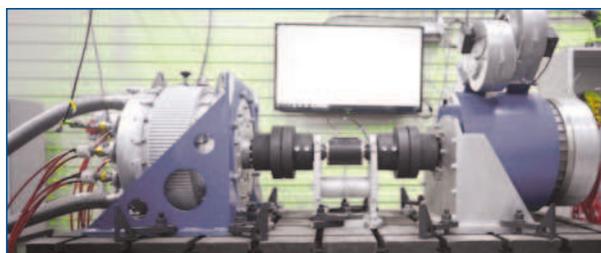
Электрический двигатель на летательном аппарате уже не редкость, а один из путей решения многих проблем, прежде всего, экологических. Созданием такого электрического двигателя в РФ занимается ЦИАМ им. П.И. Баранова совместно с СибНИА имени С.А. Чаплыгина, Уфимским государственным авиационным техническим университетом (УГАТУ) и компания «СуперОкс». В настоящий момент технически эта идея реализована в виде гибридной энергосиловой установки (ГСУ), отдельные элементы которой прошли ряд наземных испытаний.

В ЦИАМ прошел цикл стендовых испытаний турбогенератор - основной источник энергии для питания электродвигателя гибридной силовой установки. Основные элементы турбогенератора - турбовальный газотурбинный двигатель ТВ2-117 и вращаемый свободной турбиной этого

двигателя электрический генератор мощностью 400 кВт (создан в ЦИАМ совместно со специалистами УГАТУ).

Электродвигатель и токонесущие кабели изготовлены компанией «СуперОкс» из высокотемпературных сверхпроводников, охлаждаемых жидким азотом до температуры -201 °С. Применение высокотемпературных сверхпроводников позволяет в разы снизить массу электрических машин. Подобная система испытана в ЦИАМ впервые в мире.

После завершения наземных испытаний демонстратор ГСУ будет установлен на летающую лабораторию на базе самолета Як-40, переоборудование которого выполняет СибНИА. Летные испытания запланированы на 2021-2022 года.



# ТЕХНОЛОГИИ 3D И СТЕРЕОВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ БУДУЩЕГО

**Сергей Викторович Кувшинов**, директор Международного института новых образовательных технологий РГГУ (МИНОТ)

**Константин Викторович Харин**, директор Международного учебно-научного центра перспективных медиа технологий МИНОТ РГГУ

*В статье рассматриваются вопросы внедрения новых средств и технологий обучения, в особенности виртуальной и дополненной реальности в учебный процесс, проблемы комплексного изучения влияния VR- и AR-технологий на обучаемых. Предлагаются подходы к подготовке преподавателей, способных эффективно организовывать иммерсивный учебный процесс, строить гибкие сценарии включения этих технологий. Рассматривается инновационная система виртуальной реальности ClassVR, на примере которой обсуждаются возможные направления совершенствования VR-технологий в условиях перехода от репродуктивной модели обучения к творческой и креативной.*

*The article discusses the issues of introducing new means and technologies of teaching, especially virtual and augmented reality in the educational process, the problems of a comprehensive study of the impact of VR- and AR-technologies on students. Approaches to the training of teachers who are able to effectively organize an immersive educational process, build flexible scenarios for the inclusion of these technologies are proposed. An innovative virtual reality system ClassVR is considered, on the example of which possible directions for improving VR-technologies in the context of the transition from a reproductive learning model to a creative and creative one are discussed.*

**Ключевые слова:** образование, иммерсивные технологии, виртуальная реальность, дополненная реальность, технологическая поддержка образования.

**Key words:** education, immersive technologies, virtual reality, augmented reality, technological support for education

С внедрением в образовательные процессы новых иммерсивных интерактивных технологий становится очевидно, что традиционная "педагогическая" модель должна претерпевать существенные изменения. Необходимо заметить, что процесс смены парадигмы образования всегда сопровождается и некоторыми негативными тенденциями, которые всегда следует учитывать.

Широкое использование новых средств и технологий обучения, в особенности VR и AR (виртуальной и дополненной реальности), требуют тщательного наблюдения, мониторинга, изучения, т.к. негативные последствия от непродуманных (нелогичных) действий могут пагубно сказаться на качестве подготовки, образовании, самое главное, психическом и физиологическом здоровье молодых людей [1].

Современная ситуация в европейском и российском образовании, подготовленная как внутренними процессами, так и общим ходом научно-технического и социокультурного развития, радикально отличается от "классического" периода, характерного для XX века [2].

Стало отчетливо ясно, что относиться и дальше к учащемуся как к "черному ящику" неразумно - невозможно адекватно оценивать "педагогический эффект". В качестве примера так называемых "познавательных затруднений" можно привести одну из известных в психологии развития проблем - так называемую проблему сохранения Пиаже [3]. Из анализа этой проблемы можно вывести многие следствия фундаментального характера. В частности: существуют (индивидуально для каждого учащегося) такие "зоны" в изучаемом материале, что целенаправленные традиционные упражнения не дают каких-либо успехов в их усвоении (что называется, "не дается" тема, форма, вычисление...) Важно такие "зоны" своевременно диагностировать и преодолевать "затруднения" с помощью специальных методик и соответствующих новейших подходов, таких как иммерсивные технологии. Необходимо значительно более серьезно учитывать влияние среды (за пределами и помимо организованного учебного процесса, особенно в условиях бурного развития VR- и AR-технологий), в которой происходит обучение. Эта среда непостижимо сложна, насыщена са-

мой разнообразной, постоянно меняющейся и потенциально неограниченной по объему информацией. Учёт, с помощью специальных методик, естественно, должен быть многосторонним, в том числе и как гигантское приращение учебно-познавательных ресурсов, и как источник множества различных неосознаваемых ошибок и заблуждений.

Обучение человека - это не кумулятивный "порционный" процесс наращивания объемов информации и её упорядочивания с помощью самоконтролирующихся механизмов. Люди учатся через опыт, но восприятие и усвоение информации осуществляется через знания, и в данном случае это понятие из области интеллектуальных, экспертных систем, означающее информацию типа правил игры, описываемую декларативным языком; этимологически исходное "знать" соответствует таким понятиям как: "уметь", "соблюдать", "признавать", "быть в состоянии (мочь)". Каково происхождение и форма этих знаний - вопрос открытый, однако экспериментально установлено, что наши знания специализируются в зависимости от контекста, в котором они были приобретены, и от ситуации, в которой они чаще всего использовались. В ситуации с иной информацией они часто бывают неэффективны. Таким образом, эти знания не слишком универсальны и существенно ограничиваются конкретным опытом. Кроме того, также ясно, что не только психологически, но и концептуально меняется роль преподавателя в учебном процессе. Из источника, к тому же, часто, практически единственного, знаний он превращается в организатора, а с внедрением иммерсивных технологий становится соорганизатором учебного процесса и его деятельность направлена не на объект, а на процесс обучения средствами, методам и, в целом, культуре. Главной задачей является выработка навыков и умений самостоятельно выбирать и обосновывать цели и находить оптимальные способы их достижения.

В условиях стремительного развития VR- и AR-технологий на повестке дня современного образования становится все более актуальным вопрос комплексного изучения влияния данных технологий на обучаемых. Традиционно у нас изучением влияния технологий начинаются заниматься только тогда, когда появляется ре-

цидив, хотя все должно быть с точностью наоборот! [4, 5]

Следует отметить, что работа преподавателя в новых "иммерсивных" условиях пока еще не очень эффективна, что связано, с одной стороны, со сложностью самого оборудования и, с другой, - с трудностью оперативного управления и построения гибких сценариев включения этих технологий в урок.

Традиционно, внедрение новейших технологий приводит к необходимости подготовки преподавателей, умеющих эффективно организовывать иммерсивный учебный процесс.

В некоторых российских школах вузах уже ведется подготовка таких VR-педагогов, однако качество их подготовки пока не достаточно. Одной из причин является отсутствие реальных условий в учебных заведениях для столь специфической подготовки преподавательских кадров. Очевидно, что проблема сопротивления педагогов нововведениям не есть только плод консерватизма и некомпетентности, а обусловлена объективными трудностями процесса перехода от традиционного к новому, от одной модели обучения к другой. В самом общем виде процедуру формирования инновационного поведения можно представить таким образом:

- привлечение сторонников нововведения из лиц, принципиально согласных с необходимостью изменений, активных сторонников из тех, чьи интересы находятся в соответствии с перспективной изменений;

- нейтрализация оппозиции - прежде всего тех, чьи интересы в той или иной степени не соответствуют инновационным изменениям;

- поиск оптимальных организационных форм и методов достижения промежуточных и конечной целей внедрения технологий;

- поиск и эффективное использование требуемых ресурсов.

Таким образом, проблема внедрения иммерсивных технологий должна рассматриваться не только с точки зрения процедурных механизмов, но и с точки зрения создания социальных и организационных предпосылок внедрения, разработки методов управления сопротивлением социального объекта в процессе внедрения VR-технологий.

В учебных заведениях должны быть организованы центры для реализации на практике основных навыков работы со все возрастающими объемами информации. Примером такого центра может служить Центр технологической поддержки образования Международного института новых образовательных технологий Российского государственного гуманитарного университета (МИНОТ РГГУ), созданного при поддержке Департамента науки и образования Москвы [6]. В центре реализуется образовательная программа "Технологии 3D, стереовизуализация и трехмерное прототипирование в науке, технике и культуре" для учащихся академических, научно-технологических классов московских школ. В условиях дистанционного обучения в 2020 году для школьников были организованы три смены, так называемых научно-исследовательских каникул, по данной тематике, в которых приняло участие более 250 молодых людей, желающих связать свою жизнь с инженерной деятельностью. Организаторы ставили задачи содействия в выработке навыков творческой деятельности учащихся в междисциплинарных областях науки и техники, в соответствии с приоритетными направлениями Национальной технологической инициативы, способствовать развитию комплексной системы профессионального отбора, поддержки и мотивации молодежи для воспитания новой генерации российских научных и инженерных кадров, и конечно, дальнейшее концептуальное развитие непрерывного образования посредством тесного взаимодействия между общеобразовательными организациями, вузами и научными институтами.



**Рис. 1 Демонстрация работы комплекта ClassVR в режиме учебного класса**

В ЦТПО РГГУ ведется также подготовка педагогического состава, проводятся циклы мастер классов на базе инновационной системы виртуальной реальности ClassVR, разработанной специально для обучения молодых людей.

Данное решение позволяет учащимся и педагогам получить иммерсивный опыт в ходе личного взаимодействия с технологиями расширения реальности. Погружение в образовательную среду происходит с помощью специальных автономных гарнитур (шлемов) ClassVR. Для их работы не требуется дополнительных устройств. Вся необходимая электроника встроена непосредственно в корпус ClassVR - надёжного, понятного и удобного в эксплуатации устройства для использования в классе и обеспечения полного погружения в VR/AR под руководством преподавателя.

В основе решения ClassVR - портал для педагога со всеми необходимыми инструментами и контентом, содержащим изобра-



**Рис. 2 Демонстрация работы гарнитуры ClassVR в режиме дополненной реальности и демонстрации 3D-модели**



Рис. 3 Общий вид шлемов (гарнитур) ClassVR и кейса для зарядки и транспортировки комплекта

жения и видео с обзором 360°, а также 3D-модели различных объектов, культурных памятников и т.д. Всего в библиотеке насчитывается более 900 наименований, что дает возможность использовать VR-очки по таким дисциплинам как: МХК, биология, химия, этнография, информатика, технология, драматическое искусство, английский, география, история, математика, музыка, философия, физическая культура, физика, ОБЖ, религия, наука, общественное воспитание и ряд других. Диапазон тем и учебных предметов весьма широк, постоянно пополняется, и кроме того педагог может загружать свои файлы и использовать их на уроке.

Одним нажатием кнопки мыши преподаватель может запустить просмотр контента на всех гарнитурах, управлять вниманием учащихся в процессе иммерсивного просмотра и отслеживать прогресс каждого ученика в выполнении тех или иных учебных упражнений.

Обучающий контент и готовые планы уроков позволяют стимулировать воображение и любознательность учащихся, обогатить их опыт яркими впечатлениями и воспоминаниями, а также визуализировать сложные понятия и процессы. Говоря об эргономике, следует отметить, что комплект гарнитур находится в пластиковых кейсах, которые обеспечивает не только сохранность оборудования, но и позволяют своевременно и оперативно заряжать его аккумуляторные источники питания.

В каждой гарнитуре находятся асферические линзы с настраиваемым фокусным расстоянием, акселерометр, 9-осевой гироскоп, электронный компас, датчики приближения и освещенности, а также камера дополненной реальности. Разрешение экрана составляет 2560×1440 пикселей. Воспроизведение контента осуществляется встроенным центральным четырехъядерным процессором ARM Cortex-A17. Для создания эффекта глубокого погружения большое внимание уделяется звуку, в гарнитурах имеются встроенные высококачественные стереодинамики и микрофон. Подключение автономных гарнитур проводится по Wi-Fi стандартов 802,11 a/b/g/n в двух диапазонах 2,4 и 5 ГГц; Bluetooth 4.0, а управление осуществляется жестами, кнопками и сенсорной панелью на корпусе или из портала преподавателя.

Актуальным остается вопрос организации включения иммерсивных технологий в традиционный урок и здесь необходимо соблюдать ряд условий.

Чтобы снизить риск возникновения дискомфорта, перед использованием VR гарнитур необходимо индивидуально каждому учащемуся тщательно отрегулировать фокусировку. Комфортное погружение в виртуальную реальность, в иммерсивную среду требует ненарушенного чувства движения и равновесия. Не рекомендуется использовать гарнитуру, если учащиеся утомлены, испытывают эмоциональный стресс или тревогу или же есть признаки простуды, гриппа, головной боли, мигрени или боли в ухе, так как это мо-

жет увеличить чувствительность к неблагоприятным симптомам.

Для педагогов рекомендуется проконсультироваться с врачом перед использованием гарнитуры, если он находится в преклонном возрасте или имеются аномалии бинокулярного зрения или другие серьезные заболевания.

Главным предостережением является избегание длительного использования, так как это может негативно повлиять на зрительно-моторную координацию, равновесие и возможность одновременного выполнения нескольких задач. Педагоги должны внимательно следить за состоянием учащихся во время и после использования гарнитуры для отслеживания возможного снижения этих способностей.

Как показала практика использования иммерсивных технологий некоторые люди (примерно 1 на 4000) могут испытывать сильное головокружение, судороги, подергивания глаз или мышц или потемнение в глазах в результате воздействия световых образов или вспышек света. Это может произойти, когда они совершают виртуальные перемещения в пространстве, даже если у них никогда ранее не было судорожных припадков, потемнения в глазах, симптомов судорог или эпилепсии. Эти расстройства чаще встречаются у молодых людей в возрасте до 20 лет.

Каждый пользователь, испытывающий какой-либо из этих симптомов, должен прекратить использование гарнитуры и обратиться за медицинской помощью. Кроме того, серьезные травмы могут возникнуть в результате спотыкания, столкновения со стенами, мебелью или другими предметами, поэтому перед использованием следует освободить пространство вокруг. В ЦТПО РГГУ мы советуем учащимся по возможности не вставать со своих мест. Использование гарнитуры в итоге может привести к потере равновесия. Очень важно напоминание учащимся, что объекты, которые они видят в виртуальной среде, не существуют в реальности. Они могут забыть, что они не могут сидеть или стоять на них или использовать их для поддержки.

В качестве рекомендаций педагогам - следует делать перерыв не менее 10-15 минут каждые 30 минут иммерсивного занятия. Учащиеся должны делать более частые перерывы.

Использование данных гарнитур показало, что в некоторых случаях негативные симптомы могут сохраняться и проявляться через несколько часов после использования оборудования виртуальной реальности. Помимо вышеперечисленных симптомов, учащиеся и педагоги могут испытывать сонливость и снижение способности сосредоточиться на нескольких задачах. Эти симптомы могут привести к повышенному риску получения травмы при выполнении повседневных дел. При использовании управления с помощью жестов следует быть особенно внимательными, чтобы не переутомиться и не получить травму. Это особенно важно при совершении движений головой. Очень важно, чтобы учащиеся были ос-

ведомлены о правильных жестах и движениях, старались не травмировать голову или шею при выполнении этих жестов.

Значение иммерсивных технологий в образовании с каждым днем усиливается, они все чаще становятся частью современного учебного процесса. VR- и AR-технологии развиваются стремительно и в этом развитии следует отметить следующие тенденции, важные для системы образования: интеграция VR-технологий с информационными и коммуникационными технологиями, новые возможности видеоконференцсвязи, расширение "линейки" и функциональности проекционных видеокomпьютерных систем, использование интерактивных презентационных программно-аппаратных решений [7].

Совершенствование VR-технологий неразрывно связано с программным обеспечением, и здесь особое внимание уделяется моделированию сложных процессов в трехмерном пространстве в условиях реального времени. Однако широкое внедрение новейших VR-технологий в систему российского образования имеет определенные особенности и сложности. Этот процесс проходит в условиях смены образовательной парадигмы, т.е. перехода от репродуктивной модели к творческой, креативной. Определяя сегодня характерные черты новой образовательной "иммерсивной модели", следует отметить: непрерывность, дистанционность, проектность, технологичность и диалогичность - т.е. учебный процесс как совместное творчество и диалог педагога и учащегося в новом многомерном пространстве информации; ориентацию учебного процесса не только на содержание и логику предмета, но и на специфику восприятия аудиовизуальной информации, а также последующую профессиональную деятельность [8].

#### Заключение

В заключение следует отметить, что активное внедрение новейших VR- и AR-технологий может привести и к негативному результату, так как сильное воздействие, оказываемое данными технологиями может привести, во-первых, к ухудшению психофизиологического здоровья учащихся и, во-вторых, к замещению воображения, творческой мысли учащихся на так называемое "клиповое виртуальное мышление". VR- и AR-технологии должны мотивировать и возбуждать творческий интерес, а

не захватывать и манипулировать. В этом и состоит особая роль педагогических и дидактических подходов в использовании иммерсивных технологий в образовании [9].

#### Литература:

1. Качалкин А.Н. Виртуальная и дополненная реальность в образовании // Инновационные технологии в кинематографе и образовании: V Международная научно-практическая конференция. Материалы и доклады. - М.: "Куна", 2019. С. 152-160.
2. Кувшинов С.В. EduBrication - инновационный тренд европейского образования // Инновационные технологии в кинематографе и образовании: Научно-практическая конференция. Москва, 29-31 октября 2014 г. Материалы и доклады. - М.: ВГИК, 2014, с. 178-184.
3. Пиаже Ж. Избранные психологические труды. - М.: Просвещение, 1969.
4. Виртуальная реальность [Эл. ресурс] [https://ru.wikipedia.org/wiki/Виртуальная\\_реальность](https://ru.wikipedia.org/wiki/Виртуальная_реальность)
5. Дополненная реальность [Эл. ресурс] [https://ru.wikipedia.org/wiki/Дополненная\\_реальность](https://ru.wikipedia.org/wiki/Дополненная_реальность)
6. Концепция центра технологической поддержки образования / РГГУ. Институт новых образовательных технологий и информатизации. М.: РГГУ, 2013.
7. Кувшинов С.В., Харин К.В., Усков Г.Н. Образование средствами искусства и трехмерной виртуальной реальности // Запись и воспроизведение объемных изображений в кинематографе и в других областях: X Международная научно-практическая конференция: Материалы и доклады. - М.: ВГИК, 2019, с. 406-418.
8. Кувшинов С.В., Харин К.В. Инженеры XXI века: от трехмерного восприятия к трехмерному мышлению! // Техническое творчество молодежи, № 5 (117), 2019. с. 6-10, № 6 (118), 2019. с. 6-12.
9. Ярославцева Е.И. Проблема познавательного творчества в современном визуальном 3D-стерео образовании. Образование средствами трехмерной визуализации // Инновационные технологии в кинематографе и образовании: VI Международная научно-практическая конференция. Материалы и доклады. - М.: "Куна", 2020. С. 140-152.

Связь с автором: [kuvshinovs58@mail.ru](mailto:kuvshinovs58@mail.ru)

Телефон/Факс: +7 (495) 362-7891  
 E-mail: [boeff@ciam.ru](mailto:boeff@ciam.ru),  
[aib50@yandex.ru](mailto:aib50@yandex.ru), [dvigatel@yandex.ru](mailto:dvigatel@yandex.ru)  
<http://www.dvigately.ru>  
 111116, Москва, Красноказарменная, 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.rospech.ru>) номер «Двигателя» - 69385

# ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ШТАТНОЙ ЧИСЛЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА ГРУППЫ ДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

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

*Проведен управленческий анализ основных экономических соотношений численности персонала, структуры себестоимости, годовой финансовой отчетности группы предприятий машиностроительной отрасли, предложен подход к обоснованию нормативной численности персонала, рассмотрены направления повышения эффективности их деятельности.*

*A managerial analysis of the main economic relations of the number of employees, cost structure, annual financial statements of a group of enterprises in the engineering industry is carried out, an approach to substantiating the standard number of personnel is proposed, and directions for increasing their efficiency are considered.*

**Ключевые слова:** производительность труда, нормативная численность персонала.

**Keywords:** labor productivity, standard number of staffiteration.

Промышленные предприятия в условиях рынка, в связи с колебаниями спроса, себестоимости, цен продукции и других факторов, имеют тенденцию к увеличению или сокращению штатной численности персонала. В предлагаемой статье рассматривается количественная оценка тенденции к изменению штатной численности персонала для четырех крупных предприятий ОДК, основанная на данных их годовой финансовой отчетности.

## 1 Получение формулы расчета необходимой штатной численности персонала предприятия

Для получения формулы расчета штатной численности персонала запишем тождество двух вариантов выражения фонда заработной платы предприятия в виде:

$$F * K / (1 + r) = C_{з.п.} * (1 + 0,31) * T * q, \quad (1)$$

где

**F** - выручка от продажи продукции в рассматриваемом периоде (млн. руб.);

**K** - доля оплаты труда в себестоимости продукции предприятия (десятичная дробь);

**r** - рентабельность продукции предприятия (десятичная дробь);

**C<sub>з.п.</sub>** - средняя начисленная ежемесячная зарплата единицы персонала, млн. руб;

**0,31** - коэффициент социальных отчислений на сумму оплаты труда, принятый на предприятии;

**T** - рассматриваемый период, например 12 (месяцев);

**q** - штатная численность персонала предприятия в рассматриваемом периоде (человек).

Себестоимость продажи продукции оценим по данным финансовой отчетности (форма №2 баланса), как разность выручки и прибыли от продажи продукции (таблица).

Величина **K** показывает отношение затрат на оплату труда, включая социальные отчисления, к себестоимости продажи продукции предприятия, например, по данным Росстата в Челябинской области в 2018 году отраслевые значения **K** были:

- современная металлургия - 5,4 %;
- производство готовых металлических изделий - 17 %;
- производство компьютеров, электронных и оптических изделий - 27,8 %;
- ремонт и монтаж машин и оборудования - 33,1 %;
- ювелирное производство, производство медицинского оборудования, народные промыслы - 40 %;
- связь, сфера услуг - 50 %.

Вычислим, по данным финансовой отчетности, себестоимость продажи и рентабельность продажи продукции, соответственно, как разность выручки и прибыли от продаж, и отношения прибыли от продаж к себестоимости продаж (таблица).

Рентабельность продукции рассчитаем из рентабельности продажи по выражению:

$$r = r_{пр} / (1 - r_{пр}), \quad (2)$$

В рассматриваемый период (2019 гг.) фактическое отношение затрат на оплату труда к полной себестоимости продажи продукции (**K**) составило:

- ПАО "ОДК-УМПО" (Уфа) - 29,5 %;
- ПАО "ОДК-Сатурн" (Рыбинск) - 25,5 %;
- ПАО "ОДК-Пермские Моторы" (Пермь) - 25,1 %;
- ПАО "ОДК-Кузнецов" (Самара) - 50 %, т.е. зарплата дотируется.

Данные трёх промышленных предприятий показывают, что в этой группе предприятий поддерживаются близкие к отраслевому значению коэффициента **K**.

Средневзвешенное значение **K<sub>г</sub>** для группы предприятий можно вычислить по выражению:

$$K_g = \text{Сумма}(Si * Ki) / \text{Сумма}(Si),$$

где **Si** - полная себестоимость продукции *i*-го предприятия за рассматриваемый период.

В расчете средней взвешенной величины **K<sub>г</sub>** для данных предприятий исключим из рассмотрения ПАО "ОДК-Кузнецов" (Самара), где рентабельность продукции убыточна (- 4,5 %), т.е. резко нарушена структура выручки, что не позволяет включать данные "Кузнецов" в среднюю оценку **K<sub>г</sub>** по отраслевой группе предприятий.

По исходным данным прилагаемой таблицы в результате расчета по формуле (2), средневзвешенная величина **K<sub>г</sub>** для трех крупнейших предприятий ОДК составляет **K<sub>г</sub> = 0,275**.

Преобразуем тождество (1) и получим формулу расчета приемлемой штатной численности персонала каждого предприятия данной отраслевой группы для периода 12 месяцев:

$$q = (F * K_g / (1 + r)) / (C_{з.п.} * (1 + 0,31) * 12). \quad (3)$$

Используем данные годовых финансовых отчетов четырех предприятий и проведем сравнение фактической штатной численности персонала с расчетом приемлемой штатной численности персонала по формуле (3), при полученной выше средневзвешенной **K<sub>г</sub> = 0,275** для данной группы трех предприятий (табл.).

## 2 Расчет тенденции отклонения приемлемой штатной численности персонала от фактической численности для данной отраслевой группы

В результате расчета (см. табл.) показано, что при применении в данной группе к каждому предприятию единого отраслевого норматива, как доли заработной платы в полной себестоимости продукции (**K<sub>г</sub> = 0,275**), выявляются тенденции к изменению штатной численности персонала для выравнивания его отдачи:

- ПАО "ОДК-УМПО" - избыток 6,9 %;
- ПАО "ОДК-Сатурн" - дефицит 7,7 %;
- ПАО "ОДК-Пермские моторы" - дефицит 9,7 %;
- ПАО "ОДК-Кузнецов" - избыток 48,5 %.

**Тенденции изменения штатной численности персонала группы предприятий ОДК (при  $K_r = 0,275$ ) (по исходным данным отчетов за 2019 год)**

	Наименование	ПАО "ОДК-УМПО"	ПАО "ОДК-Сатурн"	ПАО "ОДК-ПМ"	ПАО "ОДК-Кузнецов"
1	Выручка, млн руб.	83518	46574	21584	13231
2	Прибыль от продаж, млн руб.	24013	8828	1762	-629
3	Полная себестоимость, млн руб.	59505	37746	19822	13860
4	Рентабельность продаж продукции $r_{пр}$ , %	40,3	23,4	8,9	-4,5
5	ФОТ, млн руб.	17596	9636	4974	5354
6	Фактическая штатная численность, человек	24167	14810	8044	10756
7	Фактическая средняя ежемесячная зарплата персонала, тыс. руб.	46,3	41,4	39,3	38,0
8	Фактическая доля ФОТ в полной себестоимости продукции (К), %	29,5%	25,5%	25,1%	38,6 (или 50 %, с учетом выплаты соц. отчисл.)
9	Расчетная нормативная штатная численность (при $K_r = 0,275$ ), человек	22491	15948	8822	5537 (при рент. 10 %)
10	Тенденция изменения штатной численности (с.9-с.6), человек	-1675	+1138	+778	-5219
11	Тенденция изменения штатной численности, %	-6,9	+7,7	+9,7	-48,5

Компенсировать рассчитанный избыток штатной численности персонала ПАО "ОДК-УМПО" и ПАО "ОДК-Кузнецов", согласно формулы (3), можно одновременным увеличением их выручки, уменьшением средней заработной платы или сокращением персонала.

Полученные из расчета (табл.) тенденции к сокращению или к увеличению штатной численности персонала косвенно подтверждаются состоянием вакансий на сайтах рассмотренных предприятий (на 1 июня 2020 г.):

- ПАО "ОДК-УМПО" (рассчитан избыток персонала 6,9 %) - на сайте приглашение персонала формально (просто конструкторы, технологи и 4 специальности рабочих), не указано требуемых квалификаций специалистов, предлагаемая заработная плата технолога всего 23 тысячи рублей в месяц (в 2 раза ниже средней по предприятию), именно так и приглашают на работу при избытке штатной численности;

- ПАО "ОДК-Кузнецов" (рассчитан избыток персонала 48,5 %) - на сайте вакансий нет, т.к. уже происходит сокращение (900 человек сокращено в 2019 году) штатной численности пер-

**Таблица**

сонала и проводится активная переподготовка кадров;

- ПАО "ОДК-Сатурн" - (рассчитан дефицит численности персонала 7,7 %) - на сайте развернуты подробные приглашения для множества квалифицированных специалистов и рабочих, приглашенным указаны высокие начальные уровни заработной платы - выше, чем средняя по предприятию;

- ПАО "ОДК-Пермские моторы" (рассчитан дефицит численности персонала 9,7 %) - на сайте вакансий нет, значит, согласно формулы (3), для приведения к нормативному уровню в группе требуется увеличить штатную численность и среднюю заработную плату норматив  $K_r = 0,275$ .

В целом, рассмотренный методический подход (3) в использовании единого для предприятий группы отношения  $K_r = \text{"ФОТ к полной себестоимости продаж продукции"}$  позволяет оценить относительный избыток либо дефицит штатной численности персонала и показывает возможности приведения штатной численности персонала предприятий рассмотренной группы к отраслевому уровню. **П**

**Литература:**

1. Консолидированная финансовая отчетность ПАО "ОДК-УМПО" за 2019 г.
2. Консолидированная финансовая отчетность ПАО "ОДК-Сатурн" за 2019 г.
3. Консолидированная финансовая отчетность ПАО "ОДК-Пермские моторы" за 2019 г.
4. Консолидированная финансовая отчетность ПАО "ОДК-Кузнецов" за 2019 г.

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

**ИНФОРМАЦИЯ. Первый полёт МС-21-310 с ПД-14**

**В** конце 2020 года на аэродроме Иркутского авиационного завода состоялся первый полет самолета МС-21-310, оснащенного российскими двигателями ПД-14.

Самолет пилотировал экипаж в составе летчиков-испытателей Василия Севастьянова и Андрея Воропаева и инженера-испытателя Александра Соловьева.

Полетное задание предусматривало оценку устойчивости и управляемости самолета и проверку работы систем и силовой установки на различных высотах и скоростях полета. Продолжительность полета составила 1 ч 25 мин., он проходил на высотах до 3500 м и скоростях до 450 км/ч.

Заводские испытания МС-21-310 с ПД-14 будут продолжены, затем начнется выполнение программы сертификации.

МС-21-300/310 - среднемагистраль-

ный самолет нового поколения вместимостью от 163 до 211 пассажиров. Совершенная аэродинамика и передовые двигатели обеспечивают высокие летно-технические характеристики и низкие эксплуатационные расходы. У МС-21-310 самая большая в своем классе ширина фюзеляжа - 4,06 м, что обеспечивает повышенный комфорт для пассажиров.

Установленные на самолет двигатели ПД-14 отвечают перспективным экологическим требованиям по шуму и эмиссии вредных веществ. Это первый с начала 1990-х гг. полностью российский турбовентиляторный двигатель для гражданской авиации. В



2018 г. на двигатель был выдан Сертификат типа Росавиации. Тяга двигателя на взлетном режиме - 14 тс, сухая масса - 2870 кг, диаметр вентилятора - 1900 мм. Благодаря применению инновационных технологий и материалов удельный расход топлива на 10...15 % ниже, чем у двигателей предыдущего поколения. ПД-14 соответствует современным требованиям по сертификации АП-33, FAR-33, CS-E, ETOPS. **П**

# ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

## МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

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

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

*Проведен всесторонний математический анализ функции нормального насыщения (закон пси от кси). На примерах показана её универсальность. Установлены линейные интервалы этой функции, позволяющие проводить надёжный прогноз релаксационных процессов в различных научных направлениях (физики, химии, техники, медицине и пр.). Разработан метод поиска линейных областей функции на нелинейных участках путем перехода к её высоко-дифференциальным производным, позволяющим делать более глубокий анализ процесса. Разработан простой, доступный в практике вычислений способ нахождения сверхвысоких производных функции нормального насыщения. Установлены области на этой функции, отражающие основные физические релаксационные процессы (область скрытой индукции, область автомодельной релаксации и область программированного затухания).*

*Comprehensive mathematical analysis of the normal saturation function named psi-ksi relationship is carried out. Given examples show us its versatility. Linear intervals of this function are defined, what makes it possible to reliably forecast the relaxation processes in various scientific fields such as: physics, chemistry, engineering, medicine, etc.*

*A method is developed for finding linear regions of the function on nonlinear areas by switching to its higher order differential derivatives, that allows us to carry through more in-depth analysis of the process. A convenient method in calculation practice for finding ultrahigh derivatives of the normal saturation function, has been developed. The regions on this function that reflect the main physical relaxation processes (the region of latent induction, the region of self-similar relaxation and the region of programmed attenuation) are determined.*

**Ключевые слова:** турбулентность, релаксация, насыщение, математический анализ.

**Keywords:** turbulence, relaxation, saturation, mathematical analysis.

В РДТТ для определения уносов углеродных материалов пользуются формулой В.И Бояринцева [1]. Эта формула позволяет определить величину окислительного коэффициента  $\Omega$  по известным значениям температуры стенки:

$$\Omega = Vm \cdot \frac{\sqrt{\left(\frac{Mc}{Mcm} \Omega + 1\right)^2 + 4Vm\Omega} - \left(\frac{Mc}{Mcm} \Omega + 1\right)}{2Vm\Omega}$$

Здесь:  $Vm$  - окислительный потенциал;

$Mc, Mcm$  - молекулярные массы углерода и смеси продуктов сгорания твердого топлива;

$$\Omega = \frac{\alpha}{Cp} \cdot \frac{RTw}{k_0 Pw Mc} \cdot e^{\frac{E}{RTw}};$$

$\frac{\alpha}{Cp}$  - коэффициент теплообмена;

$k_0$  - предэкспонент;

$E$  - энергия активации.

Прямое решение этого уравнения неудобно в инженерных расчетах из-за необходимости очень точного задания температуры, поскольку экспоненциальный член, стоящий в функции  $\Omega(Tw)$  делает данную зависимость очень крутой и очень небольшие отклонения от точных значений аргумента приводят к существенным ее отклонениям. Для упрощения расчетов исходное уравнение, полученное Бояринцевым

$$\Omega B^2 + \left(\Omega \frac{Mc}{Mcm} + 1\right) B - Vm = 0,$$

было преобразовано. Для этого [2] функция

$$\Omega = \frac{\alpha}{Cp} \cdot \frac{RTw}{k_0 Pw Mc} \cdot e^{\frac{E}{RTw}}$$

была представлена как обратная,

$$\frac{1}{\Omega} = \frac{\alpha}{Cp} \cdot \frac{E}{k_0 Pw Mc} \cdot \frac{1}{\xi} e^{-\frac{1}{\xi}},$$

где  $\xi = \frac{RTw}{E}$ .

