Экономика Отрасли (Энергетика)

Тема 3. *Методы преобразования энергии.*

3.1. Схемы преобразования энергии.

3.2. Тепловая схема паротурбинной энергетической установки.

3.3. Законы преобразования тепла в работу.

3.4. Термодинамический КПД цикла преобразования тепла в работу. Цикл Карно.

3.5. Методы повышения КПД термодинамических циклов.

3.6. Газотурбинный цикл Брайтона.

3.7. Паротурбинный цикл Рэнкина.

3.8. Минимальная стоимость и оптимальный КПД космической энергоустановки.

3.1. Схемы преобразования энергии.

Внутренняя энергия топлива, Q

↓

Тепло

↓

Механическая энергия

↓

Электроэнергия, W

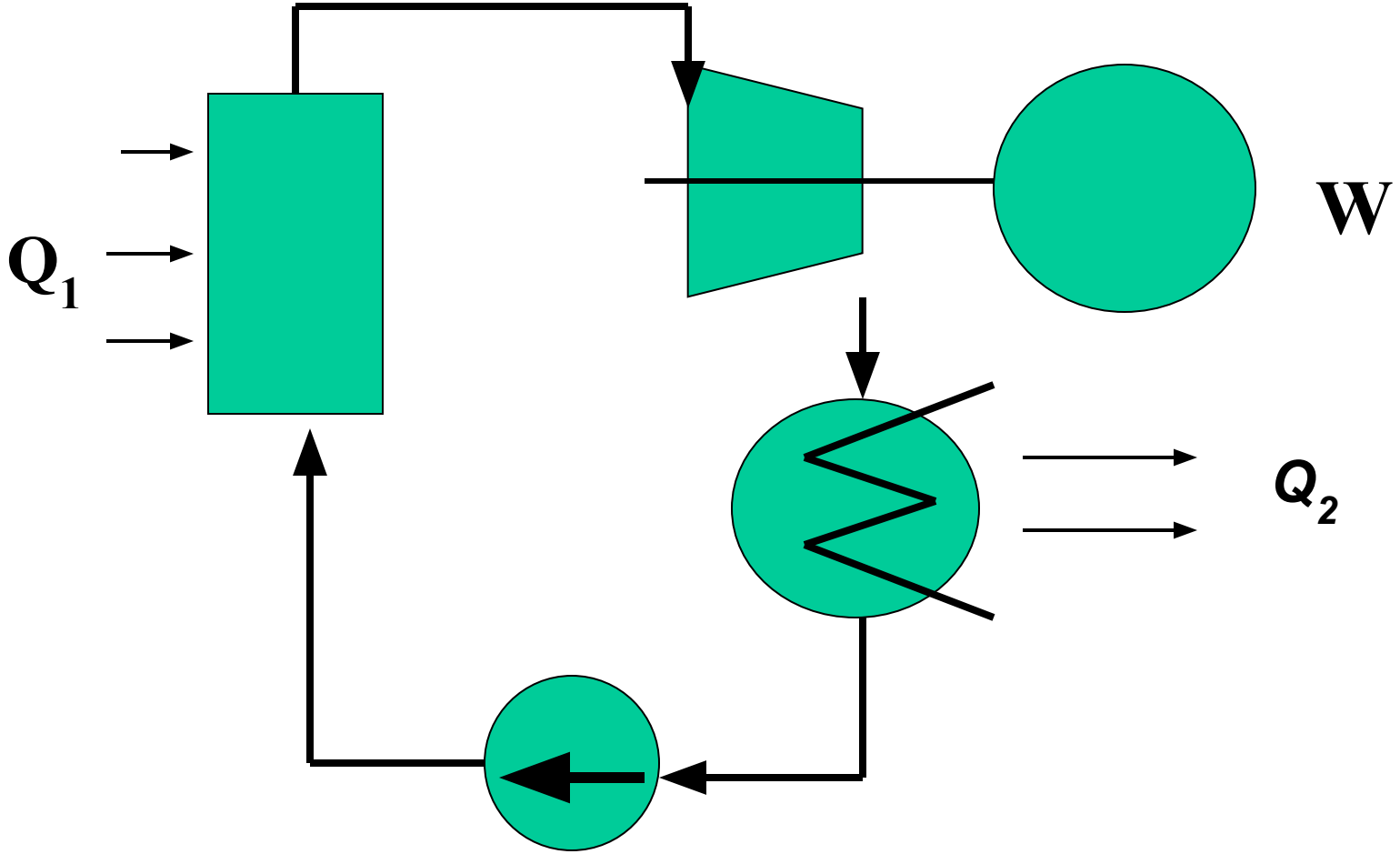
1 — прямое преобразование: Тепло → Электроэнергия

2 — прямое преобразование: Внутренняя энергия топлива → Электроэнергия

1 и 2 – прямое преобразование.

