

ГАЗОПОРШНЕВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (ГПУ)

- Принцип работы
 - Двигатели
 - Системы автоматики
 - Компоновка
 - Критерии выбора
-

цель: объяснить принцип работы газопоршневой электростанции (ГПУ), познакомить с основным модельным рядом двигателей, систем автоматики их преимуществами, недостатками и критериями выбора для разных задач, на примере работ выполненных ООО Компания «Дизель-Систем»

Введение: Что такое ГПУ и зачем они нужны?

Газопоршневые электростанции (ГПУ) — это устройства, которые преобразуют энергию сгорания газа (природного, попутного, биогаза и других видов газообразного топлива) в механическую энергию вращения, а затем — в электрическую энергию

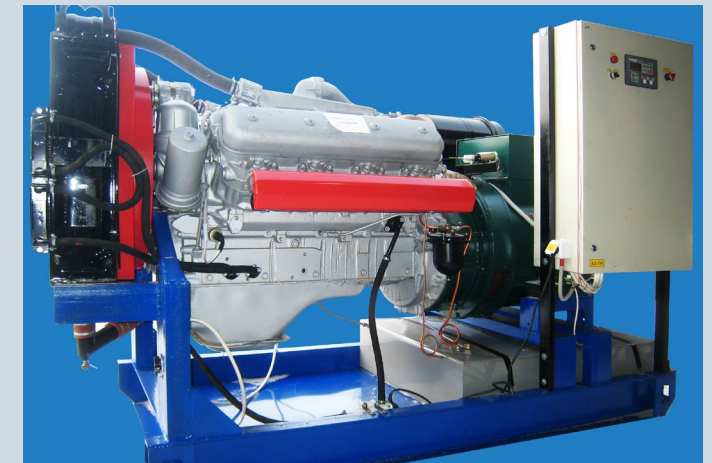
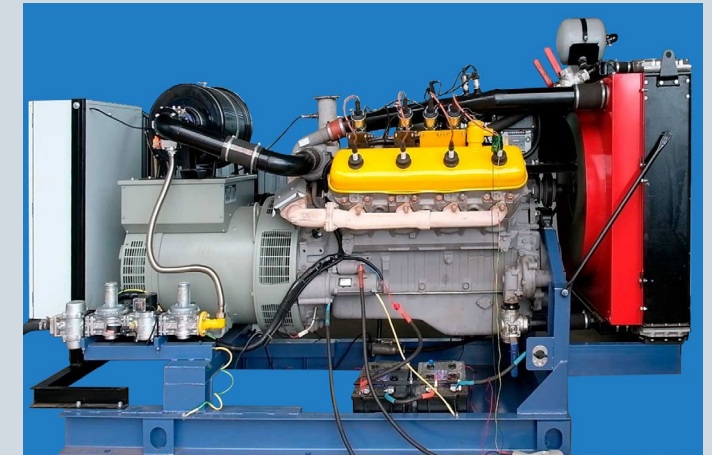
Основные сферы применения:

- Резервное и основное электроснабжения промышленных предприятий, ЦОДов, торговых центров, больниц, жилых комплексов.
- Децентрализованное энергоснабжение в удалённых районах, где отсутствует централизованная электросеть.
- Объекты с потребностью в когенерации (одновременное производство электроэнергии и тепла), например, тепличные комплексы, предприятия пищевой промышленности, ЖКХ.
- Использование попутного нефтяного газа и биогаза на месторождениях, мусороперерабатывающих заводах, фермах.
- В качестве модульных и мобильных электростанций для временных объектов, строительных площадок, мероприятий.



