

Обновлен ряд пропановых двигателей серии SGE компании «Сименс»

Д. А. Хрычев – ООО «Сименс»

В. С. Беляков - ЗАО «Автономный энергосервис»

Д. А. Капралов – ООО «Турбомашины»

Компания «Сименс» обновила мощностной ряд газопоршневых двигателей и электростанций на их базе, работающих на пропане (пропан-бутановой смеси). Оборудование представлено в новом каталоге S Series Propane engines & gensets, где указаны основные технические характеристики данных установок.

In brief

Siemens updated model range of propane gas engines of SGE Series.

Siemens company updated model range of gas engines and power plants on their base operating on propane (propane-butane fuel mixture). Using of propane as a fuel for the sites which have no access to natural gas or liquefied natural gas is optimal solution.

Power plants using propane as a fuel were developed on the base 4-stroke Siemens engine operating on Miller cycle.

Power range of these engines is 315...1067 kW with voltage of 400 V. NO_x emission level of the engines is 500 mg/m³. Initially the engines were developed for operation on propane. They have high level of reliability and durability, long maintenance intervals and low life cycle costs. The main feature of the engine is possibility to operate in COP mode according to ISO 8528 standard with maintenance interval of 2000 hours.

Использование пропана в качестве топлива для объектов, не имеющих доступа к природному газу и СПГ, является оптимальным вариантом. Энергоустановки на пропане созданы на базе четырехтактного двигателя компании «Сименс», работающего по циклу Миллера. Выходная электрическая мощность таких двигателей составляет от 315 кВт до 1001 кВт при напряжении 400 В, уровень выбросов NO_x – 500 мг/м³. Двигатели изначально сконструированы для работы на пропане, они имеют высокие показатели долговечности, длительные интервалы технического обслуживания и низкую стоимость жизненного цикла.

Важной особенностью является эксплуатация данных двигателей в режиме COP – Continuous operation Power по ISO 8528, с интервалом обслуживания через каждые 2000 часов работы. Оборудование может

поставляться в виде отдельного двигателя, комплектной газопоршневой электростанции открытого типа или готового контейнерного энергоблока компании «Сименс». Они могут включать интегрированные системы управления GCS-Engine и GCS-Genset.

ЗАО «Автономный энергосервис», являясь официальным дистрибьютором газопоршневых установок производства «Сименс» в России, в полном объеме проводит подбор оборудования для работы на пропан-бутановой смеси, предоставляя аналитику и расчеты экономической эффективности (себестоимость кВт·ч, период окупаемости энергоцентра) в соответствии с исходными данными заказчика.

Пропановые двигатели серии S являются отличным решением для производства электроэнергии, процессов когенерации и тригенерации, когда отсутствует топливо, поставляемое по трубопроводу.



➤ Предприятие «Сименс» в Испании

Пропан для генерации энергии

Доступ к электричеству стал одним из ключевых факторов, определяющих уровень и качество жизни общества. Способ, которым электроэнергия генерируется, становится жизненно важным, если учесть, что энергоснабжение должно быть гарантировано при минимальном воздействии на окружающую среду.

В настоящее время еще во многих регионах Российской Федерации отсутствует система газоснабжения, поэтому для производства электроэнергии и тепла используются уголь, мазут и дизельное топливо, которые загрязняют окружающую среду. Кроме того, высокая стоимость доставки этих видов топлива приводит к высокой себестоимости производства электрической и тепловой энергии.

Относительно недавно появились генераторные установки, использующие в качестве топлива пропан или пропан-бутановую смесь. Основные преимущества использования пропана по сравнению с дизельным топливом при производстве энергии:

- стоимость дизельного топлива примерно в два раза выше стоимости пропана;
- массовая низшая теплота сгорания пропана в 1,4 раза выше, чем теплота сгорания дизельного топлива. Следовательно, доставка пропана потребителю должна быть существенно ниже стоимости доставки дизтоплива.

Зависимость мощности двигателя от объемного содержания пропана в топливе показана на рис.

