



***КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ
ПРОБЛЕМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ДВИГАТЕЛЕЙ***

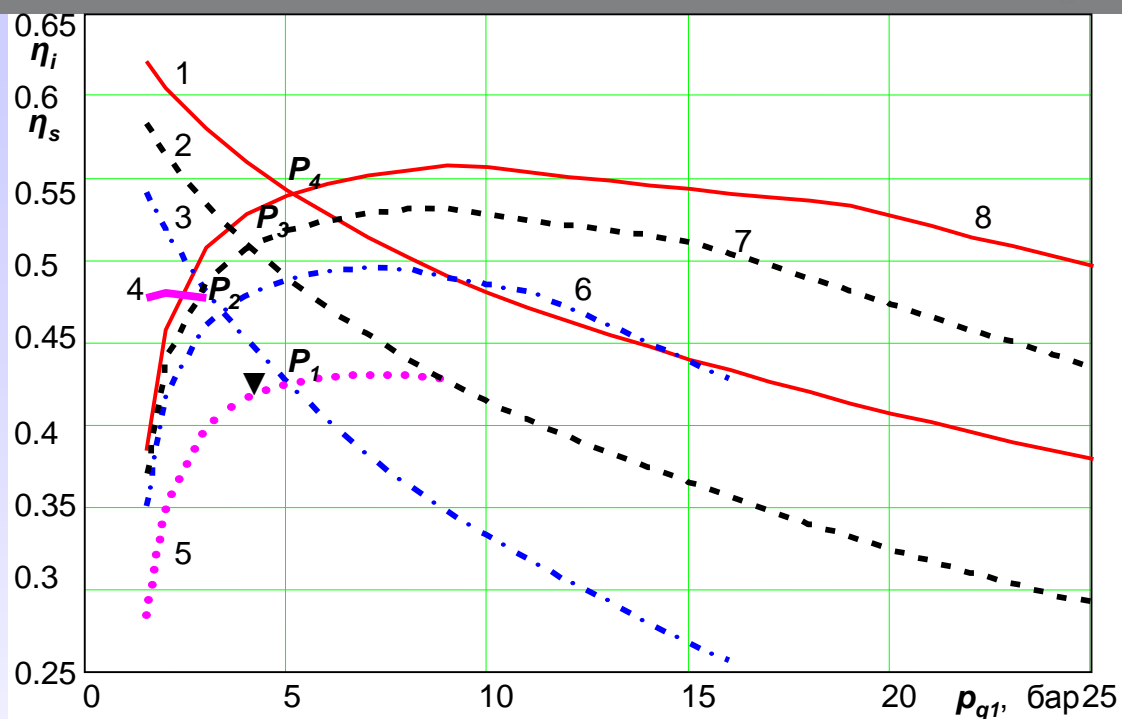
ПК НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ЭКИП»

111020 Москва, ул. Солдатская, д.3., тел.: (495) 660-02-93, факс: (495) 660-02-91

<http://www.ekip-projects.ru>

E-mail: ekip-moscow@mtu-net.ru

Диаграмма возможных параметров силовой установки в зависимости от давления в газосборнике



▼ - точка номинального режима свободнопоршневых генераторов газа (СПГГ) GS-34, CS-75, OP-95.

P_1, \dots, P_4 – точки перехода с двигательного режима на генераторный.

Зависимости индикаторного КПД (η_i):

1 – дизеля с переменной степенью сжатия при $p_{max} = 45$ МПа, 2 - $p_{max} = 25$ МПа, 3 - $p_{max} = 14$ МПа, 4 – дизеля с фиксированной степенью сжатия при $p_{max} = 14$ МПа.

Зависимости адиабатного КПД (η_s) СУ, работающей в генераторном режиме (определяется как отношение работы адиабатного расширения продуктов сгорания к теплоте, внесенной с топливом):

5 – СПГГ типа OP-95 при $p_{max} = 14$ МПа,

6, 7 и 8 - современных СПД при $p_{max} = 14$ МПа, 25 МПа и 45 МПа соответственно.

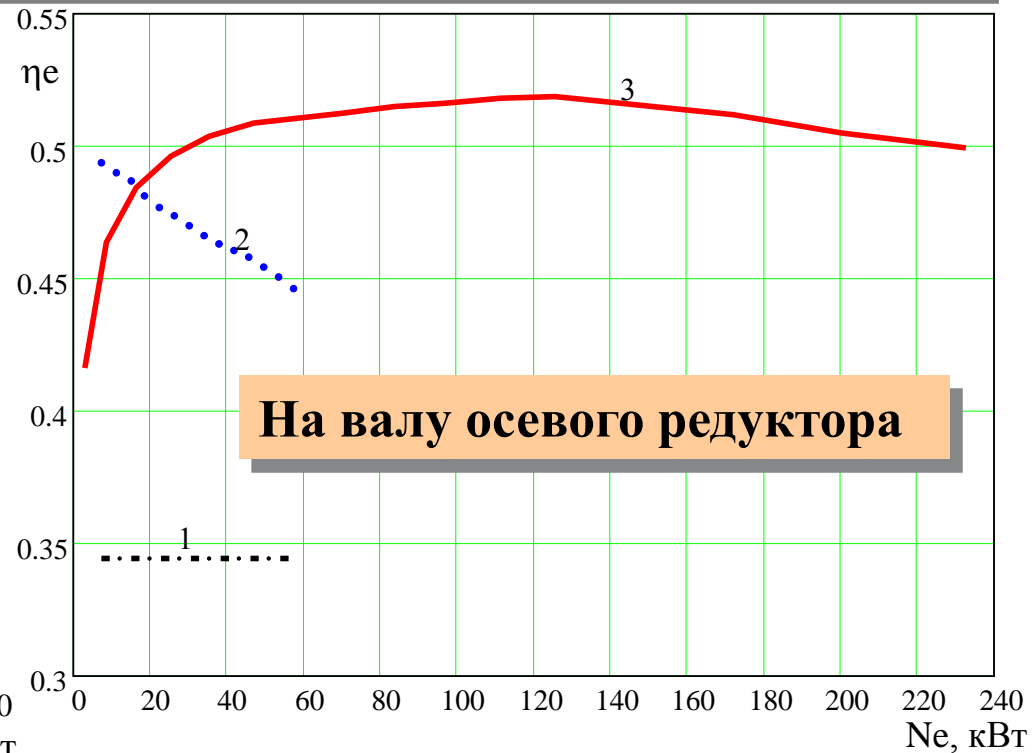
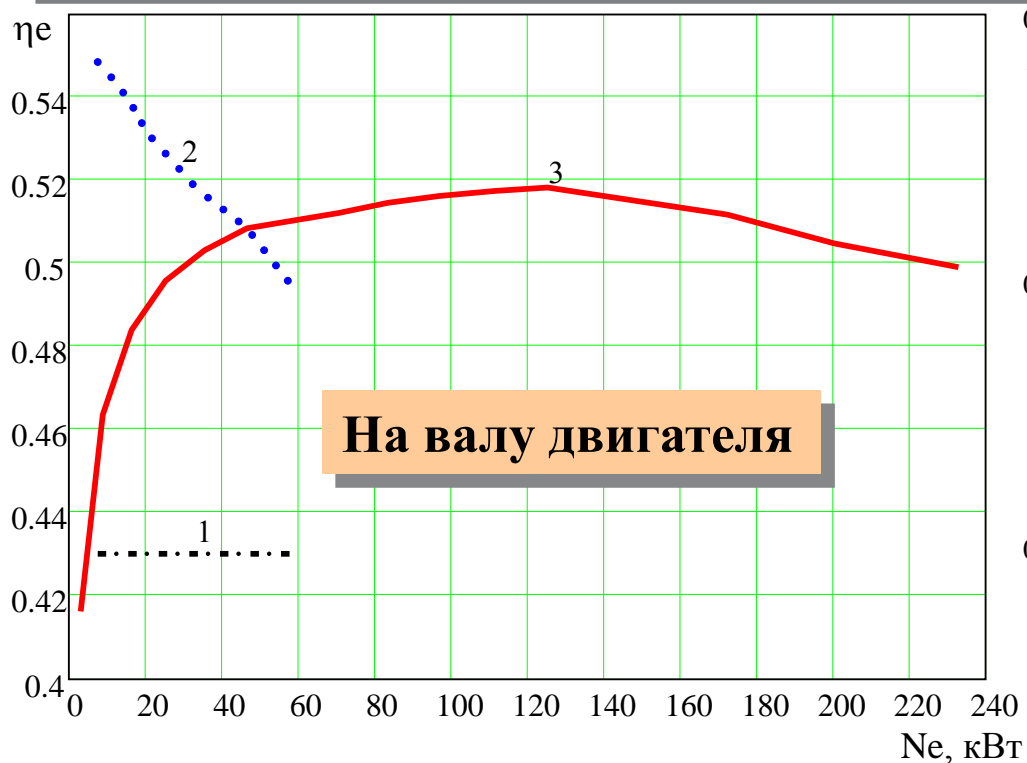