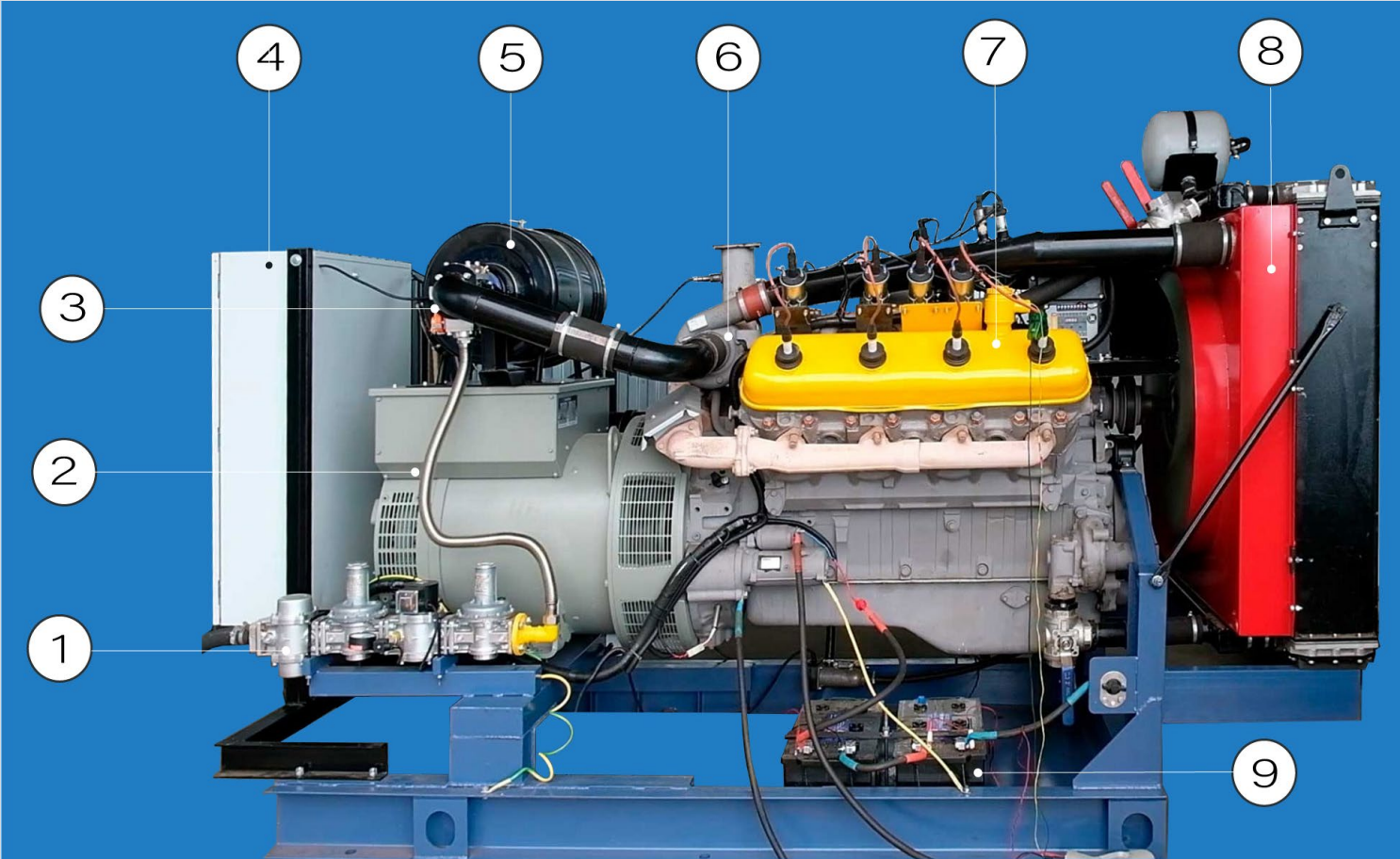
Преимущества газопоршневых электростанций по сравнению с дизельными

Критерий	Газопоршневая электростанция (ГПУ)	Дизельная электростанция
Экономичность	Более низкая стоимость топлива (газ дешевле дизеля), высокая топливная эффективность	Более высокая стоимость топлива, ниже КПД
Экология	Низкая токсичность выбросов, отсутствует сажа и запах, газ сгорает до CO ₂ и H ₂ O	Токсичные выбросы, присутствует NO _x , SO _x , сажа, запах.
Ресурс работы	Длительный межсервисный интервал, ресурс до капремонта выше	Меньший ресурс, чаще требуется обслуживание
Шум	Более низкий уровень шума	Более высокий уровень шума
Возможность когенерации	Легко реализуется (электро- и теплоэнергия)	Реализуется сложнее и менее эффективно
Гибкость по топливу	Возможность работы на природном, попутном, биогазе и синтез газе	Только дизельное топливо
Запуск и работа	Быстрый запуск, стабильная работа при длительных нагрузках	Быстрый запуск, но менее эффективна при длительной работе
Эксплуатационные расходы	Ниже за счёт дешёвого топлива и меньшего износа	Выше из-за дорогого топлива и частого обслуживания



