

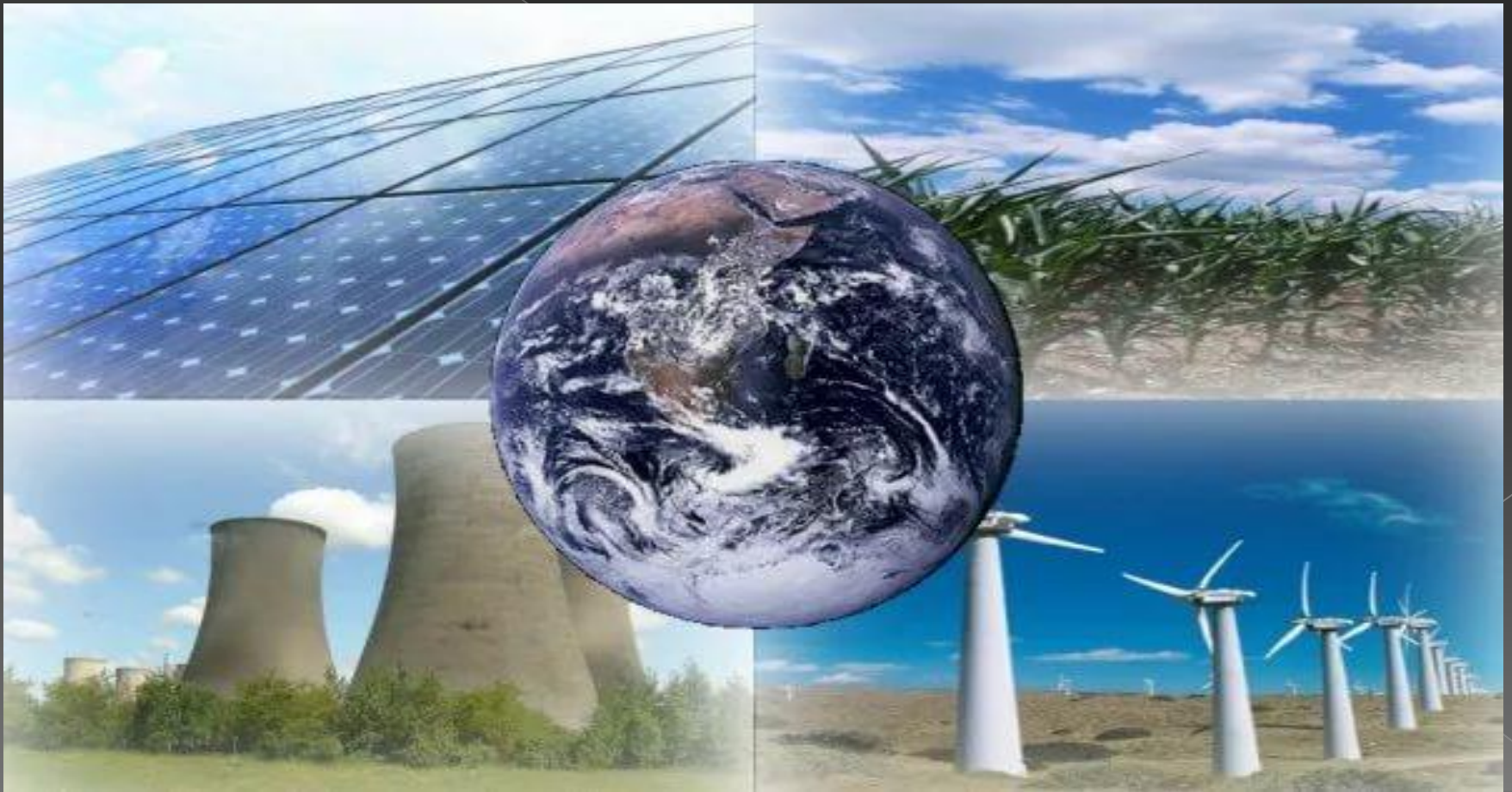
Использование энергии газового потока для выработки электрической энергии

Выполнил: Рахметуллаев Н.
Проверил: Сексенбай М.

- В программах перспективного развития аграрно-промышленного комплекса страны особое место уделяется повышению эффективности использования природных ресурсов. Особое место в этих программах уделяется разработке и внедрению мероприятий по снижению энергозатрат на единицу валового внутреннего продукта (ВВП).



- Значительные возможности экономии энергетических ресурсов имеются при их потреблении на большинстве предприятий. При этом вопросы рационального использования вторичных энергоресурсов являются одними из ключевых в программах энергосбережения большинства промышленных предприятий нашей страны.



- Транспортировка газа по магистральным и распределительным сетям осуществляется при высоких давлениях газа (до 75 атм). Перед подачей потребителям давление газа на газораспределительных станциях (ГРС) снижается до уровня, требуемого потребителю. При этом потенциальная энергия сжатого газа безвозвратно теряется.
- В целях энергосбережения и повышения эффективности общественного производства эту энергию нужно и можно утилизировать с получением положительных эффектов.