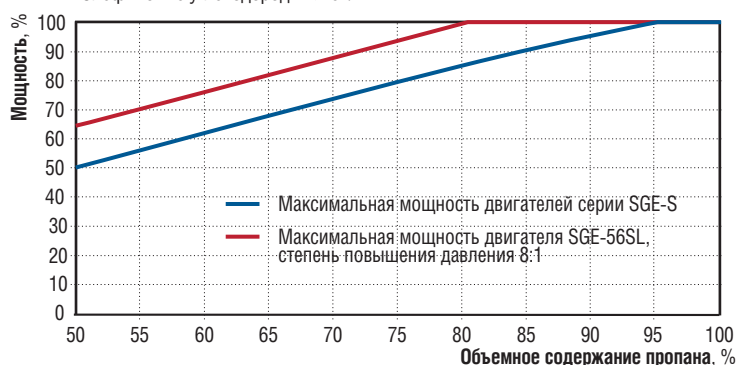
Особенности сжигания дизтоплива и возникающие при этом проблемы

Дизельное топливо состоит из парафиновых углеводородов (10–40 % от состава), нафтеновых углеводородов (20–60 %), ароматических углеводородов (15–30 %). В составе могут присутствовать дополнительные элементы: смолистые и сернистые соединения, вода, механические примеси.

На отношении углеводородов определенной группы к общей массе топлива, а следовательно, и на общий состав дизельного топлива влияют многие факторы:

- местоположение добычи нефти. В продукте одного региона будет содержаться 20 % алканов, в другом этот показатель увеличится до 40 %;
- температура перегонки нефти. При тепловой обработке многие химические вещества вступают в реакции распада, замещения, присоединения и т.д. – состав продукта и его свойства меняются;
- действующие присадки. В готовое дизельное топливо добавляют дисперсионные присадки,

Анализ выполнен для сжиженной пропан-бутановой смеси
Мощность 100 % для содержания пропана > 95 %
Тяжелые углеводороды (C₅+) < 2 %
Олефиновые углеводороды < 20 %



которые изменяют его характеристики и тоже влияют на итоговый состав.

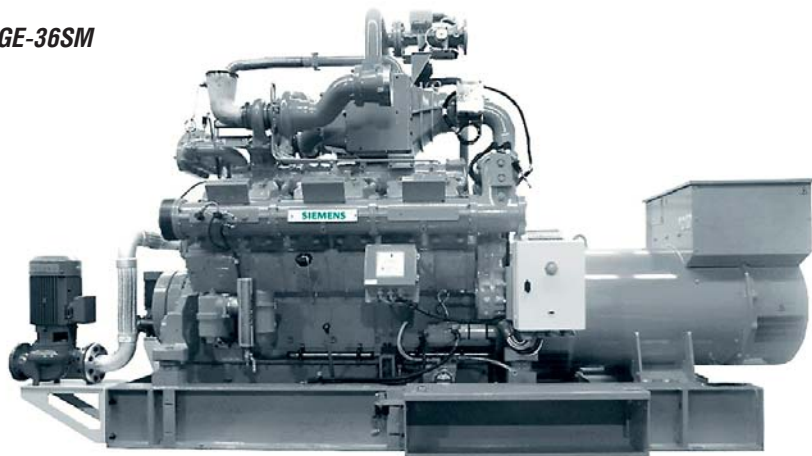
Главное, от чего зависит соотношение компонентов горючего, – исходный состав нефти, из которой оно производится. Состав дизельного топлива влияет на многие параметры:

- устойчивость к низким температурам. Чтобы снизить температуру застывания топлива до минусовых отметок, в его компоненты добавляют тяжелые фракции углеводорода. Максимальное процентное соотношение таких соединений – в арктической марке дизельного топлива;
- износ двигателя. Качество топлива влияет на работу ДВС и его долговечность. Чем больше нафтеновых кислот, водорода, смол и посторонних примесей, тем быстрее будет изнашиваться двигатель;
- цетановое число. Оно характеризует воспламеняемость горючего в цилиндре: чем выше число, тем лучше. Высшие показатели воспламеняемости имеет топливо с высоким содержанием парафиновых углеводородов;
- вязкость. Она частично определяет допустимую температуру эксплуатации топлива. Например, летнее дизтопливо кристаллизуется (застывает) при -10°C , начинает густеть при -5°C . Этот параметр напрямую зависит от содержания в топливе алканов – парафиновых углеводородов. Чем их меньше, тем больший мороз выдержит топливо;
- испаряемость. Она зависит от содержания в составе смолистых соединений: чем их больше, тем хуже воспламеняется топливо в двигателе.