Основные компоненты ГПУ

1	Газовая линейка	Состоит из клапана, фильтра, регулятора и стабилизатора давления. Обеспечивает тонкую фильтрацию и поддерживает постоянное давление газа на входе в ДВС независимо от изменений давления в газовой магистрали. Блокирует подачу газа при отключении электростанции.
2	Генератор	Бесщёточный, синхронный, трёхфазный электрогенератор, предназначен для выработки электрического тока напряжением 400 В и частотой 50 Гц. Имеет встроенную бесщёточную систему самовозбуждения и автоматическое регулирование напряжения (AVR).
3	Исполнительный механизм системы управления.	Обеспечивает смешение газа с воздухом, для создания горючей смеси в оптимальной стехиометрической концентрации. Регулирует подачу смеси в ДВС
4	Шкаф управления	Состоит из микропроцессорного блока управления и блоков коммутации. Обеспечивает автоматическое управление электростанцией, а также параллельную работу с сетью и другими генераторами, автоматический запуск.
5	Воздушный фильтр с воздухозаборником	
6	Турбина	Сжимает газовоздушную смесь перед подачей в камеры сгорания. Существенно повышает мощность двигателя.
7	Двигатель	Газопоршневой двигатель, всегда имеет дизельный прототип, переоборудованный для работы на газе, из конструкции которого убрана система подачи топлива с форсунками и топливным насосом высокого давления и добавлена свеча зажигания.
8	Система охлаждения	Состоит из вентилятора и жидкостного радиатора, через который циркулирует охлаждающая жидкость. При наличии турбины, ГПУ комплектуется интеркулером, это газовоздушный теплообменник рассеивающий тепловую энергию выделившуюся при адиабатическом сжатии газовой смеси в турбине
9	Аккумуляторы	Предназначены для запуска ГПУ в работу.



Основные этапы работы газопоршневой электростанции

При запуске ГПУ, система проводит самодиагностику, открывается клапан подачи газа и стабилизируется давление на входе в ДВС.



Коленвал двигателя вращается за счёт аккумулятора, в камерах сгорания и во всей магистрали создаёт разрежение, за счёт чего воздух через фильтр попадает в смеситель, где образуется газозвдушная смесь



Газозвдушная смесь поступает в ДВС, в камерах сгорания происходит её сжатие и воспламенение за счёт свечей зажигания, двигатель переходит к четырёхтактному рабочему циклу.



Полученная механическая энергия передается синхронному генератору, который вырабатывает электрический ток, поддерживая стабильное напряжение и частоту.



Двигатели для газопоршневых электростанций

Все двигатели для ГПУ созданы на базе дизельного прототипа в конструкцию которого внесены ряд изменений.

- Убран топливный насос низкого и высокого давления.
- Убраны форсунки подачи топлива в камеры сгорания.
- Добавлены свечи зажигания.
- Подготовка топливной газозоудшной смеси вынесена за пределы двигателя.

В целом надёжность двигателя, его стоимость и стоимость владения, аналогичны таковым для дизельных двигателей тех же производителей.