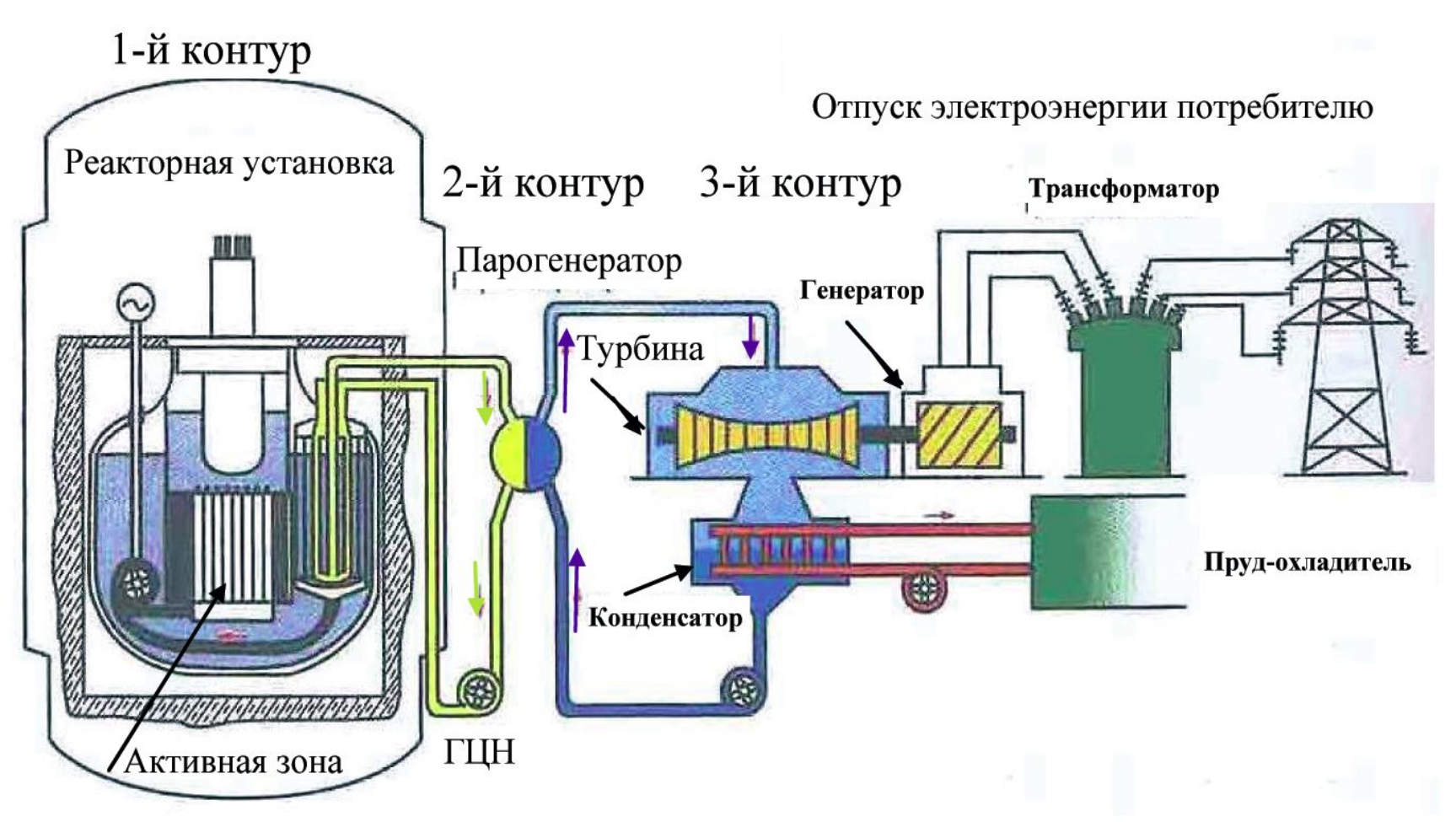
КПД: $\eta = W/Q$ – показывает, какая часть затраченной энергии превратилась в полезную работу.

3.2. Тепловая схема паротурбинной энергетической установки.

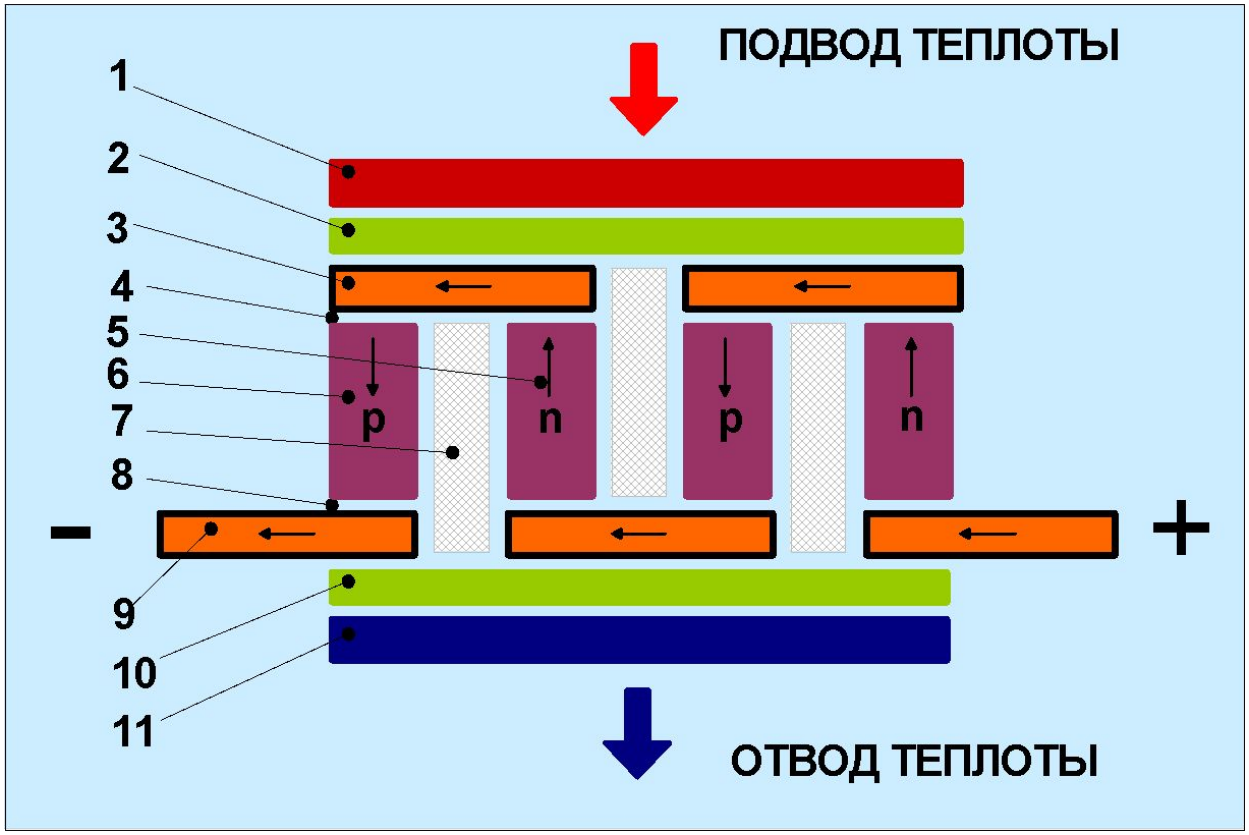


Цикл был предложен в 50-х годах 19-го века почти одновременно шотландским инженером и физиком У.Рэнкиным (Rankine, 1820-72) и немецким физиком Р.Клаузиусом (1822-88). Обычно этот цикл называют **циклом Рэнкина.**

3.2. Тепловая схема паротурбинной энергетической установки.