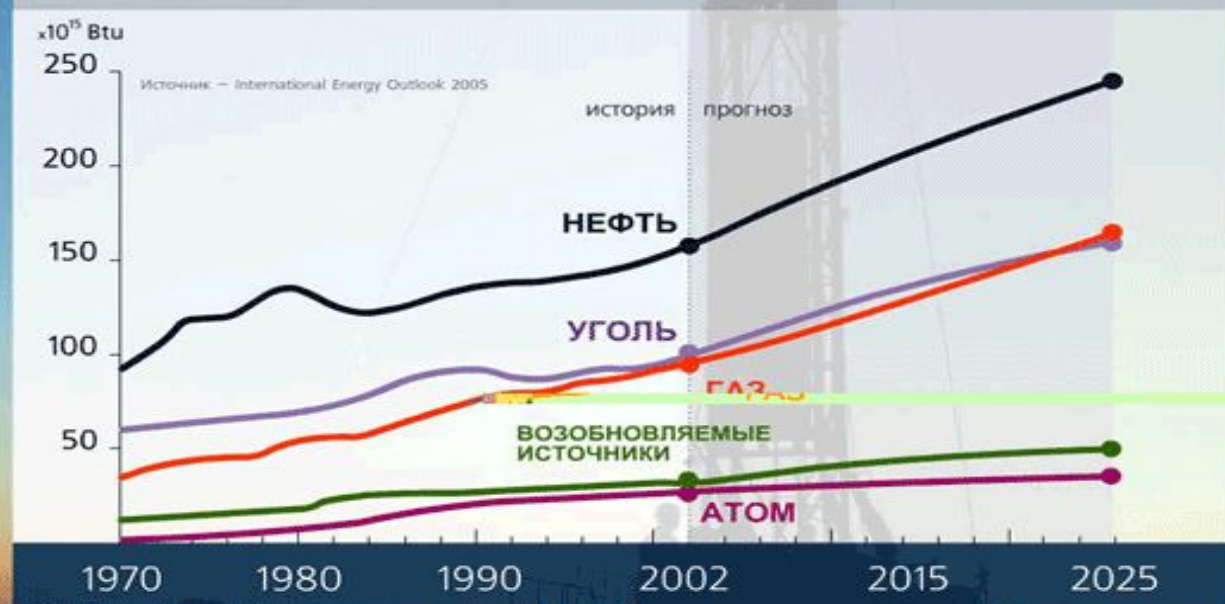


- По сценариям экспертов, мировая потребность в газе к 2030 году возрастет по сравнению с нынешним уровнем более чем в два раза. Следовательно, объемы выработки электроэнергии на ГЭС с применением ДГА так же могут быть увеличены в 1,3-1,5 раза.

МИРОВОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЭР

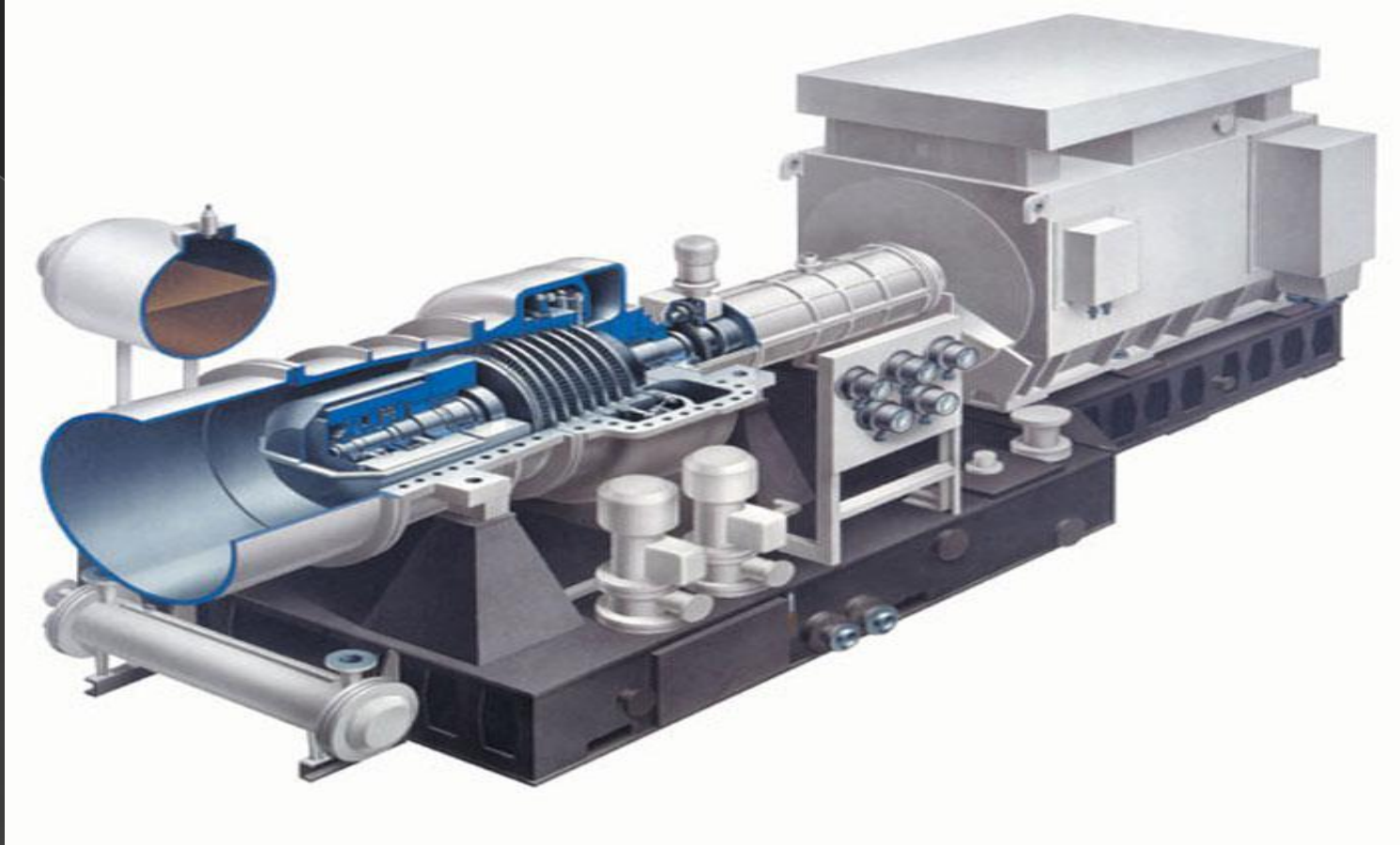


Динамика потребления энергии в мире по типам энергоносителей



- Идея преобразования энергии сжатия природного газа в электрическую энергию имеет давнюю историю. Смысл ее состоит в том, чтобы рационально использовать перепад давлений природного газа (от 55-75 атм. до 0,1-0,5 атм.) при редуцировании на ГРС (ГРП) на всем пути от газового месторождения к потребителю.
- Для Казахстана, который является одним из производителей и потребителем природного газа реализация этой идеи имеет особое значение.





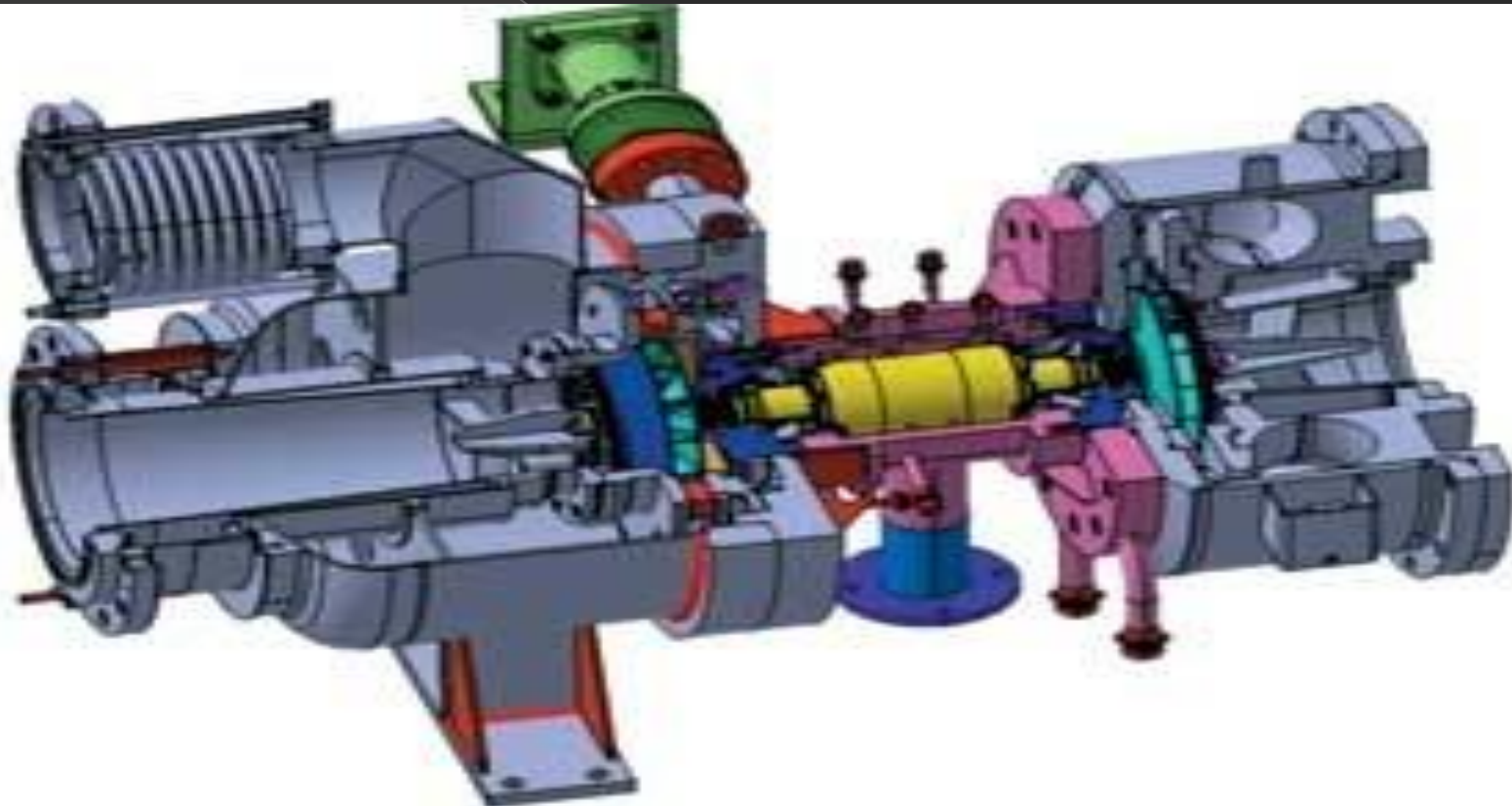
- Выработка электроэнергии с помощью детандер-генераторных агрегатов (ДГА) на газораспределительных станциях и пунктах при редуцировании газа является одним из высокоэффективных способов энергосбережения в газотранспортной системе страны.