Пример инсталляции различных двигателей в составе газопоршневой электростанции

VMAN



Baudouin



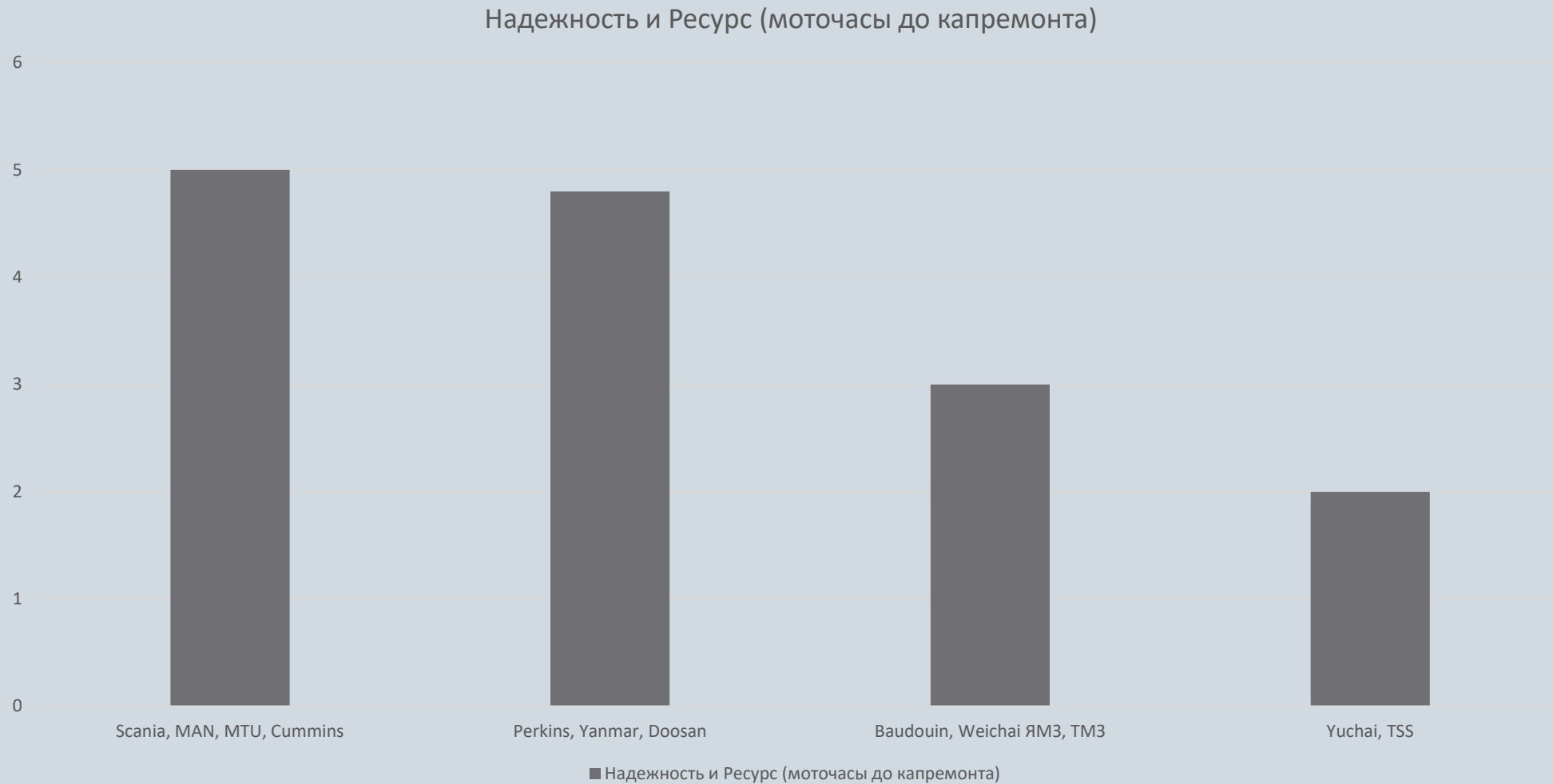
ЯМЗ



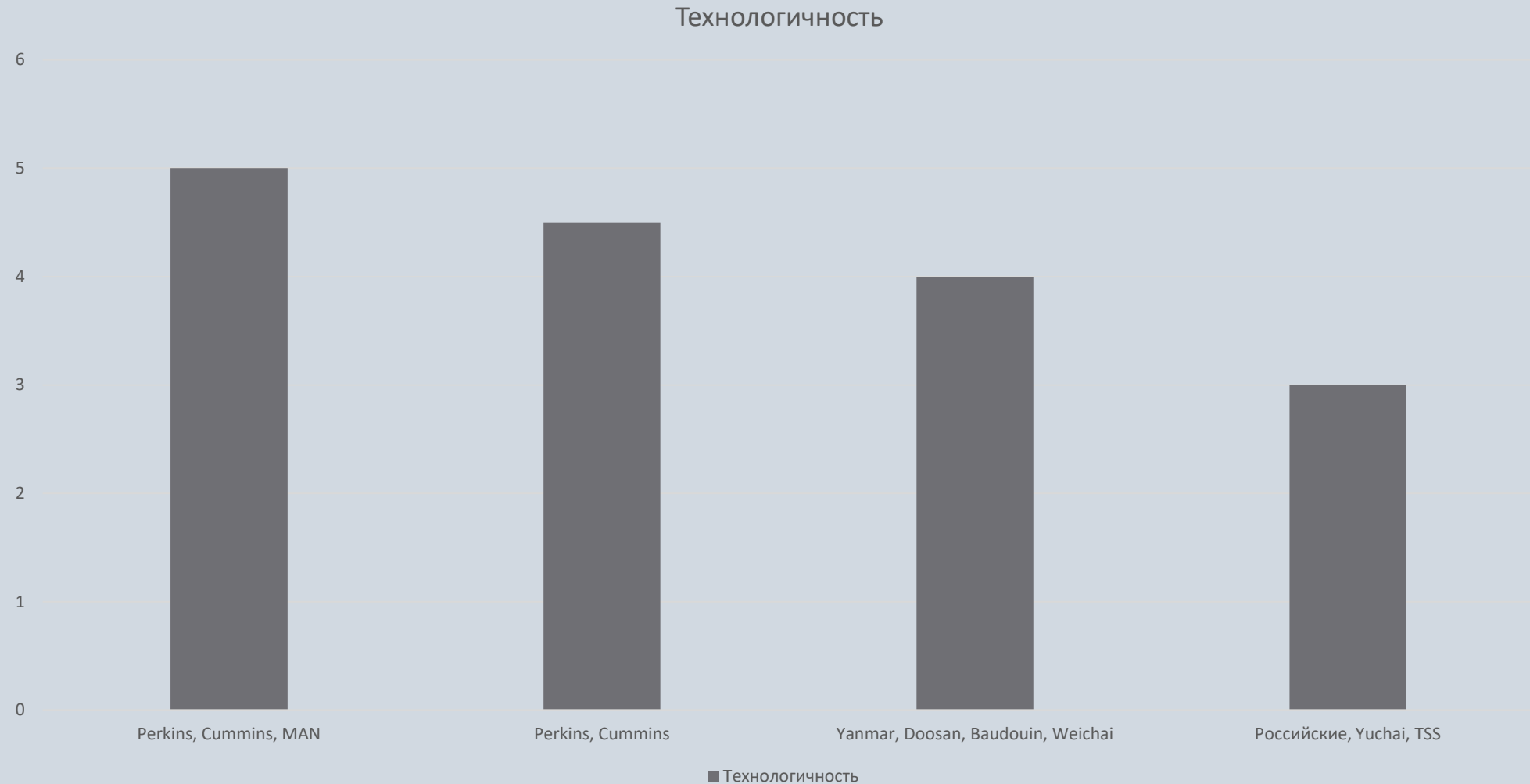
Сравнение различных групп двигателей используемых в ГПУ

Производители	Достоинства	Недостатки
Cummins, Perkins, MAN: Ведущие Европейские и Американские производители:	- Высочайшая надёжность и ресурс. - Передовые технологии.	- Крайне высокая цена - Отсутствие сервисных центров и легальных путей доставки запчастей и комплектующих на территории России. - Собственные блоки управления и закрытое ПО. Невозможно самостоятельно вносить изменение в программное обеспечение электростанции и осуществлять тонкую настройку.
Baudouin, Yuchai, Weichai, VMAN и прочие Китайские производители.	- Цена приемлемая. - Существует целый ряд двигатели высокой мощности (> 600кВт) - Относительная доступность запчастей и комплектующих - Сборка ряда двигателей локализована на территории РФ (ВЕЙЧАЙ и.т.д) - В составе электростанции могут работать с блоками автоматики сторонних производителей.	- Являясь конструктивными аналогами двигателей Cummins, Perkins, MAN и.т.д, существенно уступают им по надёжности и ресурсу. - Сложность в ремонте.
ЯМЗ (Ярославль), ТМЗ (Тутаев),	- Низкая цена - Развитая сервисная сеть в СНГ. - Легкодоступность запчастей. - Лёгкость ремонта и обслуживания - Создание ГПУ под конкретные потребности клиента. - Работа на любом горючем газе удовлетворяющим по теплоте сгорания. - Работа с различными блоками управления и автоматики.	По сравнению с зарубежными двигателями: - Максимальная мощность электростанции на 1 двигателе 450 кВт - КПД несколько ниже - Больше расход горючего на выработку 1 кВт электроэнергии. - Выше тепловыделение и сложнее реализован теплоотвод, что может быть компенсировано реализацией когенерации.

