Письменный Владимир Леонидович



ТУРБОЭЖЕКТОРНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

e-mail: vladimir@tecserv.info

Принципиальным недостатком турбореактивных двигателей, приводящим эти двигатели к вырождению, является снижение производительности компрессора при увеличении скорости полета более 2 чисел Маха. Снижение производительности компрессора ведет к уменьшению тяги двигателя, что не дает возможности ТРДФ летать на скоростях M > 3...3,5.

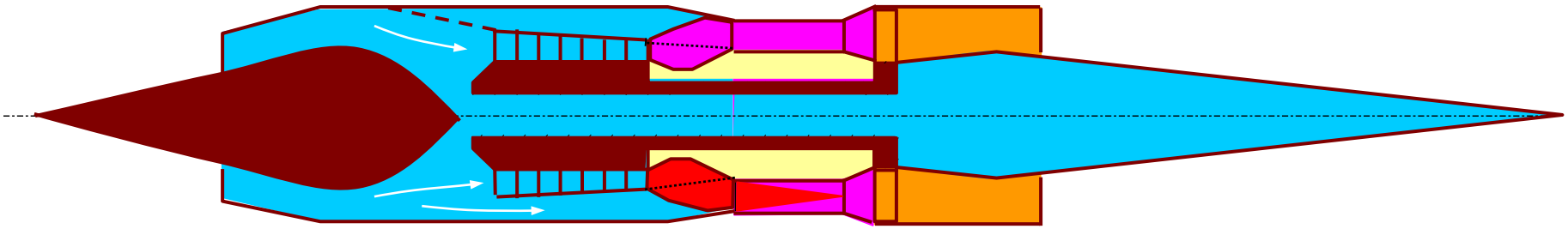
Причина снижения производительности компрессора заключается в том, что при увеличении скорости полета воздух нагревается, и для его сжатия требуется повышенная мощность турбины, которой у турбореактивного двигателя вследствие температурных и иных ограничений уже нет.

В этой ситуации единственным эффективным способом форсирования мощности турбины остается повышение расхода газа через турбину путем ее наддува (по аналогии с наддувом цилиндров поршневого двигателя)

Турбоэжекторный двигатель (ТРДЭ) – это турбореактивный двигатель, в котором посредством газового эжектора осуществлен наддув турбины воздухом второго контура

турбоэжекторный двигатель

RU 2190772 C1



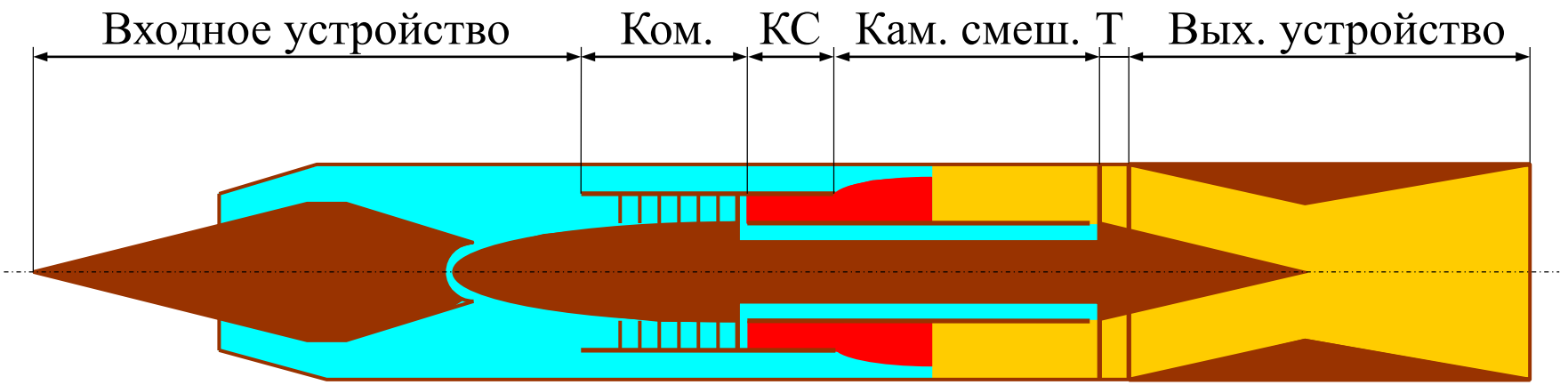
Достоинства:

1. *Диапазон скоростей полета M=0…5.*
2. *Коэффициент полезного действия на крейсерских скоростях полета - 45…50%.*