Точный химический состав дизельного топлива также влияет на другие его характеристики, вплоть до коксуемости. Важнейшими эксплуатационными показателями качества дизтоплива являются воспламеняемость, фракционный состав, температура помутнения и застывания, коксуемость и т.д.

Рис. Зависимость мощности двигателя от объемного содержания пропана в топливе

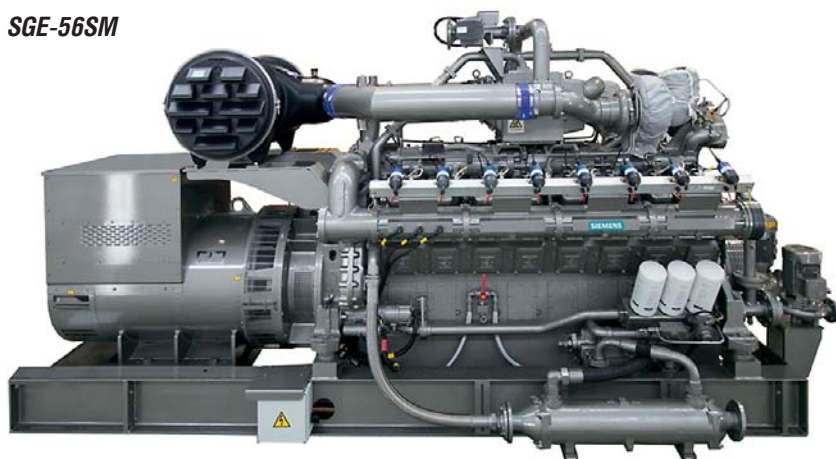
SGE-36SM



SGE-48SM



SGE-56SM



Газопоршневые энергоблоки для работы на пропане производства компании «Сименс»

Температура самовоспламенения — это наименьшая температура, при которой топливо самовоспламеняется без открытого источника огня. Чем ниже температура самовоспламенения дизельного топлива, тем меньше период задержки воспламенения (ПЗВ), равномернее процесс сгорания и мягче работа двигателя. Процессу самовоспламенения горючей смеси в дизеле предшествует интервал времени, кото-

рый продолжается от начала подачи топлива в камеру сгорания до момента его воспламенения.

За время ПЗВ происходит целый ряд физико-химических процессов: распыление топлива, перемешивание его с воздухом, нагревание до температуры сжатого воздуха и испарение. Одновременно с этими процессами протекают сложные химические реакции многостадийного окисления углеводородов. В горючей смеси образуются неустойчивые кислородосодержащие соединения, альдегиды и др., которые затем распадаются. Распад сопровождается выделением части тепла (10–15 %) и слабым холодным голубым свечением.

В результате предпламенных реакций выделяется теплота, повышается температура горючей смеси, увеличивается скорость химических реакций, холоднотемпературный процесс переходит в горячепламенный, происходит самовоспламенение и горение топлива. В дизельном топливе, состоящем в основном из парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов, наиболее склонны к окислению и самовоспламенению парафиновые углеводороды. Наиболее устойчивы к окислению ароматические углеводороды.

Если ПЗВ слишком велик, то смесь воспламеняется с опозданием, при этом в цилиндре дизеля накапливается и воспламеняется большая порция топлива. Это вызывает резкое нарастание давления, возникают стуки, т.е. дизель работает «жестко», повышается износ деталей, прорыв газов в картер двигателя.

Фракционный состав является одним из наиболее важных показателей качества дизельного топлива. Он оказывает влияние на расход топлива, дымность выпуска, легкость пуска двигателя, износ трущихся деталей, нагарообразование и закоксовывание форсунок, пригорание поршневых колец.

Вязкость топлива определяет процессы испарения и смесеобразования в дизеле, так как от них зависит форма и строение топливного факела, размеры образующихся капель, дальность проникновения капель топлива в камеру сгорания. При более низкой плотности и вязкости обеспечивается лучшее распыление топлива; с повышением данных показателей увеличивается диаметр капель и уменьшается полное их сгорание, в результате увеличивается удельный расход топлива, растет дымность отработавших газов. Вязкость влияет на наполнение насоса и на утечку топлива через зазоры плунжерных пар. С повышением вязкости топлива возрастает сопротивление топливной системы, уменьшается наполнение насоса, что может привести к перебоям в его работе.