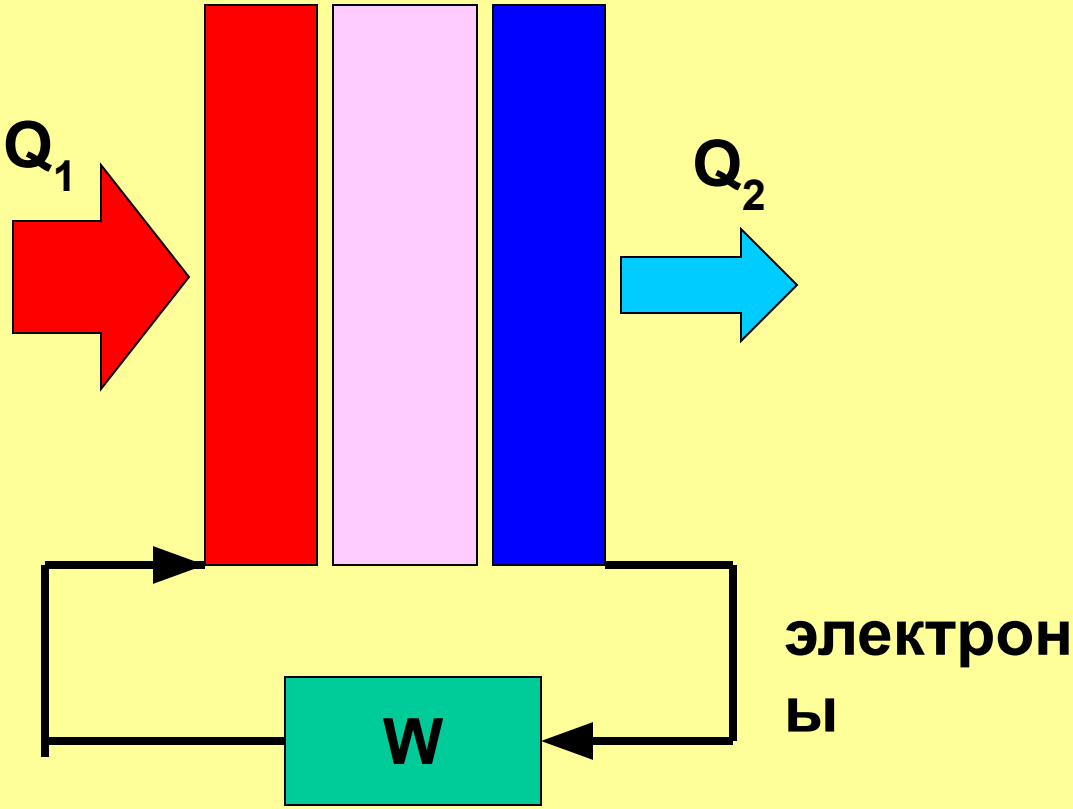
Функциональная схема термоэлектрической батареи



1 – «горячий» теплопровод; 2, 10 – электроизоляция; 3, 9 – коммутационные шины; 4 – «горячий» спай; 5 – термостолбик n – типа; 6 – термостолбик p – типа; 7 – теплоизоляция; 8 – «холодный» спай; 11 – «холодный» теплопровод

3.1. Схемы преобразования энергии.

Термоэмиссионные преобразователи тепла в электричество



3.3. Законы преобразования тепла в работу.

Первый закон термодинамики представляет собой *количественное* выражение закона сохранения и превращения энергии.

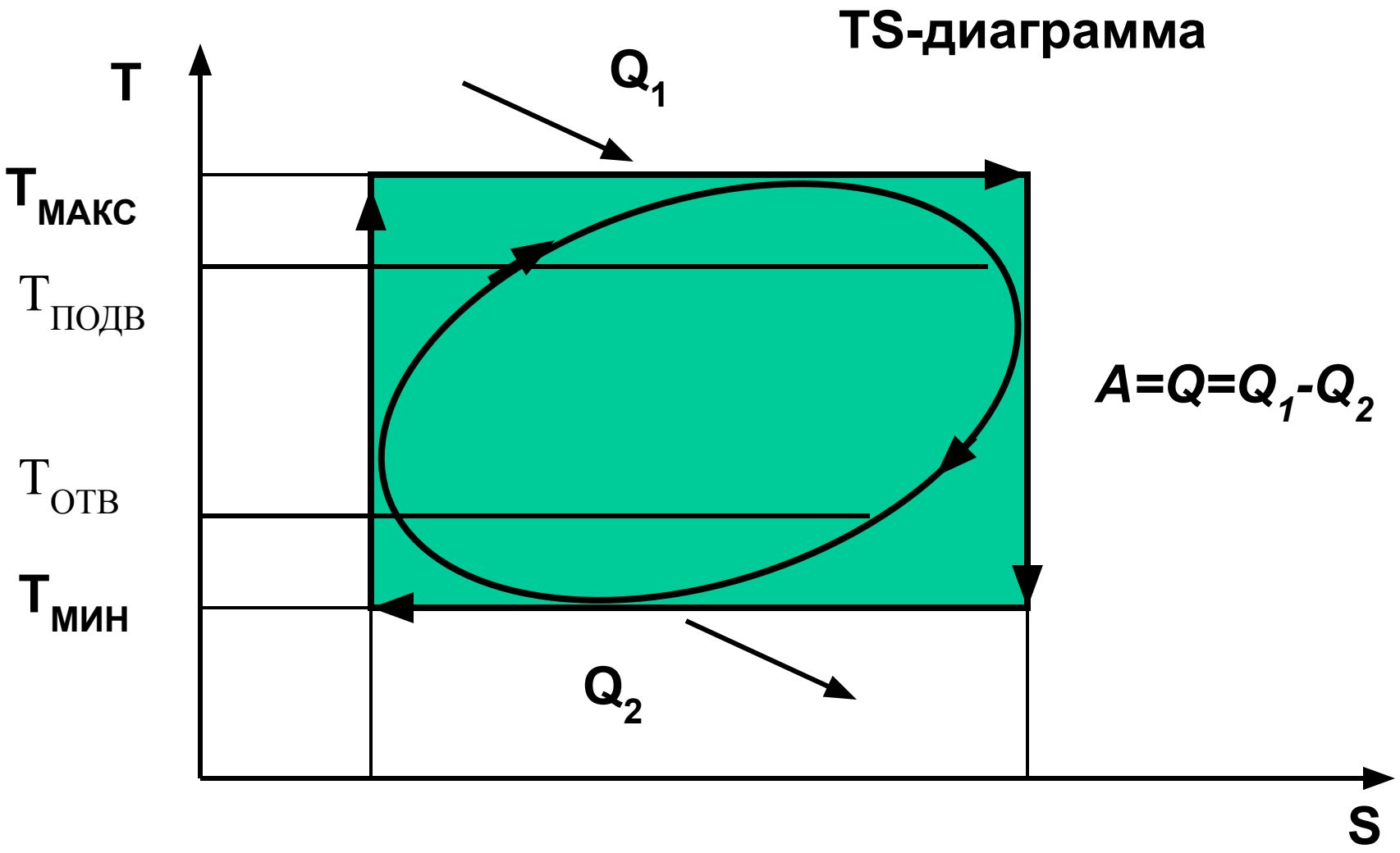
Второй закон термодинамики характеризует *качественную* сторону процессов преобразования энергии, указывая возможность (или направление) протекания процесса.