Преимущества СПД

- организация и условия протекания рабочего процесса в СПД обеспечивают высокие КПД и динамические показатели при отсутствии дымления (сажи) (преимущества свободного поршня в дизеле заключаются в оптимальном теплоподводе, отсутствии ограничений на жесткость и максимальное давление цикла, высокий механический КПД, незначительный (до 10%) провал коэффициента избытка воздуха при набросе нагрузки);
- **МНОГОТОПЛИВНОСТЬ**, возможность применения низкосортных альтернативных топлив и **газов произвольного состава**, включая сбросные и тощие (содержание метана более 10 – 20 % без потери мощности) **с воспламенением от сжатия**;
- динамическая уравновешенность, отсутствие вибраций и фундамента;
- низкие затраты при эксплуатации и ремонте;
- высокие пусковые качества при низких температурах;
- возможность отключения одного или нескольких СПД без остановки остальных;
- возможность повышения давления наддува и максимального давления сгорания;
- простота, надежность и технологичность конструкции;
- удобство компоновки в пространстве. Модульный принцип компоновки.



Нагрузочные характеристики газовых двигателей

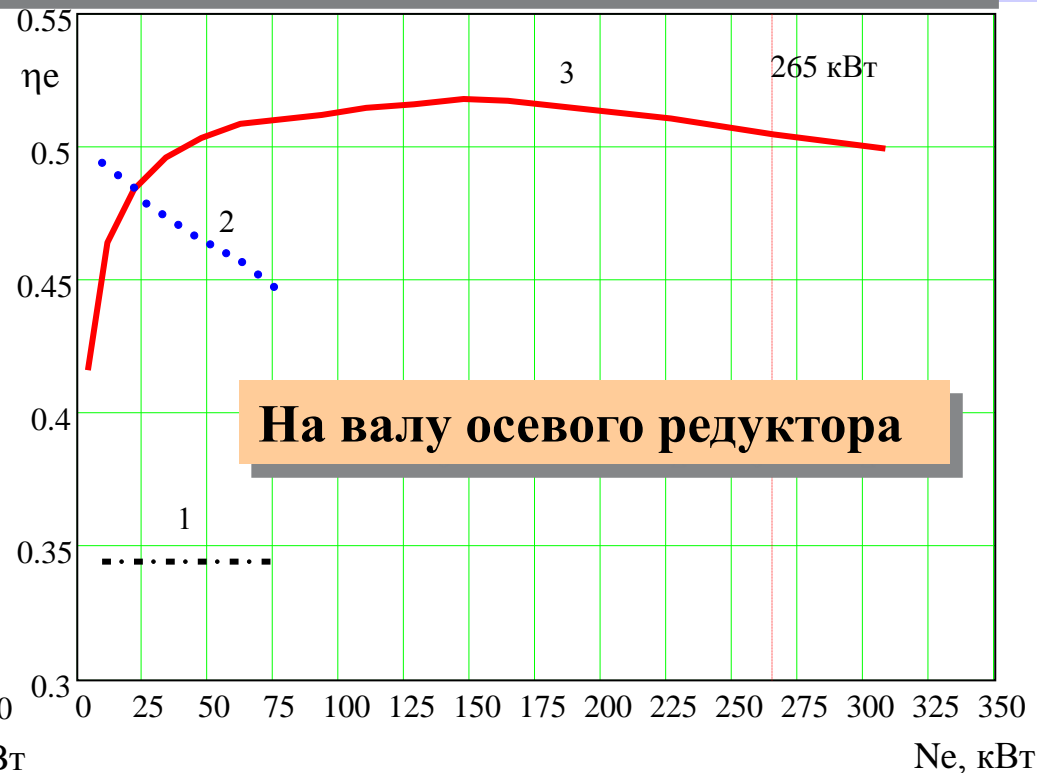
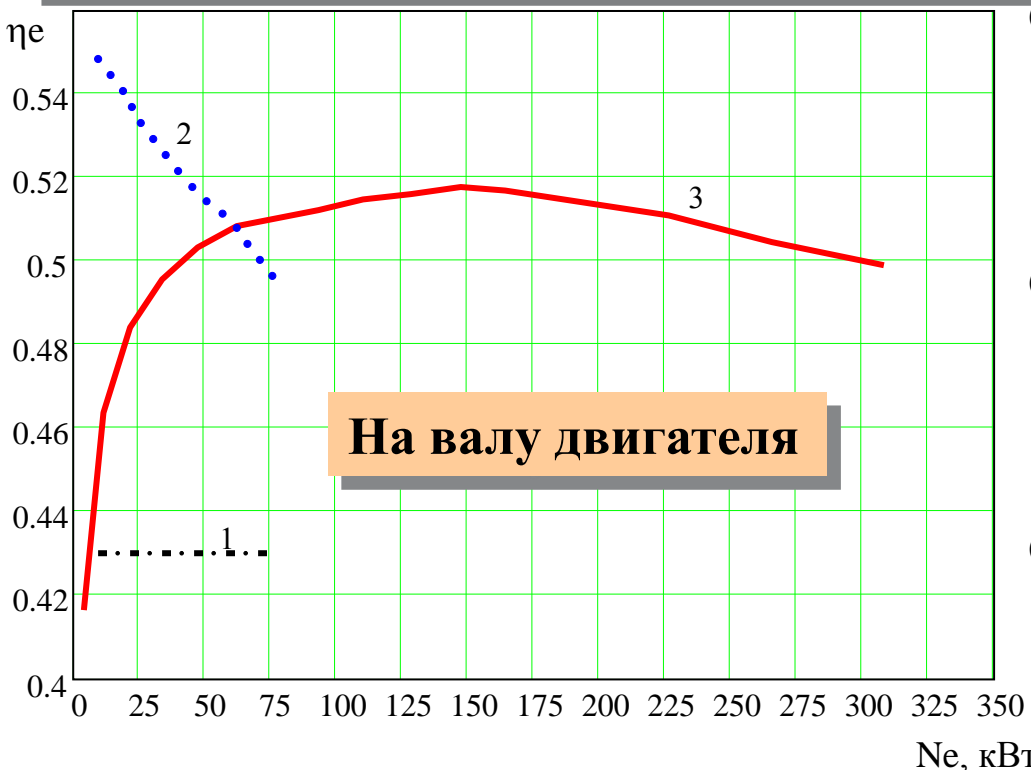


Зависимости эффективный КПД для различных типов ДВС при одинаковых полезном объёме и частоте циклов.