Процесс сжигания пропана в ДВС

Что касается пропана и пропан-бутановой смеси, то процесс его сжигания в двигателе внутреннего сгорания намного проще, чем сжигание дизельного топлива.

В России по ГОСТ 20448-88 выпускаются сжиженные газы следующих марок:

- СПБТЗ – смесь пропана и бутана, техническая зимняя, для коммунально-бытового потребления;
- СПБТЛ – смесь пропана и бутана, техническая летняя, для коммунально-бытового потребления и других целей;
- БТ – бутан технический, для коммунально-бытового потребления и других целей.

Основные компоненты сжиженного газа, обеспечивающие оптимальное давление насыщенных паров в газовом топливе, – пропан и пропилен. Давление насыщенных паров существенно влияет на работу поршневой установки. Давление паров растет с повышением температуры, причем у пропана значительно быстрее, чем у бутана. Чем больше в пропан-бутановой смеси пропана, тем выше упругость паров смеси (табл. 1).

Отношение массы углерода к массе водорода в пропане (С/Н) ниже, чем это отношение в дизельном топливе, поэтому выбросы углекислого газа при сжигании пропана ниже, чем при сжигании дизтоплива, а тем более – мазута. При работе электростанции на пропане снижается нагарообразование, а также расход моторного масла.

Серия двигателей SM для работы на пропане вносит большой вклад в решение проблемы надежного энергоснабжения при минимальном воздействии на окружающую среду. Обладая высокой готовностью и эффективностью, данная серия двигателей является оптимальной для всех вариантов применения при производстве энергии.

Двигатели серии SM с бережным горением, а также с электронным карбюратором имеют различные варианты конфигурации, которые позволяют им лучше адаптироваться к требованиям каждой установки. Конструкция камеры сгорания на пропановом топливе оптимизирована для обеспечения максимальной производительности.

Двойной контур охлаждения, а также двухступенчатый промежуточный охладитель позволяют более эффективно использовать остаточное тепло двигателя, что является одной из наиболее важных его характеристик. Электронный контроль выбросов, применяемый в серии двигателей SM для пропана, гарантирует соответствие самым строгим требованиям по уровню выбросов загрязняющих



Электростанция для нефтеперерабатывающего завода в Пуэрто-Рико.

Заказчик проекта по строительству электростанции – компания *Olein Refinery and Lubricants*. Генеральным проектировщиком и генеральным подрядчиком по проекту выступила инженеринговая компания *Teksol Integration Group*, которая является локальным дистрибьютором *Siemens Gas Engines* в регионе.

В рамках контракта *Siemens Gas Engines* поставила два газопоршневых энергоблока SGE-24SM. Единица мощность энергоблока составляет 436 кВт, напряжение 480 В, частота 60 Гц.

Электростанция была введена в коммерческую эксплуатацию в 2017 г. Она работает в тригенерационном цикле. Утилизируемое сбросное тепло двигателя и выхлопных газов используется для производства горячей воды, которая затем направляется в абсорбционный чиллер для получения холодной воды для нужд кондиционирования производственных помещений предприятия.

В качестве основного топлива для энергоблоков применяется пропан-бутановая топливная смесь. Данное оборудование было выбрано в связи с тем, что пропан является наиболее доступным топливом в Пуэрто-Рико.

Энергоблоки установлены в 40-футовые контейнеры и размещены на открытой площадке. Они были спроектированы по принципу *plug & play*, что существенно сократило время монтажа и пусконаладочных работ.