$dQ = dU + dA.$

$dS = dQ/T$ **или** $dQ = T\,dS.$

$A = Q = Q_1 - Q_2$

3.4. Термодинамический КПД цикла преобразования тепла в работу. Цикл Карно.



3.4. Термодинамический КПД цикла преобразования тепла в работу. Цикл Карно.

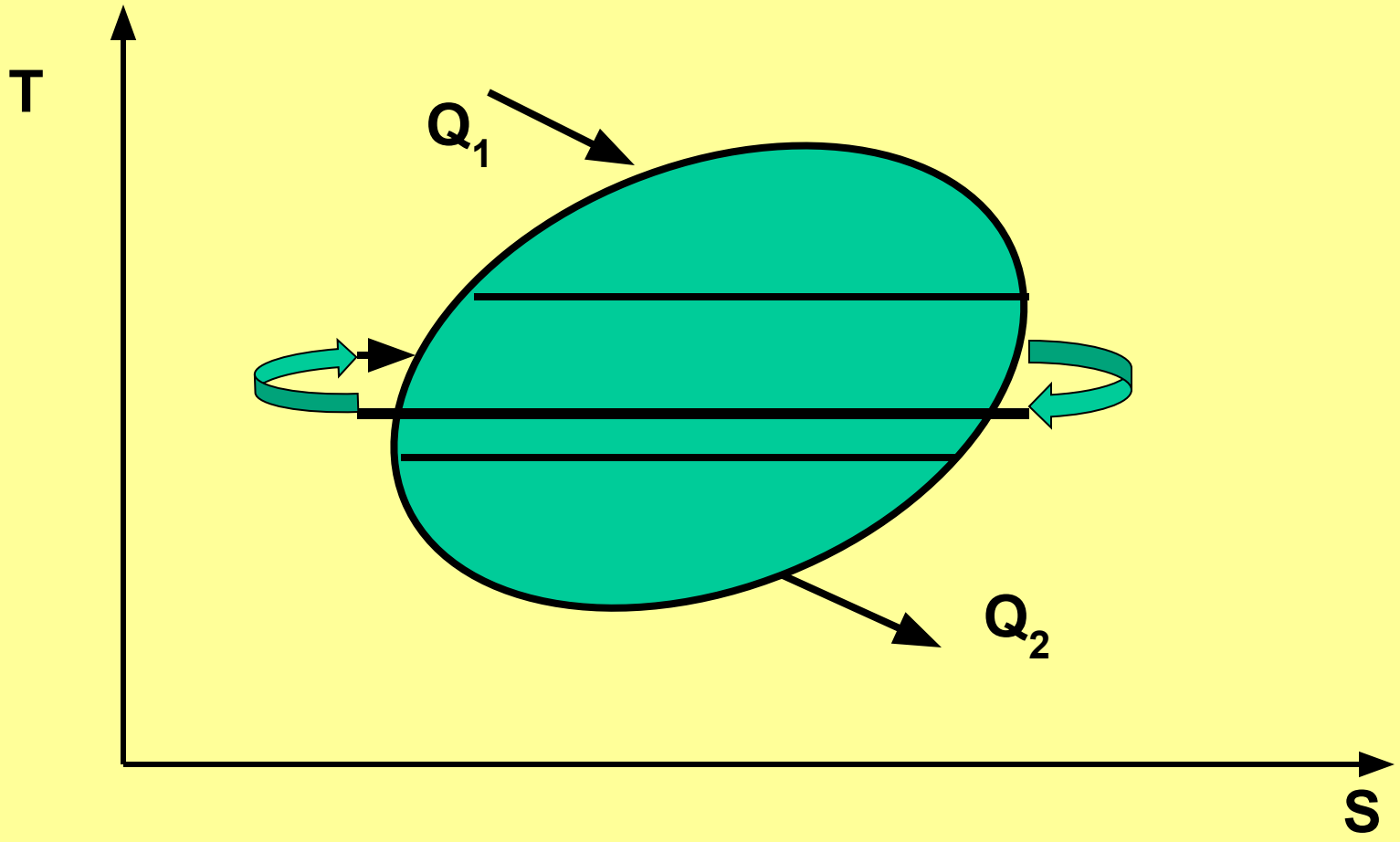
Если энергия *W*, отпускаемая потребителю, задана, то чем выше КПД цикла *η*, тем меньше расходуется топлива (меньше Q_1) и меньше тепловое загрязнение окружающей среды Q_2.