- По оценкам специалистов, детандер-генераторные установки мощностью от 2,5 до 30 МВт можно установить более чем на 600 газораспределительных станциях и пунктах газовых сетей Казахстана. Их суммарная мощность превысит 2750 МВт, и они смогут производить около 22 млрд кВт-ч год, что позволит ежегодно экономить примерно 6 млрд куб.м газа и создавать Единиц Сокращения Выбросов (ЕСВ) в размере около 15 млн. тонн CO₂ эквивалента



- **НАЗНАЧЕНИЕ:** Выработка экологически чистой электроэнергии (без сжигания топлива) и, если нужно, холода, используя перепад давления газа на газорегуляторных пунктах с расходом газа более 6 тыс. нм³/ч. Поддержание заданного давления газа за газорегуляторным пунктом при работе турбодетандера обеспечивается автоматически.
- **СОСТАВ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ:** Детандер-генераторный агрегат (газорасширительная турбина и электрогенератор), автоматизированная система управления, вспомогательное оборудование и аппаратура, подогреватель газа (при необходимости).
- **БАЗОВЫЙ ТИПОРЯД:** 0,1 МВт; 0,2 МВт; 0,3 МВт; 0,5 МВт; 0,75 МВт; 1,0 МВт; 1,5 МВт; 2,5 МВт; 4 МВт; 6 МВт.

- Система подогрева газа является одной из основных систем, определяющих технико-экономические показатели ДГА. Ее тепловая мощность выбирается по условиям обеспечения нормальной работы ГРС при самых экстремальных параметрах редуцируемого газа. Эта тепловая мощность эквивалентна, примерно, мощности детандера, а ее стоимость, по разным оценкам, может составлять до 40% общей стоимости ДГА. Анализ работы подогревателей газа на ГРС, проведенный специалистами, показал, что реальная тепловая мощность составляет не более 40 %



- Выбор схемы для подогрева газа перед детандером зависит от назначения и места нахождения газоредуцирующей станции. Если это жилой район или поселок, то для подогрева газа на ГРС устанавливается специальная газовая печь. Обеспечение ее работы требует сжигания топлива. Это приводит к расходу части транспортируемого газа и химическому и тепловому загрязнению окружающего воздушного бассейна. Наличие значительного количества электроэнергии на ГРС при работе ДГ А позволяет отказаться от огневого способа подогрева газа, перейдя на электроподогрев редуцируемого газа. Данная технология позволяет получить значительное улучшение следующих показателей ГРС. Во-первых, повышение пожаробезопасности: убирается из состава ГРС газовая печь. Во-вторых, не тратится газ, который шел на работу газового подогревателя. В-третьих, повышаются экологические характеристики ГРС.

- Известен способ работы детандерной установки, позволяющий обеспечить работу ДГА без сжигания топлива. Подогрев газа перед детандером производится с помощью теплонасосной установки (ТНУ) использующей часть энергии, вырабатываемой электрогенератором ДГА, для обеспечения своей работы. При этом для подогрева газа используется низкопотенциальная энергия. В качестве источника энергии могут быть использованы теплота окружающей среды или вторичные энергетические ресурсы предприятий. Данная технология требует значительного усложнения оборудования ГРС и пока экономически не целесообразна