Произведение, зависящее от  $\xi$  было пронормировано домножением и одновременным делением правой части формулы на число  $e = 2,718281828$ :

$$\frac{1}{\Omega} = \frac{1}{\frac{\alpha}{Cp} \cdot \frac{E \cdot e}{k_0 Pw Mc}} \cdot \frac{1}{\xi} e^{1-\frac{1}{\xi}}.$$

Далее была введена новая функция [2]:

$$\Psi(X) = \frac{1}{\xi} e^{1-\frac{1}{\xi}} - \text{нормальная функция насыщения (рис. 1)}.$$

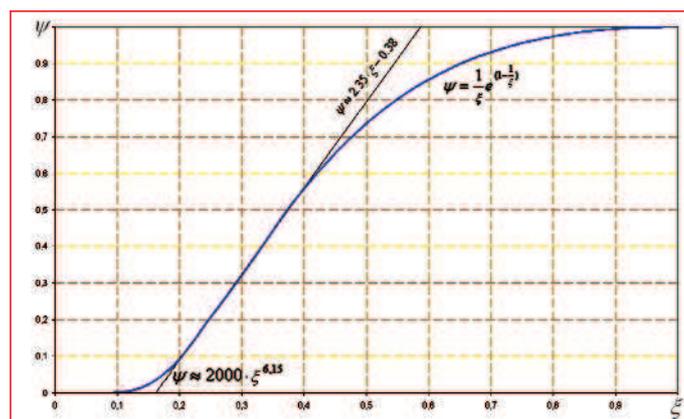


Рис. 1 Нормальная функция насыщения

Эта функция имеет значения равные нулю в нуле и единицу в единице. Кроме того, ее первые производные в этих точках равны нулю, а в точке  $\xi = 1 - \sqrt{2}/2$  она имеет перегиб, что характеризует ее как функцию насыщения. Значения функции ( $\psi$ ) были затабулированы, что существенно упрощает расчеты, а с помощью самой функции появилась возможность дополнительных преобразований исходных уравнений. В дальнейшем функция нормального насыщения была использована во многих задачах термогазодинамики и физической химии. Внешне функция напо-

минает функцию распределения, например распределение частиц по размерам. Производная такой функции является плотностью распределения и играет большую роль в статистической физике и молекулярно-кинетической теории. Полученная функция универсальна и встречается в различных отраслях науки и техники [3]. В химии, например, это - кинетическая кривая процесса автокаталитической реакции. В физике - кривая намагничивания в петле гистерезиса. В теории регулирования - разгонная характеристика объекта регулирования. В технике это - эффективность пылеосадительных камер, инерционных пылеуловителей, многокамерных прямоточных циклонов, скрубберов и т.д. Кривая может описывать процессы, происходящие в здравоохранении [4], а также предсказывать динамику протекания пандемии.

**Вывод функции нормального насыщения**

Вывод функции нормального насыщения производится с привлечением законов термодинамики и физической химии. Это - первое, второе [5] и четвертое [6] начало термодинамики. Это - закономерность, полученная В.И Боярцевым [1], при решении задачи механизма разрушения углеродной стенки под воздействием продуктов сгорания твердого топлива. Это - закон Аррениуса и закон действующих масс в форме Гиббса. Все соотношения, описывающие эти законы, математически строгие и поэтому универсальное соотношение, описывающее естественный закон нормального насыщения, полученный без упрощений и приближений, также математически строг и имеет статус закона.

Далее изложим последовательно вывод этого закона и получим его математическое соотношение. Этот вывод уже неоднократно делался и ранее [7, 8], но в целях общей систематизации изложения он повторяется, хотя и весьма кратко в целях удобства восприятия основной линии изложения и простоты понимания.

Итак, вывод соотношения будет тесно завязан на уравнениях термогазодинамики, а именно на уравнении движения, записанного для реального газа. Сразу следует повториться [9], что уравнение движения в форме Навье-Стокса справедливо только для замороженного газодинамического потока и применимо для благородных инертных газов [10, 11]. Новое уравнение движения выведем из начал термодинамики. Проведем это для нестационарных, вязких, сжимаемых и неравновесных уравнений движения.

Запишем 1-е и 2-е начало термодинамики с учетом внутренней и внешней энергии:

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

Для удобства представим два правых члена в следующем виде:

$$R_{\mu}T\text{grad} \frac{Q_p}{R_{\mu}T} + \frac{1}{\rho} \text{div}\Pi.$$

Здесь последний член - энергия касательных сил, записан в форме Коши.

Преобразуем второй член после равенства с помощью преобразования Лежандра и умножим все уравнения на  $\rho^2$  получим:

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

Вновь применив преобразование Лежандра для первого члена после равенства  $\rho^2 \text{grad}U = \text{grad}U\rho^2 - U\text{grad}\rho^2$ . Получим новое уравнение

$$\rho^2 \text{grad}Q - \text{grad}U\rho^2 - U\text{grad}\rho^2 + \rho \text{grad} \frac{P}{\rho} - \rho \text{grad}P + \rho^2 R_{\mu}T \text{grad} \frac{Q_p}{R_{\mu}T} + \rho \text{div}\Pi,$$

применив к которому четвертое начало термодинамики, получим:

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

Выводя энтальпию  $H = U + P/\rho$  в уравнение  $\tau$

$$\rho \text{grad}Q = -\frac{d\rho v}{dt} - (U + H)\rho \text{grad}\rho + P \text{grad} \frac{Q_p}{R_{\mu}T} + \text{div}\Pi$$

и энтропию, получим:

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

Далее приводим к традиционному виду уравнение импуль-

сов (движения), при этом выделяем оператор градиент от логарифма:

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

Для дальнейших преобразований введем в выкладки химический потенциал, как удельный (в расчете на единицу молекулярной массы) изобарно-изотермический потенциал Гиббса. Для этого перейдем к универсальной газовой постоянной вместо молярной  $R = \mu \cdot R_{\mu}$ , тем самым переведем числитель в значение для моля, и сам числитель будет, по существу, химическим потенциалом. Часто в литературе последний член пишут в форме Аррениуса, тогда уравнение движения запишется следующим образом:

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

Далее, выделяя функцию

$$\psi = \frac{1}{\xi} e^{1-\frac{1}{\xi}},$$

где аргументом обозначим

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

получим окончательно уравнение в виде:

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

Функция является универсальной функцией нормального насыщения. В работе [12] эта формулировка отражает закон пси от кси и в общем случае описывает релаксационные процессы.

Полученное уравнение преобразуем к виду:

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

Для ламинарного равновесного ( $\psi(\xi) = 1$ ) течения уравнение принимает вид:

$$\begin{aligned} \frac{d\rho v}{dt} &= -2 \frac{k}{k-1} \text{grad}P - 4 \frac{v}{3} \text{grad} \frac{d\rho}{dt}; \\ \frac{d\rho v}{dt} &= -\text{grad} \left( 2 \frac{k}{k-1} P - 4 \frac{v}{3} \frac{d\rho}{dt} \right). \end{aligned}$$

В случае замороженного течения ( $\psi(\xi) = 0$ ) последнее уравнение превращается в уравнение Эйлера. Очевидно, что функция  $\psi(\xi)$  определяет также кинетику химического процесса.

В нашем случае объектом исследования является именно эта функция. Поэтому изучим ее основные свойства в целях дальнейшего использования.

**Главные свойства функции насыщения**

Функцию насыщения или универсальный закон пси от кси проанализируем детально, рассматривая ее как математический объект. Итак, это монотонно возрастающая функция, и рассматриваем её мы только в интервале от нуля до единицы. Именно ноль и единица - это края интервала, которые символизируют изменения аргумента от 0 до 100 %. Функция в нуле имеет значение ноль, а в единице - единицу. Эта функция плавная и много- (бесконечно) дифференцируемая. Так как в общем она монотонная, то её можно было бы представить как функцию накопления через интеграл с переменным верхним пределом. В такой интерпретации она может иллюстрировать функцию распределения параметров. А её производная - плотность распределения.

Функция нормального насыщения - и как любая функция нормального насыщения - имеет свои характерные области. Интервал от нуля до ~0,1 практически равен нулю. В этот период происходят потенциальные процессы - процессы накопления. Этими процессами может быть возникновение или увеличение количества трещин перед началом уносов разрушающегося под воздействием двухфазного потока материала стенки. Или наполнение активных радикалов для последующих реакций в ка-

мере ЖРД. Или начальное уплотнение рабочего тела перед процессом перехода через звук в ударной волне и т.д. Этот интервал весьма продолжителен и ощутим для анализа. Это период индукции процесса, процесса наполнения потенциала. При превышении крайнего значения этого интервала, теперь уже на интервале [0,1; 0,2] происходит резкое возрастание кривой. В этот момент физические процессы наиболее высоко-градиентные. Происходит активный выход на равновесный режим, который характеризуется оптимальными скоростями реакций, фазовыми переходами и другими релаксационными процессами. Этот интервал плавно сопрягается с автомодельным процессом роста. Далее на интервале [0,2; 0,4] наступает линейный участок развития насыщения. На кривой (рис. 1), а это - характерный интервал, процесс идет с установившейся скоростью. Угол насыщения кривой на этом участке продолжительное время остается практически постоянным и примерно равен 67°. Это цифра (67°) для кривой  $\psi(\xi)$  является основной характеристикой этой кривой. Максимальное значение угла наклона также находится в этом интервале, а точнее значение этого угла находится в точке перегиба и составляет  $\theta = 68,33189^\circ$ . На интервале [0,1; 0,4] закон  $\psi(\xi)$  совершенно оправдано может быть представлен в виде линейной зависимости:

$$\psi = 2,35\xi - 0,38.$$

Замечаем еще один линейный участок на кривой плотности распределения (рис. 2).



Рис. 2 Первая производная нормальной функции насыщения

Это интервал  $0,4 < \xi < 0,6$ . Процесс скорости нарастания на этом интервале падает, а кривая при  $\xi < 0,6$  плавно стремится к предельному значению, завершая свое движение в точке  $\xi = 1$ . После чего равновесие достигнуто. Все релаксационные процессы завершились. Кривая плавно из состояния одного равновесия перешла в другое.

Для более высокодифференцированного анализа проанализируем производную этой функции (плотность распределения). Производная будет иметь вид:

$$\psi'(\xi) - \left(\frac{1}{\xi} e^{-\frac{1}{\xi}}\right)' = \left(\frac{1}{\xi^2} - \frac{1}{\xi}\right) \psi(\xi) = \frac{1-\xi}{\xi^2} \cdot \psi(\xi).$$

Кривая  $\psi'(\xi)$  (рис. 2), характеризующая наклон кривой насыщения начинается и кончается в нуле. Она имеет максимальное значение. Кривая на интервале [0; 0,1] имеет очень вялый подъем с нулевой производной в точке  $\xi = 0$ , а спадает до нуля в точке  $\xi = 1$  с конечной производной. В отличии от самой функции насыщения, у которой она нулевая. Очевидно, что кривая плотности распределения имеет две точки перегиба, которые могут более точно характеризовать процесс.

Вначале найдем от нее производную или, что тоже самое, вторую производную от функции насыщения:

$$\begin{aligned} \psi''(\xi) &= \left[-\left(\frac{1}{\xi^2} - \frac{1}{\xi}\right)'\right] \psi + \left[-\left(\frac{1}{\xi} - \frac{1}{\xi^2}\right)\right] \psi' = \\ &= \left[\frac{1}{\xi^3} - \frac{2}{\xi^2}\right] \psi + \left(\frac{1}{\xi} - \frac{1}{\xi^2}\right)^2 \psi = \frac{\psi}{\xi^4} (2\xi^2 - 4\xi + 1) = 0. \end{aligned}$$

Как было сказано ранее, корни этого уравнения имеют вид  $\xi_{1,2} = 1 \pm \sqrt{2}/2$ .

Второй корень укладывается в интервал нашего рассмотрения  $\xi = 1 - \sqrt{2}/2$ . Этот корень является абсциссой максимального значения. Точное значение максимума наклона равно  $68,33189^\circ$ . Если присмотреться к этой кривой (рис. 2), то можно отметить, что в интервале [0,2; 0,4] значение угла наклона меняется слабо, в среднем составляет величину 67°. Далее представим кривую на рис. 2 как функцию угла наклона. На ней (рис. 3) более рельефно выделяются характерные области.

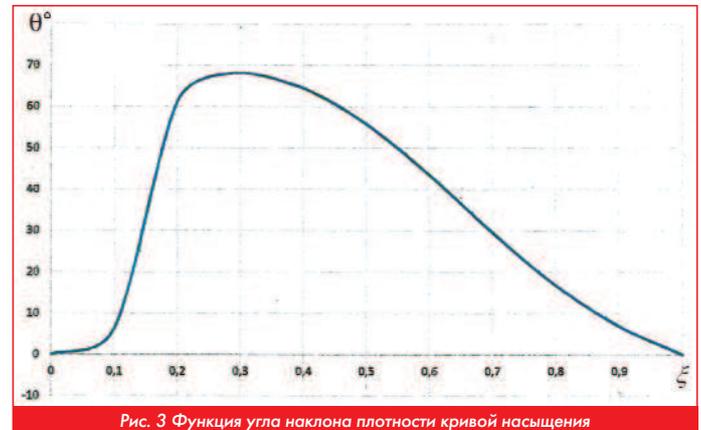


Рис. 3 Функция угла наклона плотности кривой насыщения

Следует подробно рассмотреть два интервала: 1) интервал от нуля до 0,08, период индукции и 2) интервал от 0,1 до 0,2. Это два интервала с автомодельным изменением параметров. В обоих случаях скорость нарастания изменит себя линейно. Это говорит о том, что:

1. Период индукции является автомодельным процессом.

2. На интервале [0,1; 0,2] процесс так же автомодельный, линейный и функция насыщения может быть описана параболой. Кривая насыщения в этом интервале будет изменяться по закону:  $\psi = 2000 \xi^{6,35}$ .

3. Интервал [0,6; 0,8] также имеет линейный участок. То есть кривая  $\psi'$  имеет постоянный отрицательный наклон. На этом участке реализуется классический экспоненциальный спад.

Нюансы, связанные с первым интервалом [0; 0,08] требуют серьезного физического анализа и возможно приведут к раскрытию внутреннего механизма протекания конкретного физического процесса. Значения производных в точках перегиба требует взятия третьей производной и приравнивания ее к нулю  $\psi''' = 0$  для нахождения корней. Возьмем ее:

$$\begin{aligned} \psi''' &= \left[\psi \left(\frac{2}{\xi^2} - \frac{4}{\xi^3} + \frac{1}{\xi^4}\right)'\right]' = \left(\frac{2}{\xi^2} - \frac{4}{\xi^3} + \frac{1}{\xi^4}\right)' \cdot \psi + \left(\frac{2}{\xi^2} - \frac{4}{\xi^3} + \frac{1}{\xi^4}\right) \psi' = \\ &= \left(\frac{2 \cdot 2}{\xi^3} - \frac{4 \cdot 3}{\xi^4} + \frac{4}{\xi^5}\right) \psi + \left(\frac{2}{\xi^2} - \frac{4}{\xi^3} + \frac{1}{\xi^4}\right) \left(\frac{1}{\xi} - \frac{1}{\xi^2}\right) \psi = \frac{-4\xi^2 + 12\xi - 4}{\xi^5} \psi + \\ &+ \frac{2\xi^2 - 4\xi + 1}{\xi^4} \cdot \frac{1-\xi}{\xi^2} \psi = \frac{-4\xi^3 + 12\xi^2 - 4\xi}{\xi^6} \psi + \frac{2\xi^2 - 4\xi + 1 - 2\xi^3 + 4\xi^2 - \xi}{\xi^6} \psi = \\ &= -\frac{\psi}{\xi^6} (6\xi^3 - 18\xi^2 + 9\xi - 1). \end{aligned}$$

Это уравнение имеет три действительных корня:

$$\xi_1 = 0,158983899;$$

$$\xi_2 = 0,435866521;$$

$$\xi_3 = 2,405149578,$$

при этом последний корень выпадает из интервала рассмотрения.

Отбирая первые два корня, поскольку они попадают в эту область, отмечаем, что кривая имеет две точки перегиба, в каждой из которых реализуется экстремальный рост, либо спад.

### Возможность прогноза процесса насыщения

Разделение на характерные области кривой нормального насыщения позволяет делать серьезные прогнозы при изучении процессов насыщения или релаксации. Эта кривая характеризует именно свободную релаксацию при любых физических процессах. При этом можно предположить, и это логично, что энтропия процесса будет оставаться постоянной. В противоположность сказанному, вынужденное приведение к насыщению будет сопровождаться ростом энтропии.

В нормальной кривой насыщения все области взаимосвязаны. Достаточно в эксперименте или в результате мониторинга ситуации определить начало или конец какого-нибудь интервала, сразу представляется возможность узнать, когда начнет проявляться следующий процесс или когда процесс насыщения совсем завершится ( $\xi = 1$ ). Действительно, если процесс насыщения достиг, например, линейного автоматического развития и известна координата его завершения, то отмеченный интервал (либо период) будет равен безразмерному отрезку 0,2 (0,4 - 0,2 = 0,2). Тогда становится понятным, когда насыщение закончится.

Самый ранний прогноз можно сделать по результатам исследования интервала [0; 0,1]. Но это будет самый не точный прогноз. Не всегда хорошо известно, когда процесс насыщения начинается. Малые значения производных на этом этапе не дают возможности точно предсказать, как поведет себя процесс на следующем интервале.

Более точный прогноз можно сделать по интервалу [0,2; 0,4]. Это - продолжительный линейный участок. Только на линейном участке человек может дать точный прогноз. Ведь ему известен, как правило, коэффициент пропорциональности, или его можно найти эмпирическим путем. А вот прогноз нелинейных процессов - это Божий промысел. Спрогнозировать нелинейный процесс, напрямую, человек не может. Но если найти связь между линейными участками процесса, то по отнормированной функции можно, применяя эти взаимосвязи, делать надежные прогнозы.

**Определение высших производных функции насыщения**

Примеры использования производных показали, что каждая из них может дать новую информацию и на других более высоко дифференцированных участках выявить линейные и увязать их с общими. В связи с этим является целесообразным изучение производных высоких порядков, тем более для универсальных функций. Это обретает новые перспективы в исследовании этих функций.

Далее определим четвертую производную:

$$\Psi^{IV} = \left[ \Psi \left( \frac{1}{\xi^5} - \frac{9}{\xi^6} + \frac{18}{\xi^7} - \frac{6}{\xi^8} \right) \right]' = \left( \frac{1}{\xi^5} - \frac{9}{\xi^6} + \frac{18}{\xi^7} - \frac{6}{\xi^8} \right)' \Psi + \left( \frac{1}{\xi^5} - \frac{9}{\xi^6} + \frac{18}{\xi^7} - \frac{6}{\xi^8} \right) \cdot \Psi' =$$

$$= \left[ -\frac{5}{\xi^6} + \frac{9 \cdot 6}{\xi^7} - \frac{18 \cdot 7}{\xi^8} + \frac{6 \cdot 8}{\xi^9} \right] \cdot \Psi + \left( \frac{1}{\xi^5} - \frac{9}{\xi^6} + \frac{18}{\xi^7} - \frac{6}{\xi^8} \right) \left( \frac{1-\xi}{\xi^2} \right) \Psi =$$

$$= \frac{\Psi}{\xi^6} [-6\xi + 45\xi^2 - 72\xi^3 + 18\xi^4 + (1 - 9\xi + 18\xi^2 - 6\xi^3)(1 - \xi)] =$$

$$= \frac{\Psi}{\xi^6} [-6\xi + 45\xi^2 - 72\xi^3 + 18\xi^4 + 1 - 9\xi + 18\xi^2 - 6\xi^3 - \xi + 9\xi^2 - 18\xi^3 + 6\xi^4] =$$

$$= \frac{\Psi}{\xi^6} (24\xi^4 - 96\xi^3 + 72\xi^2 - 16\xi + 1) = 0.$$

Корни уравнения в скобке имеют следующие значения.  
 $\xi_1 = 0,10643879214266039$ ;  $\xi_2 = 0,2204284102592151$ ;  
 $\xi_3 = 0,5728160624821347$ ;  $\xi_4 = 3,1003167351159897$ .

В рассматриваемый диапазон попадают первые три решения. Определим пятую производную:

$$\Psi^V = \left[ \Psi \left( \frac{24}{\xi^4} - \frac{96}{\xi^5} + \frac{72}{\xi^6} - \frac{16}{\xi^7} + \frac{1}{\xi^8} \right) \right]' = \left( \frac{24}{\xi^4} - \frac{96}{\xi^5} + \frac{72}{\xi^6} - \frac{16}{\xi^7} + \frac{1}{\xi^8} \right)' \Psi +$$

$$+ \left( \frac{24}{\xi^4} - \frac{96}{\xi^5} + \frac{72}{\xi^6} - \frac{16}{\xi^7} + \frac{1}{\xi^8} \right) \Psi' = \left( -\frac{24 \cdot 4}{\xi^5} + \frac{96 \cdot 5}{\xi^6} - \frac{72 \cdot 6}{\xi^7} + \frac{16 \cdot 7}{\xi^8} - \frac{8}{\xi^9} \right) \Psi +$$

$$+ \left( \frac{24\xi^4 - 96\xi^5 + 72\xi^6 - 16\xi^7 + 1}{\xi^8} \right) \cdot \left( \frac{1-\xi}{\xi^2} \right) \Psi = \frac{\Psi}{\xi^{10}} (-96\xi^5 + 480\xi^4 - 432\xi^3 + 112\xi^2 -$$

$$- 8\xi + 24\xi^4 - 96\xi^3 + 72\xi^2 - 16\xi + 1 - 24\xi^5 + 96\xi^4 - 72\xi^3 + 16\xi^2 - \xi) =$$

$$= \frac{\Psi}{\xi^{10}} (-120\xi^5 + 600\xi^4 - 600\xi^3 + 200\xi^2 - 25\xi + 1).$$

Для интервала [0; 1] попеременно четыре корня:  
 $\xi_1 = 0,07910890000124489$ ;  $\xi_2 = 0,14112710000302825$ ;  
 $\xi_3 = 0,27805380000696567$ ;  $\xi_4 = 0,7075121999041226$ .

Шестую производную вычислим, замечая некоторый повторяющийся механизм.

$$\Psi^{VI} = \left[ \Psi \left( -\frac{120}{\xi^5} + \frac{600}{\xi^6} - \frac{600}{\xi^7} + \frac{200}{\xi^8} - \frac{25}{\xi^9} + \frac{1}{\xi^{10}} \right) \right]' = \left( -\frac{120}{\xi^5} + \frac{600}{\xi^6} - \frac{600}{\xi^7} + \frac{200}{\xi^8} - \frac{25}{\xi^9} + \frac{1}{\xi^{10}} \right)' \Psi +$$

$$+ \left( -\frac{120}{\xi^5} + \frac{600}{\xi^6} - \frac{600}{\xi^7} + \frac{200}{\xi^8} - \frac{25}{\xi^9} + \frac{1}{\xi^{10}} \right) \Psi' = \left( \frac{120 \cdot 5}{\xi^6} - \frac{600 \cdot 6}{\xi^7} + \frac{600 \cdot 7}{\xi^8} - \frac{200 \cdot 8}{\xi^9} + \frac{25 \cdot 9}{\xi^{10}} - \frac{1 \cdot 10}{\xi^{11}} \right) \Psi +$$

$$+ \left( -\frac{120}{\xi^5} + \frac{600}{\xi^6} - \frac{600}{\xi^7} + \frac{200}{\xi^8} - \frac{25}{\xi^9} + \frac{1}{\xi^{10}} \right) \cdot \left( \frac{1-\xi}{\xi^2} \right) \Psi = \frac{\Psi}{\xi^{13}} (600\xi^6 - 3600\xi^5 + 4200\xi^4 - 1600\xi^3 +$$

$$+ 225\xi^2 - 10\xi - 120\xi^5 + 600\xi^4 - 600\xi^3 + 200\xi^2 - 25\xi + 1 + 120\xi^6 - 600\xi^5 + 600\xi^4 -$$

$$- 200\xi^3 + 25\xi^2 - \xi) = \frac{\Psi}{\xi^{13}} (720\xi^6 - 4320\xi^5 + 5400\xi^4 - 2400\xi^3 + 450\xi^2 - 36\xi + 1).$$

Корни этого многочлена в интервале [0; 1]:

$\xi_1 = 0,06257$ ;  $\xi_2 = 0,10165$ ;  $\xi_3 = 0,17316$ ;  
 $\xi_4 = 0,33414$ ;  $\xi_5 = 0,84$ .

При взятии производных был выработан пример использования только первой производной, через которую производится единственное дифференцирование трансцендентной функции. Далее выстраивается для каждого уровня дифференцирования своя многочлен, с соответственной степенью.

$$\Psi^{VII} = \left[ \Psi \left( \frac{720}{\xi^6} - \frac{4320}{\xi^7} + \frac{5400}{\xi^8} - \frac{2400}{\xi^9} + \frac{450}{\xi^{10}} - \frac{36}{\xi^{11}} + \frac{1}{\xi^{12}} \right) \right]' = \left( \frac{720}{\xi^6} - \frac{4320}{\xi^7} + \frac{5400}{\xi^8} - \frac{2400}{\xi^9} + \frac{450}{\xi^{10}} - \frac{36}{\xi^{11}} + \frac{1}{\xi^{12}} \right)' \Psi +$$

$$+ \left( \frac{720}{\xi^6} - \frac{4320}{\xi^7} + \frac{5400}{\xi^8} - \frac{2400}{\xi^9} + \frac{450}{\xi^{10}} - \frac{36}{\xi^{11}} + \frac{1}{\xi^{12}} \right) \Psi' = \left( -\frac{720 \cdot 6}{\xi^7} + \frac{4320 \cdot 7}{\xi^8} - \frac{5400 \cdot 8}{\xi^9} + \frac{2400 \cdot 9}{\xi^{10}} - \frac{450 \cdot 10}{\xi^{11}} + \frac{36 \cdot 11}{\xi^{12}} - \frac{1 \cdot 12}{\xi^{13}} \right) \Psi +$$

$$+ \left( \frac{720}{\xi^6} - \frac{4320}{\xi^7} + \frac{5400}{\xi^8} - \frac{2400}{\xi^9} + \frac{450}{\xi^{10}} - \frac{36}{\xi^{11}} + \frac{1}{\xi^{12}} \right) \cdot \left( \frac{1-\xi}{\xi^2} \right) \Psi =$$

$$= \frac{\Psi}{\xi^{16}} (-4320\xi^7 + 30240\xi^6 - 43200\xi^5 + 21600\xi^4 - 4500\xi^3 + 396\xi^2 - 12\xi + 720\xi^6 - 4320\xi^5 + 5400\xi^4 -$$

$$- 2400\xi^3 + 450\xi^2 - 36\xi + 1 - 720\xi^7 + 4320\xi^6 - 5400\xi^5 + 2400\xi^4 - 450\xi^3 + 36\xi^2 - \xi) =$$

$$= \frac{\Psi}{\xi^{16}} (-5040\xi^7 + 35280\xi^6 - 52920\xi^5 + 29400\xi^4 - 7350\xi^3 + 882\xi^2 - 49\xi + 1).$$

Корни уравнения в интервале [0; 1] имеют вид:

$\xi_1 = 0,05156$ ;  $\xi_2 = 0,07853$ ;  
 $\xi_3 = 0,38943$ ;  $\xi_4 = 0,97403$ .

Нахождение корней предполагает возможность разложения многочлена на одночлены в целях нахождения повторяемости. Восемью производную найдем аналогично.

$$\Psi^{VIII} = \left[ \Psi \left( -\frac{5040}{\xi^7} + \frac{35280}{\xi^8} - \frac{52920}{\xi^9} + \frac{29400}{\xi^{10}} - \frac{7350}{\xi^{11}} + \frac{882}{\xi^{12}} - \frac{49}{\xi^{13}} + \frac{1}{\xi^{14}} \right) \right]' =$$

$$= \left( -\frac{5040}{\xi^7} + \frac{35280}{\xi^8} - \frac{52920}{\xi^9} + \frac{29400}{\xi^{10}} - \frac{7350}{\xi^{11}} + \frac{882}{\xi^{12}} - \frac{49}{\xi^{13}} + \frac{1}{\xi^{14}} \right)' \Psi +$$

$$+ \left( -\frac{5040}{\xi^7} + \frac{35280}{\xi^8} - \frac{52920}{\xi^9} + \frac{29400}{\xi^{10}} - \frac{7350}{\xi^{11}} + \frac{882}{\xi^{12}} - \frac{49}{\xi^{13}} + \frac{1}{\xi^{14}} \right) \Psi' =$$

$$= \left( \frac{5040 \cdot 7}{\xi^8} - \frac{35280 \cdot 8}{\xi^9} + \frac{52920 \cdot 9}{\xi^{10}} - \frac{29400 \cdot 10}{\xi^{11}} + \frac{7350 \cdot 11}{\xi^{12}} - \frac{882 \cdot 12}{\xi^{13}} + \frac{49 \cdot 13}{\xi^{14}} - \frac{14}{\xi^{15}} \right) \Psi +$$

$$+ \left( -\frac{5040}{\xi^7} + \frac{35280}{\xi^8} - \frac{52920}{\xi^9} + \frac{29400}{\xi^{10}} - \frac{7350}{\xi^{11}} + \frac{882}{\xi^{12}} - \frac{49}{\xi^{13}} + \frac{1}{\xi^{14}} \right) \cdot \left( \frac{1-\xi}{\xi^2} \right) \Psi =$$

$$+ \left( -\frac{5040}{\xi^7} + \frac{35280}{\xi^8} - \frac{52920}{\xi^9} + \frac{29400}{\xi^{10}} - \frac{7350}{\xi^{11}} + \frac{882}{\xi^{12}} - \frac{49}{\xi^{13}} + \frac{1}{\xi^{14}} \right) \cdot \left( \frac{1-\xi}{\xi^2} \right) \Psi =$$

$$= \frac{\Psi}{\xi^{16}} (35280\xi^8 - 282240\xi^7 + 476280\xi^6 - 29400\xi^5 + 80850\xi^4 - 10584\xi^3 + 637\xi^2 -$$

$$- 14\xi - 5040\xi^7 + 35280\xi^6 - 52920\xi^5 + 29400\xi^4 - 7350\xi^3 + 882\xi^2 - 49\xi + 1 +$$

$$+ 5040\xi^8 - 35280\xi^7 + 52920\xi^6 - 29400\xi^5 + 7350\xi^4 - 882\xi^3 + 49\xi^2 - \xi) =$$

$$= \frac{\Psi}{\xi^{16}} (40320\xi^8 - 322560\xi^7 + 564480\xi^6 - 376320\xi^5 + 117600\xi^4 - 18816\xi^3 + 1568\xi^2 - 64\xi + 1).$$

Значение корней в интервале [0; 1]:

$\xi_1 = 0,04374$ ;  $\xi_2 = 0,06353$ ;  
 $\xi_3 = 0,09295$ ;  $\xi_4 = 0,23437$ ;  
 $\xi_5 = 0,44423$ .

Значение корней - это реальные точки, которые позволяют более подробно описывать особенности кривых.

Далее найдем девятую производную.

$$\Psi^{IX} = \left[ \Psi \left( \frac{40320}{\xi^8} - \frac{322560}{\xi^9} + \frac{564480}{\xi^{10}} - \frac{376320}{\xi^{11}} + \frac{117600}{\xi^{12}} - \frac{18816}{\xi^{13}} + \frac{1568}{\xi^{14}} - \frac{64}{\xi^{15}} + \frac{1}{\xi^{16}} \right) \right]' =$$

$$= \left( \frac{40320}{\xi^8} - \frac{322560}{\xi^9} + \frac{564480}{\xi^{10}} - \frac{376320}{\xi^{11}} + \frac{117600}{\xi^{12}} - \frac{18816}{\xi^{13}} + \frac{1568}{\xi^{14}} - \frac{64}{\xi^{15}} + \frac{1}{\xi^{16}} \right)' \Psi +$$

$$+ \left( \frac{40320}{\xi^8} - \frac{322560}{\xi^9} + \frac{564480}{\xi^{10}} - \frac{376320}{\xi^{11}} + \frac{117600}{\xi^{12}} - \frac{18816}{\xi^{13}} + \frac{1568}{\xi^{14}} - \frac{64}{\xi^{15}} + \frac{1}{\xi^{16}} \right) \Psi' =$$

$$= \left( \frac{40320 \cdot 8}{\xi^9} - \frac{322560 \cdot 9}{\xi^{10}} + \frac{564480 \cdot 10}{\xi^{11}} - \frac{376320 \cdot 11}{\xi^{12}} + \frac{117600 \cdot 12}{\xi^{13}} - \frac{18816 \cdot 13}{\xi^{14}} + \frac{1568 \cdot 14}{\xi^{15}} - \frac{64 \cdot 15}{\xi^{16}} + \frac{16}{\xi^{17}} \right) \Psi +$$

$$+ \left( \frac{40320}{\xi^8} - \frac{322560}{\xi^9} + \frac{564480}{\xi^{10}} - \frac{376320}{\xi^{11}} + \frac{117600}{\xi^{12}} - \frac{18816}{\xi^{13}} + \frac{1568}{\xi^{14}} - \frac{64}{\xi^{15}} + \frac{1}{\xi^{16}} \right) \cdot \left( \frac{1-\xi}{\xi^2} \right) \Psi =$$

$$+ \left( \frac{40320}{\xi^8} - \frac{322560}{\xi^9} + \frac{564480}{\xi^{10}} - \frac{376320}{\xi^{11}} + \frac{117600}{\xi^{12}} - \frac{18816}{\xi^{13}} + \frac{1568}{\xi^{14}} - \frac{64}{\xi^{15}} + \frac{1}{\xi^{16}} \right) \cdot \left( \frac{1-\xi}{\xi^2} \right) \Psi =$$

$$= \frac{\Psi}{\xi^{18}} (-322560\xi^9 + 2903040\xi^8 - 5644800\xi^7 + 4139520\xi^6 - 1411200\xi^5 + 244608\xi^4 - 21952\xi^3 +$$

$$+ 960\xi^2 - 16\xi + 40320\xi^8 - 322560\xi^7 + 564480\xi^6 - 376320\xi^5 + 117600\xi^4 - 18816\xi^3 + 1568\xi^2 -$$

$$- 64\xi + 1 - 40320\xi^9 + 322560\xi^8 - 564480\xi^7 + 376320\xi^6 - 117600\xi^5 + 18816\xi^4 - 1568\xi^3 + 64\xi^2 - \xi) =$$

$$= \frac{\Psi}{\xi^{18}} (-362880\xi^9 + 3265920\xi^8 - 6531840\xi^7 + 5080320\xi^6 - 1905120\xi^5 + 381024\xi^4 - 42336\xi^3 + 2592\xi^2 - 81\xi + 1).$$

Корни в диапазоне [0; 1]

$\xi_1 = 0,03792$ ;  $\xi_2 = 0,05309$ ;  
 $\xi_3 = 0,10669$ ;  $\xi_4 = 0,49872$ .