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}. \qquad (3.2)$$

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{\Delta T}{T_{ПОДВ}} = 1 - \frac{T_{ОТВ}}{T_{ПОДВ}}. \qquad (3.12)$$

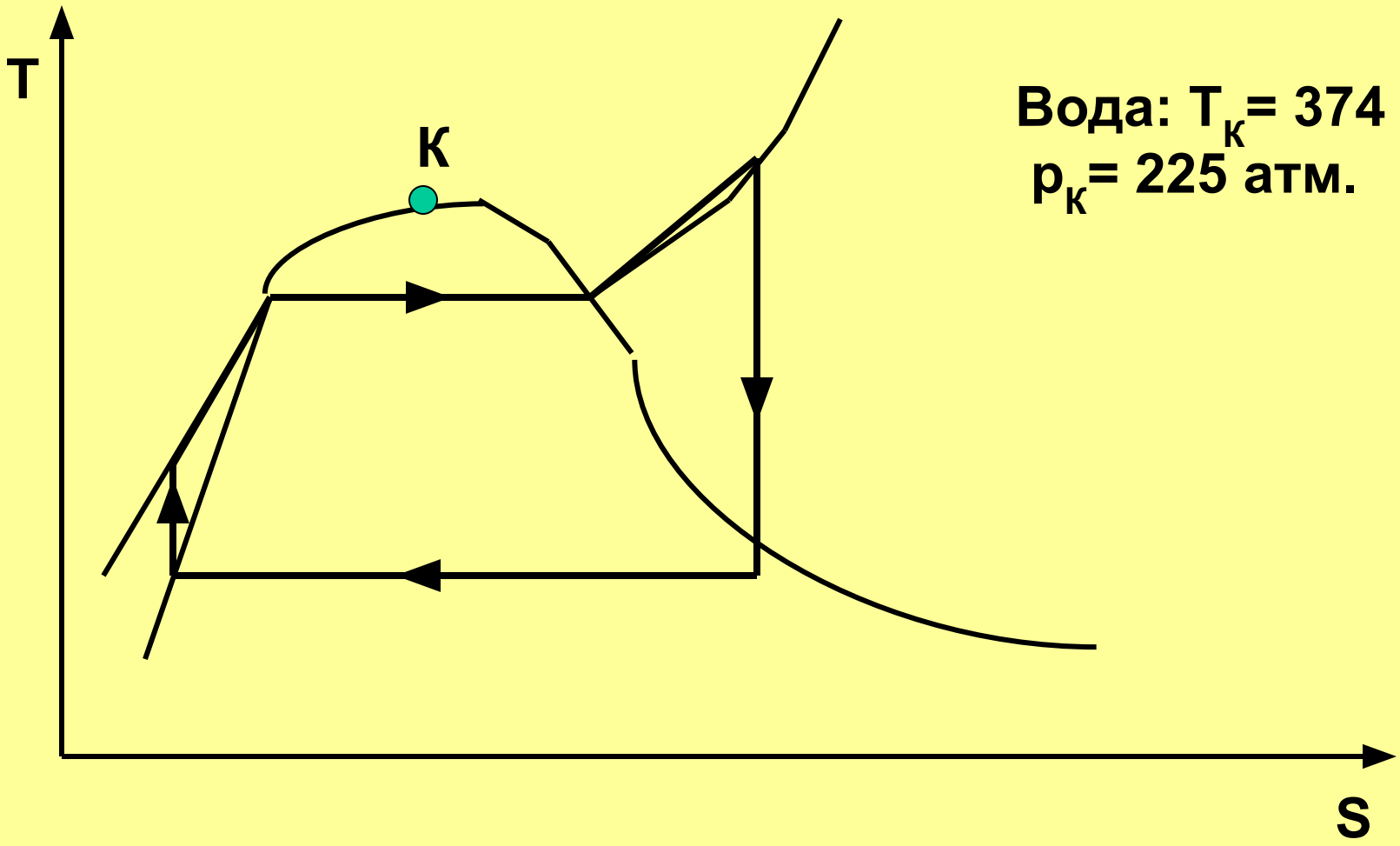
3.5. Методы повышения КПД термодинамических циклов.

Регенерация тепла в цикле



3.6. Газотурбинный цикл Брайтона.