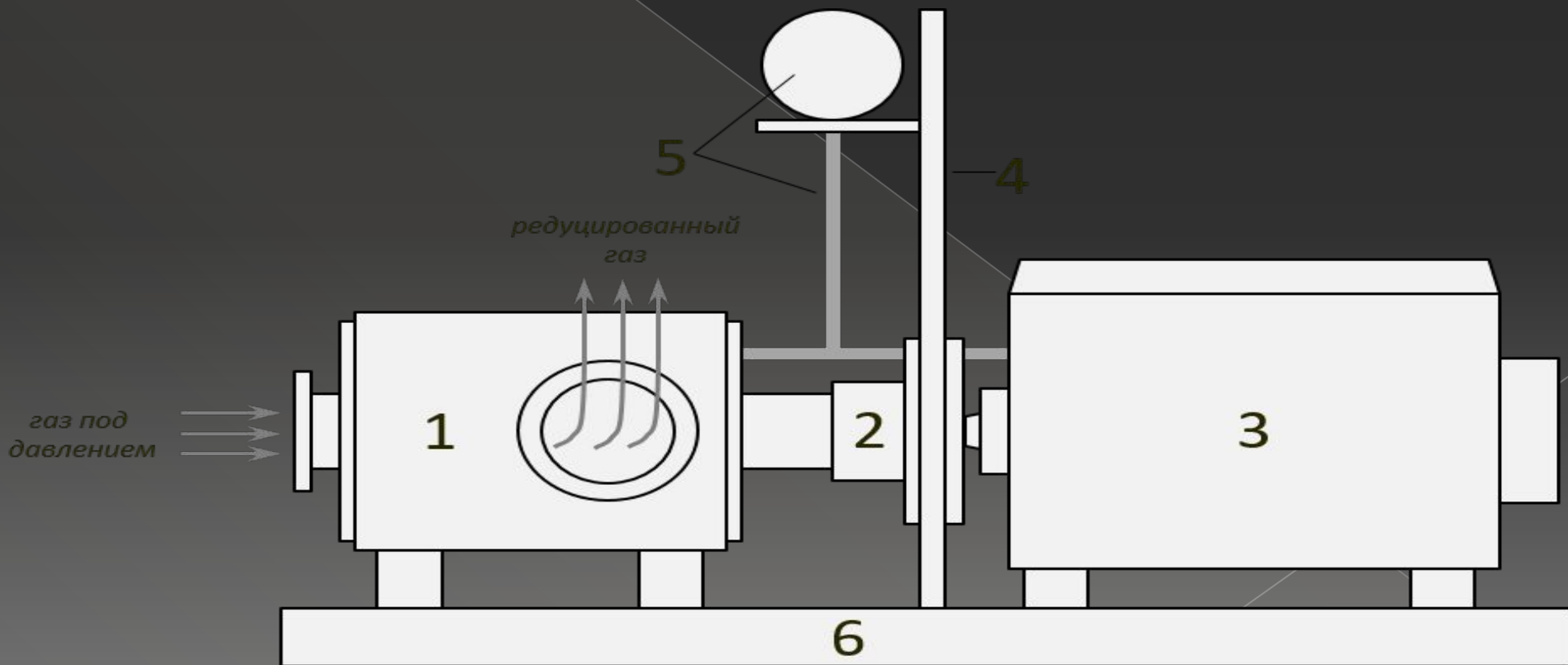
ДГА состоит из детандера, генератора, теплообменника, системы контроля и регулирования параметров процесса. В детандере энергия газового потока преобразуется в механическую работу, которая в свою очередь, может быть преобразована в электрическую энергию в соединенном с детандером генераторе. При работе таких установок есть возможность помимо электроэнергии получать теплоту и/или холод.

В мировой практике накоплен значительный опыт успешной эксплуатации ДГА. В зарубежной научно-технической периодической литературе дается высокая оценка эффективности ДГА, которая определяется прежде всего меньшими удельными капитальными затратами и удельными расходами топлива на выработку электроэнергии, чем на паротурбинных энергоблоках.

- Анализ работы детандер-генераторных агрегатов показал, что ДГА, хотя и позволяют, используя технологические перепады давления транспортируемого природного газа, получать электроэнергию со значительно более высокой экономичностью, чем традиционные паротурбинные и газотурбинные установки, но обеспечение их работы требует наличия большого количества низкопотенциального теплоносителя или сжигания топлива. Это связано с тем, что при работе детандер-генераторных агрегатов происходит значительное понижение температуры газа. Если температура газа понизится слишком сильно, то возможно появление и выпадение гидратов в редуцируемом газе, что является недопустимым. Для предотвращения гидратообразования температуру газа необходимо поддерживать на определенном уровне в зависимости от давления и влажности газа.

- Газ перед детандером должен быть подогрет до такой температуры, чтобы на выходе из детандера температура газа была не ниже 0С. Это связано с обеспечением нормальных условий работы как самого детандера, так и газовых трубопроводов. Газ перед детандером подогревается, как правило, до 80...120С. Для подогрева газа на ДГА, обычно используются теплообменники, греющей средой в которых является вода, нагретая в котлах, сжигающих органическое топливо. На теплоэлектроцентрали газ может быть подогрет за счет теплоты отборного пара турбоустановки, для получения которого также должно быть затрачено органическое топливо. Таким образом, существующие детандер-генераторные агрегаты хотя и позволяют утилизировать потенциальную энергию давления природного газа, но в то же время не являются экологически чистыми, так как для их эксплуатации необходимо сжигать органическое топливо.
- Избавиться от указанного недостатка существующих ДГА можно, используя для подогрева газа перед детандером теплонасосную установку (ТНУ). При этом энергия для вращения компрессора теплонасосной установки подается от электрогенератора детандер-генераторного агрегата. Рабочим телом в детандере является транспортируемый газ.

- Детандер (1) представляет собой турбинный агрегат, в камере которого газ вращает рабочее колесо, при этом расширяясь и теряя давление. В детандерах ЭТДА применяются многоступенчатые рабочие колёса осевого типа, позволяющие осуществить значительное снижение давления (в 2-3 раза и более) на одном агрегате.
- Вращение рабочего колеса через вал и муфту (2) передается на генератор (3), вырабатывающий электроэнергию для передачи потребителю. Детандер и генератор разделены газонепроницаемой перегородкой (4), обеспечивающей взрывозащиту электрооборудования. Смазочное масло для подшипников и торцевых лабиринтных уплотнений подается из маслобака по общей масляной обвязке (5). Вся установка ЭТДА смонтирована на единой раме (6) и представляет собой блочное оборудование высокой заводской готовности.



- Еще более широкие возможности использования оставшейся от обеспечения технологического подогрева газа электроэнергии дает установка, схема которой приведена на рисунке 2.