В процессе дифференцирования было установлено, что если коэффициент перед переменной поделить на постоянную величину, то все значения коэффициентов будут представлять квадраты целых чисел. Беря десятую производную, будем свертывать члены с этой тенденцией.

$$\Psi^X = \left[ \Psi \cdot \left( \frac{362880}{\xi^9} + \frac{3265920}{\xi^{10}} - \frac{6531840}{\xi^{11}} + \frac{5080320}{\xi^{12}} - \frac{1905120}{\xi^{13}} + \frac{381024}{\xi^{14}} - \frac{42336}{\xi^{15}} + \frac{2592}{\xi^{16}} - \frac{81}{\xi^{17}} + \frac{1}{\xi^{18}} \right) \right]' =$$

$$= \left( -\frac{362880}{\xi^9} + \frac{3265920}{\xi^{10}} - \frac{6531840}{\xi^{11}} + \frac{5080320}{\xi^{12}} - \frac{1905120}{\xi^{13}} + \frac{381024}{\xi^{14}} - \frac{42336}{\xi^{15}} + \frac{2592}{\xi^{16}} - \frac{81}{\xi^{17}} + \frac{1}{\xi^{18}} \right) \Psi +$$

$$+ \left( \frac{362880}{\xi^9} + \frac{3265920}{\xi^{10}} - \frac{6531840}{\xi^{11}} + \frac{5080320}{\xi^{12}} - \frac{1905120}{\xi^{13}} + \frac{381024}{\xi^{14}} - \frac{42336}{\xi^{15}} + \frac{2592}{\xi^{16}} - \frac{81}{\xi^{17}} + \frac{1}{\xi^{18}} \right) \Psi' =$$

$$= \left( \frac{36000 \cdot 9}{\xi^9} - \frac{3265920 \cdot 10}{\xi^{10}} + \frac{6531840 \cdot 11}{\xi^{11}} - \frac{5080320 \cdot 12}{\xi^{12}} + \frac{1905120 \cdot 13}{\xi^{13}} - \frac{381024 \cdot 14}{\xi^{14}} + \frac{42336 \cdot 15}{\xi^{15}} - \frac{2592 \cdot 16}{\xi^{16}} + \frac{81 \cdot 17}{\xi^{17}} - \frac{18}{\xi^{18}} \right) \Psi +$$

$$+ \left( -\frac{362880}{\xi^9} + \frac{3265920}{\xi^{10}} - \frac{6531840}{\xi^{11}} + \frac{5080320}{\xi^{12}} - \frac{1905120}{\xi^{13}} + \frac{381024}{\xi^{14}} - \frac{42336}{\xi^{15}} + \frac{2592}{\xi^{16}} - \frac{81}{\xi^{17}} + \frac{1}{\xi^{18}} \right) \Psi' +$$

$$+ \frac{362880}{\xi^9} - \frac{3265920}{\xi^{10}} + \frac{6531840}{\xi^{11}} - \frac{5080320}{\xi^{12}} + \frac{1905120}{\xi^{13}} - \frac{381024}{\xi^{14}} + \frac{42336}{\xi^{15}} - \frac{2592}{\xi^{16}} + \frac{81}{\xi^{17}} - \frac{1}{\xi^{18}} \Psi'' =$$

$$= \frac{\Psi}{\xi^{20}} (3265920 \xi^{10} - 32659200 \xi^9 + 71850240 \xi^8 - 60963840 \xi^7 + 24766560 \xi^6 - 5334336 \xi^5 +$$

$$+ 635040 \xi^4 - 42336 \xi^3 + 2592 \xi^2 - 81 \xi + 1 + 362880 \xi^{10} - 3265920 \xi^9 + 6531840 \xi^8 -$$

$$- 5080320 \xi^7 + 1905120 \xi^6 - 381024 \xi^5 + 42336 \xi^4 - 2592 \xi^3 + 81 \xi^2 - \xi) =$$

$$= \frac{\Psi}{\xi^{20}} (362880 \xi^{10} - 36288000 \xi^9 + 81648000 \xi^8 - 72576000 \xi^7 + 31752000 \xi^6 -$$

$$- 7620480 \xi^5 + 1058400 \xi^4 - 86400 \xi^3 + 4050 \xi^2 - 100 \xi + 1).$$

Вещественные корни полинома в интервале [0; 1]:

- $\xi_1 = 0,03342; \xi_2 = 0,04545; \xi_3 = 0,06144;$
- $\xi_4 = 0,08444; \xi_5 = 0,12005; \xi_6 = 0,18010;$
- $\xi_7 = 0,29399; \xi_8 = 0,55299.$

**Определение системы образования высших производных**

Построим последовательность полученных производных:

$$\Psi(\xi) \cdot \xi^0 = 1;$$

$$[(\Psi'/\Psi)/\Psi] \cdot \xi^2 = 1 - 1 \cdot \xi;$$

$$[(\Psi''/\Psi)/\Psi] \cdot \xi^4 = 1 - 4\xi + 2\xi^2;$$

$$[(\Psi'''/\Psi)/\Psi] \cdot \xi^6 = 1 - 9\xi + 18\xi^2 - 6\xi^3;$$

$$[(\Psi^{IV}/\Psi)/\Psi] \cdot \xi^8 = 1 - 16\xi + 72\xi^2 - 96\xi^3 + 24\xi^4;$$

$$[(\Psi^V/\Psi)/\Psi] \cdot \xi^{10} = 1 - 26\xi + 200\xi^2 - 600\xi^3 + 600\xi^4 - 120\xi^5;$$

$$[(\Psi^VI/\Psi)/\Psi] \cdot \xi^{12} = 1 - 36\xi + 450\xi^2 - 2400\xi^3 + 5400\xi^4 - 4320\xi^5 + 720\xi^6;$$

$$[(\Psi^VII/\Psi)/\Psi] \cdot \xi^{14} = 1 - 49\xi + 882\xi^2 - 7350\xi^3 + 29400\xi^4 - 52920\xi^5 + 35280\xi^6 -$$

$$- 5040\xi^7;$$

$$[(\Psi^VIII/\Psi)/\Psi] \cdot \xi^{16} = 1 - 64\xi + 1568\xi^2 - 18816\xi^3 + 117600\xi^4 - 376320\xi^5 +$$

$$+ 564480\xi^6 - 322560\xi^7 + 40320\xi^8;$$

$$[(\Psi^IX/\Psi)/\Psi] \cdot \xi^{18} = 1 - 81\xi + 2592\xi^2 - 42336\xi^3 + 381024\xi^4 - 1905120\xi^5 +$$

$$+ 5080320\xi^6 - 6531840\xi^7 + 3265920\xi^8 - 362880\xi^9;$$

$$[(\Psi^X/\Psi)/\Psi] \cdot \xi^{20} = 1 - 100\xi + 4050\xi^2 - 86420\xi^3 + 1058400\xi^4 -$$

$$- 7620480\xi^5 + 31752000\xi^6 - 72576000\xi^7 + 81648000\xi^8 - 36288000\xi^9 +$$

$$+ 3628800\xi^{10}.$$

Усатривая некоторую цикличность при расчете коэффициентов, построим таблицу их решений.

Анализируя таблицу, можно сделать несколько полезных выводов.

1. Все коэффициенты многочленов взаимосвязаны и определяются по определенным закономерностям.

2. Каждый многочлен начинается с единицы и имеет положительный знак.

3. Знак при первой производной, а также при любой нечетной производной всегда отрицательный.

4. Знак при четной производной всегда положительный.

5. Степень многочлена равна степени производной.

6. Отношение производной к значению самой функции насыщения должна умножаться на аргумент в соответствующей степени и в квадрате. Это позволяет выделить многочлен в чистом виде.

7. Если коэффициенты, соответствующие своей степени дифференцирования поделить на первый коэффициент, то сомножителем будет квадрат целого числа.

8. И главное! Значение чисел под этими квадратами подчиняются треугольнику Паскаля.

9. И еще! Значения первых коэффициентов при квадратах соответствуют соответствующим дифференцированию факториалам.

10. Коэффициенты при степени, соответствующей номеру дифференцирования равен соответствующему номеру факториала.

**Последовательность нахождения коэффициентов**

1) Вначале определяем треугольник Паскаля

				1										
				1	1									
				1	2	1								
				1	3	3	1							
				1	4	6	4	1						
				1	5	10	10	5	1					
				1	6	15	20	15	6	1				
				1	7	21	35	35	21	7	1			
				1	8	28	56	70	56	28	8	1		
				1	9	36	84	126	126	84	36	9	1	
				1	10	45	120	210	252	210	120	45	10	1

2) Определяем квадраты этих значений

						1 <sup>2</sup>										
						1 <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup>									
						1 <sup>2</sup>	2 <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup>								
						1 <sup>2</sup>	3 <sup>2</sup>	3 <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup>							
						1 <sup>2</sup>	4 <sup>2</sup>	6 <sup>2</sup>	4 <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup>						
						1 <sup>2</sup>	5 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	5 <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup>					
						1 <sup>2</sup>	6 <sup>2</sup>	15 <sup>2</sup>	20 <sup>2</sup>	15 <sup>2</sup>	6 <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup>				
						1 <sup>2</sup>	7 <sup>2</sup>	21 <sup>2</sup>	35 <sup>2</sup>	35 <sup>2</sup>	21 <sup>2</sup>	7 <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup>			
						1 <sup>2</sup>	8 <sup>2</sup>	28 <sup>2</sup>	56 <sup>2</sup>	70 <sup>2</sup>	56 <sup>2</sup>	28 <sup>2</sup>	8 <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup>		
						1 <sup>2</sup>	9 <sup>2</sup>	36 <sup>2</sup>	84 <sup>2</sup>	126 <sup>2</sup>	126 <sup>2</sup>	84 <sup>2</sup>	36 <sup>2</sup>	9 <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup>	
						1 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	45 <sup>2</sup>	120 <sup>2</sup>	210 <sup>2</sup>	252 <sup>2</sup>	210 <sup>2</sup>	120 <sup>2</sup>	45 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup>

Степень	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$(\Psi/\Psi) \cdot \xi^0 =$	1 <sup>2</sup>										
$(\Psi'/\Psi) \cdot \xi^2 =$	1 <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup>									
$(\Psi''/\Psi) \cdot \xi^4 =$	1 <sup>2</sup>	2 <sup>2</sup>	2 · 1 <sup>2</sup>								
$(\Psi'''/\Psi) \cdot \xi^6 =$	1 <sup>2</sup>	3 <sup>2</sup>	2 · 3 <sup>2</sup>	6 · 1 <sup>2</sup>							
$(\Psi^{IV}/\Psi) \cdot \xi^8 =$	1 <sup>2</sup>	4 <sup>2</sup>	2 · 6 <sup>2</sup>	6 · 4 <sup>2</sup>	24 · 1 <sup>2</sup>						
$(\Psi^V/\Psi) \cdot \xi^{10} =$	1 <sup>2</sup>	5 <sup>2</sup>	2 · 10 <sup>2</sup>	6 · 10 <sup>2</sup>	24 · 5 <sup>2</sup>	120 · 1 <sup>2</sup>					
$(\Psi^VI/\Psi) \cdot \xi^{12} =$	1 <sup>2</sup>	6 <sup>2</sup>	2 · 15 <sup>2</sup>	6 · 20 <sup>2</sup>	24 · 15 <sup>2</sup>	120 · 6 <sup>2</sup>	720 · 1 <sup>2</sup>				
$(\Psi^VII/\Psi) \cdot \xi^{14} =$	1 <sup>2</sup>	7 <sup>2</sup>	2 · 21 <sup>2</sup>	6 · 35 <sup>2</sup>	24 · 35 <sup>2</sup>	120 · 21 <sup>2</sup>	720 · 7 <sup>2</sup>	5040 · 1 <sup>2</sup>			
$(\Psi^VIII/\Psi) \cdot \xi^{16} =$	1 <sup>2</sup>	8 <sup>2</sup>	2 · 28 <sup>2</sup>	6 · 56 <sup>2</sup>	24 · 70 <sup>2</sup>	120 · 56 <sup>2</sup>	720 · 28 <sup>2</sup>	5040 · 8 <sup>2</sup>	40320 · 1 <sup>2</sup>		
$(\Psi^IX/\Psi) \cdot \xi^{18} =$	1 <sup>2</sup>	9 <sup>2</sup>	2 · 36 <sup>2</sup>	6 · 84 <sup>2</sup>	24 · 126 <sup>2</sup>	120 · 126 <sup>2</sup>	720 · 84 <sup>2</sup>	5040 · 36 <sup>2</sup>	40320 · 9 <sup>2</sup>	362880 · 1 <sup>2</sup>	
$(\Psi^X/\Psi) \cdot \xi^{20} =$	1 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	2 · 45 <sup>2</sup>	6 · 120 <sup>2</sup>	24 · 210 <sup>2</sup>	120 · 210 <sup>2</sup>	720 · 210 <sup>2</sup>	5040 · 120 <sup>2</sup>	40320 · 45 <sup>2</sup>	362880 · 10 <sup>2</sup>	3628800 · 1 <sup>2</sup>

3) Производим умножение каждого коэффициента на свой факториал с чередующимся знаком " - "

$$\begin{aligned}
 & 1 \\
 & 1 \quad 1 \\
 & 1 \quad -1 \cdot 2^2 \quad 2! \cdot 1^2 \\
 & 1 \quad -1! \cdot 3^2 \quad 2! \cdot 3^2 \quad -3! \cdot 1^2 \\
 & 1 \quad -1! \cdot 4^2 \quad 2! \cdot 6^2 \quad -3! \cdot 4^2 \quad 4! \cdot 1^2 \\
 & 1 \quad -1! \cdot 5^2 \quad 2! \cdot 10^2 \quad -3! \cdot 10^2 \quad 4! \cdot 5^2 \quad 5! \cdot 1^2 \\
 & 1 \quad -1! \cdot 6^2 \quad 2! \cdot 15^2 \quad -3! \cdot 20^2 \quad 4! \cdot 15^2 \quad -5! \cdot 6^2 \quad 6! \cdot 1^2 \\
 & 1 \quad -1! \cdot 7^2 \quad 2! \cdot 21^2 \quad -3! \cdot 35^2 \quad 4! \cdot 35^2 \quad -5! \cdot 21^2 \quad 6! \cdot 7^2 \quad 7! \cdot 1^2 \\
 & 1 \quad -1! \cdot 8^2 \quad 2! \cdot 28^2 \quad -3! \cdot 56^2 \quad 4! \cdot 70^2 \quad -5! \cdot 56^2 \quad 6! \cdot 28^2 \quad 7! \cdot 8^2 \quad 8! \cdot 1^2 \\
 & 1 \quad -1! \cdot 9^2 \quad 2! \cdot 36^2 \quad -3! \cdot 84^2 \quad 4! \cdot 126^2 \quad 5! \cdot 126^2 \quad -6! \cdot 84^2 \quad -7! \cdot 36^2 \quad 8! \cdot 9^2 \quad -9! \cdot 1^2 \\
 & 1 \quad -1! \cdot 10^2 \quad 2! \cdot 45^2 \quad -3! \cdot 120^2 \quad 4! \cdot 210^2 \quad -5! \cdot 252^2 \quad 6! \cdot 210^2 \quad -7! \cdot 120^2 \quad 8! \cdot 45^2 \quad -9! \cdot 10^2 \quad 10! \cdot 1
 \end{aligned}$$

Полученные значения в скобках являются коэффициентами многочленов.

**Нахождение десятой производной функции нормального насыщения полученным методом**

Выбираем соответствующую строку и вычисляем:  
 $\psi^X = (\psi / \xi^{10}) \cdot (1 - 100\xi + 4050\xi^2 - 86400\xi^3 + 1058400\xi^4 - 7620480\xi^5 + 31752000\xi^6 - 72576000\xi^7 + 81648000\xi^8 - 36288000\xi^9 + 3628800\xi^{10})$ .

Сравнение результатов с предыдущими значениями показывает полное их совпадение.

Значения факториалов: 1! = 1; 2! = 2; 3! = 6; 4! = 24; 5! = 120; 6! = 720; 7! = 5040; 8! = 40320; 9! = 362880; 10! = 3628800; 11! = 39916800; 12! = 479001600.

Расчет одиннадцатой и двенадцатой производной проводим по полученной формуле, а не напрямую:

$$\begin{aligned}
 (\psi^{XI} / \psi) \cdot \xi^{22} &= 1 - (1!) + (2! \cdot 55^2) \xi^2 - (3! \cdot 165^2) \xi^3 + (4! \cdot 330^2) \xi^4 - (5! \cdot 462^2) \xi^5 + (6! \cdot 462^2) \xi^6 - (7! \cdot 330^2) \xi^7 + (8! \cdot 165^2) \xi^8 - (9! \cdot 55^2) \xi^9 + \\
 &+ (10! \cdot 11^2) \xi^{10} - (11!) \xi^{11} = 1 - 121\xi + 6050\xi^2 - 163350\xi^3 + 2613600\xi^4 - 25613280\xi^5 + 153679680\xi^6 - 548856000\xi^7 + \\
 &+ 1097712000\xi^8 - 1097712000\xi^9 + 439084800\xi^{10} - 39916800\xi^{11}; \\
 (\psi^{XII} / \psi) \cdot \xi^{24} &= 1 - (1! \cdot 12^2) + (2! \cdot 66^2) \xi^2 - (3! \cdot 220^2) \xi^3 + (4! \cdot 495^2) \xi^4 - (5! \cdot 792^2) \xi^5 + (6! \cdot 924^2) \xi^6 - (7! \cdot 792^2) \xi^7 + (8! \cdot 495^2) \xi^8 - (9! \cdot 220^2) \xi^9 + \\
 &+ (10! \cdot 66^2) \xi^{10} - (11! \cdot 12^2) \xi^{11} + (12!) \xi^{12} = 1 - 144\xi + 8712\xi^2 - 290400\xi^3 + 5880600\xi^4 - 75271680\xi^5 + 614718720\xi^6 - \\
 &- 3161410560\xi^7 + 9879408000\xi^8 - 17563392000\xi^9 + 158070528000\xi^{10} - 48840119200\xi^{11} + 479001600\xi^{12}.
 \end{aligned}$$

**Нахождение интеграла**

Анализ данной функции был бы не полным, если не взять и не проанализировать интеграл от нормальной функции насыщения  $\psi(\xi)$  в диапазоне интегрирования от 0 до 1.

$$I = \int_0^1 \Psi(\xi) d\xi = \int_0^1 \frac{1}{\xi} e^{1-\frac{1}{\xi}} d\xi.$$

Преобразуем этот интеграл, введя обозначение  $z = 1/\xi$ :

$$I = -e \int_{\infty}^1 \frac{e^{-z}}{z} dz = e \int_1^{\infty} \frac{e^{-z}}{z} dz = e \cdot E_1(1).$$

Здесь  $E_1(1) = 0,219383934\dots$  - интегральная показательная функция Эйлера, взятая при  $z = 1$ . Далее получим  $I = 0,596347361\dots \approx 0,6$ .

**Заключение**

На основании всестороннего теоретического анализа, проведенного в условиях изучения возможностей применения функции нормального насыщения в различных сферах деятельности человека (ракетная техника, энергетика, медицина и другие) можно сделать следующие выводы:

1. На базе известных законов физики, без каких-либо приближений и допущений, была получена зависимость, описывающая универсальный процесс любого естественного насыщения, которая приобретает так же статус закона.

2. Конкретизированы характерные области этой функции: область скрытого прохождения процесса насыщения, область линейного развития процесса и область монотонного его завершения.

3. Для различных отраслей народного хозяйства появляется возможность прогноза любой стадии процесса насыщения (релаксации), например:

- в химии: время существования неравновесных процессов;
- в технике: период работоспособности (эффективности) очистных устройств (циклонов, скрубберов и т.д.);
- в медицине: характерные этапы пандемии.

4. Применение закона насыщения позволит получить новые возможности анализа неизвестных процессов и неосвоенных технологий (определить правые части в уравнении Больцмана, установить технологический режимы при изготовлении УУКМ и т.д.).

**Литература**

1. В.И. Бояринцев, Ю.В. Звягин. Исследование разрушения углеродистых материалов при высоких температурах // Теплофизика высоких температур № 5, 1975 г.
2. Н.Ю. Кочетков. Разработка и верификация метода и программы расчета внутриваллистических характеристик двигателей твердого топлива с двухсоставными зарядами для перспективных летательных аппаратов // Космонавтика и ракетостроение № 1, 2010 г.
3. В. Страус. Промышленная очистка газов. М. Химия, 1981 г.
4. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Закон пси от кси // Двигатель № 2, 2017 г.
5. В.В. Сычев. Дифференциальные уравнения термодинамики // М. Наука, 1981 г.
6. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Четвертое начало термодинамики или первое начало термогазодинамики // Двигатель № 4-5, 2016 г.
7. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Вывод уравнения импульсов из начал термодинамики // Двигатель № 3, 2016 г.
8. Ю.М. Кочетков. Турбулентность при нестационарных процессах // Двигатель № 6, 2019 г.
9. Ю.М. Кочетков. Турбулентность реальных газов. Благородное уравнение газовой динамики // Двигатель № 1, 2017 г.
10. В.А. Князев. Гидродинамика без гипотезы псевдоотверждения жидкой точки // Изд. LAP LAMBERT Academic Publishing, Германия, 2014 г.
11. Ю.М. Кочетков. Критические параметры процессов в энергодвигательных установках // Двигатель № 6, 2018 г.
12. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Энтропийные потоки и коэффициенты переноса // Двигатель № 4, 2017 г.

Связь с автором: swgeorgy@gmail.com



Натекание спутной ламинарной сверхзвуковой струи на торцевую преграду

https://youtu.be/kew2msVaYUo

# О ВТОРОЙ СТЕПЕНИ СВОБОДЫ В МЕХАНИЗМЕ ДВС

## (ПУБЛИКУЕМ В ПОРЯДКЕ ОБСУЖДЕНИЯ)

Геннадий Витальевич Корневский, к.т.н.

**“...СВОБОДЕН, СВОБОДЕН, НАКОНЕЦ СВОБОДЕН!” (М.Л. КИНГ)**

**Показана возможность использования 2-й степени свободы в механизме 2-тактного ДВС с противоположно движущимися поршнями для проявления эффекта самоорганизации в форме автоколебаний поршней двигателя. The possibility of using the 2nd degree of freedom in the mechanism of a 2-stroke opposed-piston ICE to manifest the effect of self-organization in the form of self-oscillation of the engine pistons is shown.**

**Ключевые слова: степень свободы, ДВС, автоколебания, кинетическая энергия, термический к.п.д.**

**Keywords: degree of freedom, internal combustion engine (ICE), self-oscillation, kinetic energy, thermal efficiency.**

В 80-х годах прошлого века на волне популярности эксергетического анализа применительно к внутрицилиндровым процессам у автора возникло намерение разработать подход к проектированию ДВС, предполагающий использование эксергетического синтеза, в основе которого было бы решение задачи минимизации некоторой целевой функции, учитывающей потери эксергии на всех этапах осуществления цикла ДВС.

[Эксергия — предельное (наибольшее или наименьшее) значение энергии, которое может быть полезным образом использовано (получено или затрачено) в термодинамическом процессе с учётом ограничений, накладываемых законами термодинамики; - прим. ред.]

Однако позже мы отказались от этой идеи, встретив достаточно простое определение принципа минимума диссипации (рассеяния) энергии [1]: "Принцип минимума диссипации - это один из важнейших принципов отбора реальных движений из числа виртуальных (мысленно допускаемых). Законы сохранения, как правило, не выделяют единственного решения. Природа этим принципом нам демонстрирует удивительную особенность: она допускает не просто те движения, при которых энтропия растёт, а только те, при которых рост энтропии минимален (в частности нуль)." Стало понятно, что никакая математическая модель не подскажет способ протекания рабочих процессов в ДВС лучший, чем это сделает сама природа. Нужно только предоставить двигателю "свободу выбора". Так возникла формулировка принципа самоорганизации рабочих процессов в ДВС, который был опубликован [2] как интеллектуальный продукт, чтобы как-то закрепить свой приоритет в понимании этой проблемы: "эффективность преобразования тепла в работу определяется кинематикой ДВС, точнее зависимостью изменения объема надпоршневого пространства от угла поворота вала отбора мощности (например, коленчатого), а также частотой вращения последнего ... при установленном режиме ДВС скорости изменения объема надпоршневого пространства "жестко" связаны со скоростным режимом привода. Эта "жесткость", обусловленная наличием в ДВС 1-й степени свободы, исключает возможность альтернативного протекания рабочего процесса с возможно большей эффективностью преобразования тепла в работу". Но в случае увеличения числа степеней свободы термомеханическая система сама выбирает оптимальный вариант протекания процесса преобразования тепла в работу: "из-за избыточной степени свободы процесс получения механической энергии теперь не связан (почти) с процессом ее отвода внешнему потребителю. Значительное количество механической энергии (кинетической) циркулирует в звеньях механизма ДВС и может быть отдано потребителю в любой момент времени с к.п.д. близким к 100%" [2].

Условию циркуляции, а точнее перетоку, кинетической энергии наилучшим образом соответствует схема ДВС с противоположно движущимися поршнями (ПДП), когда замедление одного поршня сопровождается ускорением другого. Схема двигателя с ПДП известна с конца 19 века, когда Хуго Юнкерс применил ее в автомобильном дизеле. Позже, в 30-х годах XX века, он использовал её, уже с двумя коленчатыми валами, и в авиационных дизелях Jumo-204-207. Дизели с ПДП разработки А.Д. Чаромского вы-

пускались заводом им. В.А. Малышева (г. Харьков): 2Д100, 10Д100 - тепловозные, 5ТДФ, 6ТД - танковые. Но во всех случаях коленчатые валы имели согласующую зубчатую передачу, что означало наличие у механизма только 1-й степени свободы. Известны и другие схемы ДВС с ПДП, в частности, использующие один коленчатый вал и два коромысла, для связи с поршнями через короткие штоки.

Свободно-поршневые дизель-компрессоры/генераторы газа также выполнены по схеме с ПДП. Но свобода поршней в них относительна, поскольку поршни связаны синхронизирующей зубчатой передачей. А главным недостатком подобных устройств является то, что они "свободны" от вала отбора мощности, что и ограничивает область их применения.

Для транспортных ДВС с ПДП предпочтительна компоновка, при которой ось цилиндра горизонтальна, как в 5ТДФ. Чтобы в ДВС был возможен колебательный процесс, связанный с перетоком кинетической энергии между двумя группами (условно называемых "правая" и "левая") деталей, совершающих возвратно-поступательное и возвратно-вращательное движения, механизм двигателя должен обладать максимальной степенью симметрии относительно плоскости, проходящей через центр камеры сгорания и ось вращения коленчатого вала. Этому требованию должен соответствовать и общий шатун, что исключает применение прицепного шатуна, как у ДВС с 1-й степенью свободы, и приводит к варианту трехшарнирного шатуна. Но такая формальная замена конструкции шатуна делает схему неработоспособной, т.к. число степеней свободы механизма уменьшается до 0. Выход был найден и состоял в замене неподвижных опорных шарниров коромысел на двухподвижные, что увеличило число степеней свободы до двух. При наличии еще одной, избыточной по сравнению с традиционными ДВС, степени свободы каждому фиксированному положению коленчатого вала уже не будет соответствовать строго определенное положение поршней, а оно будет устанавливаться динамически, исходя из процессов, протекающих в надпоршневом пространстве.

В ДВС с избыточной степенью свободы на подвод тепла в районе ВМТ (верхняя мертвая точка) термомеханическая система реагирует прежде всего поведением моторных масс, момент инерции которых на порядок меньше, чем у системы в целом. Результатом такого поведения может быть ускорение одного поршня и замедление второго, при незначительном приращении угла поворота коленчатого вала (п.к.в.). Наклон головки шатуна при вращении кривошипа приводит к асимметрии зависимости хода каждого из поршней от угла п.к.в. относительно геометрической ВМТ, поэтому ускорение одного поршня при замедлении второго может привести как к увеличению, так и к уменьшению суммарной кинетической энергии моторных масс, в зависимости от направленности этого процесса. Реакцией термомеханической системы на подвод тепла в районе объемной ВМТ может быть преобразование тепла в работу в форме локального увеличения кинетической энергии системы. Но следствием такой реакции будет и локальное увеличение объема надпоршневого пространства, что вызовет снижение давления, а значит и жесткости процесса сгорания.

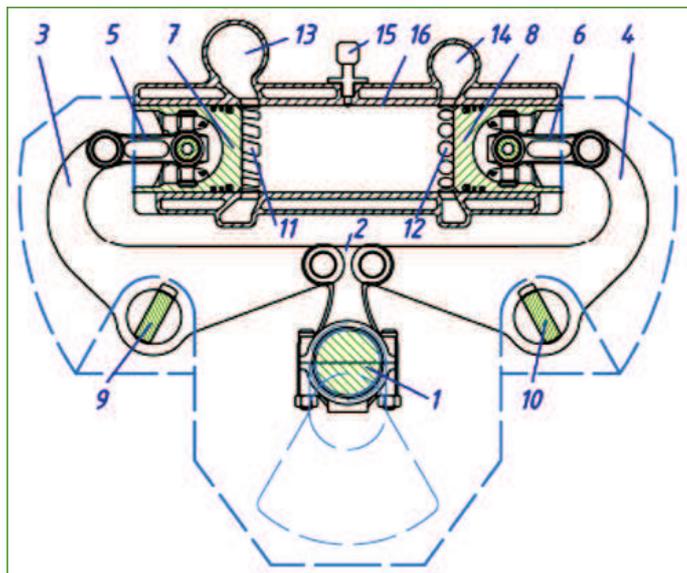


Рис. 1 Оппозитный ДВС с двумя степенями свободы:

1 - кривошип; 2 - шатун; 3, 4 - коромысло; 5, 6 - штоки; 7 - поршень выпускной; 8 - поршень впускной; 9, 10 - шарнир; 11 - окна выпускные; 12 - окна впускные; 13 - коллектор выпускной; 14 - коллектор впускной; 15 - форсунка; 16 - цилиндр

В следующий полупериод колебаний накопленная дополнительная кинетическая энергия будет отдаваться в систему, т.к. новому крайнему положению звеньев механизма будет соответствовать меньшее значение кинетической энергии моторных масс. Таким образом часть полезной работы, производимой в цилиндре ДВС, может не передаваться на коленчатый вал двигателя, а расходоваться на повышение кинетической энергии моторных масс. В следующей фазе колебательного процесса избыточная кинетическая энергия может быть передана маховику двигателя с эффективностью близкой к 100 %.

Само по себе возникновение колебаний, точнее автоколебаний, является следствием неустойчивости системы с избыточной степенью свободы, неравновесности процесса сгорания, избытка энергии, участвующей в процессе сгорания и других факторов, характеризующих термомеханическую систему ДВС как нелинейную. Подобные системы называют системами с самоорганизацией, т.к. в них возможно образование диссипативных структур типа стоячих волн. В данный момент об образовании подобных структур в цилиндре ДВС можно говорить только в предположительном смысле. Однако поведение такой системы может быть исследовано с помощью математической модели.

Математическая модель ДВС, учитывающая все виды нелинейностей, чрезвычайно сложна и подобное компьютерное моделирование внутрицилиндровых процессов потребует колоссальных вычислительных ресурсов. Поэтому для целей практической оценки параметров предлагаемого ДВС допустимо "заглубить" модель и, в

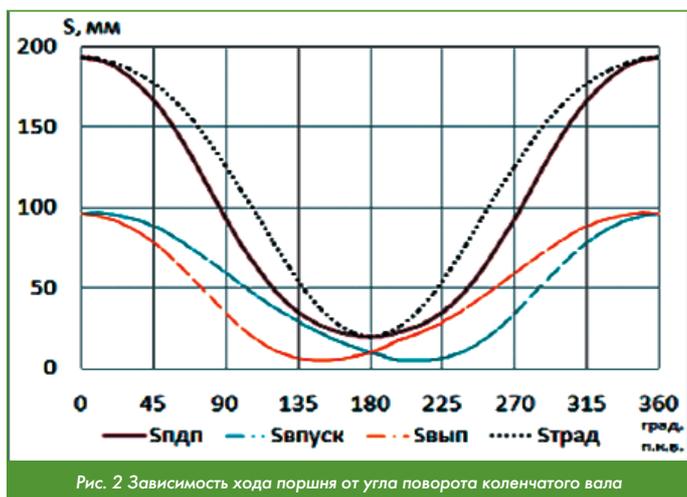


Рис. 2 Зависимость хода поршня от угла поворота коленчатого вала

частности, свести ее к схеме с 1-й степенью свободы. Такой подход означает, что на головку шатуна наложено ограничение, которое заставляет ее центр двигаться условно строго по прямой, проходящей через центр камеры сгорания и ось вращения коленчатого вала, т.е. без колебаний шатуна относительно некоторого "равновесного" положения. Эта прямая является своего рода линией "аттрактора" (притяжения) для головки шатуна, т.к. фактически ее отклонения от "равновесного" положения не могут превышать, по нашим оценкам, значений порядка 0,5 град. Отклонение шатуна от "равновесного" положения можно смоделировать, предположив существование связи между интенсивностью колебаний и мощностью тепловыделения в цилиндре ДВС.

С учетом сделанных допущений был выполнен расчет параметров модельного варианта предлагаемого ДВС (дизель) [3] при следующих исходных данных:

1. Мощность - 66 кВт (2 цилиндра);
2. Частота вращения коленчатого вала - 3000 об./мин.;
3. Ход поршня (x 2) - 95 мм;
4. Диаметр цилиндра - 80 мм;
5. Радиус кривошипа - 45 мм;
6. Длина шатуна - 90 мм;
7. Степень сжатия (геометрическая) - 18;
8. Степень сжатия (действительная) - 16.

Этим данным соответствует изображение на рис. 1 предлагаемого ДВС.