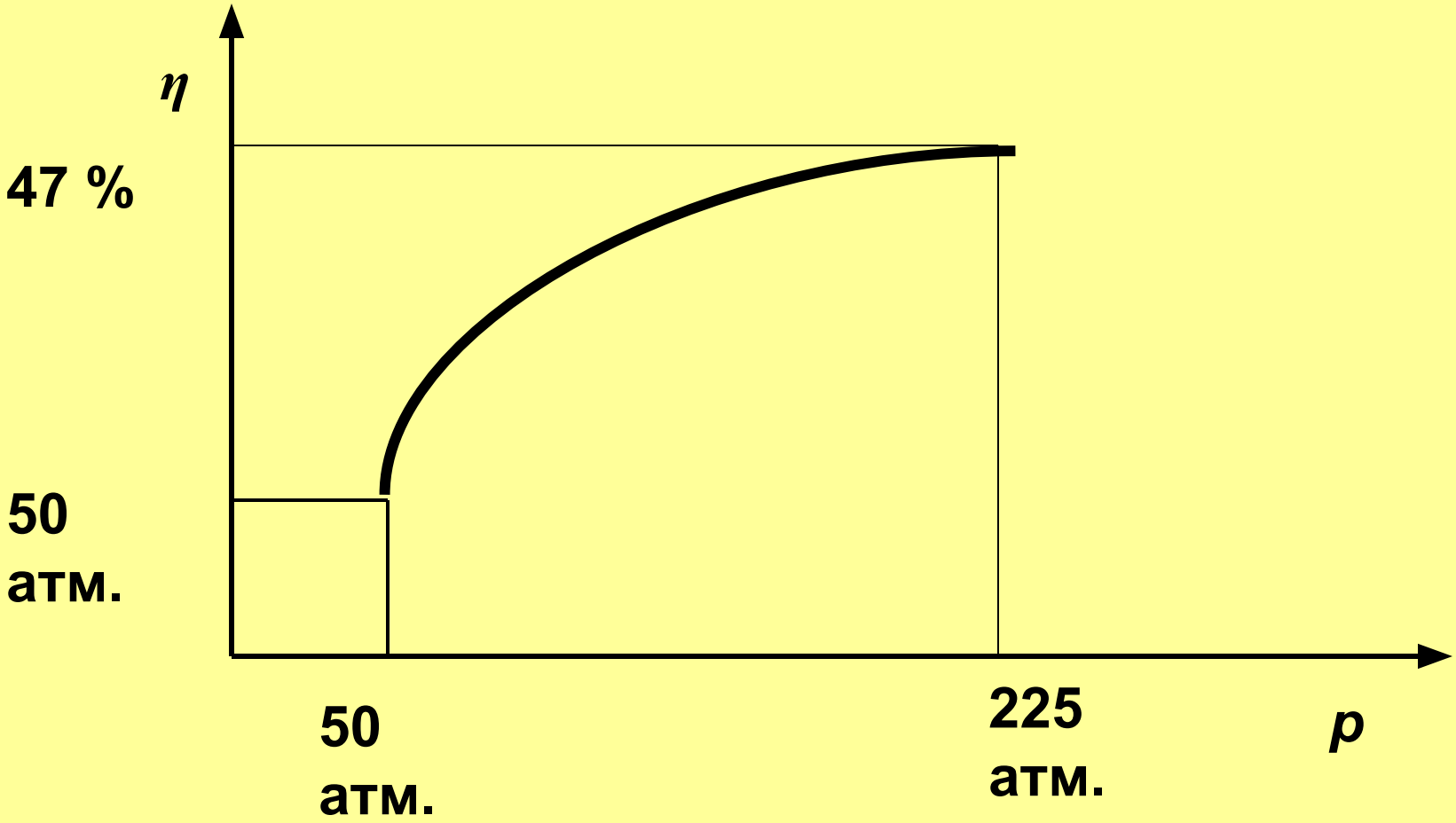
3.7. Паротурбинный цикл Рэнкина.



Вода: $T_к$= 374 °С,
$p_к$= 225 атм.

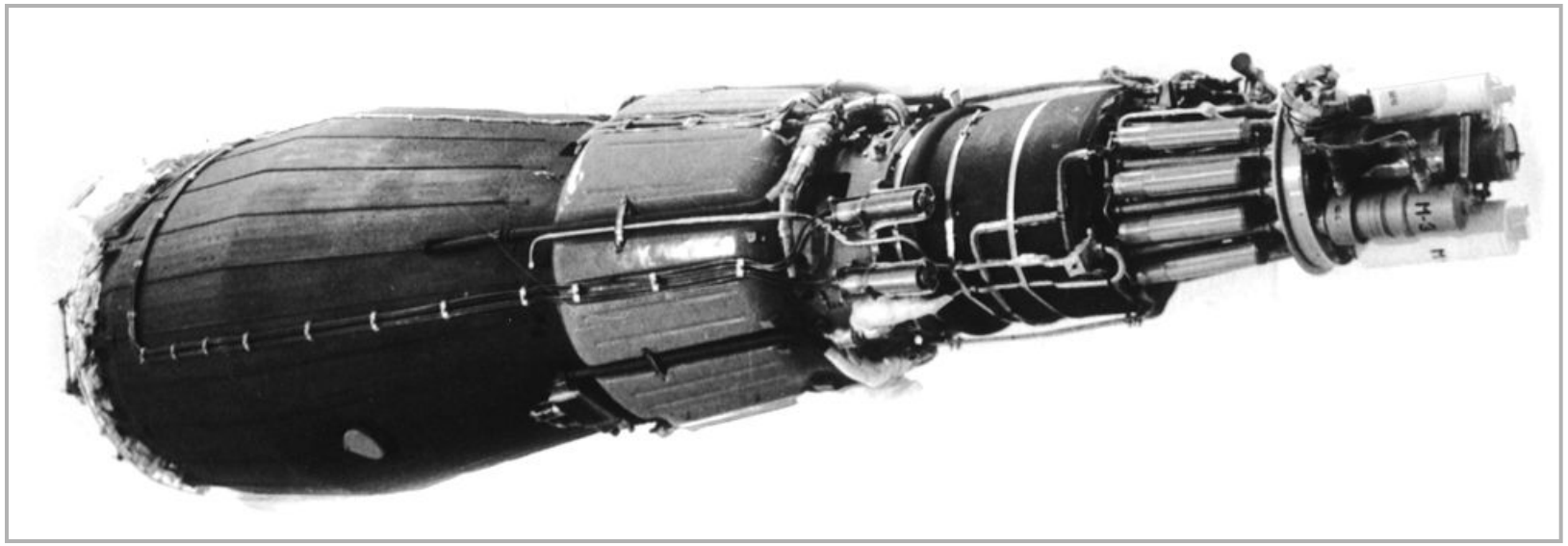
3.7. Паротурбинный цикл Рэнкина.

Рост КПД сопровождается сильным ростом давления воды.



Космическая энергетика

Когда говорят о «Глобализации экономики», об «Электронном бизнесе» и об «Информационной экономике», то не всегда ясно представляют масштабы технических средств для обеспечения телекоммуникаций. Невозможно представить себе всемирную связь без спутниковых систем ретрансляции, способных десятилетиями работать в космических условиях без вмешательства человека. При потребностях электропитания таких спутников около 100 кВт наиболее перспективны ядерные энергетические установки с компактными реакторами-преобразователями



Космическая ядерная энергетическая установка «ТОПАЗ» (первое поколение, с натрий-калиевым теплоносителем)

3.8. Минимальная стоимость и оптимальный КПД космической энергоустановки.