- 1 – газовый ДВС с КШМ (электропередача с КПД = 0,8);
- 2 – СПД в двигательном режиме (гидропередача с КПД = 0,9);
- 3 – КЭУ с СПД «П85» в генераторном режиме.



Нагрузочные характеристики различных энергоустановок

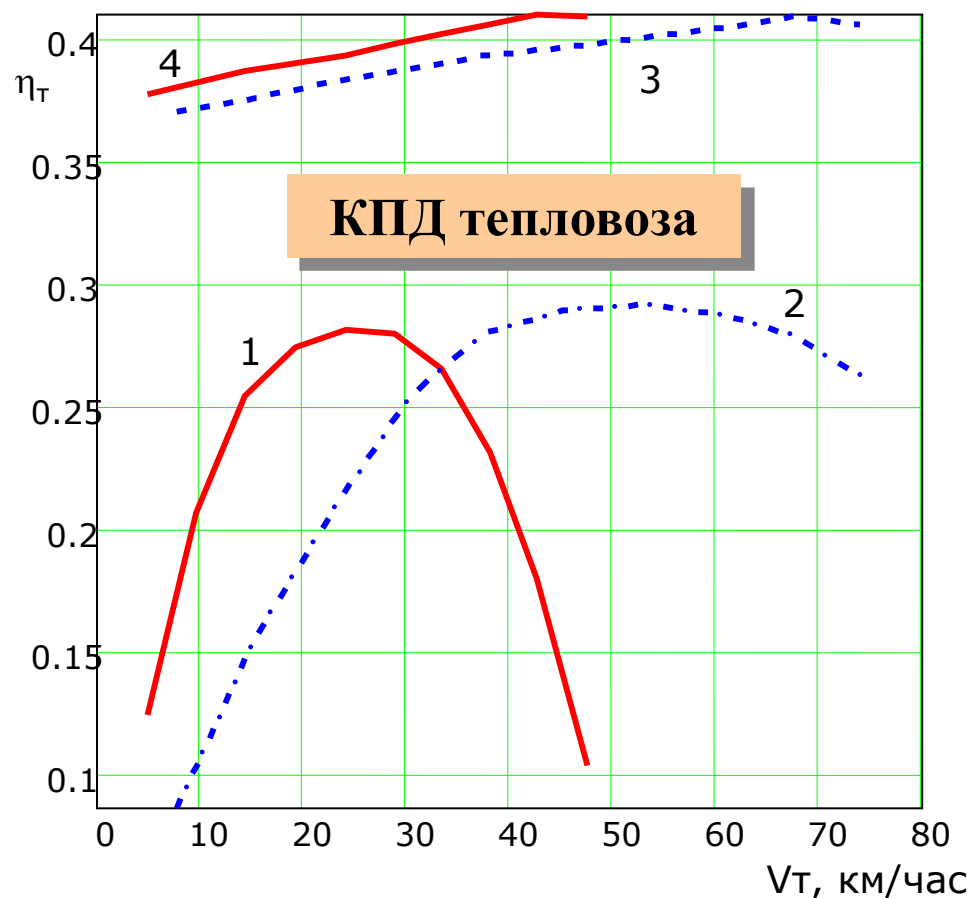
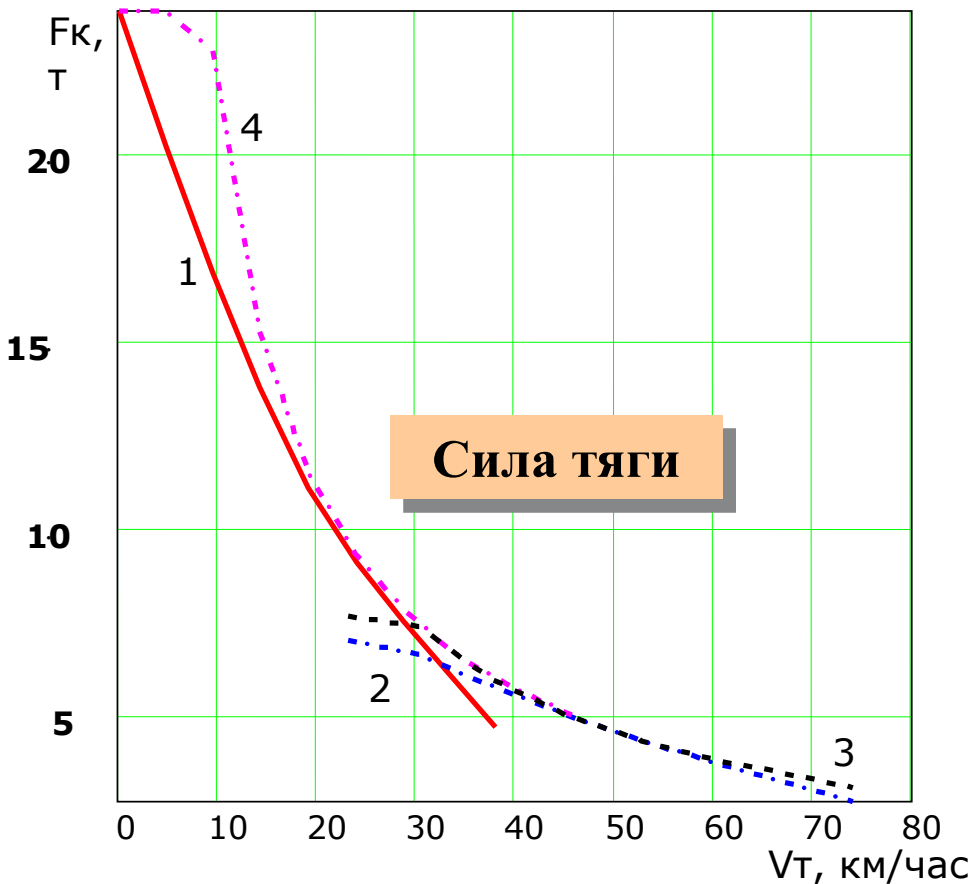


Зависимости эффективного КПД для различных типов ДВС при одинаковых: полезном объёме и частоте циклов.

- 1 – газовый ДВС с КШМ (электропередача с КПД = 0,8);
- 2 – СПД в двигательном режиме (гидропередача с КПД = 0,9);
- 3 – КЭУ с СПД «П95» в генераторном режиме.



Характеристики тепловоза ТГМ6В



1,2 – штатная комплектация с дизелем 7-6Д49 мощностью 882 кВт (1200 л.с.);
3,4 – КЭУ в составе 2 СПД, ОРМ, турбокомпрессор (в гидропередаче отсутствуют гидротрансформаторы)