Сравнение двигателей: Преимущества и Рекомендации



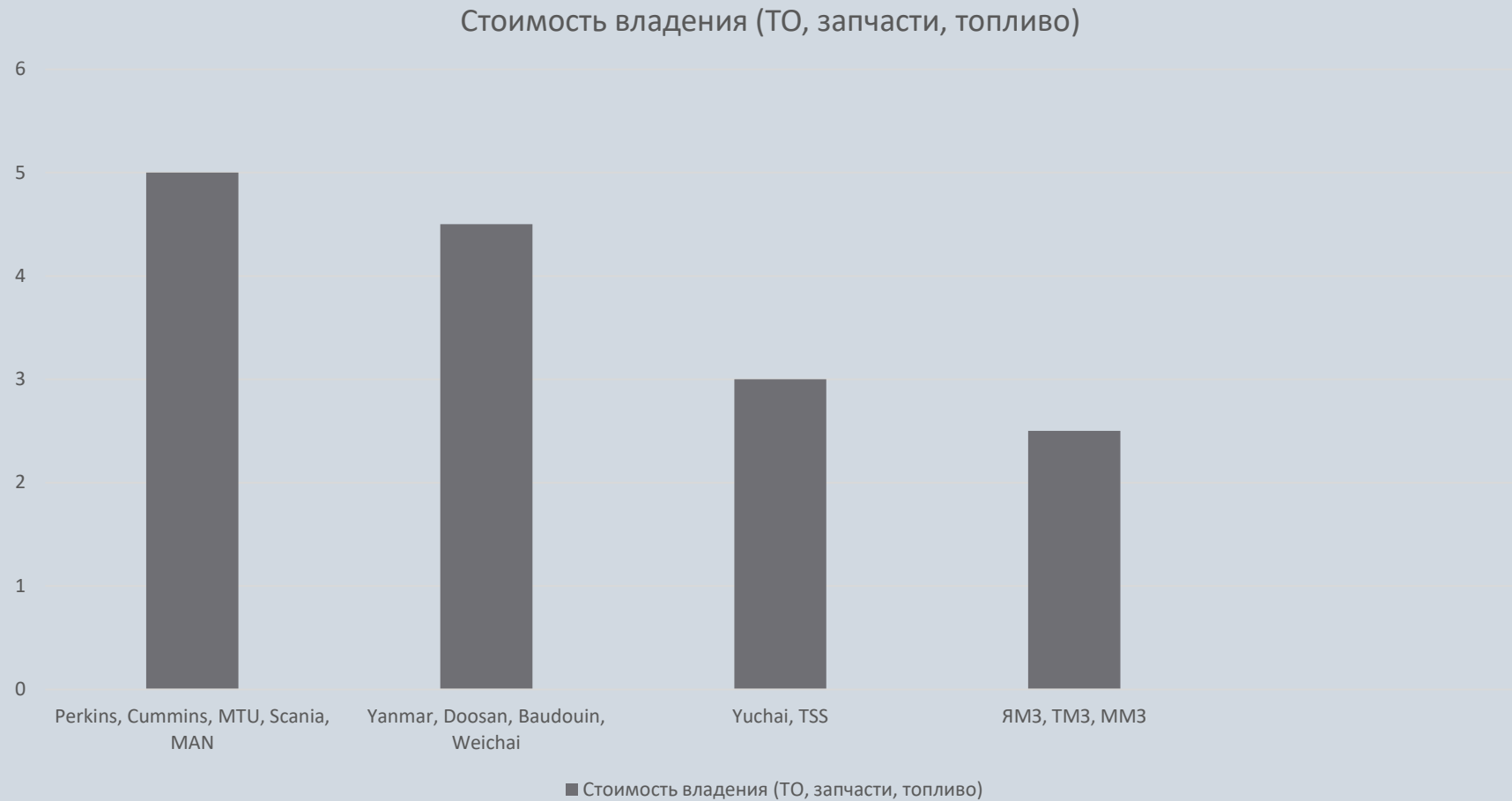
Сравнение двигателей: Преимущества и Рекомендации



Сравнение двигателей: Преимущества и Рекомендации



Сравнение двигателей: Преимущества и Рекомендации



Сравнение двигателей: Преимущества и Рекомендации



Критерии выбора двигателя для ГПУ

1. Назначение ГПУ: Основной / Резервный / Аварийный источник? (Требования к ресурсу, надежности разные).
2. Требуемая мощность (кВт/кВА) и режим работы: Постоянная / Длительная / Резервная? Пиковые нагрузки?
3. Бюджет: Капзатраты (двигатель) vs Эксплуатационные расходы (ТО, топливо, запчасти)?
4. Доступность сервиса и запчастей в регионе: Насколько важен быстрый ремонт?
5. Ожидаемый срок поставки?
6. Бренд-предпочтения заказчика / Требования тендера.