Асимметрия зависимостей хода поршней  $S_{\text{вып}}$  и  $S_{\text{впуск}}$  от угла п.к.в. относительно геометрической ВМТ и их фазовый сдвиг (60° п.к.в.) приводят к тому, что зависимость суммарного хода поршней  $S_{\text{дп}}$  от угла п.к.в. в районе объемной ВМТ является гораздо более пологой, чем у ДВС с традиционным кривошипно-шатунным механизмом  $S_{\text{трад}}$ , как показано на рис. 2. Это означает, что процесс выделения тепла (горение) протекает с максимальным приближением к изохорному ( $V = \text{const}$ ), который характеризуется наибольшим термическим к.п.д., при прочих равных условиях.

На рис. 3 показано влияние автоколебаний  $P_{\text{ак}}$  (без колебаний  $P_{\text{б/к}}$ ) на рабочий процесс предлагаемого ДВС, а также сопоставление с рабочим процессом  $P_{\text{трад}}$  традиционного ДВС, с теми же рабочим объемом и степенью сжатия, с теми же значениями цикловой подачи топлива и параметрами тепловыделения. При одинаковых давлениях начала сгорания, в предлагаемом ДВС максимальное давление сгорания выше чем в традиционном ДВС благодаря меньшей скорости изменения объема надпоршневого пространства. При этом время (в градусах п.к.в.) понижения давления до уровня давления начала сгорания в предлагаемом ДВС в 1,5 раза больше. Это означает, что при достигнутом уровне совершенства процессов смесеобразования и сгорания предлагаемый ДВС представляет возможность форсирования по частоте вращения коленчатого вала дополнительно на 50 %.

Сила давления поршня на стенки цилиндра пропорциональна тангенсу угла отклонения шатуна от оси цилиндра, который у традиционных ДВС в максимуме достигает значений 0,23 (при 13°). У предлагаемого ДВС максимальное отклонение штоков от оси цилиндра не превышает 1,5°, чему соответствует тангенс угла равный 0,026. Это означает, что потери на трение у предлагаемого ДВС существенно ниже чем у традиционного.

Зеркальная компоновка двигателя приводит в значительной степени ко взаимному уравновешиванию сил инерции, а добавление таких звеньев, как коромысла, не является критическим. В предлагаемом ДВС силы инерции выполняют "созидательную" функцию, т.к. от их величины зависит значение мощности циркулирующей в подвижных звеньях двигателя, как накопителях кинетической энергии.

Реализуемость конструкции предлагаемого ДВС можно оценить по [4].

Как видно из представленной анимации [4] в предлагаемом ДВС реализована прямоточная продувка - самая совершенная из применяемых в 2-тактных двигателях. Но если в ДВС с двумя коленчатыми валами сдвиг фаз газораспределения обеспечивается

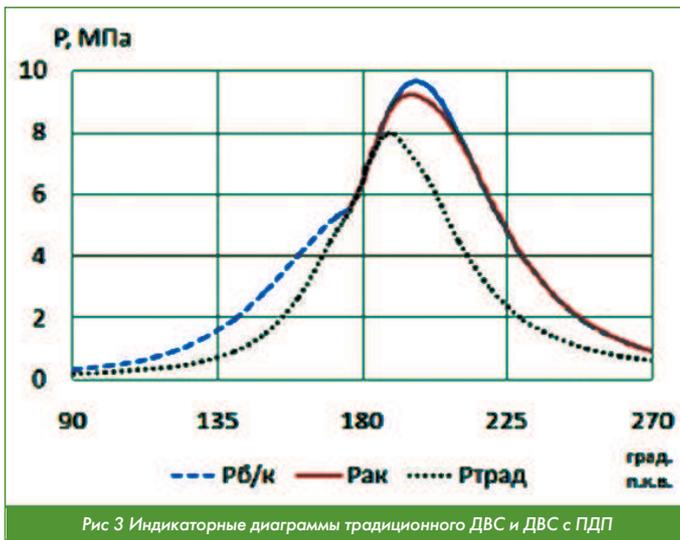


Рис 3 Индикаторные диаграммы традиционного ДВС и ДВС с ПДП

угловым смещением коленчатых валов ( $10^\circ$  для Juto-207;  $12^\circ$  для 10Д100), то в предлагаемом ДВС сдвиг геометрических ВМТ/НМТ возникает естественным образом и составляет  $60^\circ$  (см. рис. 2). Это открывает широкие возможности для оптимизации процессов газообмена в части выбора размеров и формы выпускных/продувочных окон. Так у дизеля 10Д100 фазы газораспределения (измеренные от объёмной НМТ) составляют: для выпускного поршня начало/конец -  $62/50^\circ$ ; для впускного поршня начало/конец -  $46/58^\circ$ . При этом высота окон в долях от хода поршня составляет для выпускного - 18 %, а для впускного - 15 %. Если у предлагаемого ДВС установить указанные доли для выпускного - 16 %, а для впускного - 17 %, то им будут соответствовать фазы: для выпускно-

го поршня начало/конец -  $57/40^\circ$ ; для для впускного поршня начало/конец -  $41/59^\circ$ . В этом случае при одинаковом опережении открытия выпускных окон ( $62 - 46 = 57 - 41$ ) выпускные окна могут закрываться значительно позже ( $59 - 40 > 58 - 50$ ) выпускных окон. Это означает возможность дополнительного наддува в последней фазе процесса продувки, а также возможность получить степень расширения большую чем степень сжатия, как в цикле Миллера, т.е. получить больше полезной работы.

Смещением центров качения коромысел, а значит и всего механизма относительно гильзы цилиндра, легко решается задача изменения степени сжатия. На варианты ДВС с изменяемой степенью сжатия имеется решение о выдаче патента на изобретение.

В последние годы возвращается интерес к 2-тактным ДВС, во всех случаях где требуется легкий и компактный автономный источник механической энергии: малая авиация, БПЛА, гибридные силовые установки. На рынке уже имеются предложения 2-тактных ДВС с ПДП, выполненных по классической схеме Юнкерса, для легких самолетов и автомобилей.

Как там у А. Райкина в "Волшебной силе искусства": "Бум мятьсясь?"

...Или подождем: что скажут Honda, Mazda и иже с ними? П

**Литература:**

1. Математика ставит эксперимент. Моисеев Н.Н., Наука, М., 1979, стр.48.
2. "Идеи. Гипотезы. Решения". Информационный бюллетень. - Москва, ВНИИЦ № 1, 2000, стр.31.
3. Пат. РФ № 2729562, 07.08.2020 г.
4. <https://youtu.be/N1FqWaj8Uuk> Оппозитный ДВС с 2 степенями свободы.

Связь с автором: [gen.korenevsky@yandex.ru](mailto:gen.korenevsky@yandex.ru)

# БЕСКОНЕЧНЫЕ ЧИСЛА

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

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

**Рассматриваются свойства бесконечных чисел. Вводятся арифметические действия.**

**Properties of infinite numbers are considered. Arithmetic operations are introduced.**

**Ключевые слова: бесконечные числа, алгебра, вычислимость.**

**Keywords: infinite numbers, algebra, computability.**

Известно, что множество всех чисел в интервале  $(0, 1)$  эквивалентно множеству всех чисел на числовой прямой. Соответствие можно установить, например, с помощью функции  $\arctg x$ . Тогда числам неограниченной формы записи будут соответствовать числа в окрестности 1. Таких целых чисел неограниченной формы бесконечно много. В их записи встречаются бесконечные последовательности нулей. Очевидна законность арифметических действий с подобными числами. Заметим, что мы придерживаемся аксиоматики Пеано и учитываем аксиому Архимеда. Во множестве бесконечных чисел нельзя прямо образовать подгруппу, т.к. их разность может оказаться конечным числом. Что касается однозначности, то, например, натуральное число  $n$ , которое имеет запись в десятичной системе  $n = 1(0)$  или число  $n = 3(2)$  заданы однозначно (здесь скобки - специальный знак нумерации - указывает на бесконечно повторяющиеся цифры, например 2, пропущенных разрядов, т.е. период). При такой записи всегда можно

назвать цифру в любом разряде. Возможно также приближение (как в обычных числах). Например, число  $12846(123)$  можно приближенно задать  $12846(0)$ , где нуль в скобках обозначает бесконечную последовательность нулей. Можно даже сравнивать эти числа.

Арифметические действия над числами неограниченной формы записи иногда проводятся в математических кружках. Например, требуется сложить два числа  $...001$  и  $...129$ . Здесь, как ранее, многоточие указывает на произвольное число цифр старших разрядов. Неотмеченных цифр в старших разрядах может быть бесконечно много. В данном случае нас интересуют цифры первого класса. Получаем в результате сложения число  $...130$ . Здесь использованы школьные правила с переносом цифр в старшие разряды. Произвольные числа в неограниченной форме записи складывать (в явном виде) невозможно. Умножим  $n = ...024$  на  $m = ...016$ . Получаем  $nm = ...384$ . На этом месте можно было бы арифметику

закончить, но мы продолжим. Будем далее исходить для примера из числа  $a = 100...000$ , где многоточие указывает, как и ранее, на произвольное число нулей, стоящих в старших разрядах ( $a = 1(0)$ ). Продолжаем пользоваться формой записи такого типа чисел, когда под периодом в скобках понимается бесконечное множество одних и тех же цифр. Сложение с обычной единицей даст:  $a + 1 = 100...001$ . Мы можем сложить, например,  $a = 1(0)$  и  $b = 2(1)$  и получить  $a + b = 3(1)$ . Умножение:  $(a + 1)2 = 200...002$ . Деление:  $200...002 : 2 = 100...001$ . Но деление с остатком мы рассмотрим позже. Здесь нужно отметить один момент. Вычтем из нашего числа  $a$  единицу. Получим  $a - 1 = 99...999$ . Выше говорилось о сравнении чисел. Числа не только связаны с количеством, но и упорядочены отношением "больше-меньше". В результате проведенного вычитания мы получили число (по виду записи), большее  $a$ . Для выполнения непротиворечивой операции сравнения двух чисел в этом случае следует написать полученную разность в виде  $099...999$ . Где нуль в старшем разряде (курсивом) указывает на имевший место перенос. Тогда сравнивая поразрядно это число с  $a$ , получим  $a > 099...999$  ( $1(0) > 09(9)$ ). Умножим далее данное  $a$  на 10 и получим  $100...000$ , где нуль курсивом указывает на перенос в одном разряде. Мы можем конструктивным способом возвести  $a$  в квадрат. Здесь удобнее использовать наши скобки для обозначения бесконечного периода. Тогда квадрат числа  $a$  будет  $a^2 = 1(0)0...000$  или  $1(0)(0)$ . Два периода можно записать одним  $1(0)$ . Можем умножить, например,  $a = 2(0)27$  на  $b = 3(0)34$  и получить  $ab = 6(0)(0)918$ . Обозначение периода указывает на однозначное место цифры в разряде. Старшие разряды могут не влиять на младшие, поэтому и не заметны (линейности). В примере умножения  $ab$  нас могут интересовать лишь младшие разряды. Нелинейный случай может резко изменить ситуацию с имеющимися "алгоритмами". Можно привести пример известной abc-гипотезы. Мы должны согласиться, что эта гипотеза касается всех натуральных чисел, включая вышеперечисленные. Если радикал стоит в первой степени, то, несмотря на произведение любых чисел, имеем линейный случай, когда все объекты прозрачны. Задача легко решается. Но это для первой степени. Стоит показать степени немного увеличить, то получаем нелинейный и чрезвычайно сложный объект, трудную арифметику. Старшие разряды, в том числе и бесконечные, начинают влиять на процессы необъяснимым образом. Отметим также, что парадигма категории видит мир не только как совокупность объектов, но и как совокупность связей между ними. В нашем рассказе о бесконечных числах, мы наметили связь натуральных с ординалами.

Рассмотрим числа вида  $a = 119(0)867$  или  $b = 123(0)321$ , более того, можно рассмотреть числа вида  $c = 391(0)...(0)511$ , где многоточие указывает на произвольное число цифр в пропущенных разрядах, а скобки указывают на период в традиционном смысле (бесконечное множество нулей). Эти более сложные числа мы рассмотрим позднее. Так как мы рассматриваем те числа, у которых старшие разряды отделены от младших бесконечным периодом нулей, то число как бы разбивается на две "независимые" части. Для краткости можно записывать рассматриваемые числа в виде пар, например,  $a = \{867; 119\}$  или кратко  $z = (x; y)$ . Младшие разряды для удобства помещаем впереди. Очевидно, такого типа числа геометрически представляются точкой на плоскости или вектором. Введем для этих чисел операцию сложения  $(a; b) + (c; d) = (a + c; b + d)$  и умножения  $(a; b) \cdot (c; d) = (ac - bd; ad + bc)$ . Очевидно, операции коммутативны. Мы получили алгебраическую структуру - кольцо с единицей  $(1; 0)$ . Если для числа  $(a; b)$ , не равного нулю, ввести обратное число по формуле

$$(a/(aa + bb); -b/(aa + bb)),$$

то получим поле. Заметим, что в нашем поле произведение  $(0; 1)(0; 1) = (-1; 0)$ . Вспомним, что мы перемножаем числа в неограниченной форме записи, т.е. умножаем  $1(0)$  на  $1(0)$ , где  $(0)$  указывает на произвольное число нулей. Получаем минус 1. Этот результат иллюстрирует пример, когда преподаватель математического кружка показывает детям "фокус", соединяя в кольцо положительную и отрицательную полуоси числовой прямой. При

данном подходе само число  $(0; 1)$  в математике записывается как  $i$ . Тем самым мы наметили связь наших чисел с комплексными числами. Но для корректности используем запись  $k = (0; 1)$ . То есть алгебра над числами с образующей  $k$ . "Действительное" обычное (целое) число тогда запишется привычно  $2 = (2; 0)$ . Т.е.  $a = \text{Re}(a; b)$ . "Мнимое"  $2(0) = (0; 2)$ . Впрочем, эти формы записи могут меняться. Можно записать  $2 = (0; 2)$ .

Интересен такой случай, когда взято, например, число  $a = 3(0)1(0)2$ , где нули в скобках обозначают бесконечный период. В этом числе старшие разряды имеют вид  $3(0)1$ , а младшие - 2, т.е. получаем запись числа  $(2; 3(0)1)$  или  $(2; (1; 3))$ . Сложение такого типа чисел производится по правилу  $(a; (b; c)) + (d; (e; f)) = (a + d; (b + e; c + f))$ , т.е.  $1(0)1(0)1 + 2(0)2(0)2 = 3(0)3(0)3$ . Результат однозначный. Умножение  $(a; (b; c)) \cdot (d; (e; f)) = (ad - (be - cd; bf + ce); (ae + db; af + dc))$ . Возможно и дальнейшее обобщение.

Далее, можно использовать тригонометрическую форму записи наших чисел:  $z = r(\cos u; \sin u)$ . Наконец, можно использовать формулу Эйлера  $\exp\{uk\} = (\cos u; \sin u)$ . Если трактовать экспоненту как фазу, то можно показать, что умножение на фазу не отражается на общей картине. На этом подходе основан принцип работы квантового компьютера, когда алгоритм распараллеливается на множество процессов. Результат на выходе получается как интерференция результатов параллельных вычислений.

Здесь нужно сделать замечание. При вычислении обратного, например, числа  $(1; 1)$ , получим  $(0,5; -0,5)$ , в котором присутствует (опять) знак минус и стоит запятая. Мы встретились с "дробями". Но вспоминаем про бесконечность наших чисел. (Обратное к бесконечно большому будет бесконечно малая). Так как в этой записи обратного числа появилась запятая, то мы будем трактовать её как вычислительный оператор. Нам приятно запись без запятой  $(5; -5)$ . На запятую действуем оператором штрих. Знак минус можно оставить. Для вычисленного обратного  $(0,5; -0,5)$ , а также в других аналогичных случаях, поступаем подобным образом. Считаем знак "минус" симметричным для + и учитываем его при осуществлении указанных выше операций, т.е. при конкретных арифметических вычислениях. Это же соглашение распространяется на запятую. Считаем запятую, как нульмерную операцию. Интересно, что число  $1(0)1$  может оказаться простым, а среди чисел неограниченной формы могут оказаться простые. Если мы будем утверждать, что простые числа имеют только конечную форму записи, то тем самым мы утверждаем их конечное множество. Число  $(1; 1)$  не разложимо (простое гауссово число). Числа  $(1; 1)$  и  $(1; -1)$  ассоциированы. Число 2 раскладывается на их произведение  $2 = (1; 1)(1; -1)$ .

Сделаем также еще одно замечание. В физике часто рассматриваются расходящиеся ряды или подобные суммы, результат суммирования которых стремится к бесконечности. Но если у такого ряда взять сумму нескольких первых членов, то получается удовлетворительный и объяснимый результат. Бесконечность просто "не учитывается". Этот факт можно интерпретировать следующим образом. В задаче получаются бесконечные числа, к которым потом применяется операция  $\text{Re}$ . И еще одно замечание. В учебниках пишут, что физические поля должны убывать на бесконечности. Это не есть экспериментальный факт, а умозрительное утверждение. Можно предположить, что на  $\text{Re}$  физические поля (например, гравитационное) могут стабилизироваться, а на  $\text{Im}$  убывают. **П**

(Продолжение следует.)

### Литература

1. Г. Биркгоф, Т. Барти. Современная прикладная алгебра. М.: Мир, 1976 г.
2. А. Касьян. Бесконечные числа // Двигатель № 1, 2020 г.

Связь с автором: [a.kasyan1@yandex.ru](mailto:a.kasyan1@yandex.ru)



# ЧЕЛОВЕК МЕЖДУ ДВУМЯ МИРАМИ

(В продолжение статей в журнале "Двигатель"  
№ 6 2017 г. "О ФИЗИКАХ И МАТЕМАТИКАХ"  
№ 3 2019 г. "ЗАЧЕМ НАМ ПОМНИТЬ ОШИБКИ"  
№ 6 2019 г. "УВИДЕТЬ И ПОНЯТЬ"  
№ 1 2020 г. "ОПЫТ, ОПЫТЫ И ГРАФИКИ"



Дмитрий Александрович Боев

"То, что мы знаем - ограничено, а то, что не знаем - бесконечно" (Пьер Лаплас)

Давайте попробуем разобраться не столько "куда мы идём" всем миром, ("Quo Vadis?"), но, каким образом это производится. Настолько, насколько это возможно в одной маленькой статье - кратко и весьма обобщённо.

Чтобы попытаться понять что-либо в окружающем мире (а мы этим постоянно заняты - и даже уже не замечаем самого процесса), необходимо воспринять это органами чувств, обработать воспринятое, сравнив с имеющимся предыдущим опытом, а в результате - построить для себя некий образ понимаемого, сообразно с обретенными знаниями о нем, его свойствах и связях. Так что, то, что мы представляем, о чем думаем, с чем работаем, это - не сами объекты реального мира, но воспринятые как-то и когда-то состояния этих объектов и каких-то их взаимосвязей в какой-то момент, или ряд моментов времени. Если быть последовательными, то даже и не "ряд состояний", но - ряд наших представлений об этих состояниях, достроенных разумом исходя из анализа ощущений, базирующегося на всем прошлом опыте индивидуума.

Кроме того, все реальные объекты и связи между ними существуют и изменяются во времени, а наша картина мира может претендовать на что-то только в отношении того момента, в который была получена. Отсюда: основная проблема выживания - максимальное совпадение по времени и пространству картины мира, собранной нами из таких абстрактных частей и реального конкретного мира. Этот процесс постоянно требует привлечения новых сведений: мир конкретен не только в пространстве, но и во времени, следовательно - постоянно изменчив. Раз так, то чем отдаленнее самая полная серия абстрактных картин мира от момента времени их получения, тем больше не совпадает с состоянием в котором этот мир находится к настоящему времени.

Возможность экстрагирования из бесчисленного количества взаимосвязей природных объектов и явлений некоторых, принятых как наиболее существенные, вообще - исключительное свойство всего живого. Для человека, в частности, это - родовой признак, специализация, способ выживания. В силу физической природы мозга, разум оперирует конечными картинками, извлечёнными из природы, а потому - абстрактными. Мир, однако же, конкретен во всех своих бесконечных взаимосвязях всего со всем. И число таких абстракций из него по каждому объекту также может быть бесконечным. И ограничено только возможностями субъекта.

Мы постоянно дискретизируем связи объекта, его состояние и взаимодействие данного объекта с остальными и в таком виде оперируем с ними. Информация и есть результат такого абстрагирования. До данного процесса никакой "информации" в природе не существовало. Следует отметить, что такая новообразованная абстракция сама является объектом, связью и может передаваться от одного живого существа другому (не обязательно одного вида, не только от человека человеку), изменяться, накапливаться и компилироваться с другими. Она в состоянии применяться в процессе жизнедеятельности и к остальным объектам мира, изменяя их и мир в целом. Эти процессы - основное и единственное отличие живого от неживого. Так что, не только "kogito, ergo sum", но и "perception, ergo sum", "movie..." и прочее в том же роде.

Конкретность природных объектов и связей бесконечна имен-

но в силу того, что в неживом отсутствуют понятия вообще, и в том числе - понятие цели. Как только мы переходим от конкретики полевой бесконечности природы к абстракции предметной конечности восприятия, появляются сами по себе понятия, и в первую очередь определенность понятий начала и конца. Реальная действительность слишком конкретна, то есть, содержит бесконечное количество возможных связей каждого объекта (явления) со всем остальным миром. Вопрос лишь в интенсивности этих связей, в возможности их детектирования. В целом такая совокупность связей малоинформативна, она не дает возможности осмысления происходящего и не приносит рассматриваемому субъекту практически никакого опыта, поскольку сама требуемая нам для дальнейшей работы с ней информация не ранжирована и слишком забита "белым шумом" связей - мало значащей информацией, не нужной в данный момент для понимания конкретной стороны данного объекта (явления). Для того чтобы понять что-либо в окружающем мире (вне зависимости - объект это или явление) надо абстрагировать объект нашего внимания от действительности. Это означает - проигнорировать ("оторвать") лишние, мало значимые связи, выделить рассматриваемые стороны изучаемого из действительности и "понять" те связи, которые мы воспринимаем, то есть по возможности однозначно, в необходимой форме определить их. Кроме того, при рассмотрении изъять объект с этими требуемыми нам связями из реального существования, (а следовательно, изменения во времени), сделать его формальным, статичным, квантуемым. Все это вместе и означает - сделать его абстрактным, оторванным от основ, на которых его связи как объекта образовались и существовали. И этим делом постоянно занят мозг у любого живого существа. При этом: чем сильнее незнакомо для нас новое явление, тем меньшее число связей при рассмотрении приходится оставлять для осознания объекта, т.е. тем более формален и абстрактен в рассмотрении должен быть объект. Соответственно, тем меньше одновременно и глубина понимания сути данного объекта.

Мы все это знаем и всегда знали, только не принимали во внимание, что мир, в котором человек принимает решения не более, чем сколка, собственно им построенная копия того реального мира, в котором он на самом деле живет и в котором эти его планы будут воплощаться. Именно этим совершенно определенно объясняется, в чем корни утверждений типа "человек - это мир" и "гибель человека - гибель [этого] мира". Утверждения эти и им созвучные - интуитивны, но уже очень давно принимаются как аксиома. А причина такого доверия к этим тезисам именно в том, что верность такого деления мира каждый в общем-то понимает и принимает как она есть на самом деле, хотя, возможно и не декларирует основ своего понимания. Точнее - интуитивно осознает, не понимая и не вдаваясь в суть.

Нами построенная "картина мира" на самом деле сохраняет все следы способа восприятия: никто не может поручиться за то, что выбраны именно наиболее влияющие на процесс связи и при оценке правильно расставлены приоритеты влияния различных факторов. К тому же ещё и изменчивые во времени. Именно здесь и появляется та самая "вероятность мира", о которой так много говорится и которая на самом деле свойственна как раз не миру, но нашему восприятию его.

Оценивая выше сказанное, осмелюсь утверждать, что все формальные построения человека, даже те, которые кажутся 100% реалистичными, на самом деле - более или менее приближенные модели реальной действительности, с помощью которых личность пытается понять мир, действовать в этом мире, влиять на мир. Они потому уже вероятностные, что оторваны от жизни, абстрагированы из нее и реальной жизни соответствуют весьма относительно. Они что-то и имели общего с тем моментом жизни, который безвозвратно сгинул во времени и пространстве (а может быть и никогда не существовал - а в целом является компиляцией прошлого опыта человека и его фрагментарного воображения).

Тем не менее, мы постоянно пытаемся "перетасовать" свое представление о мире на этот мир. И приписываем ему желаемые свойства, сообразные с нашим представлением о нем. Понятие о вероятности реального мира давно уже стало общим местом его описания. На самом деле, мир не вероятностен, а бесконечен, непрерывен, конкретен и, как следствие этого всего, бесконечно разнообразен. Вероятностно наше представление о мире.

Проще: человек живет в конкретном реальном мире, но действует (в смысле - строит поведенческую линию согласно понятию в этой жизни) в мире абстрактном, измышленном. Это вообще, на самом деле - общее и основное свойство всего живого - способность к целенаправленному выделению из общей массы природных явлений и связей между ними необходимого для себя, превращение его в дискретную информацию и использование ее. Частный случай, а возможно, исходная ступень этого явления - обмен веществ в любом организме и даже отдельной его части (клетке и любом ее элементе).

Процесс вступления веществ в химические соединения друг с другом в природе весьма и весьма индетерминирован и не имеет конкретных целей, и только живое существо способно выделить из окружающего мира именно те вещества, которые необходимы для дальнейшей жизнедеятельности, не принимая во внимания прочие, несущественные в этом плане свойства этих веществ. Именно в этом кроется появление и отмечаемый философами примат наличия цели у живого. Такова первооснова процесса выделения информации. До появления живого информации не было, было лишь то, что существует и сейчас - связи между объектами природы - более или менее влияющие на эти объекты и меняющие их самих, их взаимное положение, их состояние.

Мы достраиваем существующую у каждого абстрактную картину мира своими интерполяциями о ее изменениях во времени и пространстве за грань известного, пытаюсь приблизить ее к конкретному миру. Следовательно, вероятность правит не миром, а нами и только нами. Впрочем, для нас самих это однозначно: мы есть "мы" через наше ощущение этого мира. Так же, как и другие параметры нашего существования, введенные нами в процессе анализа мира для его осознания. Наша "случайность" - нормальное существование мира, причем миру это неизвестно. Мир сам по себе совершенно определен и конкретен: в нем каждое следствие совершенно однозначно имеет свою причину (чаще - множество причин). Именно наше незнание всех связей объектов мира делает следствия случайными. До того, как все случится, можем лишь предполагать возможность развития ситуации, основываясь на своих представлениях о мире и знания субъектов и объектов происходящего. Так что случайность - невязка между миром и нашими знаниями о мире. В самой же мире нет не только "случайности" или "логичности" но и элементарной детерминированности, поскольку, прежде всего, понятие определенности жестко завязано на понятие времени, а ощущение его течения - категория также присущая лишь живому. Хотя все процессы мира и протяжены по времени, как последовательности событий и явлений, но само определение этих процессов может быть разложено по временной шкале только при её наличии, то есть для этого требуется присутствия живого.

Вероятность, как и все квантуемое и дискретное - именно, свойство разума, свойство живого. Квантуется оно не столько даже по пространственной шкале, сколько по шкале времени.

При отсутствии живого теряет смысл понятие цели, а, следовательно, говорить что-либо о прогнозе, то есть о предположительной вероятности развития событий в достижении данной цели, также смысла нет. Только живое, оперирующее с абстрагированными и дискретными величинами (информацией), способно на прогноз, а значит - на ошибку. Причина всего этого одна: живя в конкретном мире, планируем свои действия мы в абстрактном, являющемся нашим собственным отражением этого мира. Эти миры могут быть бесконечно близки по каким-то параметрам, но они не способны совпасть.

В окружающем мире ВСЁ логично и ВСЁ связано и закономерно. В нем нет ни случайностей ни вероятности (хотя сам мир оценить этого не может: само понятие "оценить" для мира вне живого не имеет смысла - кстати, так же как и любое понятие, в том числе и "смысла" и самого "понятия")!

НО: случайность, это - непонятая закономерность или результат действия некоей суммы закономерностей. Столь же непонятых. Чаще всего - без надежды восстановить их связи.

Для неживого ошибок не существует, по выше обозначенной причине: для него не имеет смысла понятие цели. Раз нет цели, то невозможно и промахнуться. При этом весьма важно понять: возможно ли целенаправленно познать что-либо вообще, заранее зная, что именно познаешь? Если да, значит, ты знал уже это раньше и, следовательно, не познаешь ничего нового, если нет, вопрос вообще теряет смысл. Проще говоря: этот вопрос не имеет ответа, это типичная апория в духе подсчёта демонов на острие иглы. И всё это из-за того, что реально он просто не имеет права быть поставлен в такой форме - его отдельные составляющие противоречат друг другу. Отсюда же взята известная формула "Движение - все, конечная цель - ничто", хотя Ницше вывел ее исходя из совершенно других соображений. Результат познания неведом, процесс его бесконечен! Иначе говоря, вопрос цели и вопрос познаваемости должны рассматриваться по отдельности.

Поскольку мы живем в мире, частью которого мы и сами являемся, а строим свое поведение согласно своему пониманию этого мира в мире, понятием нами, т.е. планируем действия в той его модели, которую сами себе построили в течение всей жизни и продолжаем строить до последнего вздоха (повторюсь здесь еще раз - наверное, не последний), то результат любого события будет отличаться от наших планов на величину различия этих двух миров в этой точке пространства и времени. Именно здесь и возникает вероятность, которую мы привыкли считать свойством окружающего мира. Последнее - в корне неверно! Вероятность - подсчитанная оценочно величина невязки реального мира и нашего представления о реальном мире.

Случайность - никоим образом не есть некая "внешняя сила", влияющая на нас и нашу деятельность, но - наше незнание внешних сил, связей и их закономерностей при планировании и проведении этих действий. Чем меньше знаний - тем больше влияние "случайности". "Орлом" или "решкой" упадет монета - совершенно закономерное следствие того, как мы её подкинули, куда пришёл вращающий её удар, с какой силой и под каким углом, из какого металла сделана монета, какая погода стоит, как мы монетку поймали - и ещё кучи причин. Но, поскольку мы их не знаем, весь процесс превращается для нас в чистую стохастическую. Вся теория вероятности - попытка учета невязок наших знаний и хода естественных процессов природы и (или) общества. Соответственно, чем меньше понимание того, что делаешь, тем более требуется веры в правильность выбранных действий. Вера и логика - две части одного процесса - существования человека в мире, определения своего места в этом существовании, планирования поведения, воплощения планов и оценки результатов. Посему: меньше понимания - больше веры и напротив, больше понимания реального положения вещей - меньше требуется веры. А вовсе неверующих в этом мире нет.

Мир начинается для нас именно там, где начинаются наши ощущения. Мы знаем лишь один этот "наш" мир. Мир внешний, окружающий нас неведом до тех пор, пока его взаимодействие с на-

шими органами чувств не делает его образом нашего внутреннего мира. И только в таком виде он станет сколько-то доступным нам. Мы все - те слепые, которых заставили на ощупь определить, "что такое слон". А этот "слон" - внешний мир - будет именно таков, каким мы его воспримем. Для кого-то он будет выглядеть стеной слоновьего бока, для кого-то веревкой хвоста, для кого-то - словным бивнем.

Посему, в этом - воспринимаемом - мире реально предположить существование всего, чего угодно, но существовать оно будет лишь в нашем внутреннем мире. Все боги, привидения, черепашки Ниндзя или Робокобы не менее реальны, чем сама Земля и Солнце, но все это - реальности нашего внутреннего мира. Абсолютизация его ведет к крайне примитивному в своей ограниченности идеализму и солипсизму, а минимализация значимости внутреннего мира ведет к грубому материализму животного толка и отсутствия понимания значимости себя, как личности. Более того - к невозможности построения каких-либо жизненных планов. Смешение двух миров (вещь как раз самая обычная в нашей человеческой практике) делает мир вероятностным и материализует богов и мечты компьютерных геймеров. Самоидентификация - одна из самых необходимых вещей для понимания окружающего мира и своей значимости в нем. Не осознающий себя отдельной частью мира не осознает мира вне себя и других личностей, как такую же его часть. Наше представление об окружающем мире, которое мы создаем в себе и которым пользуемся в качестве ориентира в мире тоже не статично: оно постоянно обновляется и уточняется новыми элементами, полученными в течение жизни. И потому, в случае, если вновь получаемая информация на самом деле недостоверна, но воспринимается за истинную, эта картина может весьма и весьма сильно перекосяться. Вплоть до полного, или весьма серьезного, несовпадения с реальностью. Таковы картины нервных или возрастных болезней, наркотического (алкогольного etc) бреда, возрастных маразматических провалов и пр.

Мы, далеко не всегда понимая вторичность нашего собственного мира, уносимся в построения нашего воображения, как в реально происходившие. В обычном и регулярно происходящем это - источник фантазии и творчества, а значит - вещь сугубо необходимая для жизни (моделирование возможных ситуаций), но в режиме самодовлеющем - подменяет собой эту самую реальную жизнь. То есть, "уход от действительности" (эскапизм, религия, нирвана, уход в достроенную реальность и пр.) не какой-то определенный акт, а превышение нормы связи с реальностью. Эта норма у каждого своя и определяется скорее личным опытом. Полный аналог открытой Фрейдом шизофрении, за изъятием из этой аналогии места действия и направленности разделения. Впрочем, учитывая общность общественного опыта, можно, наверное, в каждом обществе установить порог, за которым индивидуум начинает жить уже своей вымышленной жизнью. При этом, зачастую, пытаюсь одновременно и подстроить реальный мир и действия людей под свое восприятие. В случае художественного творчества это может быть очень полезно, в случае реальных действий, хуже того - руководства людьми (у каждого из которых, естественно, построен свой такой же мирок) - крайне вредно и опасно.