мощность КЭУ уменьшена на 10 %

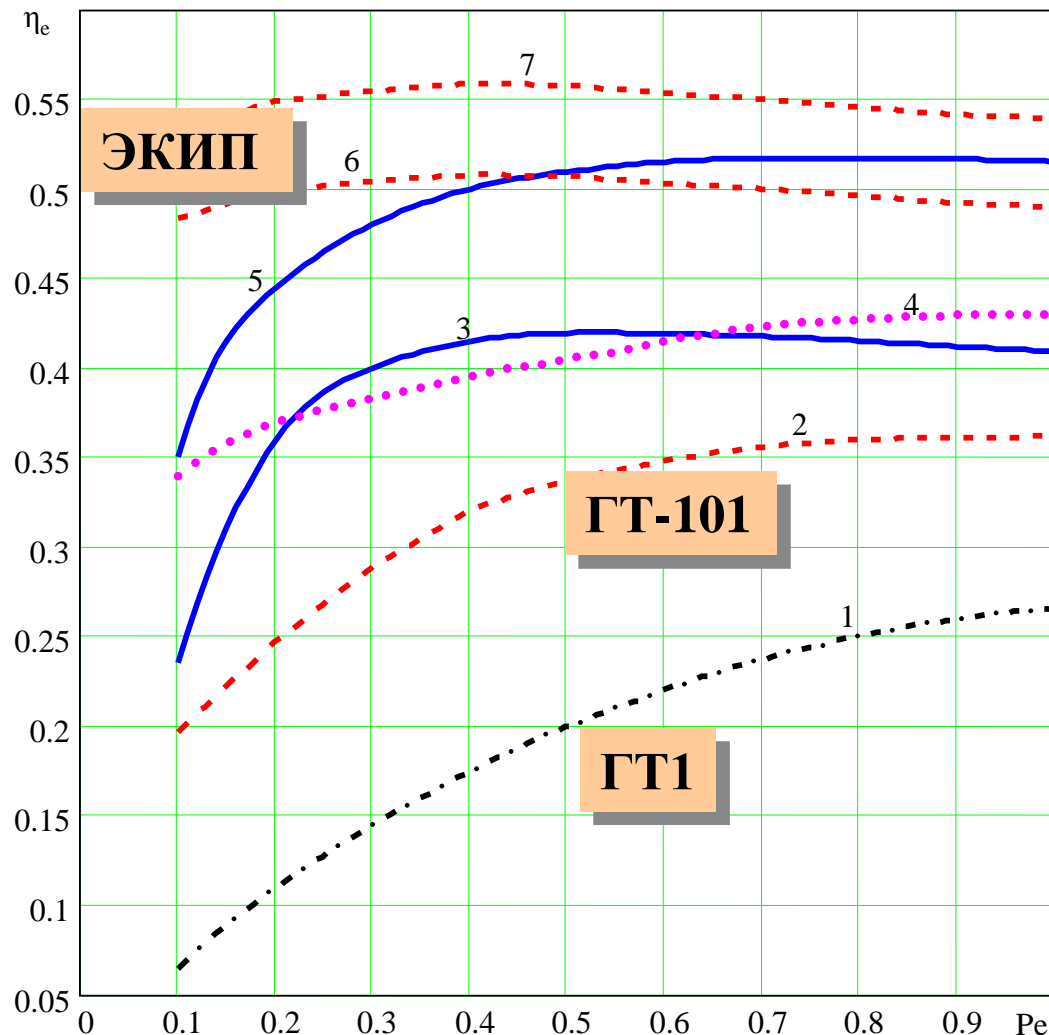


Нагрузочные характеристики различных энергоустановок

η_e – эффективный КПД,

P_e – эффективная мощность.

- 1 – ГТД НК 361;
- 2 – ГТУ со свободнопоршневым генератором газа (СПГГ);
- 3 – ГТД1000 (проект МПП «Салют»);
- 4 – дизель Д49;
- 5 – ГТД с 3 регенераторами (проект ЦИАМ - ВНИИЖТ);
- 6 – КЭУ;
- 7 – КЭУ с 1 регенератором.

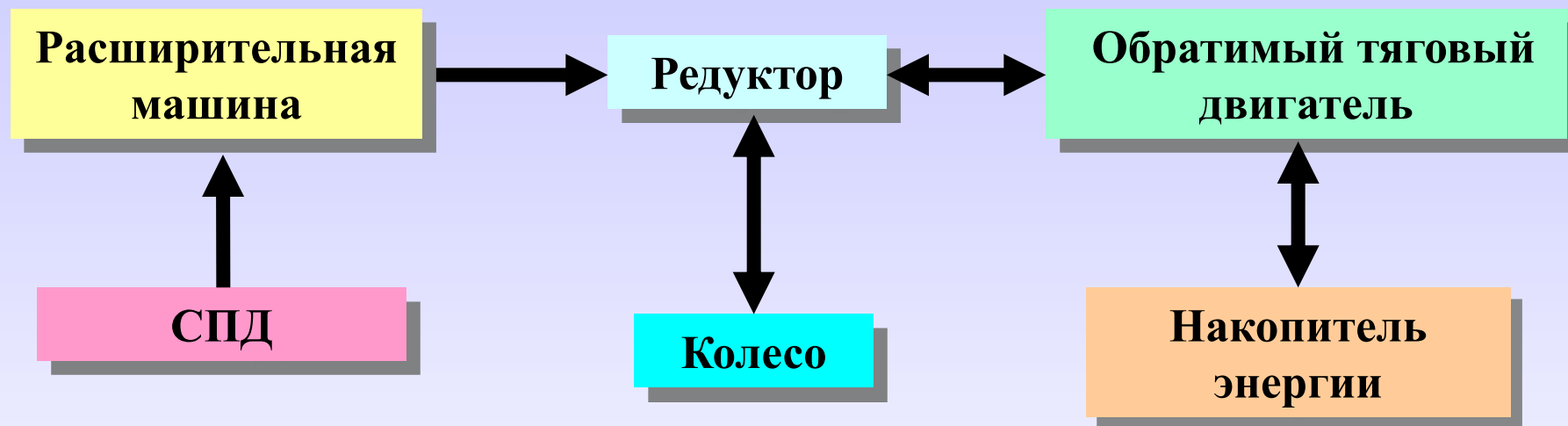


Характеристики различных энергоустановок

Тип силовой установки	ГТУ с СПГГ	ГТД НК-361	КЭУ	ГТД1000	КЭУ
Состав силовой установки (СУ)	4 СПГГ ОР-95 и силовая турбина	Двухвальный ГТД со свободной силовой турбиной	2 СПД П320, силовая турбина, турбокомпрессор		2 СПД 1МП120, объёмная РМ, турбокомпрессор
Максимальная мощность, кВт	2206	8300	10100	1000	1200
Температура газа перед турбиной, К	800	1157	1056	1220	1070
Расход воздуха, кг/с	9,2	56,5	22	5	2,3
Масса СУ, т	27		12	5	1,2
Топливо	Дизельное, сырая нефть	Сжиженный природный газ (СПГ)	Любое жидкое или газообразное	КПГ	Любое жидкое или газообразное



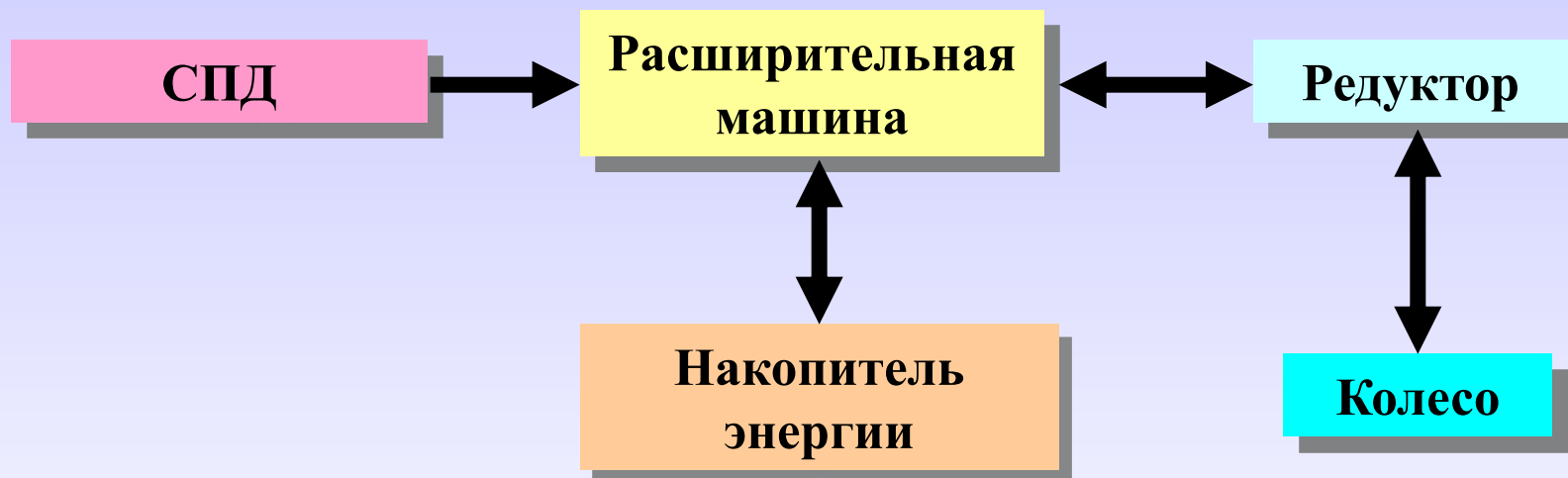
Схема гибридной силовой установки, обеспечивающей Евро – 5, (параллельная работа с электрическим или гидравлическим тяговым двигателем)



Евро – 5 обеспечивается автоматически работой СПД на природном газе с воспламенением от сжатия и с регулируемой степенью сжатия.