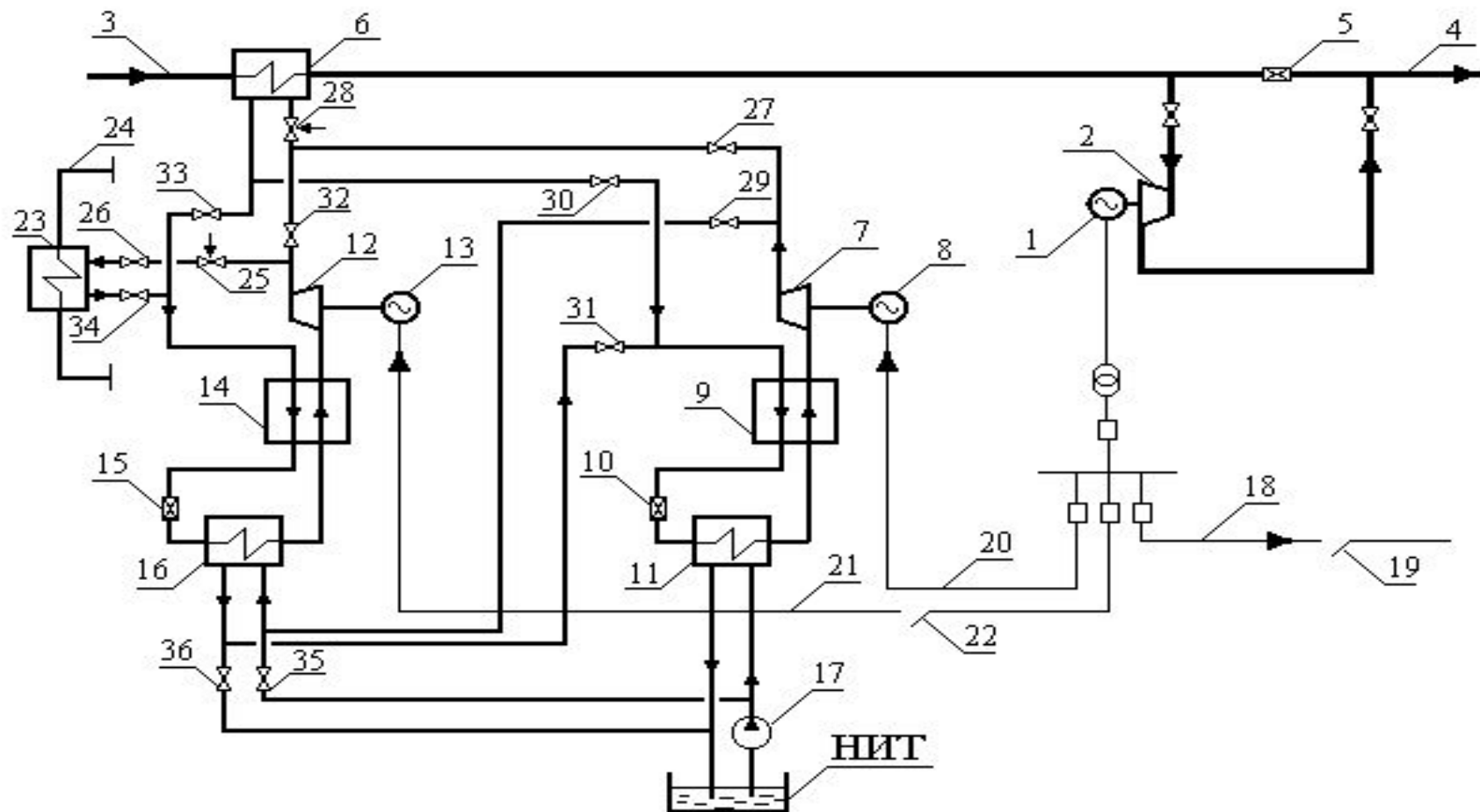


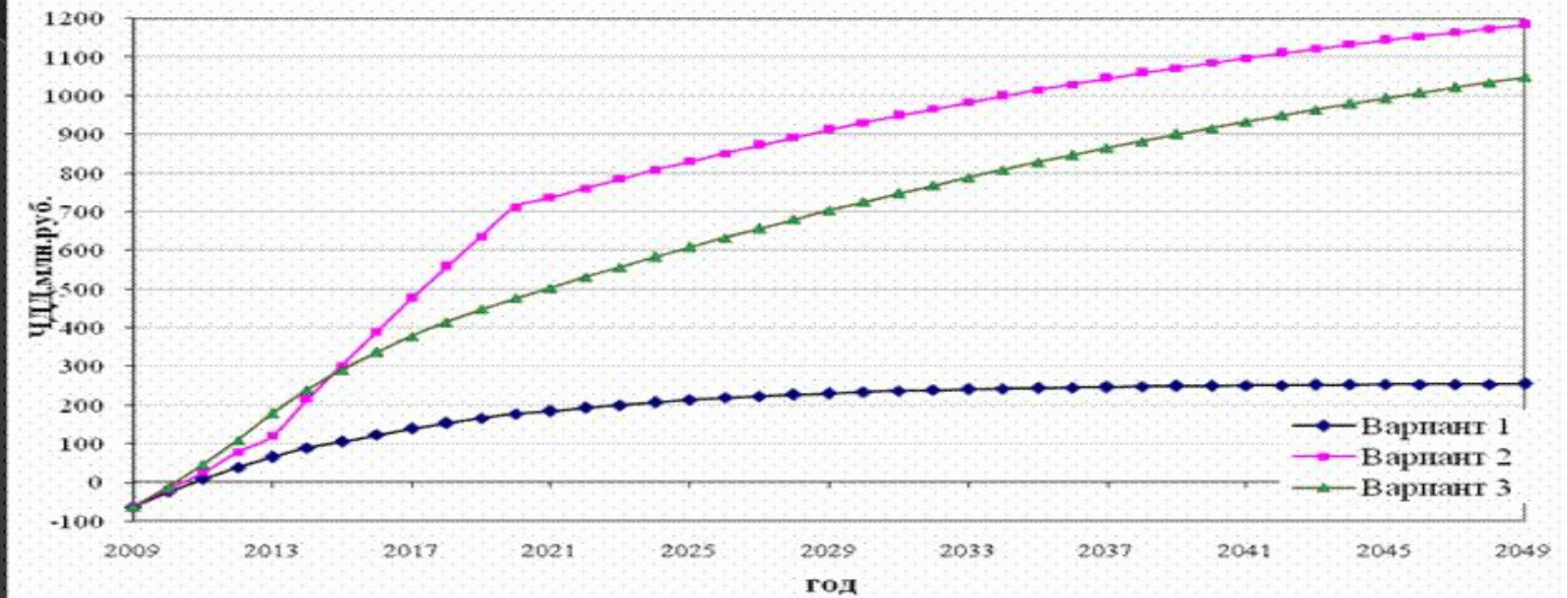
Рисунок 2 – Принципиальная схема ДГА с основным и дополнительными подогревами газа перед детандером и подогревом постороннего потока с помощью теплонасосной установки

- Установка позволяет кроме электроэнергии получать еще и теплоту для внешнего потребителя и может работать в нескольких режимах
- 1) В режиме с отпуском максимально возможного количества электроэнергии внешнему потребителю.
- 2) В режиме с отпуском максимально возможного количества теплоты внешнему потребителю.
- 3) В режиме с отпуском электроэнергии и теплоты внешним потребителям.
- 4) В режиме с максимально возможным подогревом газа.
- 5) В режиме с подогревом газа и отпуском теплоты внешним потребителям.