Недостатки:

1. *Низкая экономичность на дозвуковых скоростях полета*

ГАЗОДИНАМИЧЕСКАЯ СХЕМА ТУРБОЭЖЕКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ



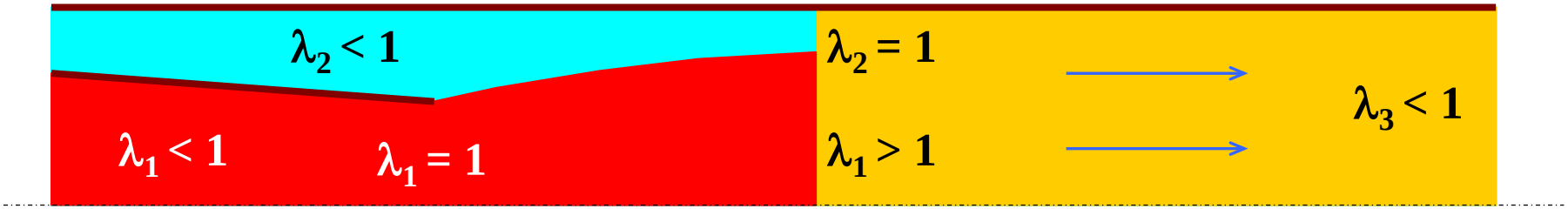
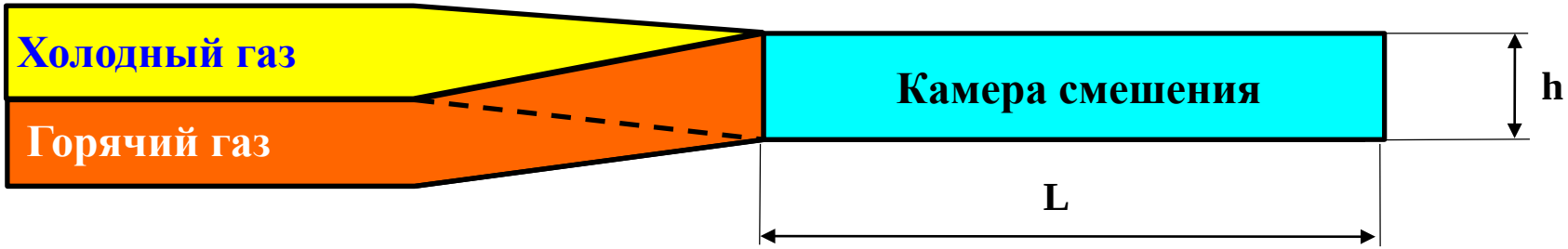
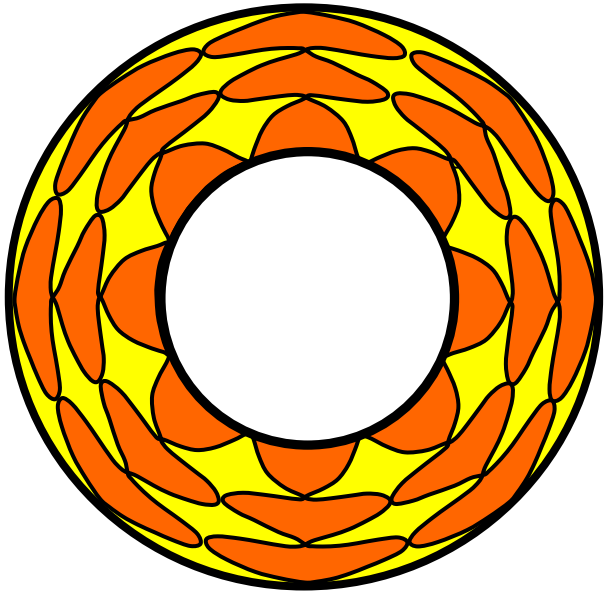