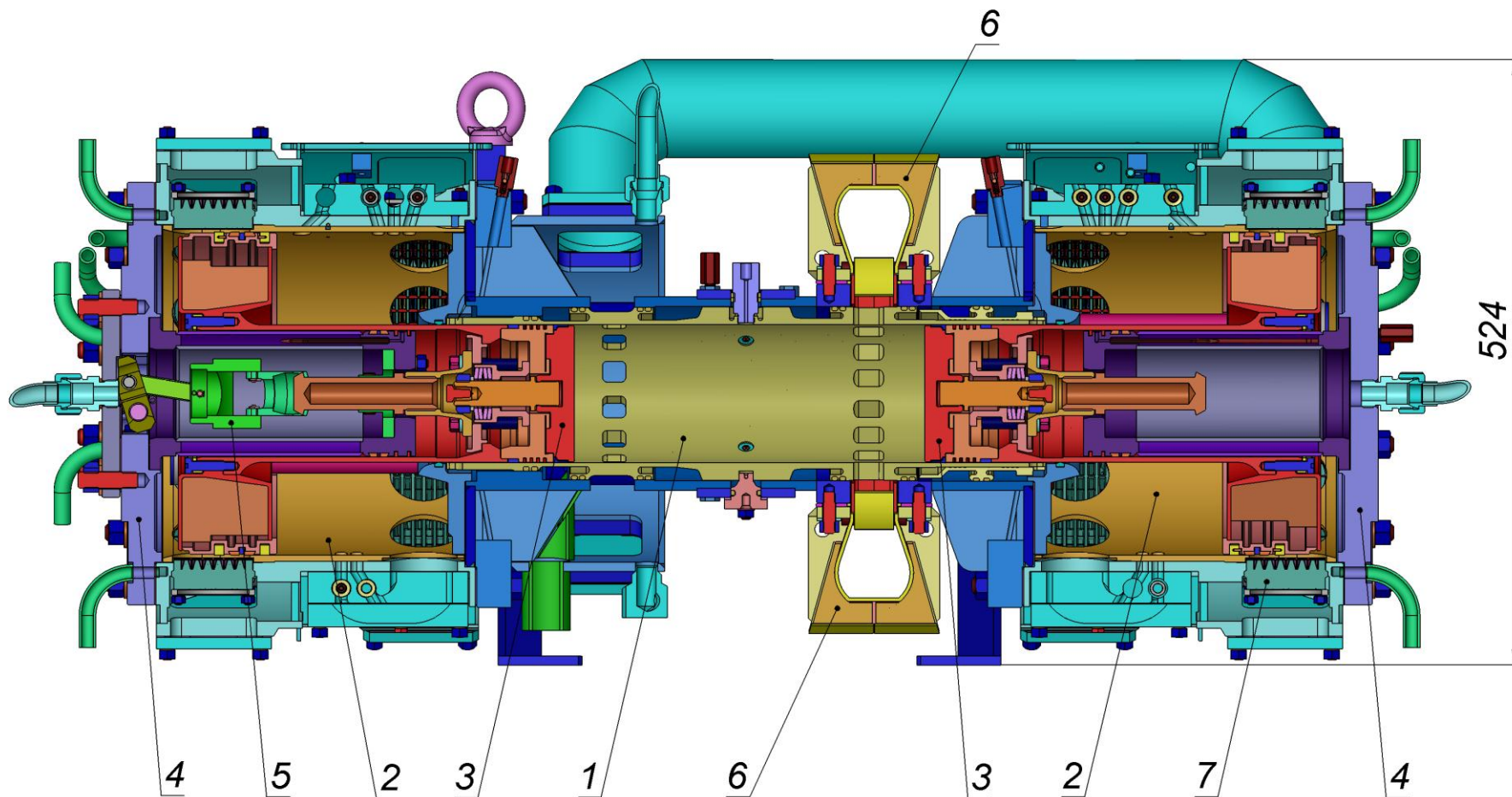
Схема гибридной силовой установки с пневматической передачей



Для обеспечения полной рекуперации энергии торможения расширительная машина должна быть переразмерена относительно условий разгона (трогания) или иметь 2 накопителя энергии.



Свободнопоршневой двигатель 1МП120



1-остов, 2-компрессоры, 3-поршни, 4-буферные крышки, 5-механизм пуска, 6-выхлопные патрубки, 7-клапаны.