- Выбор двигателя - комплексная задача, основанная на технических требованиях, бюджете и условиях эксплуатации. Нет "лучшего двигателя вообще" - есть "лучший двигатель для конкретной задачи".
- Мировой рынок предлагает широкий выбор от премиальных (Scania, MAN, MTU) до экономичных решений (Yuchai, Weichai, TSS), с сильными игроками в среднем сегменте (Cummins, Perkins, Yanmar, Doosan, Baudouin) и локальными преимуществами (ЯМЗ, ТМЗ в СНГ).
- Анализ критериев (надежность, цена, сервис, ТО) - залог правильного выбора.

Системы автоматизации условно разделяются на 3 степени:

1 Степень - Работа в островном режиме:

- Электростанция функционирует автономно, без подключения к внешней электросети.
- Контроллер обеспечивает стабильную работу двигателя и генератора в изолированном режиме.
- Основные задачи: поддержание частоты и напряжения, защита оборудования, базовое управление запуском и остановкой.

2 Степень - Наличие автозапуска:

- Добавляется функция автоматического запуска и остановки электростанции по заданным условиям (например, при пропадании или появлении напряжения в сети).
- Система автоматически восстанавливает работу без участия оператора.
- Повышается надёжность и удобство эксплуатации.

3 Степень - Автозапуск, параллельная работа с сетью и другими генераторами:

- Самый продвинутый уровень автоматизации.
- Электростанция способна автоматически запускаться и останавливаться, работать параллельно с внешней сетью и другими генераторами.
- Обеспечивается синхронизация по фазе, частоте и напряжению.
- Управление нагрузкой и распределение мощности между источниками.
- Позволяет создавать гибкие и масштабируемые энергосистемы.



Основные блоки системы автоматизации газопоршневых электростанций

Системы автоматизации электростанции состоят из контроллера генераторной установки, регулятора частоты вращения, контроллера зажигания, системы смесеобразования, системы датчиков: кислорода, температуры, давления, детонации

смеситель воздуха и газа с точность регулирования лямбда-показателя менее $\pm 0,01$ и быстрый отклик на неуставившуюся нагрузку



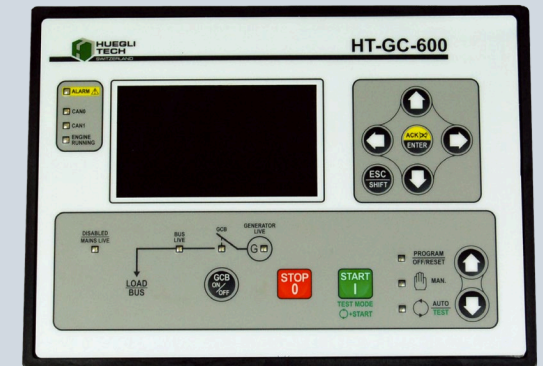
электронный регулятор частоты вращения газовых двигателей.



контроллер зажигания формирует высоковольтные импульсы для свечей зажигания



3-фазный автоматический контроллер генераторной установки AMF, управляет работой генератора с сетью и другими генераторами