Схема течения газа в камере смешения

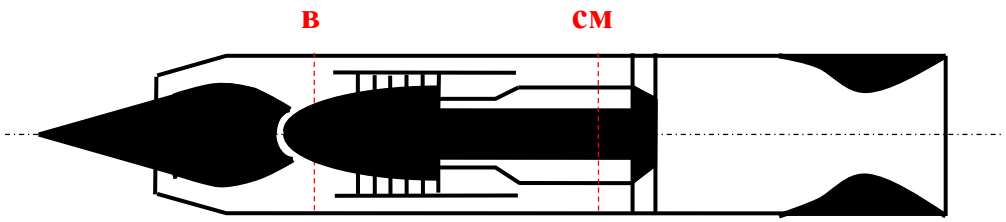
СОТОВЫЙ СМЕСИТЕЛЬ

RU 2467791 C1





Новым качеством ТРДЭ как газотурбинного двигателя является способность ТРДЭ сохранять постоянный приведенный расход воздуха на входе в двигатель так же как и в ПВРД



$$G_{в_{пр}} = G_в \cdot \frac{760}{P^*_в} \cdot \sqrt{\frac{T^*_н}{288}}$$

$$G_в = m \cdot q(\lambda_{см}) \cdot \frac{F_{см} \cdot P^*_{см}}{(1+q_т) \cdot \sqrt{T^*_{см}}}$$

$$P^*_{см} = P^*_в \cdot \pi_{эж}$$

$$G_{в_{пр}} = const \cdot q(\lambda_{см}) \cdot F_{см} \cdot \frac{\pi_{эж} \cdot \sqrt{T_н}^*}{\sqrt{T_{см}}^*},$$

где

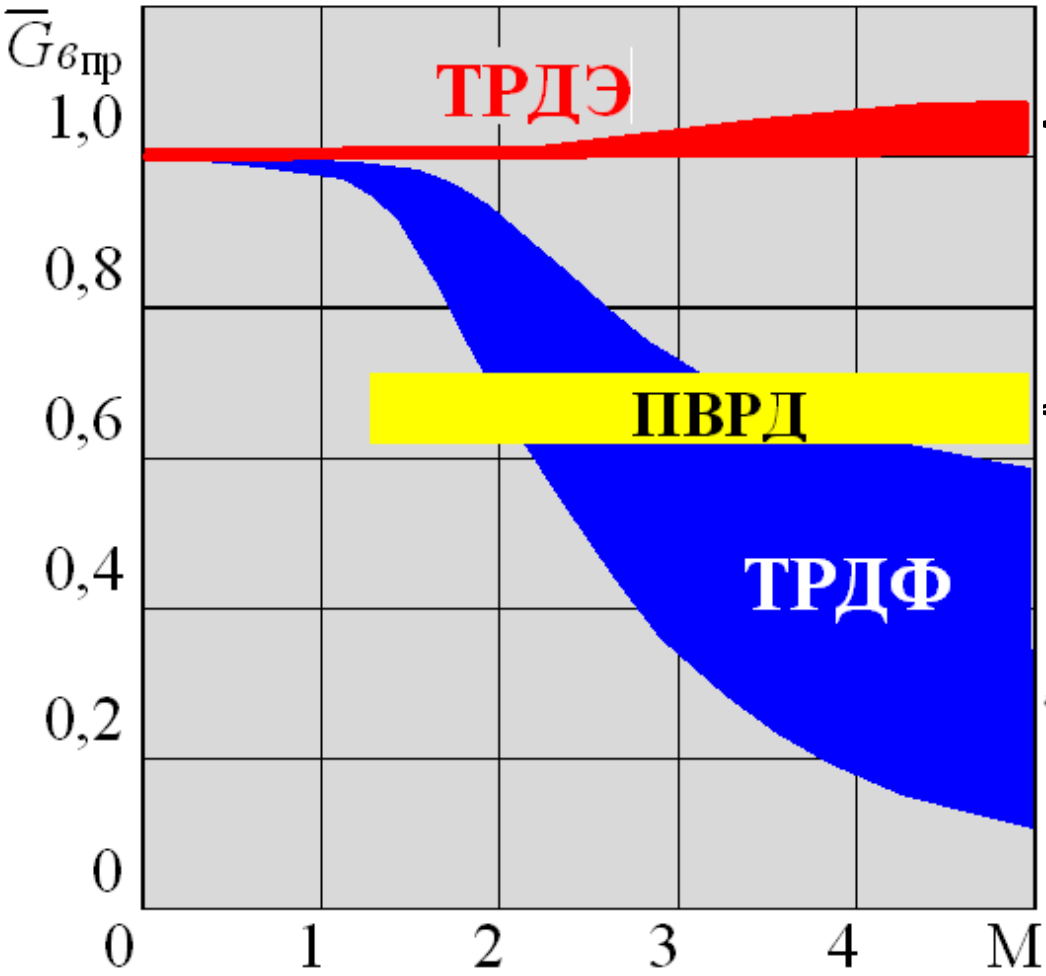
$$\pi_{эж} \cdot \sqrt{T^*_н} \approx \text{const},$$