В земной энергетике задача повышения КПД продиктована экономией топлива.

В космосе выбор КПД связан с минимизацией массы установки в расчете на единицу мощности. Для мощных установок основной вклад в массу вносит холодильник-излучатель, сбрасывающий избыточное тепло цикла в космос тепловым излучением (другого механизма нет).

Поэтому в космических аппаратах нашли применение методы прямого преобразования энергии: Термоэлектрические, термоэмиссионные, солнечные батареи, топливные элементы.

3.8. Минимальная стоимость и оптимальный КПД космической энергоустановки.

Оптимальный КПД для космоса 20-25 %.

$$\eta = W / Q_1 = 1 - Q_2 / Q_1 = \eta_T \bullet \eta_{BH};$$

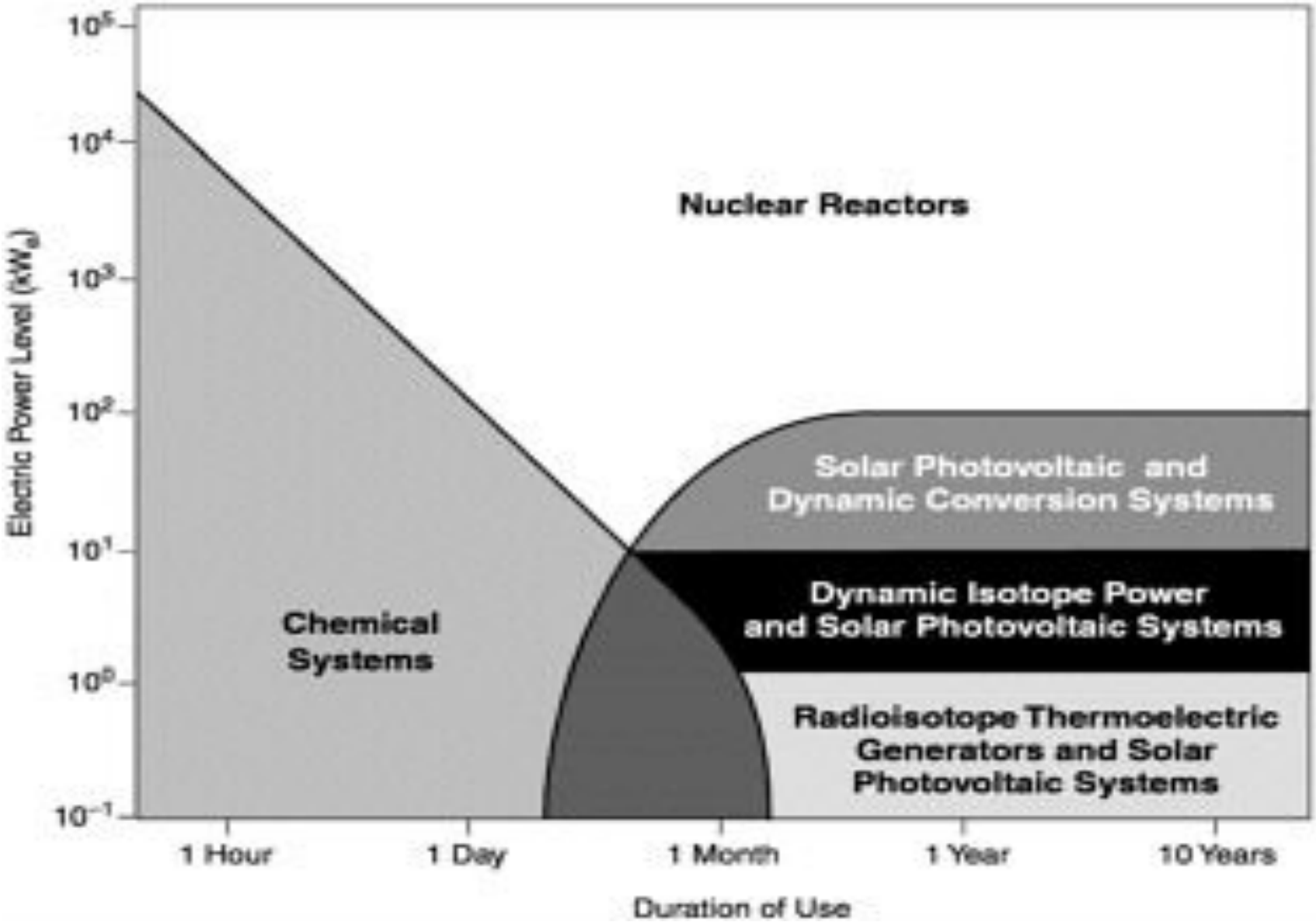
$$\eta_T = 1 - T_2 / T_1;$$

$$Q_2 = F \sigma T^4;$$

$$\frac{W}{F} = \frac{\eta Q_1}{F} = \sigma T_1^4 \frac{\eta_T \eta_{BH} (1 - \eta_T)^4}{1 - \eta_T \eta_{BH}}.$$

$$1 - \eta_T - 4\eta_T (1 - \eta_T \eta_{BH}) = 0.$$

$$\eta_T = 0{,}2 - 0{,}25.$$



Power system options for specific mission durations.