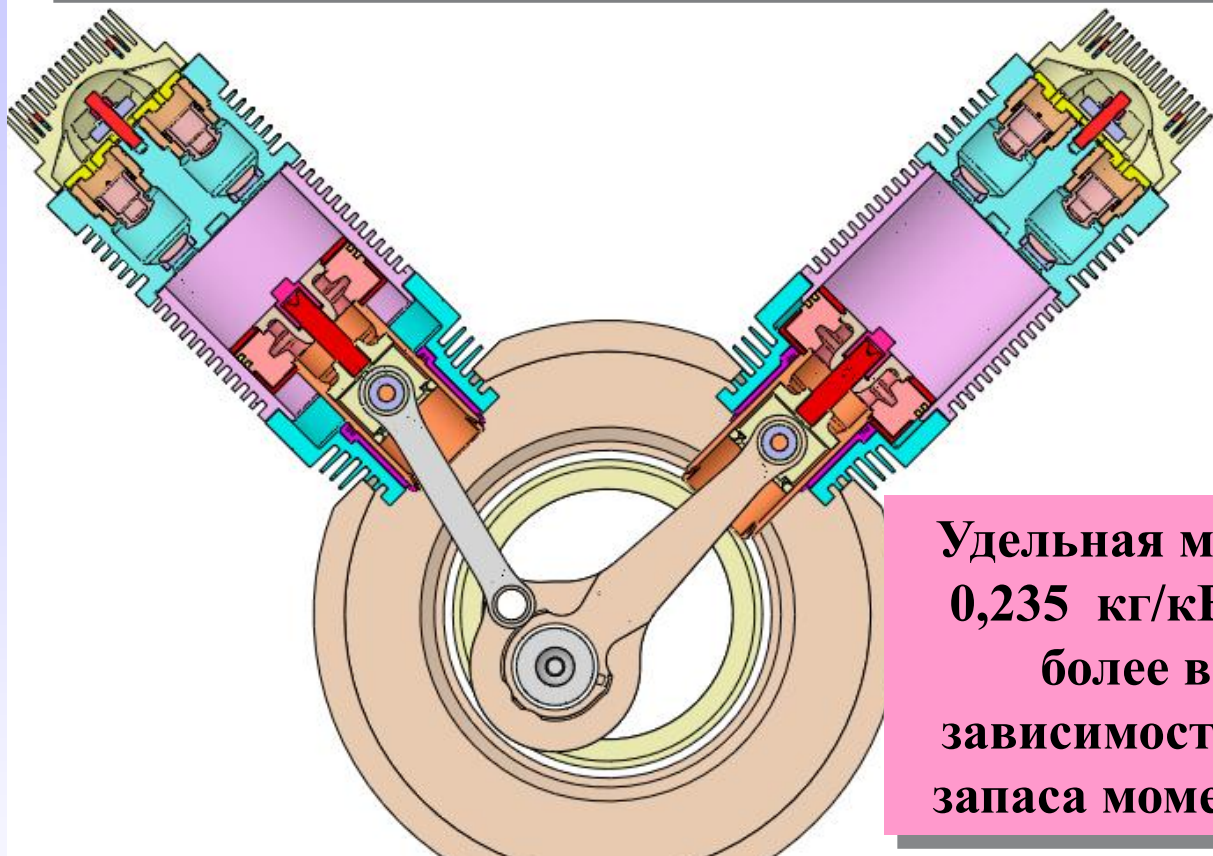


Характеристики симметричных СПД

Тип СПД	П85	П95	1МП120
Диаметр цилиндра двигателя, мм	85	95	120
Номинальный ход поршня, мм	142	142	142
Длина, мм	1230	1230	1254
Ширина, мм	406	454	573
Высота, мм	372	415	524
Масса, кг	205	270	420
Мощность оптимального режима, кВт	125	147	235
Частота циклов оптимального режима в мин	2440	2590	2600
Мощность номинального режима, кВт	200	265	423
Частота циклов номинального режима в мин	2710	2795	2800
Допустимый длительный перегруз по мощности	20 – 60 %	20 – 60 %	20 – 60 %
Эффективный КПД, %	48 - 52	48 - 52	48 - 52



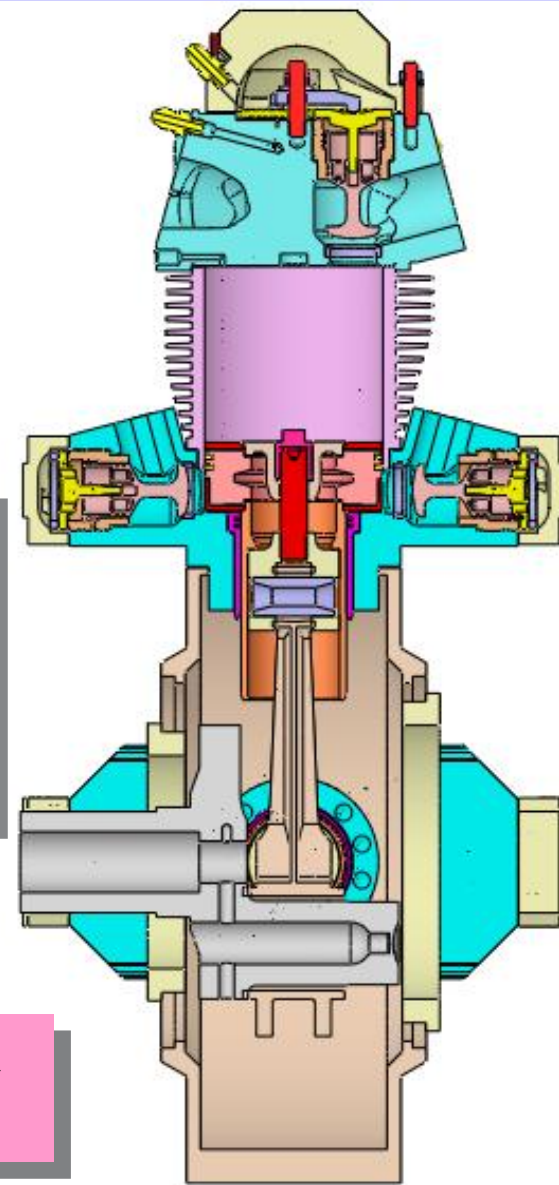
Расширительная машина двойного действия



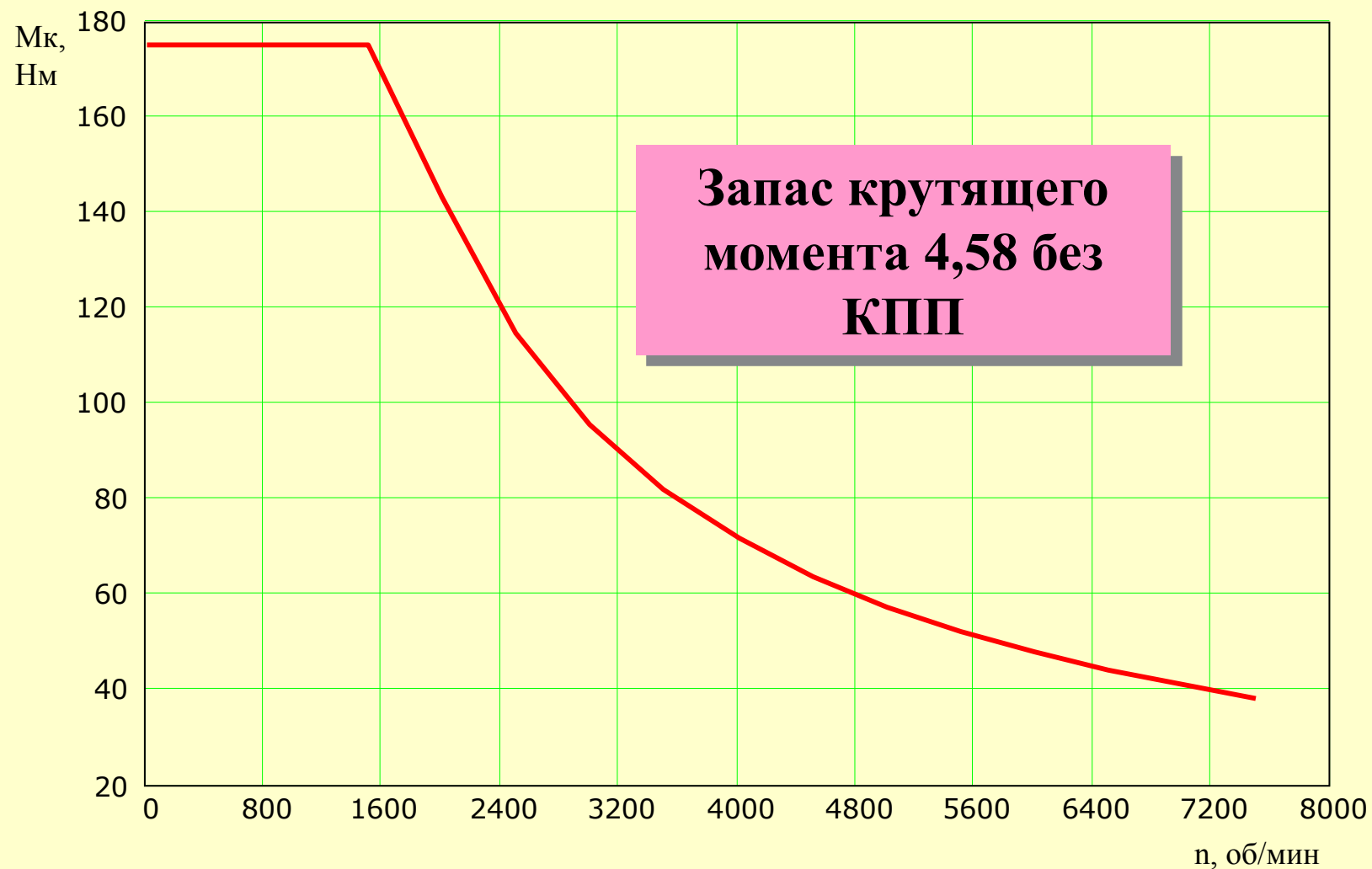
Удельная масса
0,235 кг/кВт и
более в
зависимости от
запаса момента.