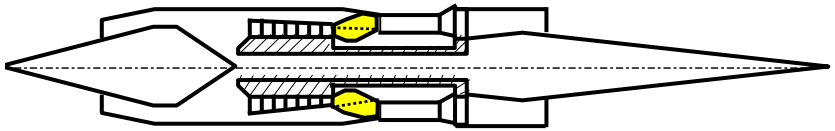
$$\lambda_{см} = \text{const},$$

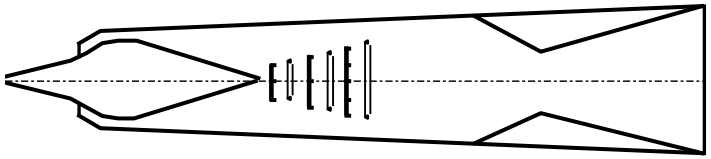
$$T_{см} = \text{const}.$$

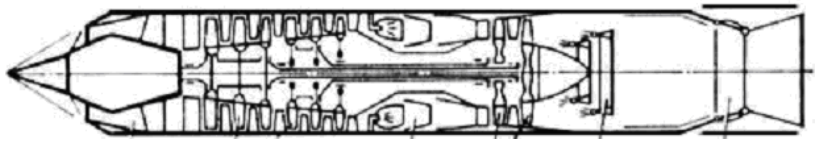
$G_{в_{пр}} \approx$ const !!!