Космическая ЯЭУ «БУК»

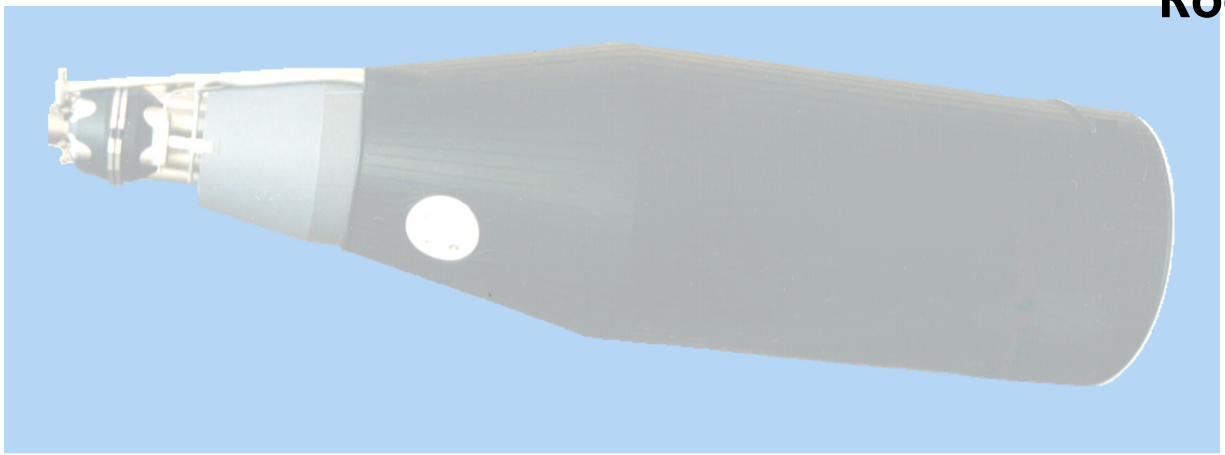
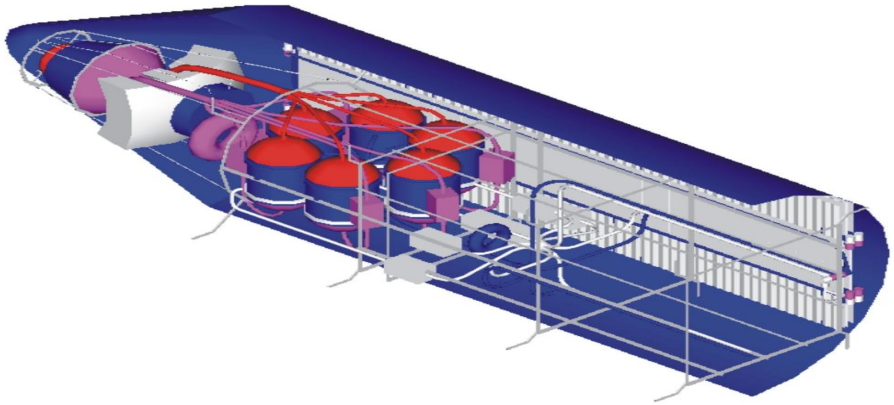


Схема космической ЯЭУ «БУК-ТЭМ» с трубчатыми термоэлектрическими кремний-германиевыми преобразователями нового поколения

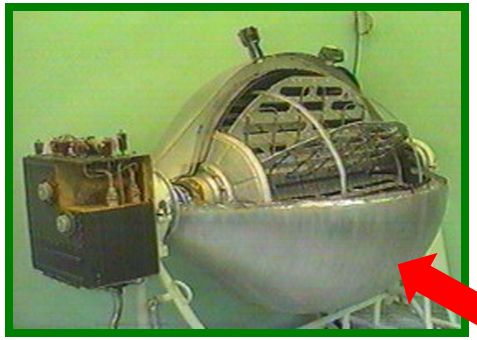


Основные технические характеристики ЯЭУ «БУК» и «БУК-ТЭМ»

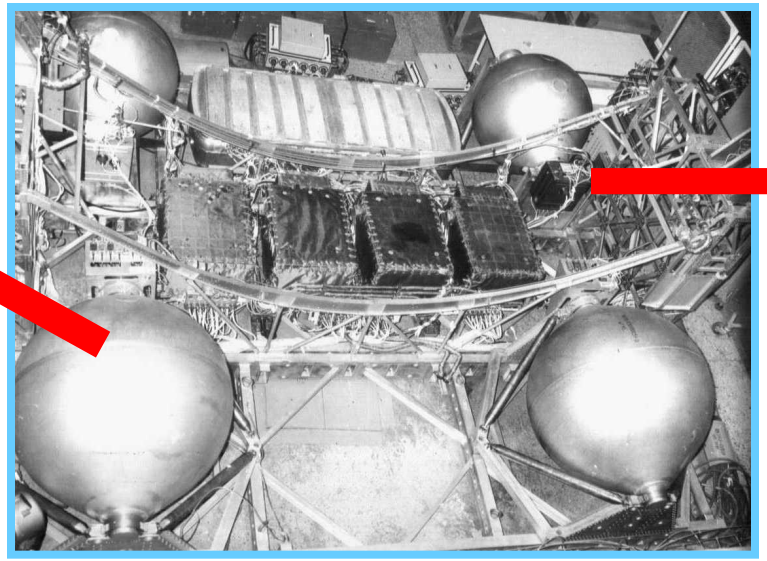
Параметр	Значение	
	«БУК»	«БУК-ТЭМ»
Тепловая мощность, кВт	~100	~4000
Электрическая мощность, кВт		
в транспортном режиме с ЭРДУ	–	100
в номинальном режиме	~3	50
Планируемый ресурс, лет	~0,4	10
Масса, т:		
• с натриевым ЖМТ	~0,9	~8
• с литиевым ЖМТ	(K-Na)	~6

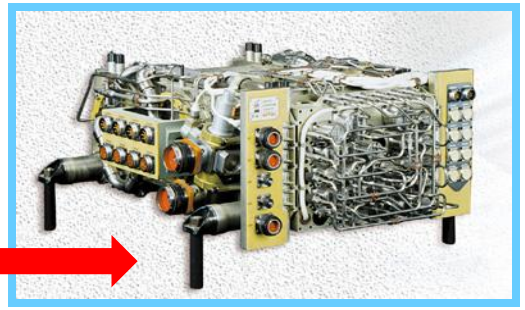
Энергоустановка с ЭХГ «Фотон» для КК «Буран» (1978-1990 гг.)

N = 40 кВт, W = 2000 кВт·ч



Блок криогенного водорода





Электрохимический генератор
N = 10 кВт