Для непрерывного момента с нулевых оборотов
требуется не менее 3-х рабочих полостей.

Привод клапанов гидropневматический с
электронным управлением фазами.



Тяговая характеристика КЭУ для ОАО «ЯРОВИТ»

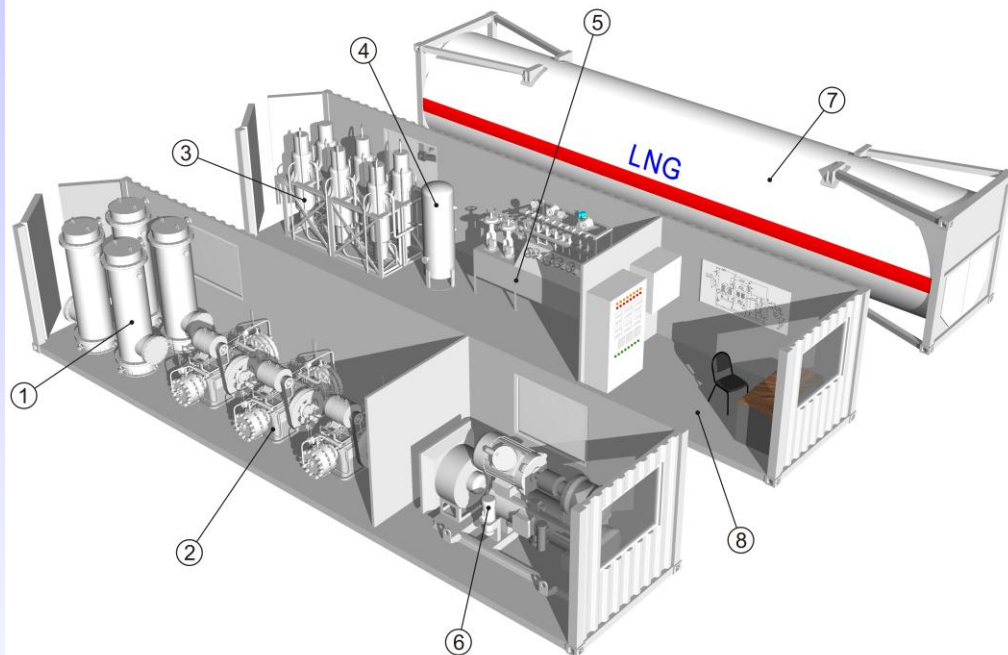


Установки получения СПГ



**Стационарная установка СПГ
производительностью 1 т/час.
Потребляемая мощность 650 кВт.**

Установка для получения СПГ (контейнерное исполнение)



1 - адсорбер, 2 - компрессор, 3 - теплообменник, 4 - сепаратор, 5 - стойка арматурная, 6 - холодильная машина, 7 - контейнер-цистерна, 8 - операторская

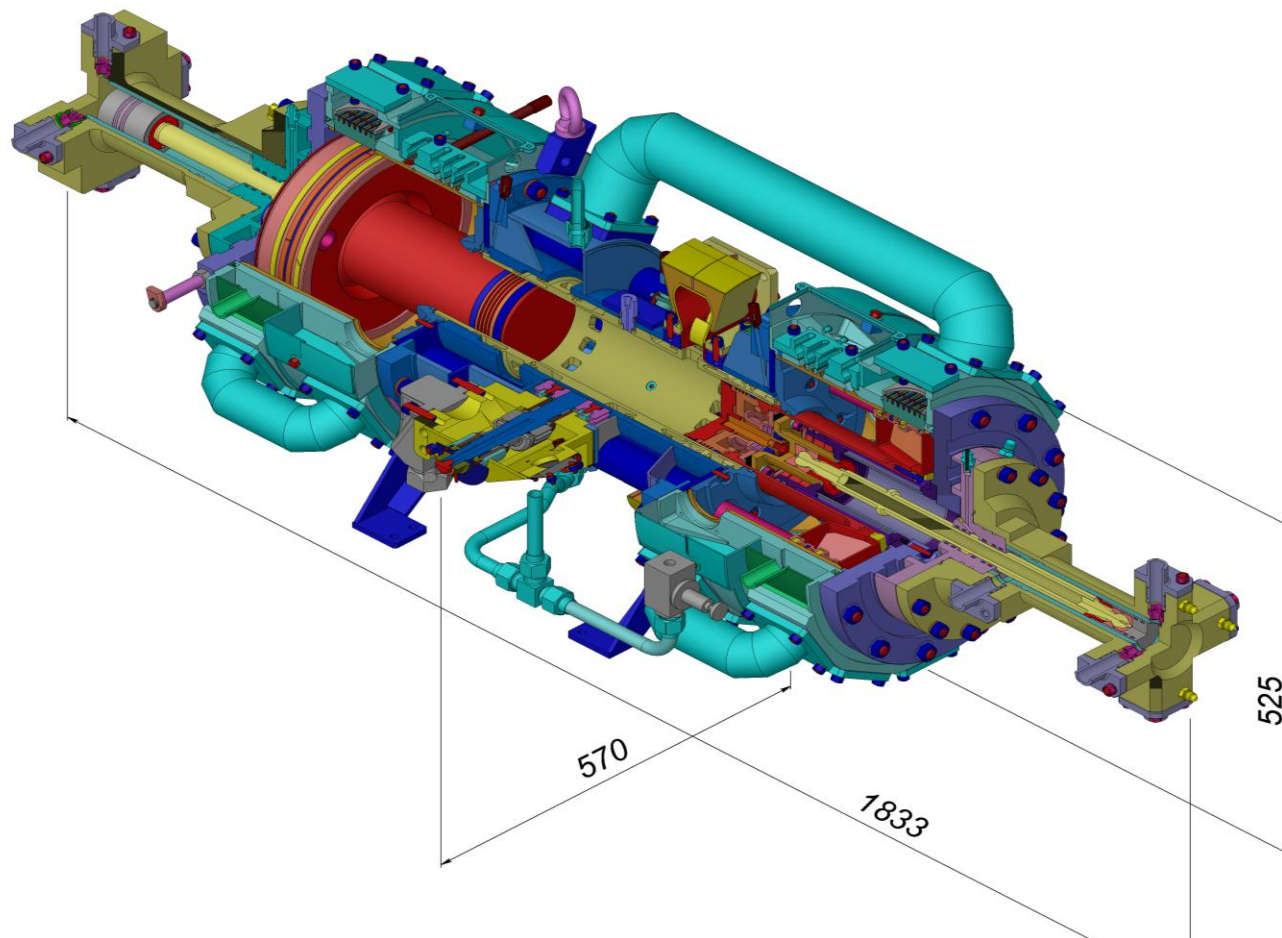
**В случае СПДК блок
электростанции не требуется.**

**Применение волнового обменника давления и СПДК позволяет
на 30 % снизить энергозатраты и утилизировать сбросные газы.**



Свободнопоршневой дизель – компрессор (СПДК) 1МП120К

СПДК имеют малые габариты и массу, абсолютно уравновешены (не требуется фундамент), легкий и надежный пуск. Затраты на 1 м³ вырабатываемого сжатого воздуха или газа у СПДК в 1,5 – 2 раза ниже, чем у приводного компрессора равной производительности. Приводной двигатель – газовый дизель с воспламенением от сжатия.



Материалоёмкость СПДК в 3,8 – 6,5 раза меньше электроприводных компрессоров.

Сменные компрессорные ступени без смазки обеспечивают работу СПДК с произвольными давлениями всасывания и нагнетания.