Изменение приведенного расхода воздуха от числа М для различных типов ВРД



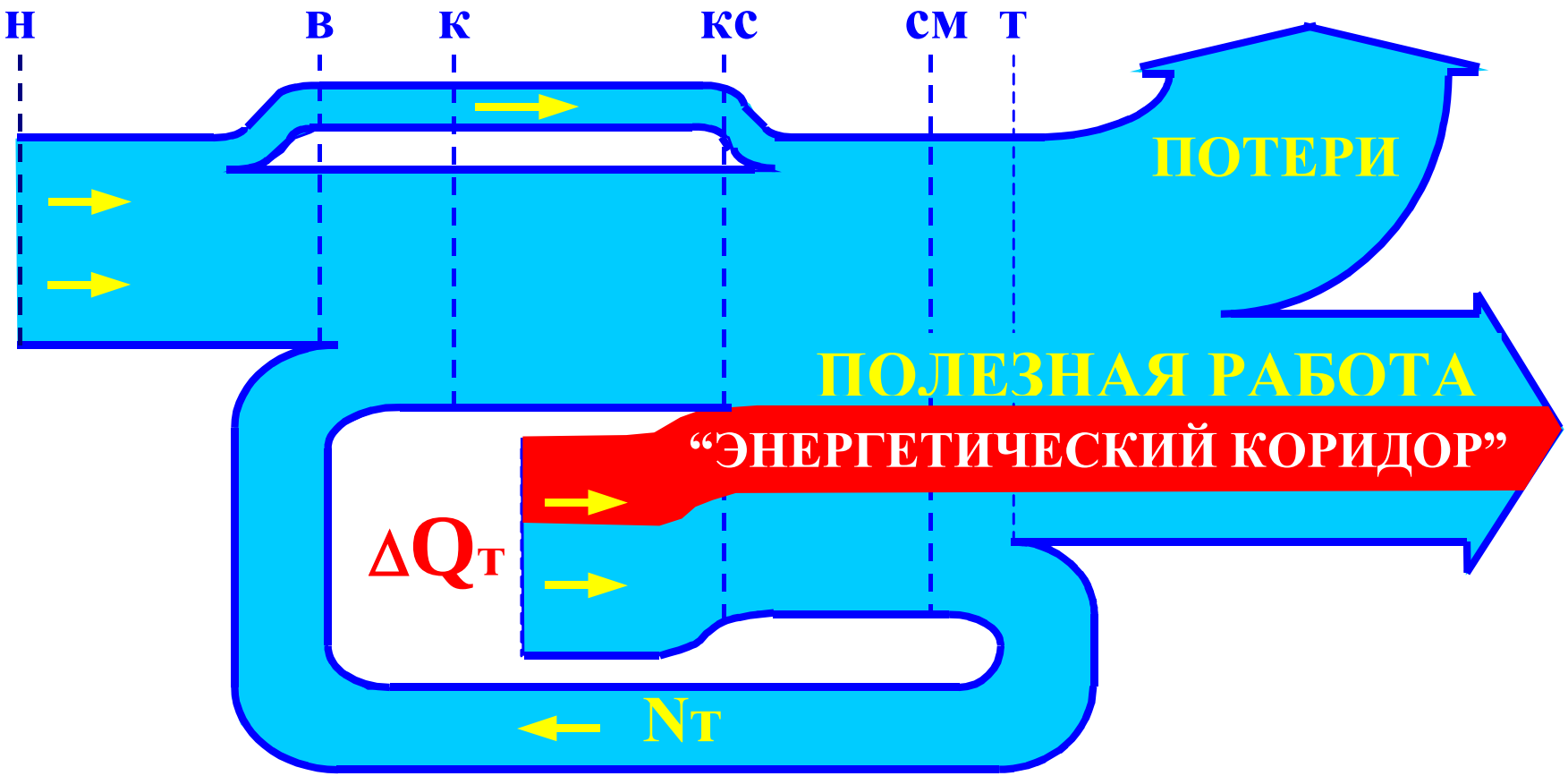






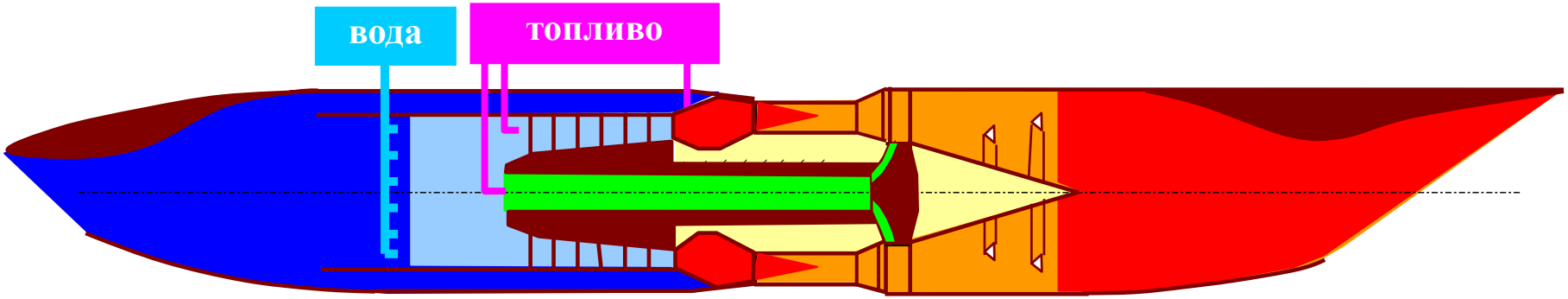
Физическая сущность эффекта повышения тяговой мощности ТРДЭ состоит в том, что наддув турбины повышает температуру газа на выходе из камеры сгорания на 15...20% при сохранении температуры газа перед турбиной неизменной: появляется так называемый «энергетический коридор»

ДИАГРАММА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ТУРБОЭЖЕКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ



ФОРСИРОВАННЫЙ ТРДЭ

Форсированный ТРДЭ – это ТРД, в котором использованы все возможные способы форсирования тяги: максимальная температура, наддув турбины; форсаж; гиперфорсаж.