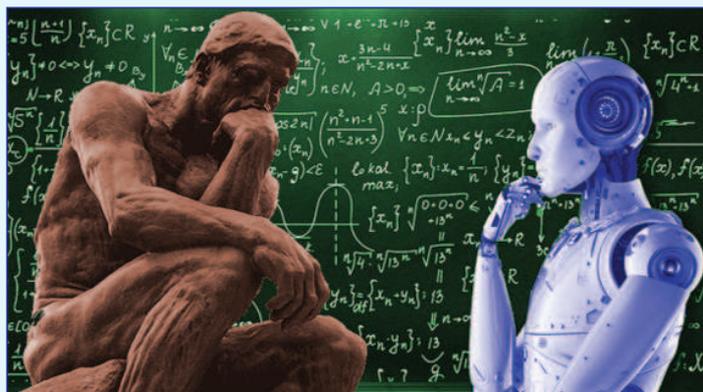
Пытаясь перенести наше понимание мира на сам мир, мы наделяем его свойствами, характерными как раз нашему восприятию: наличием случайности, вероятностностью процессов, конечностью явлений и связей объектов мира. В конце концов - наличием целей и смыслов. Природные объекты (то есть элементы природы, в которых изменение во времени менее значимо чем изменение в пространстве) всегда дискретны, счетны. При известных допущениях их можно более-менее

определенно сгруппировать в типологический ряд. Для них самих от того, что мы их ранжировали, кстати говоря, ничего не изменится. Стремление "всех построить и посчитать" - такое же исключительное свойство живого, признак наличия цели и абстрагирования каких-либо свойств объектов, позволяющих их организовать в ряд. Природные явления, связи между объектами (более существенно изменяющиеся по времени по сравнению с объектами), напротив, по своей полевой, как отмечалось, сути счетными быть не могут. Практически невозможно определить начало одного явления и конец другого. Чем "дороже" энергетически мы заплатили за измерение, тем точнее определили это начало. Но, в конечном итоге, оно всегда условно. Кстати, само по себе определение границ объекта это тоже процесс (то есть явление), следовательно, желая точно отделить один объект от другого, мы попадаем в ту же ситуацию, что и с определением границ явления. Если быть последовательным, то существенной разницы, вообще-то говоря, между объектами и явлениями не существует и появляется она только при попытке гармонизовать абстрактную картину конкретного мира, построенную в мозгу.

Нарабатываемая мозгом информация всегда дискретна, квантована. Это не декларация, это факт: то, что мы называем "информация" есть законченный фрагмент причинно-следственной связи, ограниченный в связи с этим собственными рамками и условностями. В силу того, что он абстрагирован от природы и имеет законченные временные, пространственные и логические (связывающие) границы, эта "информация" является чисто дискретной функцией. И по другому она не существует. Именно в таком виде она хранится, передается, обрабатывается живыми объектами. И именно в таком виде с ней работает вся наша электронная техника - порождение того же разума и его же формальный аналог. Но именно поэтому (повторюсь!), до действия живого, информации в природе нет. Есть явления и бесконечные связи между ними. Они многосторонни, многосвязанны, не имеют четких рамок, и, строго говоря, не дискретны: границы между ними не определены. Информация - всегда абстракция из бесконечного множества природных связей объектов и явлений. Но и - прямо наоборот - утверждать, что будучи применимы к реальному миру эти информативные абстракции совпадут с ним, было бы по меньшей мере несерьезно. Именно поэтому, всякого рода "электронные двойники" объектов, строго говоря, не смогут быть их двойниками. Более-менее похожим отражением - вполне возможно. Но двойником - никогда. Точно так же, наш "искусственный интеллект", будучи собран по когда-то ранее абстрагированных из реального мира элементов, пусть даже сколько-то уточненным по результатам изменения каких-то ключевых с нашей точки зрения показателей, навсегда останется "измерительной линейкой" мира, а не его копией. И наработать что-либо принципиально новое с его помощью не получится. Максимум - отметить и учесть изменения тех самых "ключевых параметров" и их влияние на нашу конструкцию. Но это ничуть не интеллектуальнее алгоритма работы станка с ЧПУ или, скажем, обычного гиростабилизированного автопилота. Только более продвинутого.

По этой причине, считать интеллектуальными наши электронные (либо иные) творения невозможно и ждать от них каких-либо иных открытий, кроме, может быть более глубокой обработки заложенной в них производителем информации в силу большей терпимости к рекурсии не стоит. Извлекать информацию из природы - свойство живого. И смоделировать (не имитировать) этот процесс пока на самом деле - несбыточное желание. В силу непонимания его сути.

**Вот такие роботы.** 



**ДАБ 1980...2020©**

# ОСОБАЯ ЛИЧНОСТЬ. УНИКАЛЬНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ

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



По ходу своей долгой жизни мне довелось встречаться и по разному общаться со множеством людей на огромной территории СССР от Минска до Петропавловского-Камчатского и от Архангельска до Батуми. И только на исходе жизни мне удалось убедиться в том, что каждая встреча далеко не случайна. Будь это встреча при сплаве леса на Ангаре с бывшим бойцом русской освободительной армии (по нашему - владовцем) или длительное общение (на разных уровнях) со стратегом XX века в сфере создания уникальных авиационных и ракетных двигателей академиком Н.Д. Кузнецовым - все они помогли мне понять самого себя до мельчайших оттенков натуры и характера.

В последние годы существенно сократились эти, якобы, случайные встречи, но четыре года назад меня познакомили с особым человеком нашего времени и уникальным специалистом (так его предварительно охарактеризовали) Салаватом Зайнетдиновичем Имаевым. В августе 2020 году ему исполнилось 50 лет.

В 1993 году юбиляр окончил Московский физико-технический институт (продолжая вести после распределения семинарские занятия со студентами) с распределением в ЦАГИ - головной научно-технический центр авиационной промышленности. Известно, что ЦАГИ - тесно взаимодействует со своим младшим братом ГНЦ РФ ЦИАМ - головным научно-техническим центром моторной отрасли авиационной промышленности, в котором я тружусь всю жизнь - так что нас можно считать коллегами. Через пять лет он защитил диссертацию на соискание

ученой степени кандидата физико-математических наук. Это хорошо характеризует особенность его мышления: изю всех возможных вариантов профессионального роста для данного временного периода, выбрать основной, и, максимально раскрывая все свои возможности реализовать его с минимальной затратой времени. Известно, что процесс подготовки диссертации организует человека и способствует систематизации его мышления (особенно в молодом возрасте) в работе над сложными задачами, взаимодействуя при этом с высококлассными специалистами.

Следующий этап профессиональной деятельности характеризуется организацией небольшого коллектива из преуспевающих в учебе выпускников, набранных из состава участников своих семинаров. Сформулирована основная задача коллектива: модернизация громоздкой и устаревшей технологии подготовки скважинного природного газа для транспортировки его от мест добычи до потребителей. В результате проведенных исследований, разработаны прорывные технические решения мирового уровня, с созданием действующих на новой основе установок сверхзвуковой сепарации многокомпонентных газов, защищенными патентами. Немалую роль в слаженной и четкой работе команды юбиляра, состоящей всего из шести сотрудников, играет стиль руководителя. Он всегда поддерживает здоровые инициативы, никогда не повышает голоса, сохраняет бесстрастное спокойствие даже при выявлении явных промахов. И в основе - его неустанная нацеленность на то, чтобы работа приносила удовольствие, даже в условиях преодоления неизбежных трудностей.

Меня продолжает удивлять удивительная триада: высокий уровень знаний юбиляра в самых различных сферах деятельности, в сочетании с необыкновенной интуицией в подборе нужных специалистов для эффективной реализации выбранного решения. И это - при непостижимой скромности. Иллюстрацией может служить его ответ на вопрос крупного специалиста по турбодетандерам: "Что Вас побудило предложить проект турбодетандера с числом оборотов в полторы тысячи оборотов в минуту, в результате чего резко снижается его коэффициент эффективности, а, следовательно, и эффективность?". На самом деле - как по-

казали современные расчеты и конструктивные проработки - предложение юбиляра явилось прорывным решением в мировой практике, что и подтвердила государственная экспертиза. А его ответ звучал кратко и ошеломляюще: "Нужда заставила!" А в чем нужда? "В том - поясняет юбиляр, - что безотказная работа ключевого агрегата в жестких условиях эксплуатации в течение длительного периода времени является главным требованием при их создании, ибо финансовые затраты при аварийной остановке даже на сутки такого агрегата, во много раз превосходят стоимость его разработки и изготовления". Эту иллюстрацию можно считать эталоном системного мышления (с элементами мышления стратегического) Салавата Зайнетдиновича. Только на такой основе формируются истинные государственники, для которых интересы страны гораздо важнее собственного дохода.

Для подтверждения своего мнения о юбиляре, переговорил с самым молодым его соратником - 20-летним Маратом и с самым пожилым 84-летним Геннадием Ефимовичем (руководителем работ ЦАГИ по созданию аэродинамических труб). Вот их ответы: 1- подкупает отзывчивость, легкость общения и доброта; 2- обращает на себя внимание обязательность, острый системный ум и уважительное отношение к старшим по возрасту людям вне зависимости от их должности.



Его острое прогнозирующее мышление проявляется в понимании стратегической важности защиты результатов интеллектуальной деятельности патентами на изобретения с последующей постановкой их на баланс предприятия. При реализации технического решения такая постановка начинает приносить ощутимый доход.

Очевидно: чем разнообразнее система, тем она устойчивее. Долговременная устойчивость жизненной позиции юбиляра в большой степени зависит от крепкого и надежного тыла - семейной жизни. Супруга и две дивные дочурки безусловно являются источником позитивного настроения Салавата на людей, на их неизбежные профессиональные промахи, а порою и на чисто житейские несуразности. В желании укрепить свое понимание особой личности юбиляра и профессиональной его уникальности, я обратился к его заместителю - Евгению Войтенкову с вопросом о хобби Салавата.

Его ответ таков: работа - семья - дом. И названные три фактора в своей неразрывной гармонии подтвердились автографом в два слова его супруги красавицы Зульфиры на копии поздравительного адреса от руководства ГНЦ РФ ЦИАМ: "Я счастлива!"



Я горжусь знакомством и сотрудничеством с Салаватом Зайнетдиновичем. Возможно, наша встреча является подарком мне Высших Сил за глубоко понимание - на исходе жизни - утверждения о неслучайности, якобы, всего случайного. Особенность личности Салавата, полагаю, проявляется в том, что он знает как оптимально жить, и, комфортно для себя и окружающих, реализует свою жизненную позицию вне зависимости от жизненных обстоятельств. С ним хочется взаимодействовать, так же, как и он сам, выкладываясь в работе на пределе своих возможностей. Жизнь стоит такой работы. 

# ВОПЛОТИТЬСЯ В ЗАВОДЕ

## (ПАМЯТИ АНДРЕЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА КУЛЬКОВА)

В России много городов, которые известны в основном авиастроительным профилем своей промышленности. Это Москва (до недавнего времени), Самара, Ульяновск, Улан-Уде, Новосибирск, Комсомольск, Рыбинск, Уфа, Омск, Казань, подмосковное Ступино и ещё многие другие. И во многих других городах предприятия авиастроения занимают существенное место в общем объёме промышленности. Вернее, так было до самого недавнего времени. Сейчас - сложнее.

В этом перечне у Омска, где есть и предприятия начала века, и появившиеся во время Великой Отечественной войны - особое место. Это - город, где серийно производились двигатели для многих гражданских пассажирских и транспортных летающих машин и агрегаты для них различного назначения, а также проектировалась и создавалась экспериментальная техника.

Герой нашего рассказа всю жизнь был связан с одним из таких предприятий. А оно - с ним. Так получилось. Иногда, для того чтобы сказать что-то о человеке бывает достаточно скупых строк официального справочника:

"Андрей Александрович Кульков родился 30 июля 1937 года в г. Омске. Окончил Омский машиностроительный институт в 1959 году по специальности "Машины и обработка металлов давлением". Инженер-механик. После окончания института по распределению был направлен на предприятие п/я 36 (в настоящее время ОАО "Омское машиностроительное конструкторское бюро"), где в течение 44 лет прошёл весь профессиональный путь от рядового инженера до руководителя предприятия, выпускающего высокотехнологическую продукцию - агрегаты систем топливопитания и регулирования современных двигателей для самолётов и вертолётов, а также других летательных аппаратов различного назначения. С октября 1959 по 1969 годы - инженер-экспериментатор, заместитель начальника испытательного цеха, начальник отдела надёжности; 1969-1980 годы - заместитель главного конструктора, первый заместитель главного конструктора; с 1980 по 1993 годы - главный конструктор, а с 1993 по 2003 годы - генеральный директор, главный конструктор ОАО "Омское машиностроительное конструкторское бюро". ... Под его руководством и при непосредственном участии были разработаны системы топливопитания и регулирования двигателей и бортовых вспомогательных силовых установок для самолётов гражданской авиации Як-42, Бе-200, Ту-204, Ту-154, Ан-70, Ан-72, Ан-74, Ан-124 "Руслан", Ан-225 "Мрия", Ил-86, Ил-76, Ил-62М, вертолёта Ми-26, а также для ряда двигателей военных



самолётов и летательных аппаратов специального назначения. Внёс значительный вклад в осуществление региональной программы создания двигателя ТВД-20 для самолёта Ан-3. Реализация этого проекта на рубеже веков позволила организовать производство на омских предприятиях конкурентоспособного многоцелевого самолёта, имеющего высокие лётно-технические характеристики. Является автором ряда изобретений и полезных моделей, направленных на усовершенствование гидромеханической части разрабатываемых топливных систем, а также создание продукции промышленного назначения. Так, например, изобретение "Регулятор подачи топлива в газотурбинный двигатель" относится к области автоматического регулирования подачи топлива в газотурбинный двигатель вспомогательной силовой установки летательного аппарата и позволило создать конструкцию топливного регулятора, обеспечившего снижение давления топлива при авторотации двигателя в полёте, благодаря чему достигнуто повышение ресурса и надёжности работы двигателя вспомогательной силовой установки ТА-12. Указанный двигатель успешно эксплуатируется на самолётах Ан-74Т, Ан-124 "Руслан", Ту-95МС, Ту-142МР, Ту-154, Ту-160, Ту-204, Ил-76.



В ряду других изобретений и полезных моделей: "Радиально-плунжерная пневмогидромашина переменной производительности", на основе которой создана пневмогидромашина с автоматическим бесступенчатым изменением рабочего объёма от нулевой до максимальной производительности при постоянном давлении, обладающая большим ресурсом, малой массой и габаритами; "Мембранный насос", отличающийся более высокой надёжностью при сохранении малых габаритов и массы и обеспечении той же производительности, как у известных аналогов; "Радиально-плунжерная машина с клапанным распределением" позволила создать долговечный насосный агрегат, который по своим основным параметрам (аналогичных входных параметров и назначения) зарубежных и отечественных производителей имеет в 5-7 раз меньшую массу. За изобретательскую деятельность награждён почётным знаком "Изобретатель СССР". Предприятие, руководимое А.А. Кульковым, не только удержало и развило свои позиции в агрегатостроении, но и сумело создать и освоить выпуск изделий для других отраслей народного хозяйства. Среди них - цех-автомат с лукоочистительными машинами для консервного завода; специальные гидроинструменты по заказу ОНПЗ и железной дороги: ручные плунжерные насосы, ударные гайковерты, съёмники, цилиндры-подъёмники, стяжки, переносные прессы с усилием от 10 до 50 тонн, путевой домкрат; гамма герметичных электроприводных насосов для коммунального





хозяйства и многое другое. В годы его руководства предприятие добилось международного признания. В частности, удостоено международных призов: "За качество" и "Платиновая звезда" в номинации "Разработка и производство систем управления ГДТ", а также награждено призом "Предприятие года - 2000" с вручением соответствующего сертификата его руководителю. За долголетний и безупречный труд, преданность делу авиации Андрей Александрович награждён орденами "Знак Почёта" и Трудового Красного Знамени, медалями "За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина", "Ветеран труда", знаком "Отличник качества МАП" Министерства авиационной промышленности".

В апреле 2003 года "Омская газета" выходит со статьёй, большую цитату из которой также нельзя не привести:

"И вот очередная новость, взволновавшая всех работников предприятия. В конце февраля 2003 года на состоявшемся внеочередном собрании акционеров был достигнут зыбкий компромисс между двумя конфликтующими сторонами. Генеральный директор ОМКБ А. Кульков, устав от борьбы с претендентами на чужую собственность и окончательно поняв, что он является камнем преткновения, негодной фигурой для областной администрации, согласился досрочно уйти со своего поста. Но с одним условием: этот пост должен занять его заместитель по экономике и внешним связям Л. Штеренберг. Такое условие было принято противоборствующей стороной. <...>

В последний день февраля в актовом зале ОМКБ состоялось короткое собрание трудового коллектива. Работники предприятия, уже знавшие о принятом акционерами решении, пришли сюда, чтобы попрощаться со своим руководителем, авторитет которого в коллективе не подлежит никакому сомнению. <...>

Трогательной, порой со слезами на глазах оказалась эта прощальная встреча. Люди, проработавшие бок о бок много лет с Андреем Александровичем, прекрасно знают, какого напряжения усилий и воли стоило ему сохранить профиль предприятия в пору всеобщей чубайсовской "прихватизации". Коллектив тогда брался за любую работу, чтобы как-то поддержать свой "мозговой центр" - специалистов-конструкторов, способных создавать изделия мирового уровня.

И неминуемого краха удалось избежать. В новый век и тысячелетие МКБ вступило на подъеме, успешно наращивая объемы производства. <...>

Итак, ушел со своего поста один из последних руководителей крупных предприятий омской "оборонки", выросших в советскую эпоху. Генеральный директор и главный конструктор Омского МашКБ, одного из трех сохранившихся ныне в России, был слишком прямым и честным руководителем, не вписывающимся в сегодняшнюю "элиту". Он в последнее десятилетие держался в стороне от политики, был всецело занят своим коллективом, производством, сохранением наукоемких технологий, без которых стране просто не выжить. <...>

Несомненно, это ощутимая потеря для промышленности Омска, области, да и всей отрасли. В коллективе, где более сорока лет проработал Андрей Александрович, она переживается особенно остро. Правда, людей обнадеживает, что пока на предприятии сохранена преемственность в руководстве. Ведь новый гендиректор Леонид Геннадьевич Штеренберг - сподвижник Кулькова и тоже ветеран МКБ, пользуется авторитетом в коллективе".

В своё время в АССАД, по идее и под руководством Виктора Михайловича Чуйко был выпущен сборник "Созвездие", посвящённый деятелям авиационного двигателестроения. В четвёртой книге этого сборника одна из статей как раз была посвящена Андрею Александровичу. Для того, чтобы увидеть А.А. Кулькова как живого и реального человека, стоит обратиться именно к этой публикации:

"Окружающие все подмечают. Рассказывали: в столовой стоял, как все, в очереди. Машины не имел, ездил общественным транспортом. Утром делал зарядку с пробежкой на улице, зимой - на лыжах. Книгочей. До 50-летия в квартире телевизора не было. Из заграникомандировок ничего, кроме книг, не привозил.

Руководителем был жестким, не жалел ни себя, ни других. <...>

Обещанное помнил, выполнял. Подсказали: стиль руководства АК правильнее назвать не командным, а социально-командным. Социальность при этом следует понимать в самом широком смысле слова.

И в своем городском районе лидировали. Лучшие елки для ребят на Новый год. Детские секции и спартакиады на стадионе, построенном своими руками.





Первые балы для выпускников в парке на Зеленом острове Иртыша. Этих балов в райкоме партии, райисполкоме опасались. Андрей Александрович с дружинниками предприятия дежурил на ребячьих праздниках ночь напролет. Подростки такое вытворяли! А.А. Кульков наблюдал. Он всегда большое внимание уделял заботе о детях. Построенный своими силами детский лагерь летнего отдыха был особой заботой и гордостью.

На воскресниках отдавал свою машину парторгу: чтобы приглядывал, докладывал, координировал. Сам за лопату, за носилки, в борозду. Картофель, морковь собирает - не угнаться. Попадете в паре носилки таскать - замучит. На городском субботнике все давно пошабашили, а эмкабэвцы бордюры тяжелые таскают. Полный день отбарабанили.

Отдел соцкультбыта имелся по численности "раз-два и обчелся". При Кулькове вырос как на дрожжах. Построили холодильник, овощехранилище на 250 тонн. Едва не первыми в городе внедрили контейнерное хранение. Мясо закупали в хозяйствах для столовой и продажи в коллективе. Генеральный добивался развития платных



услуг. Столовая имела 14 филиалов в округе. Продавались полуфабрикаты. Старикам, многодетным семьям помогали приобретать продукты.

На охоте - со всеми на равных. Первым пол, посуду моет. Аккуратист. Рассказали, как во чтобы то ни стало хотел понять: от какого заболевания умерла собака, которую долго держал? Искал врача среди ученых ветеринарного института. Как-то признался, что с возрастом стало жаль стрелять зайцев.

В обед, как правило, спешил к матери в их родной бревенчатый дом. Как-то сразу состарились: мама, родное гнездо, сад, которым когда-то все любовались... Ухаживал за больной матерью истово. Кстати, сам не любил лечиться. Всего раз пришел в медпункт на физиотерапию. Не закончив процедуры, бросил".

О себе не беспокоился, а вот о людях - всегда. На пороге нового века, а прошлый с последствиями перестройки и демократизации держит за горло. Скоро Новый год, надо бы коллективу зарплату выплатить, да ещё и мазут закупить для котельной, чтобы завод и рабочий поселок вокруг него обогреть. Поэтому приходилось экономить на всём, даже налоги в бюджет не платить, из-за чего на директора даже было заведено дело, которое, правда, потом закрыли. Но нервы то потрепали.

Все, кто был знаком с Андреем Александровичем, особенно отмечают его скромность в быту. Он не считал себя вправе создавать для себя бытовые условия, существенно лучшие, чем у его коллег, соседей, друзей. Жил как все. Наверное поэтому, его дом всегда был открыт для гостей. После дружеских прогулок, охот, рыбалки, да и после субботников и воскресников коллеги собирались у него. "Как будто других мест и не было!" - так говорят они теперь, вспоминая то время.

После ухода из родного коллектива, Андрей Александрович вместе со своей семьёй переехал в Подмоскowie, в небольшой посёлок рядом с авиационным городом Жуковский, в родное гнездо своей супруги - Эммы Михайловны. И теперь уже это место, благо рядом прославленный авиационный город, стало местом встреч с друзьями. Они знают, что в этой гостеприимной семье им всегда рады.

В 2011 году Андрей Александрович получает приглашение войти в состав Совета директоров акционерного общества "Агрегат" и, конечно же, соглашается. Быть полезным профессионально - это высшая награда для него. И не важно, что живёт в Подмоскowie, а предприятие находится в Челябинской области - перелёты дело привычное.

В том же 2011 году последовало ещё одно приглашение - в Совет директоров акционерного общества "ГМЗ "Агат" в Ярославской области. И вновь согласие. Вскоре его избирают Председателем Совета директоров "Агата". Самолёты, поезда, два предприятия, возраст... Но, для него это и есть жизнь! Все, кто работал с ним на этих предприятиях, в первую очередь отмечают его немногословность, деловитость, умение вникнуть в проблемы и... скромность. В разговорах с друзьями он всегда благодарил судьбу за возможность быть полезным обществу, авиационному делу. А дома? Дома по-прежнему ждала любимая и любящая семья, всегда готовая встретить не только его, но и его коллег и друзей. И всегда за накрытым столом. И всегда с благожелательностью и улыбкой.

В год торжества коронавируса никого не удивишь ни болезнями, ни смертями. Осенью этого тяжёлого года не стало и Андрея Александровича. Но он ушёл от нас оставив нам то, о чём заботился всю жизнь: работающий завод и возможность людей работать на нём. Да будет это вечной памятью этому человеку.

И на память приходят строчки Маяковского, написанные по совершенно иному поводу, но человеку, также целиком вложившемуся в дело и оставившего его нам:

**Чтобы,  
умирая,  
Воплотиться  
в пароходы,  
в строчки  
и в другие долгие дела.**



2020 годъ.

ДВУХМЪСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛЪ



DVIGATEL

XXI

ГОДЪ ИЗДАНІЯ

СXIII

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, Леворотово, Красноказарменныйк, 15 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, редакционно-го 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 чётного 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](http://www.dvigately.ru) одновременно с выходом журнала из печати или даже несколько опережая появление типографского варианта. Все статьи, заявленные как соискательские, попадают в библиотеку eLibrary. Публикация статей осуществляется в кратчайшие сроки. Стоимость опубликования статей по тематикам ВАК с 2020 года составляет 7 тыс. руб. за одну журнальную полосу и предназначена только на покрытие типографских расходов (печать и бумага).

Стоимость размещения рекламно-информационных материалов на 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](http://www.dvigately.ru)



# АВТОМОБИЛИ МАРКИ ROLLS-ROYCE В СОВЕТСКОЙ РОССИИ 1917-1932 гг.

(К 100-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ ГАРАЖА ОСОБОГО НАЗНАЧЕНИЯ 1921-2021Г.Г.)

**Товарищи! Вы видали Ройльса?**  
**Ройльса, который с ветром сросся?**  
**А когда стоит - кит!**

**Владимир Маяковский**  
 (из стихотворения "Венера Милосская и Вячеслав Полонский", 1927 г.)



Рис. 1 Автомобиль Rolls-Royce № 3 Зам. Председателя Совета министров и министра финансов Н.В. Некрасова (шасси №2283)

Практически сразу с момента своего основания в 1904 году фирма Rolls-Royce прочно заняла свое место в нише автомобилей высшего класса. Естественно, в связи с особой престижностью, продукцию этой марки приобретали самые знаменитые и богатые люди своего времени. Среди них было и немало граждан динамично развивавшейся в начале XX века Российской империи, включая последнего Российского императора Николая Второго. К сожалению, на территории России до наших дней не сохранилось ни одного автомобиля марки "Роллс-Ройс", приобретенного в царские времена. Однако до нас дошло несколько машин этой фирмы, поставленных уже в Советскую Россию после Октябрьской революции 1917 года.

Предшественником Гаржа особого назначения (ГОН) был Собственный Его Императорского Величества гараж последнего российского императора Николая Второго. На начало 1917 года, в автопарк этого гаража, в том числе входили и два автомобиля марки Роллс-Ройс (шасси № 2283 и № 40RB). После февральской революции 1917 года они оказались в распоряжении Автобазы Временного правительства, которая, по сути, представляла собой все тот же переименованный императорский гараж. При этом автомобиль № 3 (шасси 2283) поступил в распоряжение Заместителя Председателя Совета министров и министра финан-

Рис. 2 Список автомобилей автобазы СНК от 7 сентября 1918 года

**Максим Олегович Карташев**, старший научный сотрудник  
 Политехнического музея

сов Н.В. Некрасова (рис. 1), а номер 4 (шасси 40RB) - Председателя Совета министров, военного и морского министра А.Ф. Керенского [2, с.83]. После Октябрьской революции оба этих автомобиля перешли под контроль большевистского правительства и использовались уже советскими вождями. Известно, что автомобиль с номером 3 в дальнейшем обслуживал сначала председателя Реввоенсовета Л.Д. Троцкого, а затем председателя Совета народных комиссаров В.И. Ленина [2, с.118] (рис. 2). Автомобилем с регистрационным номером 4 после Октябрьской революции сначала пользовался первый нарком просвещения РСФСР - А.В. Луначарский, а позднее все тот же Л.Д. Троцкий в связи передачей его автомобиля с номером 3 в пользование В.И. Ленину [2, с.125] (рис.3).

Процесс подчинения бывшей Автобазы Временного правительства Советской власти, в лице автомобильного отдела Военно-революционного комитета, завершился к ноябрю 1917 года. В декабре 1917 года, в связи с прекращением деятельности Петроградского военно-революционного комитета, материальная часть и сотрудники автомобильного отдела были переданы в Автомобильный отдел ВЦИК, Автомобильную базу СНК и Петроградский Исполнительный комитет. В начале 1918 года в связи с переездом правительства из Петрограда в Москву, было сформировано новое воинское подразделение - 1-й Автобазой отряд при ВЦИК. Также в Москву перевели и Гараж Автомобильного отдела ВЦИК, который разместился в Манеже, и Автобазу СНК, занимающую помещение по адресу ул. Каретный ряд, д.4. Что касается упомянутого выше Автобазой отряда, то он получил прописку в Московском Кремле на Дворцовой улице, дом 9. В составе автобазы СНК особенно функционировал Гараж Председателя Совнаркома (или "Гараж В.И. Ленина"), также располагавшийся в Московском Кремле на улице Дворцовая, дом 8. [3, с.17]. Как было сказано ранее, кустак нового правительственного автомобильного парка составляли машины из бывшего царского гаража.

Но в распоряжении нового российского руководства имелся и ряд изъятых большевиками на нужды революции автомобилей, принадлежавших в прошлом различным состоятельным российским гражданам. Значительное число автомобилей Rolls-Royce было заказано непосредственно на фирме или куплено на вторичном рынке в Европе. Интересно, что при этом ряд автомобилей бывших российских владельцев также был повторно ввезен в Россию из-за рубежа уже после их продажи прежними хозяевами. Например, таким автомобилем являлся Rolls-Royce (шасси 32EB), принадлежавший ранее известному предпринимателю Андрею Андреевичу Понизовкину. Этот автомобиль попал в кадр на фотографии парка автомобилей автобазы СНК в Кремле в 1920 году (рис. 4). Также в советском правительственном гараже оказал-

Рис. 3 Список автомобилей 1-го Автобазой отряда ВЦИК от 01 июня 1919 года



Рис. 4 Автомобили 1-го Автобоевого отряда ВЦИК в Московском Кремле, 1920 г. Первый слева автомобиль Rolls-Royce. Шасси номер 32ЕВ (Фото: ГАРФ)

ся приобретенный на вторичном рынке за границей автомобиль Людвига Нобеля (шасси 39GB) и машина Георга (Геворга) Александровича Манташева, младшего сына Александра Ованесовича Манташева - знаменитого российского предпринимателя и нефтяного магната начала XX века, (шасси 25NA), реквизируемая советской властью. Несколько автомобилей бывших богатых российских владельцев были запечатлены на фотографиях в советское время с новыми хозяевами страны в качестве пассажиров. Так, на известном снимке 1925 года, сделанном на курорте Мацеста, в автомобиле Rolls-Royce на заднем сидении можно увидеть командарма Семена Михайловича Буденного в компании с другим, не менее известным красным командиром - Яном Фрицевичем Фабрициусом [9]. Ранее данный автомобиль принадлежал также одному из членов семьи Понизовкиных - Владимиру Андреевичу Понизовкину. В этом случае автомобиль никогда не покидал территории России (рис. 5).

Зачастую судьбы дореволюционных владельцев автомобилей

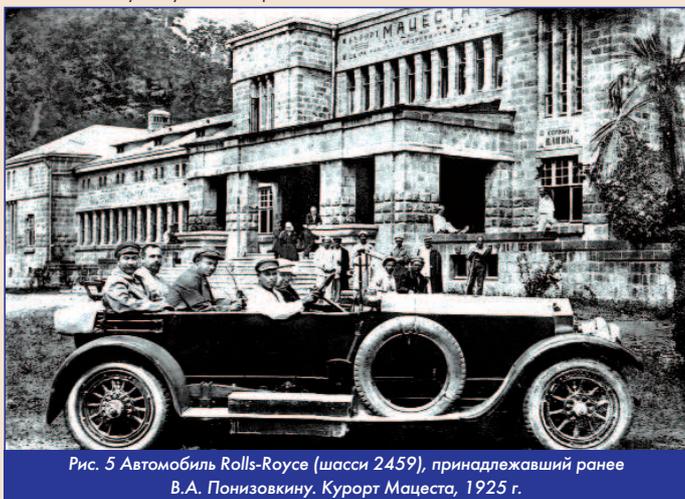


Рис. 5 Автомобиль Rolls-Royce (шасси 2459), принадлежавший ранее В.А. Понизовкину. Курорт Мацеста, 1925 г.

причудливым образом переплетались с судьбами новых большевистских вождей. Согласно одной из версий, после покушения на В.И. Ленина 30 августа 1918 года, лидер революции был в срочном порядке доставлен в Кремль на спортивном автомобиле Rolls-Royce (шасси № 2429) ранее принадлежавшем великому князю Михаилу Александровичу - родному брату последнего российского императора Николая Второго (рис. 6). Именно благодаря скоростным качествам бывшего великокняжеского "Роллс-Ройса" жизнь В.И. Ленина удалось спасти [3, с. 18]. Интересно, что согласно альтернативной версии, раненого Владимира Ильича привезли в Кремль на другой машине из правительственного гаража: Renault CG40CV. Если верным является первый вариант с автомобилем Rolls-Royce, то вероятнее всего путаница возникла в результате того, что при проведении следственного эксперимента на месте преступления, использовалась именно французская машина [2, с. 117].

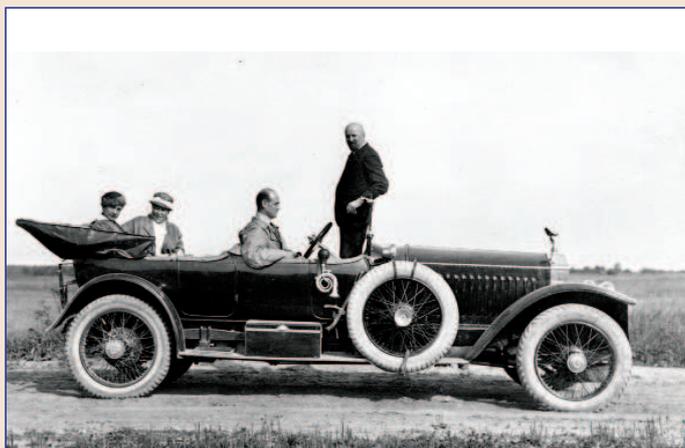


Рис. 6 Автомобиль Rolls-Royce (шасси 2429) великого князя Михаила Александровича. (Фото из архива National Motor Museum, г. Бьюли, Великобритания)

С развитием Советского государства постепенно совершенствовалась и организация автотранспортного хозяйства руководства страны.

Приказом № 13 по Управлению делами СНК РСФСР от 31 декабря 1920 года Ленинский гараж был выделен в самостоятельное подразделение, подведомственное Управделами Совнаркома. Согласно приказу особый гараж выходил из подчинения Автобазы СНК с 1 января 1921 года. Эта дата считается днем основания Гаража особого назначения (ГОНа) [3, с. 19].

После кончины В.И. Ленина в январе 1924 г. гараж полностью перешел под контроль Политбюро ЦК ВКП(б), получив новое название: "Гараж особого назначения Совета Народных Комиссаров и Совета Труда и Оборона СССР" (ГОН). На подразделение возлагались задачи по обслуживанию автотранспортом председателя СНК СССР и его заместителей, отдельных членов Политбюро и секретарей ЦК Компартии [3, с. 22].

Автомобили активно эксплуатировались членами правительства и вскоре встал вопрос о необходимости приобретения для государственных нужд новых автомобилей за рубежом. Выбор пал на прекрасно зарекомендовавшие своей надежностью машины знаменитой марки Rolls-Royce.

Закупками автомобилей в Великобритании занималась созданная 11 июля 1920 года Советской Россией в Лондоне организация АРКОС (ARCOS)\*.