- Данный режим отличается от режима с максимально возможным подогревом газа тем, что часть хладагента после компрессора 12 ТНУ-2 используется и для подогрева потока жидкости в теплообменнике 23. Регулирование количества теплоты, отбираемой для подогрева жидкости, производится регулятором 25.

ТИПОРАЗМЕРНЫЙ РЯД

Модель	ЭТДА-1500	ЭТДА-2500	ЭТДА-4000	ЭТДА-6000	ЭТДА-8000	ЭТДА-12000
Расход газа, норм. м ³ /ч (*)	70 000	100 000	140 000	180 000	230 000	320 000
Снижение газа						
на ГРС	вход: 4.0 – 10.0 МПа, выход: 0.2 – 1.6 МПа					
на ГРП	вход: 0.2 – 1.6 МПа, выход: 0.05 – 0.2 МПа					
Мощность генератора, кВт	1 500	2 500	4 000	6 000	8 000	12 000
Частота вращения вала	3 000 или 3 600 об/мин. (частота эл. тока 50 или 60 Гц)					
Напряжение	Стандартно 6.3 или 10.5 кВ					
Габариты агрегата	макс. 13 x 2.8 x 3.2 м (вагонный транспортный габарит)					
Вес агрегата	25-60т					

* - допустимый диапазон расхода газа ~50% от номинального значения.