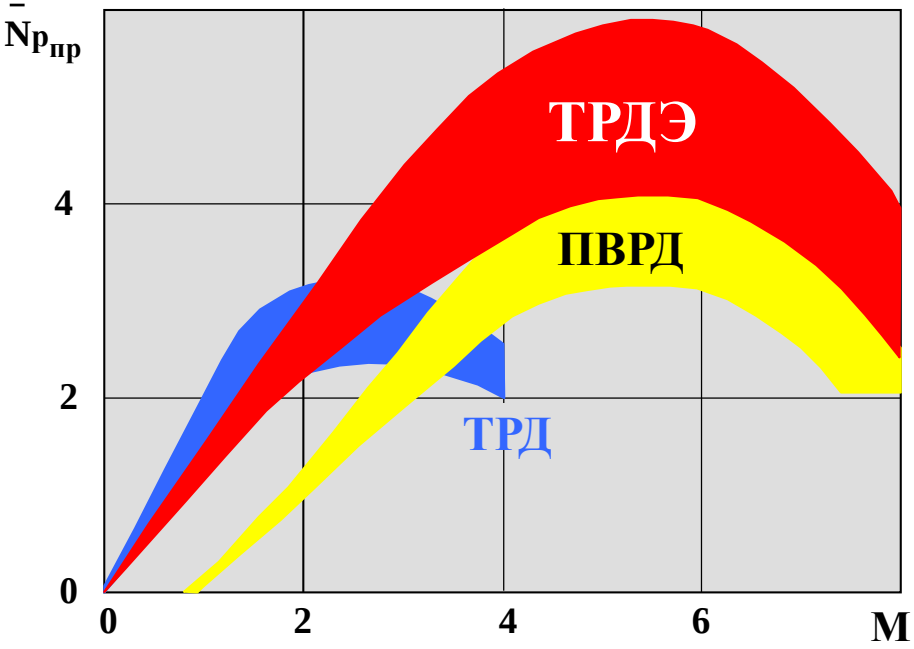


Форсированный ТРДЭ, благодаря сверхвысоким скоростям полета (М~7,0), обладает наилучшими тяговыми и расходными характеристиками среди известных воздушно-реактивных двигателей (общий к.п.д. 50…60%).

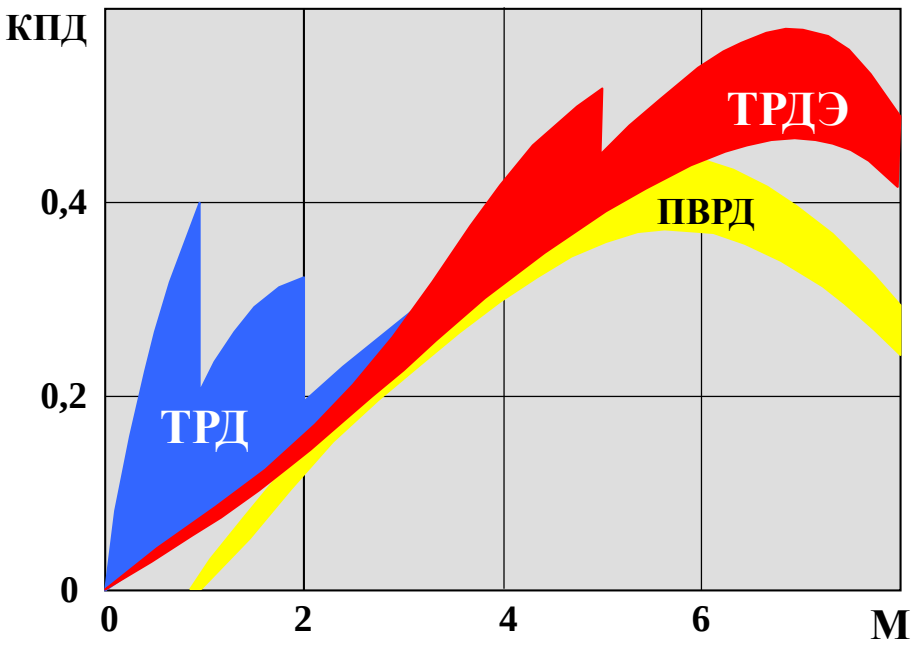
МЕТОД ПРИВЕДЕННЫХ ТЯГОВЫХ МОЩНОСТЕЙ

Приведенная тяговая мощность ВРД – это тяговая мощность, которую развивает двигатель с расходом воздуха, равным приведенному к стандартным условиям.

$$Np_{\text{пр}} = \frac{P_0^*}{P_н^*} \cdot \sqrt{\frac{T_н^*}{288}} \cdot Gв \cdot Le \cdot \eta_{\text{п}} \qquad \overline{Np}_{пр} = \overline{G}_{в_{пр}} \cdot Le_{пр} \cdot \eta_{\text{п}} \qquad Le_{пр} = Le/(c_{\text{р}} \cdot T_{\text{н}}^*)$$



Сравнение относительных приведенных тяговых мощностей ВРД различных типов: ТРД, ПВРД, ТРДЭ