В период с 1922 по 1925 год для нужд советских организаций в общей сложности закупили 73 автомобиля Rolls-Royce [5, с. 92]. Причем по сведениям, полученным из клуба любителей марки Rolls-Royce - "The 20-Ghost Club", возможно, что в их число помимо модели 40/50HP (Silver Ghost), входило 3 автомобиля менее мощной модификации 20HP, которую иногда любя называли "The Baby Rolls-Royce". Еще 12 таких машин с одинаковыми кузовами от ателье Windovers поставили в СССР в 1926 году. Непосредственно в распоряжение Гаража особого назначения поступило всего 12 автомашин типа 40/50HP [5, с. 92]. При этом часть из них заказывалась непосредственно на фирме-производителе, а часть приобреталась на вторичном рынке.

С 1926 по 1932 годы было приобретено еще 10 автомобилей марки Rolls-Royce типа Phantom I (или New Phantom) и Phantom II с кузовами, изготовленными в британском ателье: Windovers, Park Ward и Mann, Egerton [5, с.94].

**\*ARCOS (All Russian Cooperative Society Limited, с 1922 года - Arcos Ltd.).** Данная компания выступала как представитель советских хозяйственных органов, осуществляя весь импорт и большую часть экспортных операций. Она имела отделения в нескольких странах. 12 мая 1927 года британские власти провели обыски по подозрению в шпионаже в офисе АРКОС и в Советском торговом офисе в Лондоне. Затем последовал разрыв дипломатических отношений между Великобританией и Советским Союзом. Работа АРКОС была приостановлена. В 1929 году, после восстановления дипломатических отношений, деятельность компании АРКОС возобновилась, но в меньшей степени.



Рис. 7 Автомобиль Rolls-Royce И.В. Сталина (шасси № 16X) в Московском Кремле. (Фото: журнал "За рулем", 1960 г., № 4)

Интересное наблюдение в свое время сделал, посетивший СССР чешский писатель Адольф Гофмейстер. В своем письме известной авто- и мотогонщице Элишке Юнковой он сообщал следующее: "Я еще никогда не видел такого скопления "Роллс-Ройсов", которое наблюдал однажды вечером на набережной Москва-реки. Я так и не понял, почему именно "Роллс-Ройсы" нашли путь к сердцу Внешторга и попали в СССР..." [2, с. 144].

В отличие от В.И. Ленина, отдававшего предпочтение автомобилям марки Rolls-Royce (особенно в конце жизни), новый хозяин страны - И.В. Сталин больше любил американские автомобили. Но на заре своего правления он также часто использовал автомобили знаменитой британской фирмы. Как правило в объективы фотоаппаратов попадал сталинский Rolls-Royce 1920 года выпуска с открытым кузовом Open Tourer от кузовного ателье Mann, Egerton (номер шасси 16X). Некоторое время данным автомобилем пользовался также В.И. Ленин. Фото этой машины, в частности, было опубликовано в журнале "За рулем" № 4 за 1960 год (рис. 7). Часто данный автомобиль ошибочно принимают за дошедший до нас ленинский Rolls-Royce (номер шасси 17KG). Возможно, это связано с тем, что, ориентируясь именно на его снимки, проводили реставрационные работы с "Роллс-Ройсом" В.И. Ленина на ЗИЛе в 1959 году.

От сталинской эпохи до нас дошло лишь небольшое количество фотографий, запечатлевших вождя в автомобиле Rolls-Royce. Наиболее известными являются снимки, сделанные во время отпуска И.В. Сталина при посещении им Сталинградского тракторного завода и конефермы под Сальском, а также охоты в Сальских степях в компании с К.Е. Ворошиловым и С.М. Буденным в августе 1933 года. В той поездке было задействовано сразу три автомобиля Rolls-Royce из Гаража особого назначения [2, с. 138]. Как видно из сохранившихся фотографий, сам И.В. Сталин ехал на машине Rolls-Royce Phantom II с кузовом от ателье Mann, Egerton. На фото различим и регистрационный номер машины в



Рис. 8 И.В. Сталин (слева) около автомобиля Rolls-Royce Phantom II на охоте в Сальских степях, 1933 г.

ГОН: Г-12-11 [10]. Номер шасси данной машины 90RF или 92RF (рис. 8).

Интересен случай, произошедший с И.В. Сталиным 26 июля 1930 года во время его отдыха в Сочи. В этот день он вместе с женой, а также с С.М. Буденным и комиссаром для особых поручений Юсисом собрались посетить Красную Поляну. При выезде из дома отдыха "Пузановка" в 10 часов 35 минут правительственный Rolls-Royce столкнулся с автомобилем, принадлежащим дому отдыха "Красный шторм". При аварии Сталину расколо левую бровь, но уже на следующий день он чувствовал себя хорошо. При этом другие участники ДТП не пострадали. Как ни странно, Сталин в тот раз приказал никому об этом факте не сообщать и водителей не наказывать [2, с. 139].

Распоряжение же о прекращении закупки автомобилей Rolls-Royce в сталинском СССР вышло в 1933 году. Информацию об этом можно увидеть в секретной шифровке от 19 сентября 1933 года [1, Л.9] (рис. 9). Обращаю особое внимание читателей написание названия фирмы Rolls-Royce в шифровке и в эпиграфе к настоящей статье.

Последние две машины этой марки типа Phantom II были приобретены в октябре 1931 г. и в апреле 1932 г. До наших дней дошло четыре (возможно пять) автомобилей Rolls-Royce, поставленных в Советскую Россию в 1920-1930-е годы.

Наиболее известным и хорошо сохранившимся из них, безусловно, является автомобиль, в настоящее время находящийся в экспозиции Государственного Исторического музея в Москве. Этот Rolls-Royce был заказан заводу в Дарби 11 июля 1922 года. Уже 17 августа готовое шасси с номером 17KG прибыло в лондонское ателье Barker, где его оснастили открытым кузовом "Торпедо". Предположительно данный экземпляр автомобиля использовался лично В.И. Лениным в конце жизни вплоть до его кончины в 1924 году. В начале 1930-х годов ленинский Rolls-Royce был списан из гаража СНК и отправлен на периферию. В декабре 1935 года он оказался в Керчи на автобазе обкома профсоюзов рыбной промышленности Крымской АССР. К счастью, в связи с

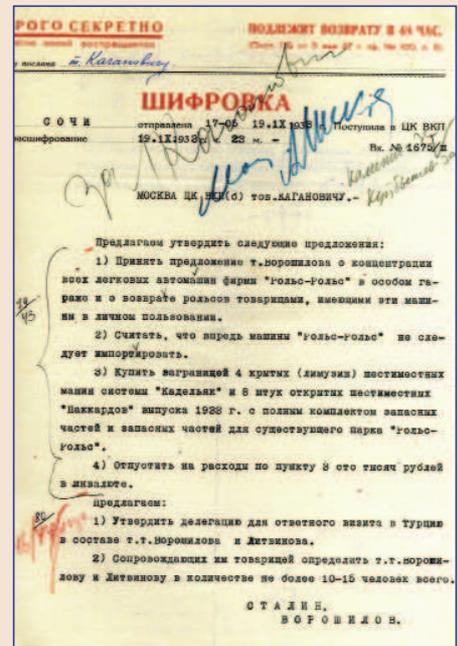


Рис. 9 Секретная шифровка от 19.09.1933 г. (Фото: ГАРФ)



Рис. 10 Автомобиль Rolls-Royce (шасси 17KG) В.И. Ленина в Государственном Историческом музее



планировавшимся открытием в Москве Центрального музея В.И. Ленина, автомобиль в 1939 году был передан туда в качестве экспоната, но вплоть до середины 1950-х годов хранился в запасах в подмосковных Горках. Восстановить ленинский автомобиль было решено в 1956 году по случаю приближающейся сороковой годовщины Октябрьской революции. Ответственное задание поручили Заводу имени И.А. Лихачева. В этой связи даже организовали поиск уцелевших запасных частей автомобилей Rolls-Royce по всей стране. Реально к работам удалось приступить только в октябре 1959 года. В декабре того же года реставрация была завершена, и автомобиль своим ходом прибыл на Красную Площадь к зданию Музея В.И. Ленина, где он экспонировался до 1993 года (рис. 10).

Столь важное событие широко освещалось в советской прессе. Не обошел его и главный партийный печатный орган газета "Правда", дважды опубликовавшая заметки о реставрации ленинского автомобиля.

Также по этому случаю в заводской газете ЗИЛа "Московский автозаводец" была размещена небольшая статья, а сотрудни-



Рис. 11 Реставрация ленинского автомобиля Rolls-Royce на ЗИЛе в 1959 году. На фото: справа - слесарь Б.А. Абрамов, слева - инженер-механик В.Б. Королев. (Фото из газеты "Московский автозаводец", фотограф В.А. Зунин)

ков ЗИЛа, выполнявших это ответственное задание, наградили почетными грамотами [8, с. 1] (рис. 11, 12). На фотографии, запечатлевшей момент реставрации, хорошо видно два фото на заднем плане, на которых присутствует другой автомобиль Rolls-Royce из правительственного гаража, обслуживавший И.В. Сталина (шасси номер 16X). Очевидно, что имеющиеся снимки помогали сотрудникам ЗИЛа при работе. Хотя кузов этой машины был изготовлен другим ателем (Mann, Egerton).

После развала СССР и ликвидации Музея В.И. Ленина, знаменитая машина вождя некоторое время находилась на складе в районе Измайлово. 30 марта 2004 года ленинский автомобиль был выставлен в здании Исторического музея рядом с современ-



Рис. 12 Почетная грамота на имя Б.А. Абрамова за участие в реставрации ленинского автомобиля. (Из архива О.Б. Абрамова)

ном "Роллс-Ройсом" во время презентации по случаю открытия в Москве салона продаж автомобилей знаменитой британской марки. В дальнейшем ленинский Rolls-Royce остался в экспозиции Государственного Исторического музея, где и находится в настоящее время.

Вторым, и, пожалуй, самым интересным сохранившимся автомобилем Rolls-Royce Silver Ghost является единственный в мире полугусеничный автомобиль данной марки. Машина оснащена гусеничным двигателем, предназначенным для езды по снегу, инженера Адольфа Кегресса. Долгое время в различных изданиях тиражировалась версия о том, что именно в таком виде автомобиль эксплуатировался вождем пролетарской революции. Однако, обнаруженные относительно недавно архивные данные развеяли эту легенду. Выяснилось, что тележкой Кегресса автомобиль оснастили в 1928 году, то есть целых четыре года спустя после смерти В.И. Ленина. Тем не менее Ильич использовал данную машину в тот момент, когда она еще была в стандартном исполнении.

Интересно, что в данном случае на фирме в 1922 году приобрели только шасси. Его номер: 79YG. Кузов же типа "Торпеда" был построен на Государственном автомобильном заводе № 4 (бывшая Экипажно-автомобильная фабрика Петра Ильина). Решение о переоборудовании обычного автомобиля в полугусеничный было принято в связи с тем, что имевшийся на тот момент в распоряжении автобазы СНК аналогичный американский полугусеничный Packard полностью исчерпал свой ресурс. Детали для переоборудования машины нашли в Ленинграде на Путиловском заводе. Само же оснащение автомобиля гусеничным двигателем производилось в мастерских автобазы СНК в Москве. В апреле 1929 года было решено переоборудовать второй Rolls-Royce (шасси 40YG), кузов которого типа "Лимузин", также изготовили на Государственном автомобильном заводе № 4. Правда, при преобразовании этой машины в полугусеничный вариант, ее кузов по техническим причинам также пришлось заменить на открытый, а передний мост взять от американского автомобиля Packard. Оба полугусеничных "Роллс-Ройса" проработали в правительственном гараже до середины 1930-х годов. В 1937 году они были определены как исторически важные артефакты, связанные с жизнью и деятельностью вождя пролетарской революции В.И. Ленина и отправлены в подмосковные Горки. В 1949 году усадьба "Горки Ленинские" стала музеем и один из автомобилей (шасси 79YG) занял место среди его экспонатов. Здесь он и находится по сей день (рис. 13). Автомобиль дважды реставрировался на заводе ЗИЛ. Первый раз в 1961 году, второй - в 1984-1985 гг. В декабре 1992 года специалисты ЗИЛа дополнительно произвели осмотр и техническое обслуживание автомобиля на месте. В основных узлах и системах заменили все масла и жидкости, а затем запустили двигатель. После чего проверили автомобиль в движении, проехав вперед и назад порядка тридцати метров. При этом перемещение машины своим ходом было заснято на камеру.



Рис. 13 Ленинский автомобиль Rolls-Royce (шасси 79YG) в Горках

Второму необычному "Роллс-Ройсу" (шасси 40YG) повезло намного меньше. Все, кто жил во времена СССР, смогут понять удивление, вызванное тем, как в итоге поступили с ленинским автомобилем. Ведь ко всем предметам, связанным с жизнью и деятельностью первого Советского вождя, в стране было особенно благоговейное отношение, и любое их повреждение выглядело если не преступлением, то, по меньшей мере кощунством. Но в этот раз все пошло по странному сценарию. Второй уцелевший полугусеничный ленинский Rolls-Royce в конце лета 1964 года доставили из Москвы в Ленинград на киностудию "Ленфильм", а оттуда его передали на 1-й Ленинградский авторемонтный завод с целью постановки на ход для участия в съемках исторических фильмов "На одной планете" и "Залп Авроры". Поскольку оригинальный двигатель автомобиля был неисправен, его, недолго думая демонтировали, и заменили на мотор от советского грузовика ГАЗ-51. Также были заменены передний и задний мосты и ряд других мелких деталей. Подлинный радиатор остался на месте, но он не использовался, поскольку позади него установили радиатор от грузовика ГАЗ-51, который и был встроены в систему охлаждения. Гусеничный движитель Кегресса также удалили и установили на машину колеса от грузовика. Кроме того, автомобиль был перекрашен из зеленого в черный цвет. Подлинный же двигатель, также как и гусеничную тележку Кегресса, передали на киностудию "Ленфильм". Они некоторое время хранились на автобазе студии в Сосновой Поляне. К сожалению, при ликвидации павильона в Сосновой Поляне, бесценный, уникальный движитель Кегресса и оригинальный Роллс-Ройсовский мотор... были уничтожены [7, с. 52].

После съемок в вышеупомянутых фильмах, в декабре 1965 года, химерический (сборный) автомобиль был принят на хранение в Ленинградский филиал Центрального музея Ленина в Мраморном дворце. В 1966 году автомобиль снова задействовали на съемках фильмов "Поезд идет в Новое" и "Шестое июля" киностудии "Мосфильм". После расформирования музея в 1992 году автомобиль передали Государственному музею истории Санкт-Петербурга". Но его участие в съемках на этом не прекратилось. Он послужил в картинах "Конь белый" (1992), "Под знаком скорпиона" (1993), "Хрусталева, машину!" (1993), "Дом Романовых" (1995), "Распутин" (1995), Воспоминания о Шерлоке Холмсе (1999). В октябре 1995 года на киностудии "Ленфильм" провели косметический ремонт ленинского "Роллс-Ройса". В 2006 году автомобиль в течение некоторого времени демонстрировался на территории Петропавловской крепости в Санкт-Петербурге в небольшом застекленном павильоне, который не мог обеспечить необходимую защиту машины от атмосферных осадков, и автомобиль убрали в запасники музея, где он находится по настоящее время [7, с. 42] (рис. 14).



Рис. 14 Автомобиль Rolls-Royce(шасси 40YG) из коллекции Государственного музея истории Санкт-Петербурга. (Фото: ГМИ СПб)

Еще один сохранившийся автомобиль знаменитой британской марки, но уже типа Rolls-Royce Phantom II, который также скорее всего имел отношение к правительственному гаражу, сохра-

нился на киностудии "Мосфильм". Согласно воспоминаниям участников восстановления ленинского автомобиля, находящегося в Государственном Историческом музее, именно этот экземпляр изучался реставраторами с ЗИЛа при проведении работ. Есть вероятность, что некоторые запасные части снятые с этой машины, также установили на Rolls-Royce из ГИМа. По крайней мере фирменный маскот, имеющийся сейчас на ленинском автомобиле в Историческом музее, является подлинной, но более поздней модификацией (рис. 15).



Рис. 15 Маскот ленинского автомобиля Rolls-Royce из Государственного Исторического музея

Точный номер шасси "Роллс-Ройса" с Мосфильма пока установить не удалось, но можно утверждать, что это один из автомобилей Rolls-Royce Phantom II, изготовленных в 1930 году, с кузовом от ателье Park Ward. Возможные номера шасси: 131XJ, 165XJ, 203XJ, 204XJ или 118GY.

Мосфильмовский Rolls-Royce также имеет внушительный послужной список. Он был задействован при съемках таких кинокартин как: "Новые приключения неуловимых" (1968), "Директор" (1969), "Бег" (1970), "Корона Российской империи или снова неуловимые"(1971), "Трактир на Пятницкой" (1978), "Первая конная" (1984), "Царевубийца" (1991) и ряде других.

Наверняка всем с детства запомнился момент эффектного падения "Роллс-Ройса" со скалы в конце фильма "Новые приключения неуловимых". К счастью, разумеется, возобладал - в тот раз сбросили в море и уничтожили только макет машины (рис. 16). По понятным причинам данный автомобиль всё же понес значительные утраты и большинство деталей у машины неоригинальные.



Рис. 16 Кадр из фильма "Новые приключения Неуловимых"

Самым загадочным из сохранившихся автомобилей марки Rolls-Royce, поставленных в СССР после Октябрьской революции, является автомобиль, одно время принадлежавший известному советскому коллекционеру Евгению Самойловичу Гуревичу. Подробную информацию об этом человеке легко можно найти в различных открытых источниках. Еще в советское время он являлся владельцем нескольких старинных автомобилей, в том числе машины Rolls-Royce Phantom I 1930 года выпуска (номер шасси



Рис. 17 Художник Н.П. Чарухин около своего знаменитого "Роллс-Ройса"

44OR) с кузовом, изготовленным в ателье Park Ward. Автомобиль был поставлен в СССР также через упомянутую выше организацию ARCOS. Само обладание таким автомобилем частным лицом в СССР казалось чем-то из ряда вон выходящим. Rolls-Royce достался Гуревичу в плачевном состоянии. Полное отсутствие возможности приобретения оригинальных запасных частей во времена СССР вынудило хозяина машины устанавливать на нее любые мало-мальски подходящие узлы и агрегаты. Но, тем не менее, ему удалось поставить машину на ход. В середине 1960-х годов Е.С. Гуревич продал свой Rolls-Royce известному художнику Николаю Петровичу Чарухину (1934-2008) (рис. 17). В 1966 году уже с новым владельцем машина принимала участие в первом параде старинных автомобилей, устроенном по инициативе газеты "Неделя" в рамках "Московского праздника автомобилистов". В дальнейшем чарухинский Rolls-Royce иногда появлялся на различных мероприятиях, связанных с ретроавтомобилями. Точные сведения о последующих владельцах пятого таинственного "Роллс-Ройса" отсутствуют. В какой-то момент он исчез из поля зрения любителей автомобилостарины. Интересно, что британский Клуб энтузиастов марки Rolls-Royce длительное время отслеживал судьбу данного экземпляра. В апреле 1990 года его фотографию, сделанную в Москве в 1989 году, опубликовали в клубном журнале (рис. 18). Настоящее местонахождение машины пока остается неизвестным.

Как уже было сказано выше, заключительные автомобили марки Rolls-Royce поступили в Гараж Особого назначения в 1932 году, а указание о полном прекращении их закупок поступило в 1933 году. Но последний из них списали из ГОНа только в 1947 году, что еще раз говорит о чрезвычайной надежности машин легендарной британской марки [5, с. 94].



Рис. 18 Автомобиль Rolls-Royce Phantom I (шасси 44OR) художника Чарухина (Фото из журнала Rolls-Royce Inthusiasts Club Bulletin № 179, 1990)

В более позднее время отдельные экземпляры автомобилей Rolls-Royce были поставлены в СССР с целью их изучения при разработке отечественных автомобилей высшего класса. □

*Автор выражает особую благодарность Сэру Джону Статтарду и господину Тому Кларку из британского клуба любителей марки Rolls-Royce: "The 20-Ghost Club" за неоценимую помощь, оказанную при идентификации номеров шасси и типов кузовов автомобилей, упомянутых в данной статье, а также Олегу Борисовичу Абрамову, любезно предоставившему материалы из семейного архива.*

#### Литература, источники и примечания:

1. ГАРФ. Ф.1235 (ВЦИК). Оп.38, Д. 15.
2. Главный гараж России. От Собственного Его Величества гаража до Гаража особого назначения 1907-2007 / Под общ. Ред. Е.А. Мурова. - М.: МедиаПресс, 2007.
3. Гараж особого назначения. Под общей редакцией генерал-лейтенанта В.А. Макарова. - Исторический вестник. Том пятнадцатый [162]. - М., 2017.
4. Собственный Его Императорского Величества гараж. - М.:Горький классик, 2017.
5. Автомобили первых лиц. - М.:Горький классик, 2018.
6. Завод и люди. 1916-2016: в 3 томах Т.1: Зарождение автомобилестроения. Под ред. М.А. Шелепенкова, А.В. Курковой. - М.: Университет машиностроения, 2016.
7. Труды Государственного музея истории Санкт-Петербурга. Вып. 20. Исследования и материалы. - СПб.: ГМИ СПб, 2010.
8. Могилевский А., Карев И. Вдохновенный труд.-Московский автозаводец,№258 (7581), 1959. -01 ноября.
9. Алина Колесникова. Как раньше выглядел бальнеологический курорт "Мацеста".-SCAPP город. 16/09/2016. <https://sochi.scapp.ru/scapp-gorod/kak-ranshe-vyglyadel-balneologichesk/>
10. Лица Советской эпохи. Часть 427. 1933. Товарищ Сталин в отпуске. Часть 2. <https://humus.livejournal.com/7264601.html>
11. Rolls-Royce enthusiasts club bulletin. Number 179, March/April, 1990.



# "ОЛДТАЙМЕР-ГАЛЕРЕЯ" 2020 ГОД

**Александр Иванович Бажанов**, академик Международной инженерной академии

(Окончание. Начало в 2-2020)

## ГАЗ-61-73 (1942 год)



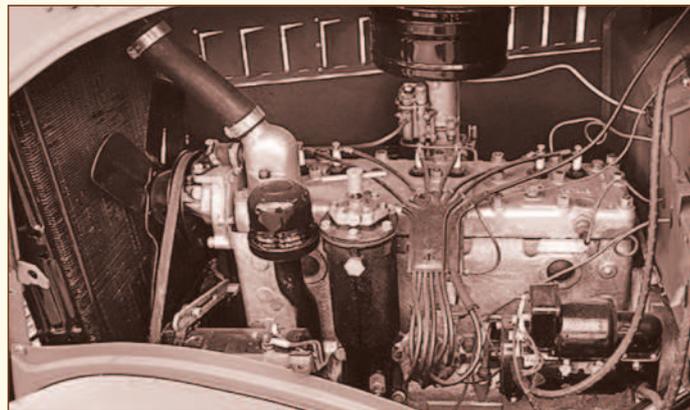
В конце 30-х годов прошлого века в странах-автопроизводителях приступили к разработкам и производству машин повышенной проходимости. В те годы на горьковском автозаводе был создан и проходил испытания трехосный автомобиль ГАЗ-21

Опытный с колесной формулой 6x4. Привод был только на задние колёса, что не позволило в полной мере обеспечить требуемую проходимость. Тогда же на завод попал полноприводный американский седан "Мармон-Хэрингтон" с колесной формулой 4x4, созданный на платформе Ford-V8. И с сентября 1938 г. в КБ горьковского завода приступили к разработке собственного многоцелевого легкового автомобиля повышенной проходимости по такой же колёсной формуле.



Большинство узлов и механизмов для ускорения создания машины позаимствовали от серийных и опытных автомобилей: кузов, подвеску, четырехступенчатую коробку передач, сцепление, задний мост, электрооборудование и т.д. Пока не был освоен в производстве собственный 6-цилиндровый двигатель ГАЗ-11 пришлось установить американский Dodge D-5. Надо отметить, что ГАЗ-11 не являлся прямой копией Dodge D-5. Советский вариант имел другое расположение свечей на головке цилиндров, сконструирован оригинальный привод распределительного вала, установлен термостат, который на американском двигателе отсут-

ствовал. Были и другие отличия, например, в системе вентиляции картера и масляном насосе.



Проектировать и делать пришлось только раздаточную коробку и передний ведущий управляемый мост. Причём его сначала оснастили шарнирами равных угловых скоростей конструкции Rzeppa, но позже заменили их на шарниры конструкции Bendix-Weiss. Именно их впоследствии удалось скопировать и массово производить. Уже 10 июля 1939 г. опытный автомобиль, получивший наименование ГАЗ-61-40, вышел на заводские испытания, которые продолжались до 1 октября.

Полноприводной ГАЗ-61-40, оснащённый двигателем с большим запасом мощности, трансмиссией с увеличенным передаточным отношением, покрышками колёс с развитыми грунтозацепами (профиль "Граунд-Грипп"), и поднятой на 15 см раме преодолевал на грунте подъёмы до 43 градусов, брод глубиной 82 сантиметра, сухой ров - 90 см. Автомобиль не застревал на размытых осенними дождями грунтовых дорогах и пашне, буксировал прицеп массой до 700 кг, переезжал через бревно диаметром 37 см. На песчаных грунтах машина поднималась по 28-градусному склону, развивала скорость на песке до 40 км/ч. На шоссе ГАЗ-61-40 развивал скорость до 107,5 км/ч, расход бензина на "сотню" при этом был около 14 литров.



Перед началом осенне-зимних испытаний, открытый кузов "фаэтон" был заменен на закрытый кузов от ГАЗ М1. Такая замена позволяет сегодня говорить о появлении первого в истории "комфортабельного" внедорожника с закрытым кузовом! И имя ему - ГАЗ-61-73.

Испытания подтвердили высокую проходимость нового внедорожника, что явилось основанием для принятия наркоматом среднего машиностроения решения о начале его производства к концу 1940 г. Первый предсерийный ГАЗ-61-73 был готов и сдан 9 июня 1941 года, и практически сразу отправился на войсковые испытания на Софринский артполигон для проверки возможности буксировки 76-мм пушки. Несмотря на то, что испытания прошли успешно, на серийных ГАЗ-61-73 тяговое устройство не устанавливалось.

Первый серийный ГАЗ-61-73 сошёл с конвейера 12 июля. Первоначально на машину устанавливались моторы ГАЗ-11 мощностью 76 л.с. и четырехступенчатая механическая коробка, а затем перешли на установку менее мощного мотора ГАЗ-М (50 л.с.) и трехступенчатой коробки. В 1941 году был изготовлен и сдан заказчику 181 ГАЗ-61-73, а всего их было сделано 194 штуки.



Во время Великой Отечественной войны ГАЗ-61-73 использовался в качестве штабного автомобиля для высшего командного состава РККА.

**ЗИС-42М (1942 год)**



Проблемы с доставкой грузов в условиях бездорожья встали особенно остро с развитием промышленности, освоением новых территорий, добычи и доставки полезных ископаемых и, конечно, обеспечению боевых действий, к которым тоже надо готовиться.

Разработанные колесные автомобили высокой проходимости со всеми ведущими колесами могли преодолевать, в основном, только сухое бездорожье. Преодолеть глубокий снег, размытые дождями грунтовые дороги, глубокий песок, заболоченную местность и т.д. эта техника не могла.

Увеличение числа ведущих колёс в какой-то мере обеспечивало хорошую проходимость, но гарантировать нормальную и безотказную работу сложной трансмиссии на тот момент не представлялось возможным. Выход виделся в применении гусеничного движителя, который, как считали специалисты Союзного государственного научно-исследовательского и экспериментально-

го автотракторного института (НАТИ), можно будет приспособить к серийно выпускаемым автомобилям.

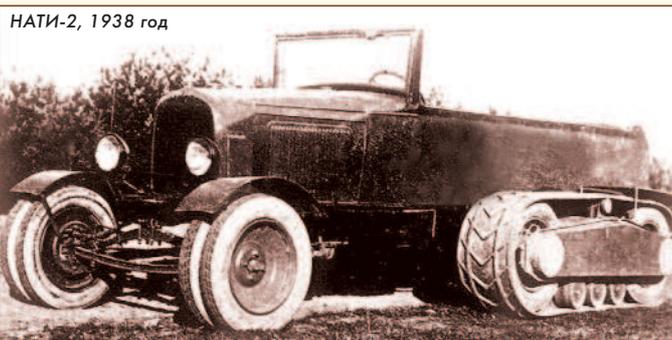
Кстати, первый полугусеничный движитель был изобретён и построен в 1909 г. механиком царского гаража французом Адольфом Кегрессом. Движитель с бесконечной резиновой лентой сначала был установлен на легковом автомобиле "Непир", а позднее на "Паккарде" и "Руссо-Балте".



В 1916 г. была предпринята попытка установки движителей Кегресса на бронированные и грузовые автомобили, принимавшие участие в I Мировой войне, и даже был заказ на изготовление 300 экземпляров этих движителей, но революции 17-го года сорвали его выполнение (успели изготовить только 30 комплектов). Поэтому оценить эффективность движителя Кегресса в полной мере тогда не удалось.

Хотя идея достаточно проста: для преобразования стандартного автомобиля в полугусеничный надо снять колёса с полуосей и на них смонтировать гусеничные движители. В каждом движителе было по два колеса, одно из которых было ведущим - на него крутящий момент от полуоси передавался цепью Галля. На колеса без протектора, но имеющие специальный профиль, одевалась гусеница, которая приводилась в движение благодаря фрикционному зацеплению с ведущим колесом. Натяжение гусеницы обеспечивалось специальным механизмом. В трансмиссию для снижения скорости вращения колёс и увеличения крутящего момента добавлялся мультипликатор.

В СССР первым полугусеничным автомобилем с движителем типа "Кегресс" был легковой НАТИ-2. Крутящий момент от каждой полуоси заднего моста цепью передавался на оба (переднее и заднее) ведущих колеса, на которые была одета резинокордная гусеница, имеющая только фрикционное зацепление.



В течение нескольких лет специалисты НАТИ продолжали разработки полугусеничных вездеходов на базе полуторок горьковского автозавода. При этом были перепробованы различные конструкции движителей...



В дальнейшем специалисты НАТИ приступили к конструированию полугусеничных движителей для установки на машины московского автозавода. Требование обеспечения большой мощности (крутящего момента) на движителе мог удовлетворить грузовик ЗИС-5, у которого двигатель развивал 73 л.с. при 2300 об./мин.

Двигатель состоял из стальной рамки, в которой устанавливались двойные скаты передних и задних колес, оба колеса были ведущими. В средней части рамки внизу находились два опорных катка, а наверху двойной поддерживающий натяжной каток.

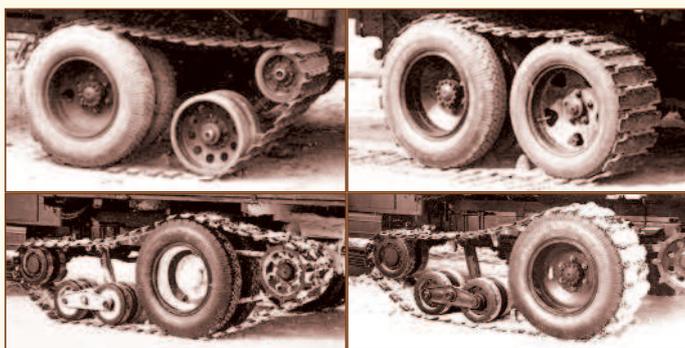
Вся эта часть двигателя в сборе монтировалась на специальный кожух чулка заднего моста автомобиля. Мощность от ведущей оси на ведущие колеса передавалась цепью Галля. Цепь и шестерни осей от попадания грязи закрывалась кожухом. Масса этого двигателя составляла 840 кг.

В передней и задней части грузовой платформы, приподнятой на 135 мм, установлены ограничители качания гусеничного двигателя при езде по сильно пересеченной местности. ЗИС-5 с этим двигателем получил название НАТИ-ВЗ. Его грузоподъемность составляла 2,5 т на дорогах и 1,75 т на бездорожье. После испытания этот вездеход с 1940 года пошел в серию под названием ЗИС-22. За два года их изготовили 200 штук.

НАТИ-ВЗ - прототип ЗИС-22, 1938 год



Параллельно была разработана новая конструкция двигателя. После доработки ЗИС-5 для обеспечения установки новой конструкции опытные образцы получили индекс ЗИС-33. Двигатель получился очень тяжелым и ненадежным, его масса составляла 1322 кг. Естественно, что были предприняты попытки усовершенствовать двигатель и снова были разработаны самые разные конструкции...

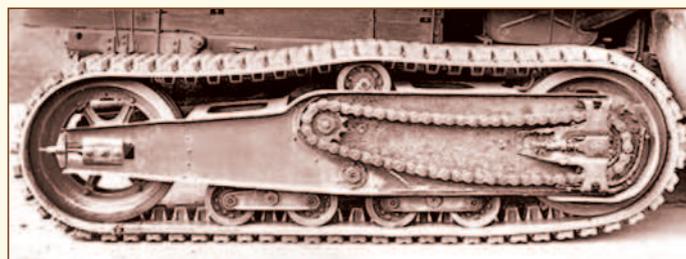


Тем не менее, было принято решение о начале серийного производства полугусеничного ЗИС-33. Было выпущено ни много, ни мало, но 4539 (!) этих машин. Они приняли участие в сражениях под Москвой. В конце концов ЗИС-33 всё же был снят с производства, но свою положительную роль сыграть успел.

Специалистами НАТИ работы по созданию полугусеничного вездехода грузоподъемностью 2,5 т для использования в качестве артиллерийского тягача и транспортной машины для особых условий эксплуатации на базе грузового автомобиля ЗИС-5. Новую конструкцию двигателя установили на ЗИС-22 и провели заводские испытания пробегом протяженностью 5000 км. Испытания в 1941 году опытного двигателя на полигоне ГАБТУ Красной Армии подтвердили его хорошие ходовые качества и способность преодолевать тяжелое бездорожье.

Получив положительное заключение, в НАТИ доработали конструкцию этой машины для обеспечения серийного производства на московском автозаводе под индексом ЗИС-42. Основа конструкции ЗИС-42 всё тот же ЗИС-5, у которого задние колеса заменены двумя гусеничными двигателями. Только у двигателя была принципиально новая конструкция. Прежде всего отказались от передачи усилия на гусеницу посредством трения. Раньше ленту гусеницы для устранения проскальзывания по колесу сильно натягивали, что приводило к её растягиванию, и к обрывам. В новой конструкции резинометаллическая гусеница приводилась в движение звездочкой.