Табл. 1. Основные нормативные показатели сжиженных газов разных марок

Показатель	СПБТЗ	СПБТЛ	БТ
Массовая доля компонентов, %:			
- сумма метана, этана и этилена, не более	4	6	6
- сумма пропана и пропилена, не менее	75	–	–
- сумма бутанов и бутиленов:			60
не менее	–	–	–
не более	–	60	–
Жидкий остаток (в том числе углеводороды C ₅ и выше) при 20 °С, % по объему, не более	1	2	2
Давление насыщенных паров избыточное, МПа, при температурах:			
+45 °С, не более	1,6	1,6	1,6
–20 °С, не менее	0,16	–	–
Массовая доля сероводорода и меркаптановой серы, %, не более	0,015	0,015	0,015
- в том числе сероводорода	0,003	0,003	0,003

Табл. 2. Технические характеристики двигателей серии SM

Модель	18SM	24SM	36SM	48SM	56SM
Число цилиндров	6	8	12	16	16
Расположение цилиндров	рядное		v-образное		
Диаметр цилиндра, мм	152			160	
Ход поршня, мм	165			175	
Объем двигателя, л	17,96	23,95	35,93	47,90	56,30
Частота вращения, об/мин	1500				
Длина, мм	2020	2612	2637	2637	3000
Ширина, мм	945	945	1368	1368	1500
Высота, мм	1459	1459	1738	1738	2200
Масса сухого двигателя, кг	2700	3500	4200	4200	5800

Основные массогабаритные данные генераторных установок


Модель	18SM	24SM	36SM	48SM	56SM
Длина, мм	3024	3658	3830	4396	4669
Ширина, мм	1200	1270	1664	1664	1669
Высота, мм	1846	1914	2132	2184	2176
Масса установки, кг	4000	4940	7230	9225	10000

Табл. 3. Энергетические показатели генераторных установок на 50 Гц

Модель	18SM	24SM	36SM	48SM	56SM
Электрическая мощность, кВт	303	404	610	811	1001
Электрический КПД, %	38,3	37,5	38,6	37,7	37,3
Тепловая мощность, кВт	418	579	839	1166	1457
Общий КПД, %	91,1	91,2	91,6	91,8	91,6

веществ при минимальном воздействии на окружающую среду. Благодаря «мокрому» выпускному коллектору и уменьшенному расходу масла снижается уровень эмиссии.

Технические характеристики двигателей серии SM даны в табл. 2, энергетические показатели генераторных установок при частоте тока 50 Гц – в табл. 3.

Пропановые двигатели серии SM поставляются автономно, в виде генераторной установки или полностью укомплектованного контейнера. Сооружение когенерационной электростанции на базе пропановых поршневых двигателей SGE SM представляет собой несложный процесс. Это связано с тем, что всё оборудование, включая модули охлаждения и подогрева, электрооборудование, АСУ ТП и другие вспомогательные системы, необходимые для функционирования электростанции, доставляется на площадку заказчика в 40-футовых контейнерах с завода «Сименс», расположенного в Испании. 

Котельная в Казани перестраивается в тепловую электростанцию.

В соответствии с планом перевооружения системы электроснабжения собственных нужд котельной «Горки», ЗАО «Автономный энерго-сервис» поставило газопоршневой энергоблок SGE-56SL электрической мощностью 954 кВт, тепловой 1300 кВт производства компании Siemens. Установка в приоритетном порядке будет обеспечивать муниципальную котельную электрической и тепловой энергией по ранее согласованным режимам нагрузки. Заказчиком проекта выступило АО «Татэнерго».

На данный момент генеральный подрядчик осуществляет на станции монтаж основного и вспомогательного оборудования. Проводятся необходимые подключения кабелей и труб к электростанции, а также прокладка коммуникаций на участке заказчика.

Специалисты ЗАО «Автономный энерго-сервис», имеющие официальный сертификат изготовителя газопоршневых установок, выполняют шефмонтажные работы в соответствии с утвержденным графиком. По завершении основного комплекса работ по подготовке станции к вводу они проведут пусконаладку когенерационной энергоустановки на базе двигатель-генератора SGE-56SL.

Ввод оборудования в эксплуатацию планируется в текущем году.

Boiler-house in Kazan is under reconstruction to thermal power station.

The project is realized under the program of upgrading of power electric power supply system of Gorki boiler-house. According to the contract Autonomous EnergoService company supplied SGE-56SL gas engine power plant manufactured by Siemens. Electric output of the plant is 954 kW, thermal output is 1300 kW. The plant will generate electric and thermal power for the needs of municipal boiler-house in accordance with agreed load modes. The customer of the project is Tatenergo JSC. At present general contractor is carrying out installation of main and auxiliary equipment on the site. All installation works are carried out by the specialists of Autonomous EnergoService under approved schedule.