Сравнение коэффициентов полезного действия ВРД различных типов: ТРД, ПВРД, ТРДЭ

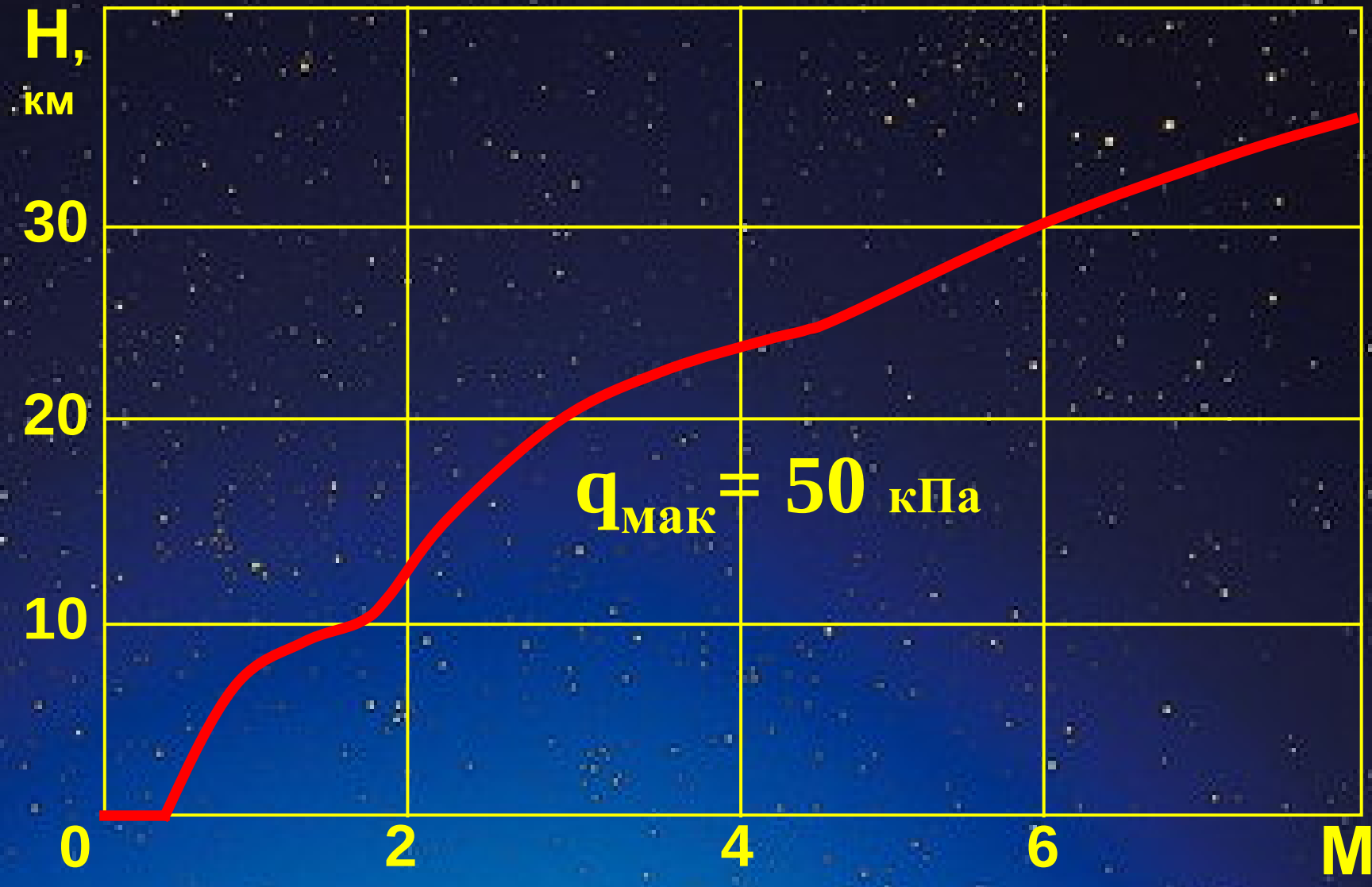
ГИПЕРЗВУКОВАЯ ПЛАТФОРМА С ТУРБОЭЖЕКТОРНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