Конструкция двигателя состояла из традиционной рамки, на переднем конце которой находилось зубчатое ведущее колесо, а на заднем - ленивец. Между колесами внизу устанавливалась система катков. Сверху, посередине рамки, установлен поддерживающий ролик, служащий для поддержания верхней ветви гусеницы. Передача крутящего момента от ведущей звездочки полуоси заднего моста на звездочку ведущего колеса двигателя осуществлялась цепью Галля. Ведущее колесо двигателя имело зубчатый венец, входящий в зацепление с накладками гусеницы. Натяжение цепи Галля осуществлялось винтовым механизмом, воздействующим на ось ведущего колеса. Подобный механизм натягивал гусеницу, перемещая ленивец.



Особенностью нового двигателя было то, что он мог качаться вокруг оси заднего моста. Такая способность приспособляться при движении машины к неровностям снижает нагрузку на раму двигателя. Ещё одна особенность нового двигателя была в том, что в случае необходимости любое количество стандартных автомобилей ЗИС-5 могло быть превращено в полугусеничные автомобили без существенной переделки шасси обычного грузовика.



ЗИС-52 при нагрузке в 2,5 т по дорогам мог двигаться со скоростью 42 км/ч, по бездорожью и снежной целине (в зависимости от их характера) - от 8 до 20 км/ч. Вездеход мог преодолевать подъемы до 30°, броды глубиной до 0,6 м. Общая масса автомо-

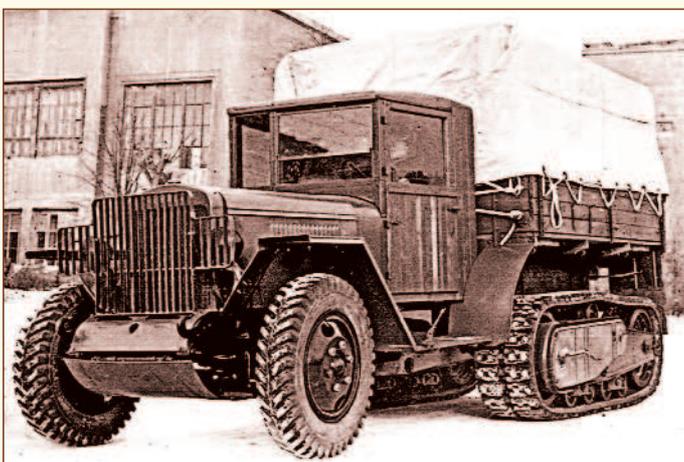
бия с номинальной полезной нагрузкой составляла порядка 7200 кг при собственной массе 4850 кг.

Расход топлива на 100 км при движении по грунтовой дороге с полной нагрузкой без прицепа составлял 58...60 л, а на целине возрастал до 70...80 л. Движение по тяжелому бездорожью доводило расход до 95 л. Для увеличения пробега к основному баку добавили ещё три, расположив их под грузовой платформой. Тогда запас хода по шоссе достиг порядка 400 км.



Серийный выпуск ЗИС-42 начался в 1942 году после возвращения в Москву из эвакуации оборудования и специалистов. В этом году было выпущено 752 машины, а в следующем уже 2115.

В 1944 г. полугусеничный ЗИС-42 немного доработали: установили более мощный двигатель ЗИС-5М, усиленный радиатор от автомобиля ЗИС-16 и дополнительное оборудование в виде передней защитной решетки и переднего поддона. На кузов установили тент. Машина получила индекс ЗИС-42М.



В 1944 -1946 годах было выпущено более 3,5 тыс. вездеходов, а всего был изготовлен 5931 экземпляр ЗИС-42 и ЗИС-42М.

Любопытны итоги проведённого в 1943-1944 годах сравнительного пробега советских вездеходов с участием трофейных автомобилей и техники союзников. У нашего ЗИС-42 не всё ладно было с надёжностью и трудозатратами на ремонт, но когда застревал "Студебекер", имеющий колесную формулу 6х6, вытаскивал его из грязи наш вездеход.

### **T-20 "Комсомолец" (1939 год)**



В межвоенный период моторизация Красной Армии осуществлялась исходя из возможностей страны. Конструкторы могли придумать всё что угодно, но реализовать задуманное не всегда удавалось, сказывалось отсутствие материалов и технологий. Так произошло при создании тягачей для буксировки дивизионных и полковых пушек, которые одновременно доставляли экипаж и боекомплект к огневой позиции под огнем противника. Конная тяга, естественно, для этого не годилась.

В 1935 году был разработан тягач-транспортёр "Пионер", в котором применили ряд элементов легкого танка Т-37А и установили автомобильный двигатель ГАЗ-А мощностью 40 л.с., разгонявший тягач до 50 км/ч. Изготовленные в 1936 году машины были участниками парада 7 ноября на Красной площади.



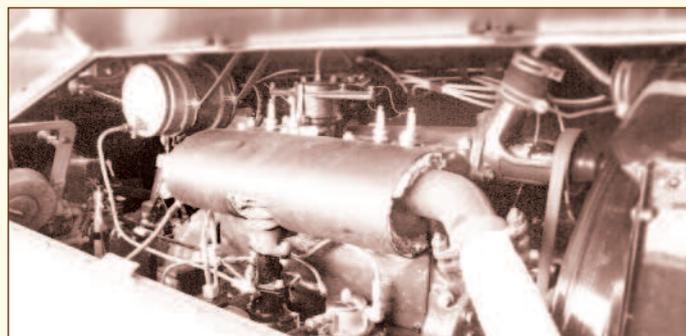
Их производство продолжалось в 1937 году, но после эксплуатации в войсках стало ясно, что без броневой защиты водителя, двигателя, радиатора и бензобака применять их на поле боя нельзя. К тому же "Пионер" был неустойчив при езде по неровностям и на поворотах, имел низкие тяговые свойства и малую вместимость. В 1937 году производство тягача-транспортёра "Пионер" было прекращено.

Проектированием нового артиллерийского тягача теперь занялось КБ НАТИ, которое предложило проект с полным бронирование кабины механика-водителя и командира-стрелка.

В корпус тягача спереди размещалась трансмиссия, в которую входили однодисковый главный фрикцион сухого трения, четырехступенчатая коробка передач (четыре передачи вперед и одна назад), демультипликатор для получения прямой или замедленной передач, коническая главная передача, два многодисковых сухих бортовых фрикциона с ленточными тормозами с накладками из ферродо и два бортовых одноступенчатых редуктора.

Отделение управления имело противопульное и противоосколочное бронирование, в котором с левого борта находилось место водителя, а с правого борта - место командира машины. Он был ещё и пулеметчиком, перед ним в шаровой установке находился пулемет ДТ калибра 7,62-мм. Боекомплект к пулемёту составлял 1008 патронов в 16 дисках.

Моторное отделение располагалось за отделением управления. В нём устанавливался 4-цилинровый бензиновый двигатель ММ-6002 (доработанный ГАЗ-М) мощностью 50 л.с., оснащенный жидкостной системой охлаждения.



Ёмкость двух топливных баков составляла 121,7 литра, причем один вмещал 115 литров, а второй 6,7 (!) литра. Моторный отсек закрывался броневым капотом с откидными крышками. Пуск двигателя осуществлялся с помощью электростартера или от заводной рукоятки.

Грузовое отделение размещалось над двигателем. В нём было два ряда трехместных сидений, каждый из которых закрывался бронированными крышками. Расчёт пушки размещался спинами друг к другу. При повороте спинок сидений наружу образовывалась грузовая платформа с бортами для перевозки боекомплекта и снаряжения. В комплекте был тент для защиты от непогоды.

Бронирование корпуса было дифференцированным. Лобовые 10-мм бронелисты прикрывали трансмиссионный отсек и отделение управления. Борты и корма изготавливались из 7-мм брони. Броневые листы соединялись на металлическом каркасе при помощи заклепок и болтов.

При движении по шоссе Т-20 разгонялся до 50 км/ч. При буксировке 2-тонного прицепа и собственной полной массе 4,1 т скорость падала до 40 км/ч. На просёлочной дороге и на бездорожье скорость составляла 15...20 км/ч, при этом запас хода составлял 200 км.



Т-20 "Комсомолец" преодолевал ров шириной 1,4 м, брод глубиной 0,6 м, стенку высотой 0,47 м и валил 18-см деревья. Впечатляет возможность движения при крене 40° (ограничивалось спаданием гусениц из-за коротких гребней траков) и подъёма по твердому грунту на 45-градусный склон. При полной боевой массе и с прицепом массой 2,0 т угол уменьшался до 18°. Радиус поворота без прицепа составлял всего 2,4 м.

Т-20 приняли на вооружение и начали серийное производство на заводе № 37 с использованием производственных мощностей ГАЗ. В августе-ноябре 1937 г. состоялись войсковые испытания, показавшие неудовлетворительную надежность "Комсомольца". Выявленные в ходе испытаний и эксплуатации конструктивные недостатки устранялись уже в ходе серийного производства, поэтому можно выделить три производственные серии, отличавшиеся между собой конструкцией бронированной кабины, устройством грузовой платформы, сидений, смотровых приборов и приспособлений, связанных с обеспечением температурного режима работы двигателя и улучшением ходовой части.



Машина оказалась простой в эксплуатации и надежной в техническом плане, но с августа 1941 года "Комсомольцы" больше не выпускались. До этого времени удалось собрать 7780 машин, абсолютно большая часть из которых попала на фронт.

**Bantam BRC-60 (1940 год)**



9 апреля 1940 года Германия вторглась в Данию, которая капитулировала через шесть часов. В этот же день немецкие военные корабли и войска вошли в норвежские воды, атаковали корабли, высадили десант и начали военную операцию, которая продолжалась два месяца. Норвегия капитулировала 10 июня, после того как английские и французские войска, посланные на помощь норвежцам, не смогли этого сделать и покинули её территорию.

10 мая немецкие войска вторглись во Францию, Бельгию, Люксембург и Нидерланды. Через месяц сопротивлялась только Франция, но и она уже 22 июня 1940 года подписала акт о капитуляции.

США в войне в Европе не участвовали, только снабжали армию Великобритании боеприпасами и техникой. Да ещё анализировали боевые действия противоборствующих сторон. Выводов было много, и один из них касался необходимости наличия в войсках небольшого, способного передвигаться по пересеченной местности вездехода для обеспечения разведки, боевого охранения, перевозки боеприпасов и раненых, буксировки лёгких орудий и т.д. Но такого автомобиля не было.

Летом 1940 года был создан особый комитет, в который вошли представители всех родов войск. Ими были разработаны тактико-технические требования к новому автомобилю: колесная база до 1,90 м, высота не более 0,92 м, дорожный просвет от 15 см, скорость передвижения от 5 до 80 км/ч, кузов прямоугольной формы, устойчивая скорость передвижения от 5 до 80 км/ч, снаряженная масса не выше 590 кг, полезная нагрузка минимум 270 кг, полный привод с понижающей передачей, откидное лобовое стекло, возможность стационарной установки пулемета калибра 7,62 мм. Дополнительное требование заключалось в том, что комплектующие должны быть только от серийных машин. Затем был объявлен тендер и отправлены приглашения 135 компаниям для принятия в нём участия.

Компаниям, пожелавшим принять участие, в крайне сжатый срок необходимо было разработать проект, подготовить чертежи и оформить заявку. Мало того, выигравшая компания должна была в 49-дневный срок построить прототип для демонстрационных испытаний, а затем в течение месяца изготовить еще 70 машин для полноценных, по сути, предсерийных испытаний.

Ответ пришёл только от двух фирм: American Bantam и Willys. И если фирма Willys смогла только предложить сроки исполнения заказа и сумму контракта без представления проекта и чертежей, как того требовали условия тендера, то совсем другим был ответ от фирмы American Bantam.

В этот период American Bantam выпускала очень компактные легковушки модели Bantam-60 на шасси лицензионных английских Austin 7, но трудности со сбытом этих машин грозили банкротством; уже и некоторые инженеры уволились. Получение тенде-

ра и участие в выполнении последующих заказов могло спасти фирму, поэтому руководитель компании Френк Фенн обратился к известному конструктору Карлу Пробсту, который рискнул взяться за создание уникального, как потом оказалось, автомобиля.

За 18 часов непрерывной работы после прибытия на фирму был разработан предварительный дизайн будущего автомобиля, а через пять суток эскизный проект и чертежи. После подсчета массы комплектующих, а они по условиям тендера должны были уже серийно выпускаемыми, оказалось, что масса вездехода составит не менее 840 кг. Понимая, что если действительную величину массы указать в проекте, то он будет отклонён, и тогда Пробст в графе "вес снаряженного" поставил 577 кг.

Тендерный комитет, получив только от одной компании полный комплект документов и изучив конструкцию вездехода, дал добро на изготовление прототипа. Специалистам American Bantam и Карлу Пробсту предстояло за 49 дней изготовить прототип. И за день до официальной демонстрации автомобиль был готов.

Как и заказывали военные, Карл Пробст соединил в одной машине комплектующие различных производителей: двигатель мощностью 40 л.с. от компании Continental, передний и задний мосты от Studebaker Champion, раздаточная коробка от Spicer, трансмиссия от Warner Gear. Внешне новый автомобиль, получивший название Bantam BRC-60, только капотом походил на Bantam-60, во всё остальном он не походил ни на один известный автомобиль: короткий и низкий открытый кузов, вырезы по бокам вместо дверей, откидное лобовое стекло, минимальные свесы и солидный дорожный просвет.

Теперь предстояло прибыть на полигон за 350 км в точно назначенное время. Утром 23 сентября 1940 года Карл Пробст вместе с управляющим завода American Bantam Гарольдом Кристом отправились в путь. Пробст сидел за рулём и сначала ехал очень медленно и осторожно. По мере того, как росла уверенность в том, что всё хорошо, а время прибытия - 16.30 - приближалось, пришлось увеличить скорость до максимума. Прибыли на полигон за полчаса до назначенного времени.

Первым за руль Bantam BRC-60 сел офицер-испытатель, который проехал по всем спецучасткам испытательного полигона и в заключение направил вездеход на холм с 60-процентным уклоном. Bantam поднялся на вершину на второй передаче. Выйдя из автомобиля, испытатель доложил: *"Этот автомобиль обладает непревзойденными качествами. Полагаю, он войдет в историю"*.



И даже выяснение того, что масса Bantam BRC составляет 830 кг, что в полтора раза больше, чем в техзадании, не стало преградой для одобрения проекта. Но у военных были опасения, что маленькая компания сможет обеспечить армию вездеходами в необходимых количествах. И вместо того, чтобы поручить производство Bantam BRC другим компаниям с сохранением приоритета за American Bantam, военные на правах правообладателя (после подписания контракта) просто передали уже готовую техническую документацию компаниям Willys и Ford и допустили их к участию в тендере.

Естественно, получив чертежи Bantam, специалисты Willys и Ford смогли справиться с заданием. 13 ноября 1940 года, через

те же самые 49 дней, но после успешного выступления American Bantam компания Willys представила "собственную" версию вездехода под названием Willys Quad.



Ещё через десять дней Ford доставил на полигон "свой" Ford Pygmy. Внешне машины очень походили на Bantam BRC. Проведённые испытания всех трех моделей поставили на первое место Willys, Bantam стал вторым, а третьим - Ford. На Willys Quad инженеры поставили двигатель мощностью 60 л.с. - на 15 л.с. больше, чем даже у более поздней версии Bantam, получившей обозначение BRC-40. Превосходство в мощности обеспечивало Willys Quad преимущество при разгоне, более высокую максимальную скорость и лучшее преодоление бездорожья.

Но, несмотря на занятые места, каждая компания получила заказ на выпуск по 1500 вездеходов, которые затем были направлены для проведения войсковых испытаний в разных климатических условиях и максимально приближенных к боевым.

Серийные образцы машин несколько отличались от прототипов, в том числе и внешне. Коробчатыми стали не только кузова, но и капоты. Серийный джип от American Bantam, получивший обозначение Bantam BRC-40, имел четыре посадочных места, его снаряженная масса составила 928 кг, а полная - 1135 кг. Четырехцилиндровый, карбюраторный двигатель продольного расположения Continental BY-4112 мощностью 48 л.с. разгонял BRC-40 до 86 км/ч, а 38 л бензина хватало по шоссе на 315 км.

Необходимо заметить, что военные перед фирмой American Bantam ставили ещё одно требование: сконструировать и изготовить версию вездехода со всеми управляемыми колесами. Из первых 70 машин таких должно было быть 8 экземпляров, а из 1500 предсерийной партии - 50. Так появился Bantam BRC-40-4WS.



Испытания вновь подтвердили преимущества Willys. Так постепенно первый разработчик вездехода отодвигался и от заказов, и от своего места в истории: фирмой American Bantam было изготовлено только около 2700 вездеходов из 640 тысяч.

Летом 1941 года все 1500 Bantam BRC-40 по ленд-лизу отправили в Великобританию, из них 530 северными конвоями PQ были отправлены в Советский Союз. От «Виллисов» его выгодно отличала лучшая устойчивость благодаря более низкому расположению центра тяжести и чуть большей ширине. Известно, что Bantam BRC-40 были в охране маршала Жукова. 

# ВЕТРЯНЫЕ И ВОДЯНЫЕ МЕЛЬНИЦЫ НА МОНЕТАХ И БАНКНОТАХ

Андрей Викторович Барановский

**Мельница - не просто устройство. В этике нашей обыденной жизни - это ещё и символ её течения. Что там проходит: года ли, века, Тризна ли, праздничный марш?.. "Всё перемелется, будет мука"? Ладно бы. Лишь бы не фарш... [(С)ДАБ 2010]**



**Россия. 2 рубля, Даргомыжский, водяная мельница. Монета по опере "Русалка"**

Ветряные и водяные мельницы более тысячелетия верой и правдой служили человечеству. Мололи зерно и соль, давили сок из свёклы и тростника на сахар, качали воду, приводили в действие лесопилки - да много ещё чего делали. Сюжеты о них вплетались в мировую литературу и оперное искусство вплоть до начала XX века. Немногие из оставшихся мельниц объявлены объектами культурного наследия. И mimo всего этого не могли пройти монетные дворы мира.

Начнём с России. В 2013 г. были выпущены 2 серебряных рубля, посвящённые 100-летию со дня рождения А.С. Даргомыжского. На реверсе монеты помещён портрет композитора, водяная мельница и русалка Наташа - место действия и основная героиня его оперы "Русалка".

Вторая монета - серебряные 25 рублей 2006 г. Они посвящены государственному музею деревянного зодчества и народного искусства северных районов России, расположенному на берегу Северной Двины в 25 км от Архангельска. На реверсе монеты наряду с другими сооружениями музея изображена и ветряная мельница.

От имени Камеруна, вероятно по заказу Сбербанка, выпущена в 2020 г. серебряная монета "Сеятель" номиналом 500 африканских франков. На аверсе помещены изображения жнеца, ветряной мельницы и снопов из пшеницы. На реверсе - сеятель, деревенский пейзаж и работающий в поле трактор.

Ветряные мельницы изображены и на трёх монетах регулярного чекана - 5 лир Мальты, 25 центов Барбадоса и 2 новых пенса острова Гернси. На монете Барбадоса - это мельница Моргана Льюиса, использовавшаяся для производства сахара. В XVII-XIX веках этот остров Карибского моря был в числе главных поставщиков сахара на планете. В ту эпоху множество подобных мельниц было разбросано по всему острову, а мельница Моргана Льюиса была одной из крупнейших мельниц Барбадоса.

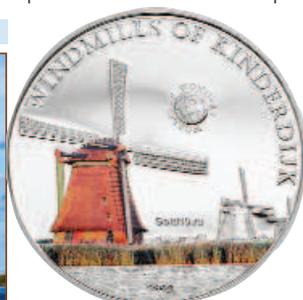
Классическая страна ветряных мельниц - Нидерланды. Именно благодаря им в течении сотен лет велась откачка воды с отвоёванных у моря территорий, называемых польдерами. На 5 серебряных евро этой страны 2014 г., а также на 5 серебряных долларах тихоокеанского остров-



**Голландия. 5 евро, 2014 г. Мельницы из Киндердейк**



Мельницы в Киндерсдейке



**Палау. Ветряные мельницы, Киндердейка**



**Нидерланды. 1 эю, 1998 г. «Нидерланды - страна ветров»**



ного государства Палау изображены мельницы в Киндердейк-Элсхаут, которые внесены в список всемирного наследства ЮНЕСКО. Сейчас их осталось 19 штук и все они помещены на нидерландской монете. На монете Палау воспроизведена цветная фотография нескольких из этих мельниц.

Первый же раз ветряные мельницы, используемые для откачки морской воды с польдеров, Нидерланды разместила на 1 эю 1998 г.

Третья монета - серебряная, номиналом 10 долларов - с мельницами в Киндердейк-Элсхаут, отчеканена в 2018 г. от имени островов Кука. Она входит в серию, посвященную голландскому фарфору - "Royal Delft" и имеет фарфоровую вставку с изображением одной из этих мельниц.



**О-ва Кука. Серебро, 2018 г. Мельницы Голландии**



**Нидерланды в Европейском Союзе. 100 лир, 2004 г. Мальтийский орден**



Четвёртая монета номиналом в 100 лир выпущена в 2004 г. от имени Мальтийского ордена и посвящена участию Нидерландов в Европейском Союзе. На ней изображены две мельницы Киндердейк-Элсхаут и девушка в национальной одежде. Сам же Мальтийский орден - старейший в мире рыцарский орден Римско-католической церкви.

Чехия в 2009 г. в серии "Памятники технического наследия" выпустила золотую памятную монету номиналом в 2500 крон "Ветряная мельница в Рупрехтове". Она выстроена в 1873 году в классическом голландском стиле - с четырехлопастным колесом и поворотной крышей. Спустя несколько лет мельница сильно пострадала от бури. В 1884 году на ней установили новый ветряк: турбину Халладея, более устойчивую к сильным ветрам. Эта турбина названа в честь ее изобрета-



**Чехия. Золото, 2009 г. Ветряная мельница в Рупрехтове**

теля и инженера-конструктора американского фермера Даниэля Халладая. Турбина представляет собой вертикально установленное на крыше колесо с регулируемым ротором, изменяющим ориентацию оси в зависимости от направления ветра. Устойчивость ей придают лопасти раздвоенного хвоста. Турбина мельницы в Рупрехтове установлена в 16 метрах над землей. Она имеет диаметр 10 метров и весит примерно две тонны.

Принадлежащие Великобритании вест-индские острова Тёркс и Кайкос в 1976-1977 гг. выпустили серебряные 10 крон с изображением ветряной мельницы, предназначенной для помола соли.



**Латвия. Серебро, 5 евро, 2019 г. Кошачья мельница**



**Эстония. Золото, 50 крон, 2008 г.**

В Эстонии в 2008 г. были выпущены инвестиционные золотые 50 крон с мельницей.

Ещё одна инвестиционная золотая монета опять же с ветряной мельницей выпущена от имени Либерии. Она входит в серию "Страны Европы" и посвящена Нидерландам. Отметим: так как монеты серии чисто инвестиционные, то цена их на рынке зависит только от текущей цены золота. Поэтому на либерийских монетах не указана номинальная стоимость, из-за чего некоторые считают их инвестиционными жетонами.

Есть несколько монет, где мельницы служат фоном к-



**Аруба. Старая мельница**



новой их теме. Это серебряные 5 флоринов вест-индского острова Аруба 2015 г., израильские золотые 20 шекелей из серии "Золотой Иерусалим".

Нельзя обойти стороной и знаменитое французское кабаре "Мулен Руж" ("Красная мельница"), где впервые был исполнен канкан. На французских се-



**Франция. 10 Евро, 2017 г. Кабаре "Мулен руж"**

ребряных 10 евро 2017 г. мы видим танцовщицу на фоне мельницы.

И, наконец - Дон Кихот. Знаменитейший герой, который воевал с ветряными мельницами. Этому литературному персонажу, а также балету "Дон Кихот" посвящено несколько десятков монет. На многих из них на-



**Россия. 3 рубля, 2011 г. Сцена из балета "Дон Кихот"**



**Куба. 1982 г. Дон Кихот и мельницы**

заднем плане мы видим мельницы. Из российских монет - это три серебряных рубля 2011 года со сценой из балета.

Из десятка монет с Дон Кихотом и мельницами три относятся к регулярным. Это испанские 25 песет с отверстием посередине и биметаллические 2 евро 2005 г., а также кубинский медно-никелевый песо 1982 г. Остальные - памятные. Среди них - овалы 5 долларов из серебра Палау, испанские 1 ЭКЮ 1994 г., 1 серебряный доллар Тувалу, опять же - со сценой из балета "Дон Кихот".

Поговорим о зарубежных монетах с водяными мельницами. Таких немного. Это четверть доллара США 2017 г., посвященный национальному парку Озарк. На реверсе монеты изображено стоящее на реке здание мельницы Элли Милл (Alley Mill), построенное в 1893-1894 гг., Джорджем Вашингтоном Мак-Кэскилом, преуспевающим местным фермером. Позади здания и в подвале находится сложный механизм с водяной турбиной, некогда приводившей в действие жёрнова. На первом этаже осуществлялся помол муки, на втором - просеивание. На чердаке находились механизмы, управляющие приспособлениями для просеивания. По замыслу Мак-Кэскила, мельница должна была приносить большую выгоду, но осуществлению этого желания помешали часто возникавшие наводнения, которые останавливали работу мельницы.



**США. Квотер, 2017 г. Парк Озарк, водяная мельница**



В США от имени индейских племён чеканят монеты чисто в расчёте на коллекционеров. На двух из них изображены водяные мельницы. Это 1 доллар Манитулин и 20 петол Маттоле.

**Маттоле. 20 петол. Водяная мельница, ветряк и солнечная батарея.**

Из банкнот. Барбадос выпустил 2 доллара с изображением уже упомянутой мельницей Морганом Льюисом и Ирак выпустил в 2015 г. 5000 динар. На обороте последней помещён рисунок водяной мельницы на Евфрате. Румыния выпустила банкноту в 200 лей с водяной мельницей.



**Румыния. Банкнота 200 лей. Водяная мельница**



**Испания. 2005 г. 400-летие первого издания романа "Дон Кихот"**

# ТАНКИ ОТ И ДО

**Олег Никитич Брилёв,**

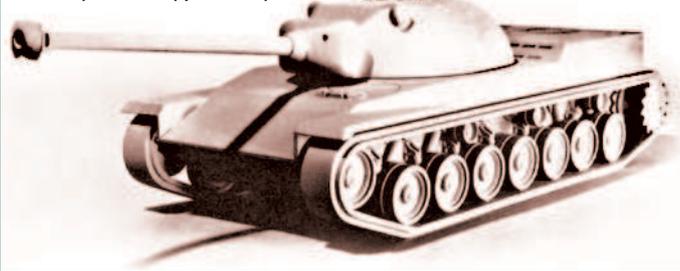
д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки и техники РФ,  
начальник кафедры танков ВАБТВ (1975-1987 гг.)

(Продолжение. Начало в 6-2014 - 2-2020)



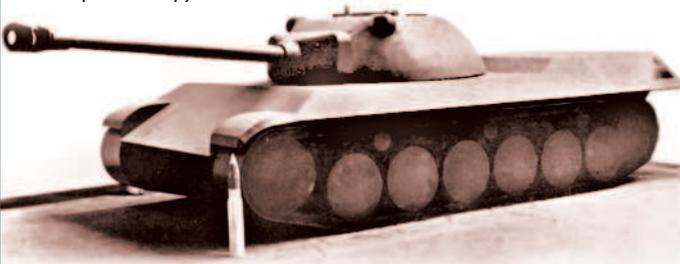
В 1949 году произошло два события: образование нового государства - ФРГ и создание военно-политического союза - НАТО. Через 6 лет (1955 г.) ФРГ стала членом НАТО, которое было озабочено унификацией и стандартизацией всего вооружения военного блока. Поэтому 25 июля следующего года появились технические требования к единому танку НАТО, в соответствии с которыми его масса должна составлять 30 т, многопливный двигатель должен обеспечивать удельную мощность около 30 л.с./т, запас хода не менее 350 км, а вооружение состоять из 90-мм пушки. Броня должна была защищать от 20-мм снарядов на всех дистанциях, а подвеска торсионная или гидропневматическая. Обращает на себя внимание требование к защите машины - только от 20-мм снарядов! Здесь проявилось желание обеспечить большую подвижность, которая в сочетании с огневой мощью 90-мм пушки должна была обеспечить живучесть и эффективность машины на поле боя. Первоначально проектировать танк для НАТО по единой программе должны были конструкторы ФРГ и Франции, к которым вскоре присоединились итальянцы. Однако совместного конструирования не получилось, и каждая страна приступила к работам самостоятельно. В ФРГ для повышения качества разработки было организовано несколько конкурирующих проектно-конструкторских групп. В одну входили фирмы "Порше", "Юнг", "Лотер унд Джордан" и МаК, в другую - "Рейншталь" и "Хеншель", третью возглавляла "Боргвард". Проекты боевых машин каждая группа должна была представить к лету 1959 года, после чего должно было начаться строительство прототипов для проведения сравнительных испытаний. Группа компаний во главе с фирмой "Порше" предложила танк классической компоновки со сварным корпусом и литой башней, в которой устанавливалась 90-мм нарезная пушка. Ходовая часть на каждом борту должна была иметь по семь опорных катков с независимой торсионной подвеской. Благодаря уменьшению толщины брони и плотной компоновки агрегатов боевая масса танка не должна была превышать 33...34 тонны. Поэтому считалось достаточной установка дизельного двигателя Daimler-Benz MB837 мощностью 670 л.с. Этот проект танка получил заводское обозначение Model 734.

Макет прототипа группы "Порше"



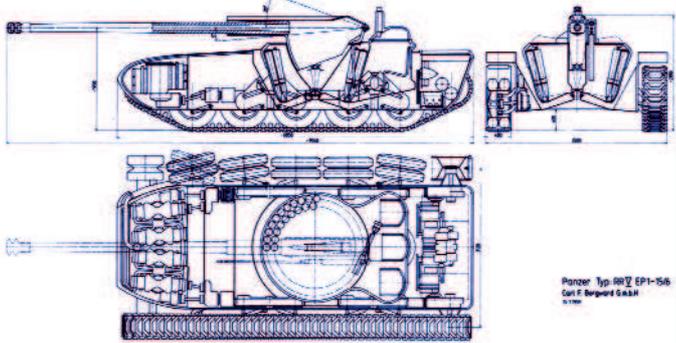
Вторая группа в своём варианте танка предложила не торсионную подвеску, а гидропневматическую. В ходовой части планировалось использовать по шесть опорных катков. В остальном предложенные проекты почти совпадали.

Макет прототипа группы "Рейншталь"



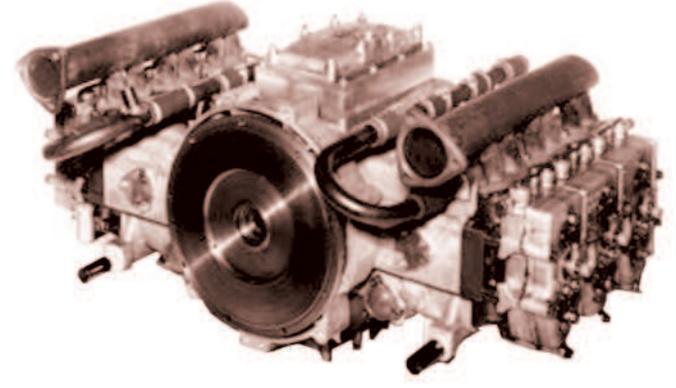
Третья группа с компанией Borgward во главе предложила проект, кардинально отличающийся от первых двух.

Чертёж проекта танка группы "Боргвард"



Во-первых, танк получил нестандартную компоновку. В передней части корпуса предлагалось установить четыре оппозитных шестицилиндровых двигателя общим рабочим 15 л суммарной мощностью 1500 л.с. На каждый борт приходилось по паре двигателей.

Оппозитный шестицилиндровый двигатель для танка группы "Боргвард"



Через набор редукторов и коробок передач крутящий момент передавался на четыре ведущих опорных катка и ведущее колесо.

Для этого вдоль бортов должны были идти карданные валы, соединяющие передние и кормовые агрегаты трансмиссии. Два дополнительных дизельных двигателя "Вохер" рабочим объемом 4,5 л и мощностью по 300 л.с. каждый предназначались для обеспечения работы систем охлаждения, электрических генераторов и гидронасосов. В составе ходовой части предлагалось использовать по пять двоярных опорных катков с резиновыми шинами. Оснащение ходовой части регулируемой гидропневматической подвеской обеспечивало изменение клиренса от максимальной высоты до опускания днища корпуса на грунт. Крутящий момент на гусеницы передавался ведущими колесами и ведущими опорными катками за счет трения (фрикционное зацепление). Скорость движения по шоссе на гусеничном ходу достигала 80 км/ч. А вот без гусениц резиновые шины обеспечивали танку компании Borgward возможность движения по шоссе со скоростью 120 км/ч. В этом случае передняя и задняя пары опорных катков были управляемыми. При использовании колёсного хода гусеницы укладывались на надгусеничные полки.

Во-вторых, боевое отделение, находящееся в средней части корпуса, выполнялось в виде отдельной капсулы с вооружением и местами экипажа. Места трёх танкистов были расположены в задней части боевого отделения и их предлагалось делать неподвижными. В центральной части боевого отделения предлагалась установка 90- или 105-мм орудия с автоматикой подачи боеприпасов. Унитарные снаряды соответствующего калибра должны были располагаться в ячейках автомата заряжания, размещенных у бортов боевого отделения. В состав комплекса вооружения планировалось дополнительно установить 20-мм автоматическую пушку слева от основного вооружения. Для управления таким вооружением танк должен был получить набор специального оборудования, в том числе соответствующие прицелы. Башня вращалась на 360°, углы вертикального наведения составляли от -5° до +20°. Предлагалось делать капсулу стабилизированной по обжим осям, что в свою очередь должно было обеспечить наведение и ведение огня с ходу.

В июне 1959 года были изготовлены деревянные макеты проектов танков первых двух групп и модель третьей, причём несколько отличающейся от первоначальных чертежей.

Модель танка от компании "Боргвард"

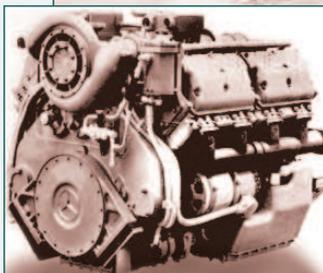


После рассмотрения предложенных проектов был выдан заказ на строительство опытных танков только группам компаний "Порше" и "Рейншталь". Группа во главе с компанией "Боргвард" осталась без заказа, её революционный проект был слишком сложен, требовал экспериментальной отработки практически всех элементов, вследствие чего дорог, и поэтому было решено отказаться от строительства даже опытного танка.

Обе группы представили свои прототипы в январе 1961 года.