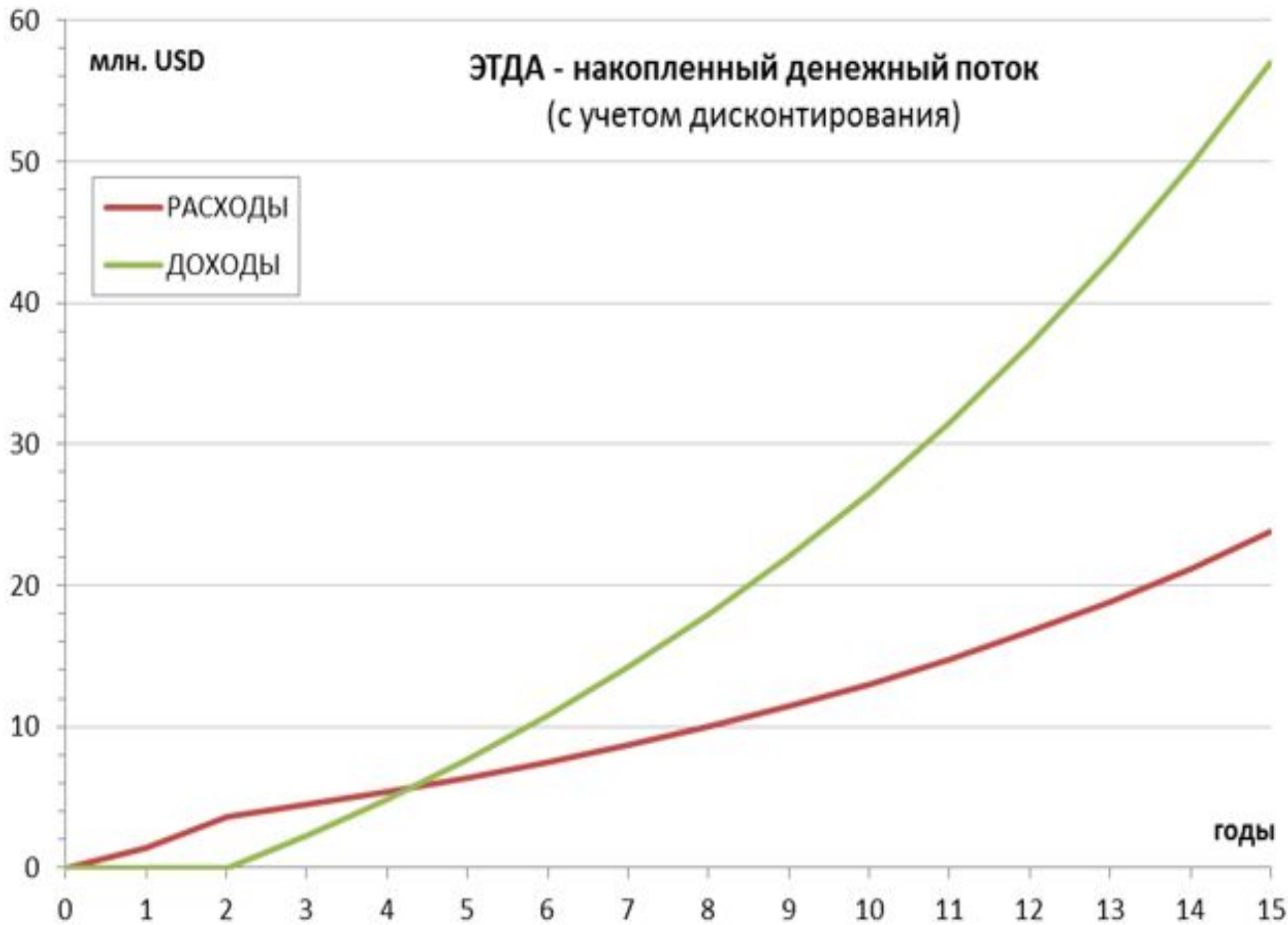


○ Таблица 1. Результаты расчетов интегральных дисконтированных показателей экономической эффективности проекта.

№ п/п Наименование	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
1. Необходимые инвестиции для реализации проекта, тыс. руб.	62 655,72	63655,72	64655,722.
2. ПОКАЗАТЕЛИ КОММЕРЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ			
2.1. Дисконтированные показатели			
Чистый дисконтированный доход (ЧДД), млн.руб.	254,0	1182,8	1047,4
Индекс доходности (ИД)	5,1	19,9	17,7
Внутренняя норма доходности (ВНД), %	67,0	131,0	131,5
Дисконтированный срок окупаемости (Ток), лет	2,7	2,4	2,2
2.2. Общие показатели			
Средняя себестоимость электроэнергии за расчетный период, руб./кВтч	0,18	0,32	0,32

млн. USD

ЭТДА - накопленный денежный поток (с учетом дисконтирования)



- Полученные результаты расчетов показали, что рассмотренные варианты имеют положительные показатели экономической эффективности проекта, так как для каждого варианта ЧДД >0 , индекс доходности >1 , внутренняя норма доходности значительно превышает норму доходности, принятую в расчетах, а также дисконтированный срок окупаемости имеет вполне приемлемые значения (менее трех лет). Следовательно, проект внедрения ДГА на ТЭЦ при проведении расчетов и в базисных и в прогнозных ценах эффективен.
- Так же был произведен анализ чувствительности показателей экономической эффективности предприятия к:
 - · снижению тарифов на электроэнергию на 10%
 - · увеличению инвестиционных затрат на 20%
- Проведенные исследования факторов экономического риска позволяют отметить достаточную устойчивость основных показателей, характеризующих эффективность проекта: чистого дисконтированного дохода, внутренней нормы доходности, индекса доходности, срока окупаемости и пр.
- Во всем исследованном диапазоне возможного (не катастрофического) изменения параметров внешней среды эти показатели остаются в пределах, обеспечивающих эффективность проекта.

- **Актуальность темы** исследования определяется развитием высоко- эффективных энергосберегающих технологий, являющимся на сегодняшний день задачей государственной важности. Это объясняется, в основном, значительно более высокой (в 3 – 4 раза) энергоемкостью промышленного и сельскохозяйственного производства, незначительными затратами энергии в жилищно-коммунальном хозяйстве, приводящим к разбазариванию природных запасов страны, излишним затратам общественного труда. Одной из энергосберегающих технологий производства электроэнергии является детандер-генераторная технология, основанная на применении на станциях технологического понижения давления газа в системах газо- снабжения, на предприятиях, использующих в качестве топлива природный газ, детандер-генераторных агрегатов (ДГА), высокая энергетическая эффективность которых получила практическое подтверждение. В рамках данной работы проведен сопоставительный анализ термодинамической и технико-экономической эффективности модернизированных и предложенных впервые схем установок бестопливной генерации электроэнергии на базе одно- и многоступенчатых ДГА с термопреобразователями пароконпресссионного и воздушного типов.



Спасибо за внимание!