H=40 км; M=7

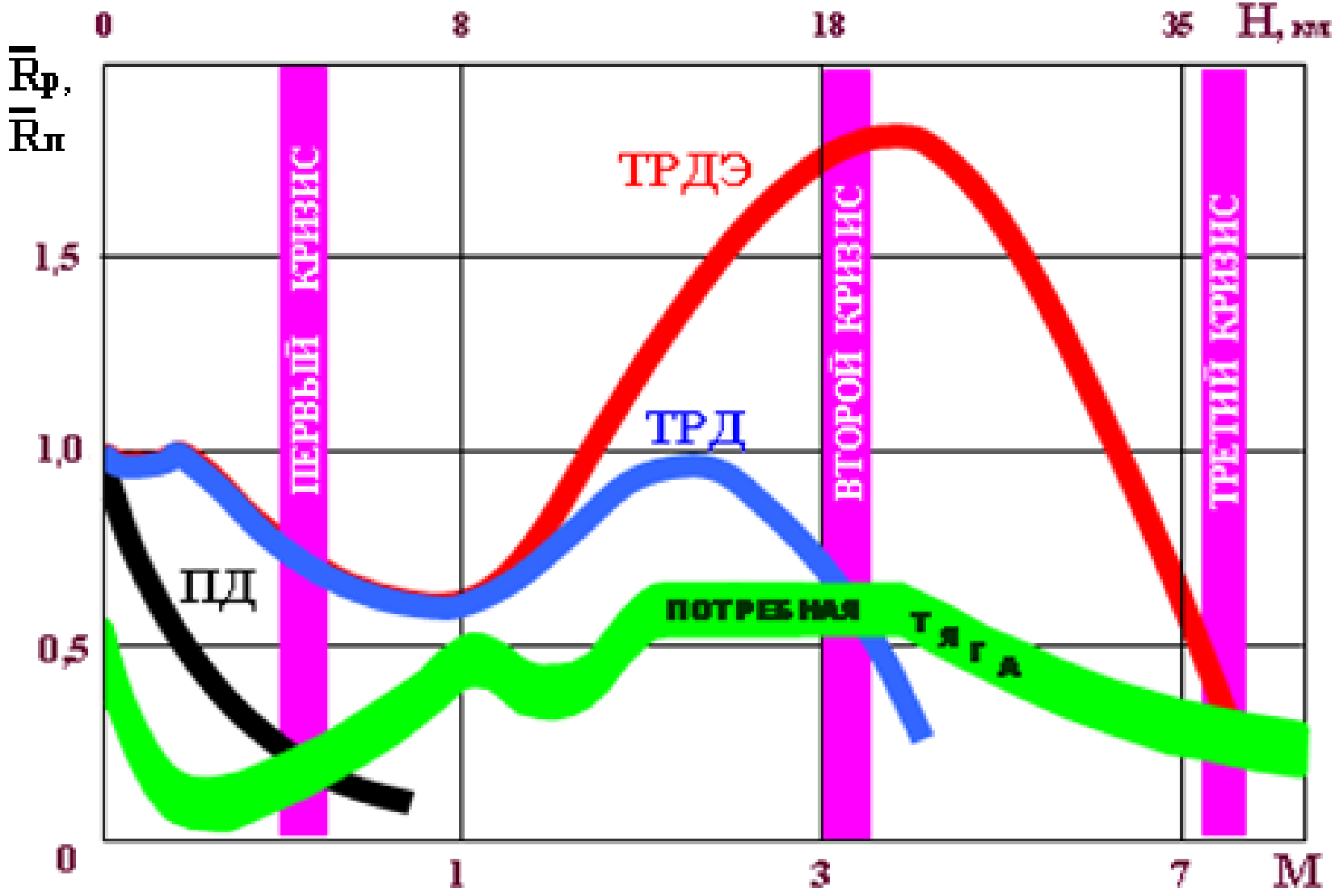
10-**15 тонн**



ТИПОВАЯ ТРАЕКТОРИЯ ПОЛЕТА ГЛА



РАСПОЛАГАЕМЫЕ И ПОТРЕБНЫЕ ТЯГИ АВИАДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОЛЕТА ЛА по типовой траектории ГЛА



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наддув турбины турбореактивного двигателя воздухом второго контура по эффективности эквивалентен повышению температуры газа перед лопатками турбины турбореактивного двигателя на 15...20 %

Турбоэжекторный двигатель открывает путь к освоению гиперзвуковых скоростей полета

Установлено:

- в диапазоне скоростей М=4÷7 ТРДЭ обладают лучшей тяговой и топливной эффективностью среди известных ВРД (общий КПД более 50 %);
- оптимальными рабочими параметрами ТРДЭ являются: степень повышения давления в компрессоре Пк = 3,8÷4,0; коэффициент эжекции m_o= 0,05÷0,1; температура газа перед турбиной $Т_г^*$>2300 К;
- основной принцип регулирования ТРДЭ – поддержание неизменного режима работы камеры смешения ($\lambda_{см}$ = const);
- наиболее критичный режим работы ТРДЭ – взлетный;
- наиболее нагруженный режим работы ТРДЭ – режим гиперзвукового крейсерского полета;
- удельные параметры в условиях взлета: Руд ~ 80 даН·с/кг, Суд ~ 2,2 кг/даН·ч (для керосина); и Руд ~ 100 даН·с/кг, Суд ~ 0,9 кг/даН·ч (для водорода);
- запуск эжектора осуществляется на частотах n = 0,65÷0,7.

Вчера - это была фантастика, сегодня - поиск путей реализации, завтра - реальность,
спасибо за внимание !