На танке первой группы стоял двигатель жидкостного охлаждения Daimler-Benz MB-837A мощностью 670 л.с., который разгонял 33-тонную машину до 65 км/ч. Двигатель, трансмиссия и система охлаждения составляли единый силовой блок. Кроме того, ставилась вспомогательная силовая установка с дизелем Daimler-Benz мощностью 9 л.с. На прототипы танков от первой группы устанавливались башни с пушками разных калибров и производителей: 90-мм пушка от компании Rheinmetall, 105-мм от Rheinmetall и 105-мм английская пушка L7.

Прототип первой группы с 90-мм пушкой



Если внимательно посмотреть на башни деревянного макета и прототипа с 90-мм пушкой, то на них видны так называемые "уши", в которых размещалась зеркала и линзы оптического дальномера, обеспечивающего измерение дальности стереоскопическим методом. Расстояние между "ушами" составляло 1720 мм. Однако при установке в башню 105-мм пушки оптический дальномер и "уши" убрали.

Прототип первой группы с двигателем Daimler-Benz MB837 и 105-мм пушкой L7



Изготовление прототипа группы "Рейншталь" испытывало затруднения из-за сложности при доведении индивидуальной гидропневматической подвески и механизма поворота с гидрообъёмной передачей. Гидропневматическая подвеска включала шесть опорных катков, ведущего колеса сзади и направляющего в носовой части с гидравлическим механизмом натяжения.

Прототип второй группы с 90-мм пушкой



гусеницы. Верхняя ветвь гусеницы поддерживалась тремя катками. В трансмиссию от фирмы Pulsgetriebe входила восьмискоростная планетарная коробка передач PP45. Трудности были и при доведении двухтактного дизельного многотопливного двигателя жидкостного охлаждения Napomag мощностью 850 л.с. Силовая установка не была выполнена в виде моноблока как в прототипе от первой группы. Двигатель, трансмиссия и система охлаждения монтировались и демонтировались раздельно.

На прототипе от группы "Рейншталь" была установлена литая башня без кормовой ниши со 105-мм пушкой Rheinmetall и оптическим дальномером.

Испытания подтвердили, что прототип второй группы не обеспечивает необходимый уровень надёжности, особенно часто из строя выходили механизмы гидропневматической подвески и дифференциального механизма поворота с гидрообъёмной передачей.

Тем не менее, вторая группа всё же получила заказ на изготовление шести машин второй серии прототипов. Первая группа должна была изготовить 26 усовершенствованных машин второй серии.

В сравнении с прототипами первой серии корпуса прототипов второй серии группы "Порше" стали шире на 100 мм, и было усилено их бронирование: верхняя лобовая деталь была утолщена на 20 мм (с 50 мм до 70 мм). Место водителя танка в отделении управления переместили с левой стороны на правую, а боеукладку, соответственно, на левую. Связано это было, видимо, с обеспечением удобства работы заряжающего, находящегося в башне танка также с левой стороны. Изменениям подверглись подвеска и система управления огнём. Вместо ранее установленного 8-цилиндрового двигателя мощностью 600 л.с. машину оснастили 10-цилиндровым двигателем, причём для этого не пришлось переделывать корпус танка, т.к. МТО изначально конструировалось под него. Одновременно убрали за ненужностью вспомогательный двигатель. Механическую пятискоростную коробку передач заменили гидромеханической с электрогидравлическим переключением скоростей (четыре вперед и две назад). Масса танка превысила 36 тонн. В ходе испытаний были выявлены и устранены мелкие неисправности, внесены незначительные изменения в конструкцию. Надо отметить, что машины второй серии прототипов немного отличались друг от друга, например, на некоторые танки устанавливались 7,62-мм зенитные пулемёты MG 3.

Прототип второй серии группы "Порше" со 105-мм пушкой L7 и 7,62-мм зенитным пулемётом MG 3



Вторая группа разработчиков, столкнувшись с проблемами гидропневматической подвески, решила не заниматься её доработкой и на прототипах второй серии применить подвеску Дюбонне - комбинированную фрикционно-пружинную с использованием пластинчатых пружин Бельвиля (тарельчатых пружин). В соответствии с требованием о повышении защищённости танка толщина лба корпуса была увеличена на 20 мм и немного была изменена форма лба. Был заменён двигатель: вместо двухтактного дизеля фирмы Napomag установили тот же двигатель, что и первая группа на своих прототипах второй серии. Башня тоже была как у первой группы: с пушкой L7 и без оптического дальномера. Ходовая сохранила 6 опорных и 3 поддерживающих катка. Масса второго прототипа благодаря увеличению бронирования и новой силовой установке возросла до 39 тонн. Понимая, что обойти конкурентов из первой группы не удастся, вместо шести машин было построено всего две, которые на испытаниях присоединились к 26 машинам первой группы.

Прототип второй серии группы "Рейншталь" со 105-мм пушкой L7



С января по апрель 1962 года были проведены совместные испытания всех прототипов второй серии, подтвердившие победу первой группы.

Огневые испытания осенью 1962 года подтвердили эффективность пушки L7, но одновременно выявили трудности в определении дальности до цели, особенно более 1500 м. Пришлось вернуться к стереоскопическому дальномеру, поэтому для обеспечения его установки в уже изготовленных башнях сделали вырезы с левой и правой сторон под оптику. Разработку дальномера поручили компании Zeiss.



Осенью 1962 года было закуплено 1500 пушек Royal Ordnance L7. Эти пушки предназначались для установки в танки, изготовление которых было предусмотрено оборонным бюджетом ФРГ на 1964 год. После того, как казённый пушки был немного изменён для обеспечения 9-градусного угла склонения, она получила название Royal Ordnance L7A3.

В 1963 году был сделан заказ на 50 предсерийных танков (нулевая серия), первые из которых были поставлены в июне 1963 года и сразу были направлены на огневые (7 машин) и ходовые (6 машин) испытания.

На предсерийных танках устанавливались башни, в которых были предусмотрены "уши" для размещения оптики стереоскопического дальномера. Маска пушки стала более массивной и на ней по центру были предусмотрены крепления для установки инфракрасного прожектора. Люк заряжающего сделали квадратным. Количество поддерживающих катков увеличили до четырёх. Масса предсерийных машин составляла уже почти 40 тонн.

Предсерийные "Леопарды"



Войсковые испытания предсерийных машин закончились в сентябре 1965 года. И в сентябре того же года первый серийный Leopard сошёл с конвейера завода Kraus Maffei AG. Он отличался от предсерийных машин установкой круглого люка у заряжающего и смещением влево прожектора для обеспечения командиру танка большей видимости.

Первый серийный "Леопард"



Машина имеет классическую компоновку: справа в передней части корпуса находится место механика-водителя, в башне - в средней части корпуса - установлено основное вооружение танка, там же размещаются остальные три члена экипажа: командир, наводчик и заряжающий. В корме расположено силовое отделение с двигателем и трансмиссией.

Корпус танка сварен из катаных броневых листов. Максимальная толщина лобовой брони корпуса достигает 70 мм под углом 60°. Литая башня имела небольшую высоту - 0,82 м до крыши и 1,04 м до самой высокой точки приборов наблюдения командира танка. У однотипного английского танка "Чифтен" эти показатели равны 0,88 м и 1,21 м, а у американского M60 - 0,96 м и 1,45 м, соответственно. Однако незначительная высота башни не привела к уменьшению высоты боевого отделения танка "Леопард", которая

составляет 1,77 м. В танках "Чифтен" и M60 этот показатель составляет 1,735 м и 1,77 м, соответственно. Зато масса башни "Леопарда" - около 9 т - оказалась значительно меньше, чем у "Чифтена" (15 т) или у M60 (14 т). Небольшая масса башни облегчала функционирование системы наведения и механизма поворота башни.

Справа в передней части корпуса располагается сиденье механика-водителя. Над ним в крыше корпуса имеется люк, в крышку которого вмонтированы три перископа. Средний легко снимается, и для вождения танка в условиях плохой видимости на его место устанавливается прибор ночного видения. Слева от сиденья механика-водителя размещается боеукладка с частью боекомплекта. Такое его расположение обеспечивает заряжающему относительно легкий доступ к боекомплекту практически при любом положении башни относительно корпуса танка. Рабочее место заряжающего расположено в башне, слева от орудия. Для доступа в танк и выхода из него заряжающий имеет отдельный люк в крыше башни.

С правой стороны башни, рядом с люком заряжающего, расположен люк командира танка и наводчика. Рабочее место наводчика находится в передней части башни справа. Командир танка располагается чуть выше и позади него.

Основным вооружением "Леопарда" является английская 105-мм нарезная пушка L7A3. В боекомплекте, состоящий из 60 выстрелов, входят бронебойные подкалиберные снаряды с отделяющимся поддоном, кумулятивные и бронебойно-фугасные снаряды с пластическим ВВ. Один 7,62-мм пулемет спарен с пушкой, а второй (MG 3) установлен на турели перед люком заряжающего. По бортам башни смонтированы гранатометы для постановки дымовых завес.

Наводчик пользуется стереоскопическим монокулярным дальномером и телескопическим прицелом, а командир - панорамным прицелом, который в темное время суток заменяется инфракрасным.

Танк обладает сравнительно высокой подвижностью, что обеспечивается использованием 10-цилиндрового V-образного многотопливного дизельного двигателя MB 838 Ca M500 с двумя приводными нагнетателями мощностью 830 л.с. при 2200 об./мин. и крутящим моментом 2860 Нм при 1500 об./мин. Рабочий объем двигателя составляет 37,4 л. Он обеспечивает 40-тонному танку удельную мощность более 20 л.с./т.

Основные силовые детали дизеля (блок-картер, головки цилиндров, поршни) изготовлены из легких сплавов. Головки цилиндров индивидуальные, с расположенными по центру предкамерой и четырьмя клапанами. Гильзы цилиндров выполнены из чугуна мокрого типа, уплотняются в расточках блока резиновыми кольцами. Поршни изготовлены из высококремнистого сплава и охлаждаются маслом.

Дизель Mercedes-Benz MB 838 Ca M500



Пуск двигателя осуществляется электростартером, а при разряде аккумуляторных батарей возможен пуск двигателя с буксира. Двигатель работает как на дизельном топливе, так и на авиационном керосине, бензине и их смесях в любых пропорциях. Полуавтоматическая коробка передач гидромеханической трансмиссии ZF 4HP-250В совмещена с механизмом поворота и непосредственно соединена с двигателем. Коробка передач обеспечивает автоматическое переключение четырех передач переднего и двух передач заднего хода. На первой передаче максимальная скорость составляет 13 км/ч, на второй - 24 км/ч, на третьей - 37 км/ч, и на четвертой - 62 км/ч. Движение назад возможно с максимальной скоростью 24 км/ч.

Изменение направления движения танка осуществляется с помощью штурвала. В состав ходовой части танка (на борт) входят 7 опорных катков из легких сплавов, имеющих независимую торсионную подвеску, ведущее колесо заднего расположения, направляющее колесо переднего расположения и четыре поддерживающих ролика. Довольно значительное вертикальное перемещение опорных катков относительно корпуса танка контролируется ограничителями. С балансирами первых, вторых, третьих, шестых и седьмых подвесок соединяются гидравлические амортизаторы.

"Леопард" с помощью оборудования для подводного вождения может преодолевать водные преграды глубиной до 4 м.



Практически одновременно с завершением разработки танка "Леопард" в ФРГ приступили к созданию новых машин, одна из которых получила тоже самое название - "Леопард", и для исключения путаницы первый, естественно, получил индекс "1", а второй "2". Название "Леопард-2" официально появилось в 1971 году, но для упрощения изложения с этого момента начнём называть первые серийные машины и последующие, как произведённые вновь, так и модернизированные, - "Леопард-1".

Выпуск первых модернизированных машин был начат в 1967 году после выпуска первой партии "Леопардов". На танке установили двухплоскостной стабилизатор пушки, ствол орудия закрыли термоизоляционным кожухом. Для дополнительной защиты бортов корпуса установили боковые фальшборты. Одновременно с выпуском новых машин была проведена модернизация ранее выпущенных, общим числом 1845 штук. Этот танк получил обозначение "Леопард-1A1".

"Леопард-1A1"



К 1972 году были подготовлены новые предложения по совершенствованию танка, заключающиеся в усилении бронирования литой башни, а также в установке бесподсветочных приборов ночного видения вместо прежних активных, которыми пользовались командир танка и механик-водитель. Кроме того, были усовершенствованы воздушные фильтры двигателя и фильтровентиляционная система защиты от оружия массового поражения. Этот вариант известен как танк "Леопард-1A2", которых с апреля 1972 года по май 1973 года выпущено 342 штуки.

"Леопард-1A2"



С мая 1973 года с конвейера начала сходить новая модель - "Леопард-1A3", у которой появилась новая сварная башня с разнесённым бронированием, что улучшило качество защиты. Дополнительно в башне появилась большая ниша, увеличившая размеры боевого отделения и обеспечившая уравновешивание всей башни. В распоряжении заряжающего появился перископ, позволяющий вести круговой обзор. До конца года было выпущено 110 машин этого типа.

"Леопард-1A3"



В ходе следующей модернизации танк под названием "Леопард-1A4" производился с установкой новой системы управления огнём, включающей электронный баллистический вычислитель, комбинированный (дневной и ночной) панорамный прицел командира со стабилизированной линией прицеливания и основной прицел наводчика со стереоскопическим дальномером, обладающий 8- и 16-кратным увеличением. Для размещения нового оборудования боекомплект, находящийся в башне, уменьшили на пять выстрелов. Таких машин выпустили за 1974-1975 годы 250 штук.

Следующей по времени модернизацией стала установка дополнительного внешнего бронирования башни из гнутых броневых плит толщиной 20...30 мм, крепящихся на некотором расстоянии от внешней поверхности башни с помощью болтовых соединений. К передней части крыши башни

"Леопард-1A4"



дополнительная броневая плита приваривалась. В результате удалось получить разнесённое бронирование, примерно эквивалентное применённому в башнях танков модификаций A3 и A4. Дополнительное бронирование увеличило массу танка примерно на 800 кг и довело до 42,4 т. Этой модернизации подлежали все ранее выпущенные танки "Леопард-1A1" в количестве 1845 машин. Новые модернизированные танки получили название "Леопард-1A1A1".

"Леопард-1A1A1"



В ходе последней основной модернизации, начатой в 1986 году и завершённой в 1992 году, из танков "Леопард-1A1" и "Леопард-1A2" было сделано 1225 машин "Леопард-1A5". Модернизированный танк оснащался более современными элементами системы управления огнём (например, прицелом наводчика со встроенным лазерным дальномером и тепловизионным каналом), аналогичными установленным на танке "Леопард-2". Дополнительно был усовершенствован стабилизатор орудия, а на его ствол установили датчик изгиба, информация с которого поступала в баллистический вычислитель, что повысило вероятность попадания в цель.

"Леопард-1A5"



Всего к 1974 году армия ФРГ получила 2437 "Леопардов" всех модификаций. Быстрое начало серийного производства этого танка позволило ему стать стандартным танком НАТО. Этому способствовало и то, что параллельно с серийным производством продолжались и испытания "Леопардов" за границей. В 1965 году два танка участвовали в сравнительных испытаниях с "Чифтенами" на английских полигонах. Зимние испытания 1965-1966 гг. на арктическом полигоне Кэмп-Шило в Канаде подтвердили готовность воевать в условиях сильных морозов. В 1967 году два танка испытывались в Норвегии. Проведённые испытания подтвердили возможности "Леопарда" и убедили командования иностранных армий в целесообразности приобретения этого танка. Первыми в декабре 1967 года заказали 334 "Леопарда" вооружённые силы Бельгии - первый танк был им поставлен 27 февраля 1968 года. В 1991-1996 годах 132 из них были модернизированы до уровня A5.



"Леопард-1A5(BE)" Бельгия

В 1968-1970 годах 78 танков было поставлено в Норвегию. Впоследствии эта страна получила еще 92 машины. К началу 90-х годов прошлого века большая их часть была модернизирована до уровня А5. Нидерланды в 1969-1971 годах закупили 468 "Леопардов". Часть из них была выпущена по немецкой лицензии голландской фирмой DAF. В середине 80-х годов эти танки были модернизированы: установлены новая система управления огнём и прицел со встроенным лазерным дальномером, башня получила накладную броню. Но в 1995 году все машины выведены из состава вооруженных сил и распроданы: 202 танка купила Греция и 200 танков - Чили. В 1970 году "Леопарды" начали поступать в Италию, и после получения 200-й машины там по лицензии было произведено ещё 720.

Итальянский "Леопард"



В 1995-1996 годах 120 танков были модернизированы до уровня А5, а остальные выведены из состава вооруженных сил. В течение 1974-1978 гг. 330 "Леопардов" поступили в армию Дании, и к 1989 году все они были модернизированы до уровня А5. В начале 1980-х годов 114 "Леопардов" поставлено в Канаду. В 2000 путём замены башни танки были доведены до уровня А5. Греция после приобретения 202 танков у Нидерландов получила в рамках программы военной помощи 163 списанных немецких танка "Леопард-1А1" и 176 "Леопард-1А5". В 1982-1983 годах 77 танков "Леопард-1А3" по программе военной помощи поступили на вооружение турецкой армии. К ним присоединились 250 списанных немецких танков "Леопард-1А4". В 1995 году к ним добавилось 80 "Леопард-1А1 А1". Все полученные танки получили новую систему управления огнём и были переименованы в "Леопард-Т1". После 2004 года 162 танка "Леопард-Т1" были оснащены системой управления огнём собственной разработки.

Турецкий "Леопард"



Попали "Леопарды" и в Австралию, для которой поставляемые в 1976-1978 годах 90 танков были оборудованы кондиционерами и специальными системами для обеспечения его эксплуатации в жарком климате. С 2002 года осуществлялась программа частичной модернизации путём установки тепловизоров.

Австралийский "Леопард"



На базе танка "Леопард-1" было создано семейство бронированных машин различного назначения, в том числе ЗСУ "Гепард", бронированная ремонтно-эвакуационная машина Bergepanzer 2A1 Standard, танковый мостопульк, саперный танк "Пионирпанцер-1".

К 1960-м годам штатным мобильным средством ПВО бундесвера являлась американская зенитная самоходная установка М42 со спаренными пушками калибра 40 мм, но которая не могла функционировать в тёмное время суток и при плохой видимости. Поэтому командованием бундесвера было объявлено о готовности рассмотреть предложения по всепогодной и круглосуточной ЗСУ. Разработка новой ЗСУ началась в 1965 году, но первая удачная конструкция была предложена через 10 лет компанией "Краусс-Маффей Вегманн", взявшая за основу шасси боевого танка "Леопард-1". Из двух предложенных башен, одна из которых была вооружена спаренными 30-мм, а другая - спаренными 35-мм пушками, военные выбрали вторую.

ЗСУ М42



После испытаний прототипов бундесвер принял в 1973 году на вооружение ЗСУ под названием Gepard и заказал 420 штук. Шасси ЗСУ "Гепард" аналогично шасси танка "Леопард-1", но с меньшей броневой защитой корпуса. Место механика-водителя осталось с правой стороны отделения управления, в котором слева от него вместо танковых выстрелов установлена вспомогательная силовая установка с двигателем мощностью 100 л.с. и генератором для питания электрооборудования ЗСУ. В центре установлена башня с 35-мм пушками, а в корме - МТО.

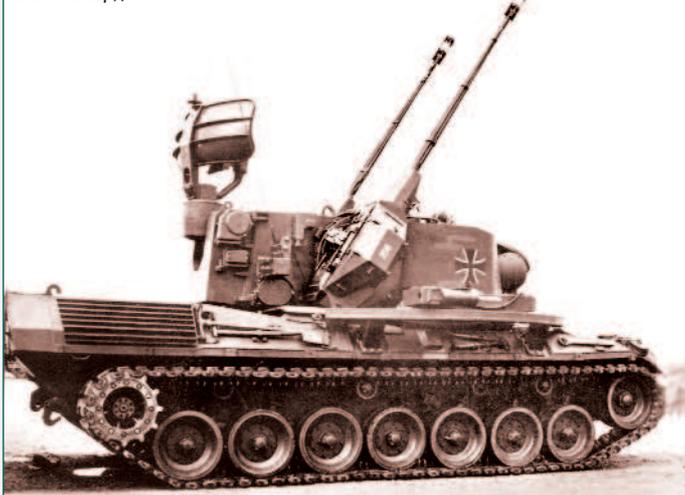
С каждого борта башни снаружи установлены 35-мм пушки Oerlikon-Bührle KDA L/R04 35/90 со скорострельностью 550 выстр./мин. каждая. Наведение пушек в вертикальной плоскости осуществляется в диапазоне от -5° до +85°. Привод пушек полностью электрический, но на случай его выхода из строя имеются механизмы ручной наводки. Общий темп стрельбы составляет 1100 выстр./мин. и обеспечивает поражение воздушных целей, летящих со скоростью до 350...400 м/с на наклонных дальностях от 0,1 до 4 км и на высотах до 3 км. Осколочно-фугасный зажигательный снаряд массой 0,55 кг имеет начальную скорость 1175 м/с, полетное время на дальность 1000 м составляет 1 с, на 2000 м - 2,17 с и на 4000 м - 6,05 с. Каждая пушка оборудована датчиком, который измеряет начальную скорость полета снаряда и передает эти данные бортовому компьютеру системы управления огнём для вычисления упреждения. Боекомплект ЗСУ "Гепард" составляют 680 выстрелов, 40 из которых являются броневыми. Для смены типа боеприпаса наводчику требуется всего несколько секунд. Стреляные гильзы удаляются автоматически. Наводчик может устанавливать необходимый режим стрельбы и вести огонь одиночными выстрелами, очередями по 5 или 15 выстрелов либо непрерывной очередью. При стрельбе по воздушным целям дальность стрельбы составляет 4000 м.

ЗСУ "Гепард" оснащена радиолокационной станцией (РЛС) обнаружения и РЛС сопровождения целей. Дальность действия обеих станций - 15 км. Антенна РЛС обнаружения расположена в задней части башни и вращается со скоростью 60 об./мин. Антенна РЛС сопровождения целей установлена на лобовой части башни и может поворачиваться по азимуту для обеспечения независимости вращения башни в горизонтальной плоскости при наведении орудий в точку упреждения при сохранении направления антенны на цель. При выходе из строя РЛС у командира и наводчика имеются оптические прицелы с 1,5- и 6-кратным увеличением.

Для определения углов упреждения на основе информации о параметрах движения цели в системе управления огнём имеются два аналоговых вычислительных устройства. При расчёте данных для стрельбы учитывается начальная скорость снарядов, которая измеряется специальными датчиками, установленными на дульной части стволов.

Вероятность поражения цели площадью 5 м<sup>2</sup> при двухсекундной очереди (36 снарядов) на дальности 1 км составляет 0,95. Штатный двигатель MTU MB 838 Ca M500 разгоняет ЗСУ "Гепард" массой 45 тонн по шоссе до 65 км/ч. Топлива хватает на 600 км.

ЗСУ "Гепард"



Шасси танка "Леопард" послужили основой для создания уже не боевой машины, а бронированной ремонтно-эвакуационной машины (БРЭМ) для технического обеспечения тех же танков. Впрочем, так поступали во всех странах при создании нового танка. Техническое задание на разработку БРЭМ на основе шасси танка "Леопард" были выработаны в Бундесвере в конце 1961 года. В ТЗ было требование об использовании в БРЭМ 75 % узлов и агрегатов танка. Напомним, что в это время ещё продолжались испытания представленных обеими группами прототипов. Результат этих испытаний объявлен не был, но был более-менее понятен. Поэтому Бундесвер передал ТЗ компании Porsche, которая с января 1962 года начала проектные работы. Готовые чертежи были переданы компании Jungenthal для постройки двух опытных образцов (эта компания уже участвовала в постройке прототипов танка "Леопард" и 17 предсерийных машин).



Испытания готовых опытных БРЭМ начались в 1964 году. БРЭМ получила название *Bergepanzer 2A1 Standard*. После завершения испытаний и подготовки серийного производства на заводе *Krupp MaK* первые две серийные БРЭМ вышли из ворот завода 9 сентября 1966 г. На доработанный корпус танка "Леопард" устанавливалась бронированная рубка. В походном положении стрела крана располагается вдоль корпуса машины справа от рубки. Основание крана находилось в носовой части. Кран имел гидравлический привод, его круговое вращение обеспечивалось в секторе 270°. Управление краном осуществлялось изнутри машины, в которой размещался весь экипаж БРЭМ, состоящий из четырех человек - командира БРЭМ, механика-водителя и двух специалистов-ремонтников. Место механика-водителя на БРЭМ находилось в центре носовой части рубки. Для посадки и высадки экипажа в крыше рубки имеются три люка, а на левом борту бронерубки две бронированные двери.

БРЭМ *Bergepanzer 2A1*

Помимо крана грузоподъемность до 20 тонн БРЭМ оснащена лебедкой с гидравлическим приводом и тяговым усилием 35 тс для обеспечения эвакуации танков и других бронированных машин. Трос лебедки, имеющий длину 90 м и толщину 33 мм, обеспечивает максимальное усилие 70 тс. Поэтому в комплекте инструментов и специальных приспособлений имеется комплект блоков для развешивания полиспаста. Впереди корпуса БРЭМ находится бульдозерный отвал с гидроприводным подъемом и опусканием. В первую очередь он используется как упор при эвакуации застрявших машин с помощью лебедки, но его можно использовать для инженерного оборудования местности. Над МТО крыша корпуса используется в качестве специальной транспортной платформы, преимущественно для размещения запасного силового блока танка "Леопард".

Силовая установка БРЭМ аналогична танку "Леопард", но благодаря установке топливного бака большей емкости запас хода составил 850 км. БРЭМ массой 39,8 тонн может развивать скорость на шоссе до 61 км/ч. Из оборонительного вооружения на БРЭМ имеется два 7,62-мм пулемета MG 3: один из них размещен слева от механика-водителя, второй монтируется на турели командирского люка. На левом борту бронерубки смонтированы шесть 76-мм гранатометов, предназначенных для стрельбы дымовыми гранатами.

Производство БРЭМ *Bergepanzer 2A1 Standard* продолжалось до 1969 года. Из 613 машин 444 были переданы в армию ФРГ, а остальные поступили в армии стран, имеющие "Леопарды".

С появлением в 1973 году в частях Бундесвера ЗСУ *Gerard* возникла необходимость иметь БРЭМ с крановым оборудованием большей грузоподъемности, чем на имевшихся к тому времени в войсках БРЭМ *Bergepanzer 2A1 Standard*. Связано это было с тем, что масса башни ЗСУ *Gerard* превосходила массу башни танка *Leopard*.

На усовершенствованной БРЭМ была усилена стрела крана, гидравлическая система получила насос большей мощности и производительности. Для лучшей устойчивости БРЭМ при погрузочно-разгрузочных работах и предотвращения ее опрокидывания, а также для частичной разгрузки подвески машины при работе кранового оборудования в режиме максимальной нагрузки, кроме бульдозерного отвала, на корме машины с правой стороны был установлен аутригер с гидравлическим приводом.

Благодаря этим усовершенствованиям



максимальная грузоподъемность кранового оборудования БРЭМ была повышена до 25 т. Полная масса БРЭМ, получившая название *Bergepanzer 2A2* возросла до 40,6 т. Бундесвером было заказано и закуплено 100 таких БРЭМ еще восемь БРЭМ *Bergepanzer 2A2* были заказаны Канадой.

БРЭМ *Bergepanzer 2A2*

В 1966 году на базе танка "Леопард-1" фирмой *MaK* был разработан саперный танк *Pionierpanzer 1*. Машина оснащалась специальным буром для сверления шурфов для закладки взрывчатки и открытия стрелковых ячеек, бульдозерный отвал и сменный экскаваторный ковш. На танке имелась лебедка с тяговым усилием 35 тс. Таких машин было изготовлено 36 штук. Затем на базе саперного танка *Pionierpanzer 1* и БРЭМ *Bergepanzer 2A1 Standard* был создан новый саперный танк *Pionierpanzer Dachs* ("Барсук"). Все основные узлы и механизмы находились внутри бронированного корпуса, обеспечивающего защиту экипажа и оборудования от воздействия огня стрелкового оружия и осколков артиллерийских боеприпасов.

Основным оборудованием новой машины были: бульдозерный отвал шириной 3,25 м, телескопическая экскаваторная рукоять с ковшом, лебедка с тяговым усилием 35 тс, сварочное оборудование и гидравлическая система для привода основных рабочих органов. Экскаваторная телескопическая рукоять с ковшом емкостью 1,1 м<sup>3</sup> установлена в передней части корпуса справа. Угол её поворота 195°, подъёма и опускания 60°. Глубина отрываемого котлована до 5 м. Рукоять может также использоваться как крановая стрела для выполнения погрузочно-разгрузочных работ, в этом случае её грузоподъемность при вылете стрелы 7,9 м составляет 2,6 т.

Первый саперный танк *Dachs* был передан Бундесверу в 1979 году, а в 1981-1985 годах в саперный танк *Dachs* были переоборудованы все ранее выпущенные *Pionierpanzer 1* и ещё 104 БРЭМ *Standart*.

Немецкий саперный танк "Барсук"



На шасси танка "Леопард-1" разработан мостоукладчик с мостовой конструкцией выдвигного типа. В передней части машины установлен бульдозерный отвал, который при укладке моста используется в качестве промежуточной опоры. С его же помощью мостоукладчик может самостоятельно оборудовать подходы к месту переправы. Грузоподъемность моста длиной 22 м составляет 60 т, время укладки мостовой конструкции составляет 3-5 мин. Первый из 105 заказанных мостоукладчиков поступил в Бундесвер в 1975 году.

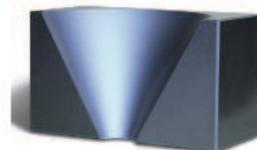
В следующем номере рассмотрение основных боевых танков западных стран второго послевоенного поколения продолжим на примере разработок из Франции.

(Продолжение следует.)



# ЭЛЕКТРОИСКРОВЫЕ (ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЕ) ПРОВОЛОЧНО-ВЫРЕЗНЫЕ СТАНКИ

 **EXCETEK**



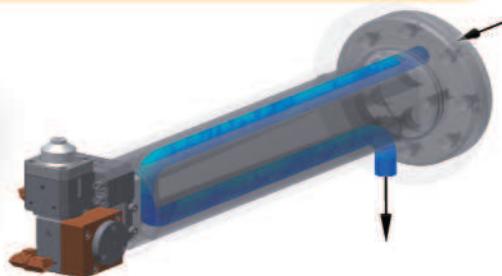
**ПЕРЕДОВЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ  
ЭЛЕКТРОЭРОЗИИ ОТ  
ВЕДУЩЕГО ТАЙВАНЬСКОГО  
СТАНКОСТРОИТЕЛЯ  
МИРОВОГО УРОВНЯ**

**ЭКСПОРТ В  
ДЕСЯТКИ СТРАН,  
ВКЛЮЧАЯ ЯПОНИЮ,  
США И ЗАПАДНУЮ  
ЕВРОПУ**



Ra 0,18 мкм

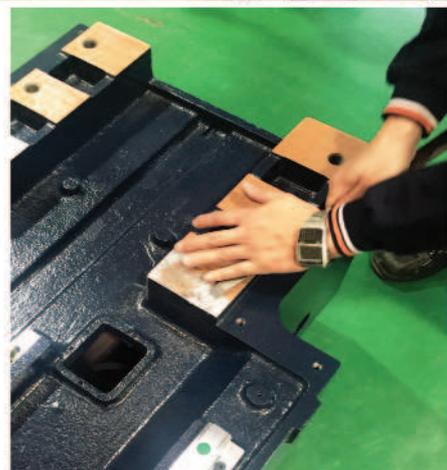
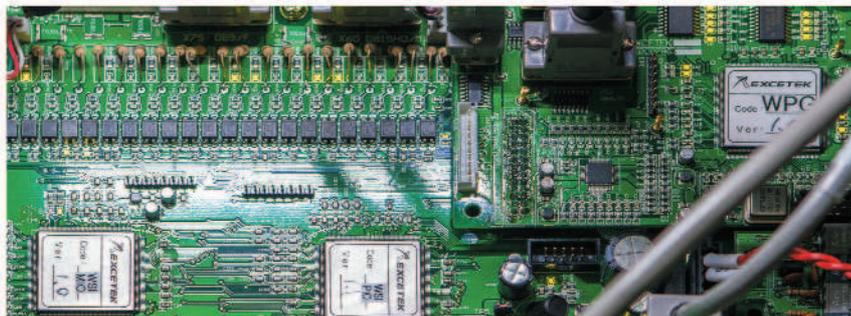
**ВО ВСЕХ МОДЕЛЯХ**  
*термостатирование нижнего  
кронштейна водой из гидроагрегата  
предотвращает тепловое расширение  
и повышает конечную  
точность.*



CE



Самая современная элементная база, собственные заказные СБИС, оптимизированные передовые технологии монтажа и размещения компонентов.



На заводе Excetek посадочные сопрягаемые плоскости чугунных несущих конструкций не шлифуют, а шабруют, что гарантирует геометрическую точность и долговечность станков.

## Панель HMI: простота и наглядность

- Сенсорный ЖК-экран с диагональю 15 дюймов
- Интуитивно понятные экранные функции
- Удобные мышь и клавиатура

## Современные генераторы и компьютерное ЧПУ



Цельнолитые несущие элементы конструкции из чугуна-механита с малым тепловым расширением. Оптимальное расположение ребер жесткости, рассчитанное методами анализа конечных элементов (FEM). Превосходные демпфирующие характеристики и высочайшая жесткость.



**EXCETEK TECHNOLOGIES CO., LTD.**

No.10, Fenggong 3rd Rd.,  
Shengang Dist., Taichung City  
42942, Taiwan

tel: +886 4 2520 0688  
fax: +886 4 2520 0111  
www.excetek.com  
info@excetek.com.tw



**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, корп.18, оф.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/>

**БЕЛАРУЎСЬ / BELARUS**  
ООО «ЕДМ Технологии»  
тел.: +375297655135  
minsk@sodicom.biz

**ARMENIA**  
tel: +374(77)415043  
armen@sodicom.biz

# Satisfaction Guarantor.

ISSN 2500 - 0985



9 1772500 098009 20003 >



## Сервисный отдел.

Мы относимся к вашим запросам со всей серьезностью и сделаем все возможное, чтобы ваш станок работал – лично прибыв на место, средствами дистанционного обслуживания или по линии прямой связи. Сервисный отдел Hermle является образцовым в отрасли. Это подтверждают клиенты, пресса, а также наши партнеры по рынку.

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

000 Hermle Vostok, [info@hermle-vostok.ru](mailto:info@hermle-vostok.ru)



000 Восток

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