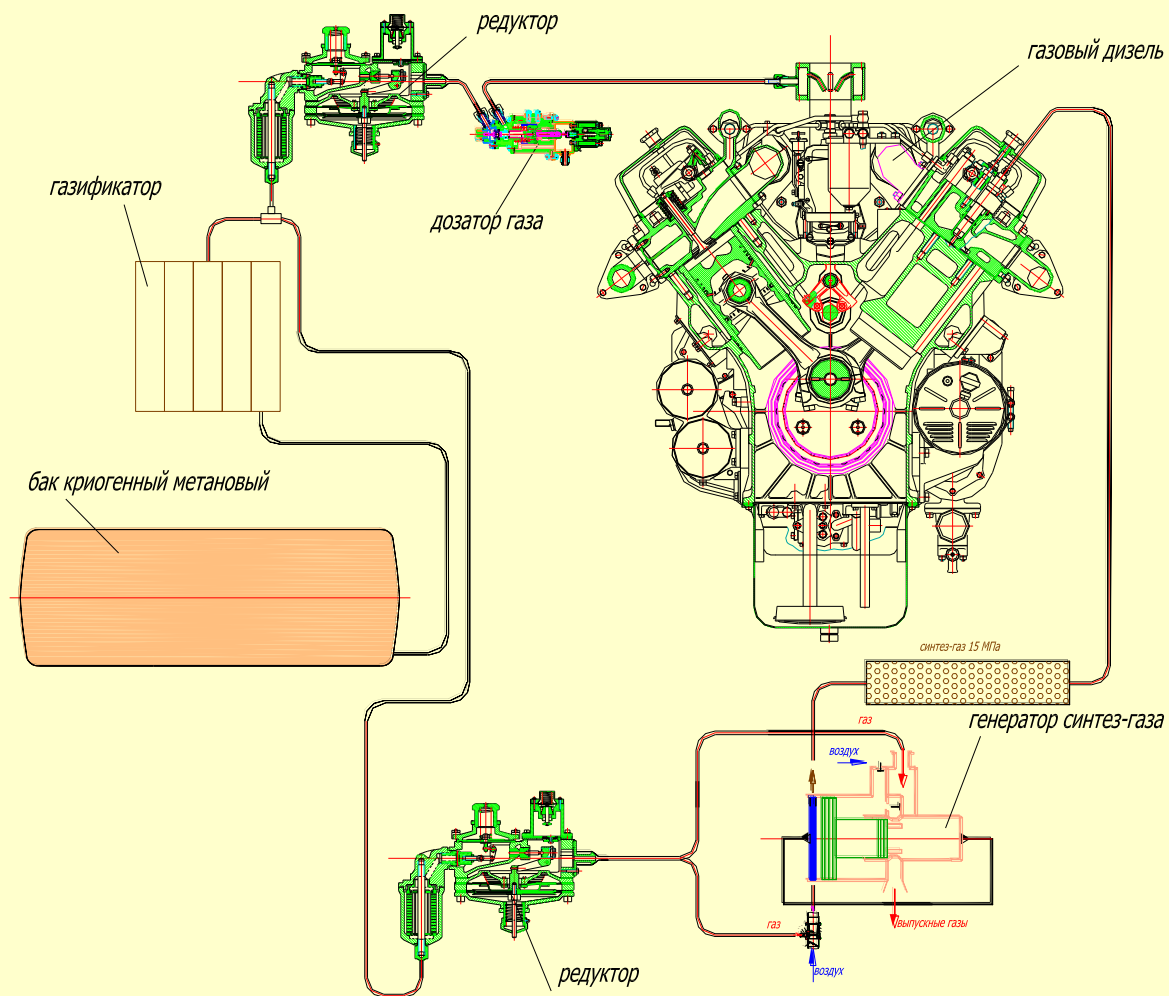


Характеристики симметричных СПД в режиме СПДК

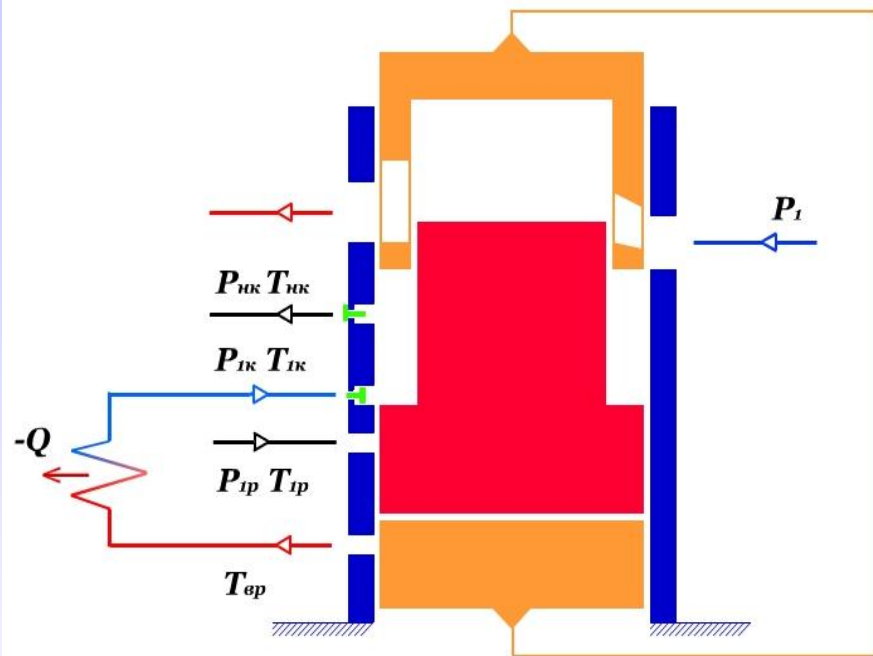
Тип СПДК	П85К	П95К	1МП120К	П320К
Диаметр цилиндра двигателя, мм	85	95	120	320
Длина, мм	1810	1810	1833	5450
Ширина, мм			573	1200
Высота, мм			524	1500
Масса, кг			490	6000
Максимальная производительность, нм ³ /час при давлении всасывания , бар:	Давление нагнетания 250 бар			
1,1 – 3	288	360	480	4800
3 – 6	390	488	650	6500
25 - 45	840	1050	1400	14000
Мощность, кВт	60	75	100	1000



Схема силовой установки с однотопливным газовым дизелем на СПГ



Свободнопоршневой генератор компримированного синтез – газа (СПГКСГ)



**Производительность
в режиме СПДК 2,4
нм куб/час (три
заправки в сутки)
при давлении
нагнетания 150 бар и
давлении
всасывания
1 бар**



**Схема СПГКСГ с проточной продувкой реактора,
полным расширением, охлаждением и сжатием синтез-
газа в компрессоре.**

**T, p, Q – соответственно температура, давление и
теплоотвод; индексы: к, р, 1 соответствуют компрессору,
реактору и параметрам на входе в двигатель.**

**Внешний вид СПГКСГ
ПСГ28**



Характеристики СПГКСГ

Марка СПД	ПСГ28	П48	П85	1МП120	П320
Масса, кг	24,8	50	270	420	5000
Степень сжатия	63	72	106	104	100
Расход метана (без наддува), нм ³ /час	1,9	3,8	14,3	29,4	312
Выход синтез – газа (без наддува), нм ³ /час	9,3	18,5	69,8	143	1523
Мощность в режиме КЭУ, кВт	-	54	200	423	5000

Состав синтез-газа при $\alpha = 0,25$ (стехиометрия для метана):

**$H_2 = 0,38-0,406$, $CO = 0,185-0,196$, $N_2 = 0,39-0,4$,
 $CH_4, H_2O \leq 0,009$, $CO_2 \leq 0,001$, сажа отсутствует.**