Основные производители систем автоматизации газопоршневых электростанций

	Профиль	Технологии	Преимущества:
HUEGLI TECH (Швейцария)	Поставляет модульные системы управления для промышленных газовых двигателей — от микроконтроллеров до полного SCADA-решения.	Модули управления смесью (газовые миксеры), дроссели с обратной связью, лямбда-контроллеры, специализированные регуляторы скорости, системы управления и диагностики зажигания, интеграция как с одиночными генераторами, так и с параллельными станциями	Гибкая конфигурация под конкретное оборудование; поддержка двигателей объёмом до 50 литров; Управление двигателями на обеднённых смесях; отличная интеграция SCADA.
ComAp (Чехия)	Мировой лидер среди производителей "умных" контроллеров для дизельных и газопоршневых электростанций, в том числе для когенерации (CHP).	Универсальные контроллеры , внутренний PLC-интерпретатор для кастомизации логики, полный мониторинг и удалённое управление, поддержка параллели по сети и работе в островном режиме	Лёгкая интеграция с большинством типов двигателей; быстрый ввод в эксплуатацию даже в сложных проектах; адаптивная система оповещений и мощная диагностика; крупнейшая база внедрений по всему миру.
MOTORTECH (Германия/Италия)	Специализация на разработке интегрированных систем контроля и управления газопоршневыми двигателями, включая системы зажигания, смесеобразования, детонационного контроля, SCADA и мониторинга.	All-in-one-контроллеры; модули диагностики; датчики детонации; расширенные возможности для работы на бедной смеси; поддержка 32 генераторов в одной системе.	Высокая гибкость индивидуальных решений; широкий модельный ряд для любых типов ГПЭС; удобно интегрируется с различными системами генераторов и движков; онлайн-коммутация и диагностика
Lovato (Италия)	Известна решениями для автоматизации газовых и комбинированных (газ/бензин) двигателей, исторически сильна в автогазе, но есть линейка для стационарных установок	ЭБУ Easy Fast, E-GO II XP, системы прямого управления впрыском, модули газовых инжекторов, гибкие схемы перехода бензин/газ.	Простота внедрения; компактность; особенно востребована на сегменте маломощных и автомобильных ГПЭС, может быть экономичной альтернативой для малых объектов

Ценовой диапазон и рекомендации по применению систем автоматизации

	Ценовой диапазон	Рекомендация по применению
Huegli Tech	Средний	Модульная цена за решения и комплектацию. Универсален, хорошо подходит для стоимостно-эффективной автоматизации разного уровня.
ComAp	Средний – высокий	Выбор для крупных промышленных проектов, когенерации, сложной логики.
Motortech	Высокий	Для сложных систем, Выбор для крупных промышленных проектов, когенерации, сложной логики.
Lovato	Бюджетный – средний	оптимален для малых, бюджетных систем, в частности на базе автомобильной газовой электроники.

Когенерация или производство тепловой энергии параллельно с электрической. Общий КПД когенерационной установки может достигать 90%, поскольку используется не только электричество, но и практически всё тепло выхлопных газов и системы охлаждения двигателя.

Когенерация выхлопных газов

В газопоршневом двигателе температура выхлопных газов достигает 450-500 С. Выхлопные газы проходят через специальный теплообменник — котёл-утилизатор, через который также циркулирует вода. Вода нагревается теплом выхлопных газов, после чего может быть использована для отопления, горячего водоснабжения или технологических нужд предприятия



Когенерация охлаждающей системы двигателя

Охлаждающая жидкость двигателя с температурой 80-90 С поступает не в радиатор, а через трёхходовой кран в теплообменник жидкость-жидкость, где передаёт тепловую энергию воде, которая в свою очередь может использоваться для отопления, горячего водоснабжения или технологических нужд предприятия



Монтаж газопоршневой электростанции

Установка на раме для размещения в помещении

Минимальная стоимость.

Требует подготовленного, отапливаемого и хорошо вентилируемого помещения, отвечающего СНиП, оборудованного сигнализацией CO, CH₄, CO₂ и средствами пожаротушения.



Установка в блок контейнере

- Минимальные требования к площадке,
- Быстрый монтаж на месте эксплуатации,
- Полная заводская готовность.
- Лёгкость перемещения станции на другой объект.
- Надёжная защита от воздействия внешних факторов (осадки, ветер, мороз).



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современная ГПУ — это не просто набор двигателя и генератора, а единая интегрированная система с интеллектуальной автоматикой, обеспечивающая экономичную, надёжную и безопасную работу при любых условиях эксплуатации.

- Подбор газопоршневой электростанции — комплексная задача, требующая оценки параметров мощности и типа нагрузки, требований по автоматизации, а также особенностей конкретного объекта (открытая площадка, промышленное здание, удалённость от сетей).
- Оптимальное решение достигается при тесном взаимодействии с производителем и проработке требований к автоматизации, мониторингу и компоновке под ваши задачи.
- Не менее важно проанализировать перспективы развития объекта, чтобы станция имела возможность масштабирования и интеграции в более крупные энергосистемы.