

Д. А. Капралов, А. А. Троицкий – ООО «Турбомашины»

Дизельная электростанция MAN Diesel SE, обеспечивающая потребности предприятия Sereal Docks в энергии, использует в качестве топлива очищенное пальмовое масло. Это первый проект с применением такого вида топлива на территории Италии.

Электростанция на пальмовом масле работает в Италии

Предприятие Sereal Docks, расположенное на севере Италии, в местечке Камисано Вичентино (провинция Виченца), производит корма для животных, а также биодизельное топливо для автомобилей (фото 1). Сырьем для производства биодизеля являются различные зерновые культуры, которые выращиваются в данной местности.

Север Италии является самым развитым промышленным регионом страны. Здесь сосредоточено большинство предприятий и крупных фермерских хозяйств. Регион считается наибо-

лее привлекательным с точки зрения инвестиций – предприниматели Италии и других стран активно вкладывают деньги в создание здесь различных производств. В связи с этим все острее ощущается дефицит электрической и тепловой энергии. Электрические сети перегружены и сильно изношены и не обеспечивают надежного энергоснабжения производственных мощностей, поэтому многие предприятия рассматривают варианты строительства собственных электростанций различного типа.

Электростанция Sereal Docks построена MAN Diesel SE в сотрудничестве с инженеринговой компанией Termindustriale S.p.A. (Италия), которая выступила также генпроектировщиком и генподрядчиком в рамках проекта. Реализация проекта началась в 2006 году – для выполнения строительных и монтажных работ активно привлекались местные организации на условиях субподряда. В эксплуатацию ТЭС сдана весной текущего года и работает в настоящее время в круглосуточном режиме в течение всей недели.

В состав станции входят два энергоблока на базе двигателей 9L27/38 производства MAN Diesel SE, синхронных электрогенераторов HFC7-806-08 компании Hyundai (Корея) и паровых котлов-утилизаторов ECO AS 150 (Garioni Naval, Италия). Электрическая мощность каждого энергоблока 2,6 МВт, тепловая – 2,35 МВт, общий КПД станции составляет более 80 %.

Вырабатываемая электроэнергия используется для собственных нужд предприятия Sereal Docks (2 МВт), а излишки (600 кВт) продаются в местную энергосистему. Производимый пар применяется в технологическом цикле фабрики для производства кормов и биодизеля. Избыточная тепловая энергия направляется в абсорбционные чиллеры, которые обеспечивают климат-контроль в производственных и

Табл. Основные показатели пальмового масла для использования в качестве биотоплива

Наименование показателя	Значение показателя	Соответствие стандартам
Плотность при 15 °C	900... 930 кг/м³	DIN EN ISO 3675, EN ISO 12185
Температура возгорания	> 60 °C	DIN EN 22719
Низшая теплотворная способность топлива	> 35 МДж/кг (обычно 37 МДж/кг*)	DIN 51900-3
Вязкость при 50 °C	< 40 сСт, (вязкость при 40 °C < 60 сСт)	DIN EN ISO 3104
Цетановое число	> 40	FIA
Твердый остаток	< 0,4 %	DIN EN ISO 10370
Содержание примесей	< 200 ppm	DIN EN 12662
Содержание фосфора	< 15 ppm	ASTM D3231
Содержание Na и K	< 15 ppm	DIN 51797-3
Содержание пепла (зола)	< 0,01 %	DIN EN ISO 6245
Содержание воды	< 0,5 %	EN ISO 12537
Стабильность окисления (110 °C)	> 5 ч	ISO 6886
Общее кислотное число TAN (total acid number)	< 4 мгКОН/г	DIN EN ISO 660
Температура топлива после холодной фильтрации (Cold Filter Plugging Point)	На 10 °C меньше самой низкой температуры топлива в топливной системе	EN 116

* Поскольку низшая теплотворная способность биотоплива ниже, чем сырой нефти, мощность двигателя снижается на 5 %

➤ **Фото 1. Фабрика Sereal Docks на севере Италии производит корма и биодизель для автомобилей**



офисных помещениях предприятия. Это существенно повышает общий КПД станции. Таким образом, станция работает в тригенерационном цикле.

Основным топливом для ТЭС является пальмовое масло, которое в настоящее время поставляется из Малайзии. Его ежедневный расход на каждый двигатель составляет 15 тонн при работе на номинальном режиме. В составе станции предусмотрены две емкости для хранения топлива объемом по 120 м³, обеспечивающие запас масла для эксплуатации обоих энергоблоков в течение 7 дней. Пальмовое масло поставляется на станцию полностью очищенным и готовым для подачи в двигатели (табл.). Для запуска двигателя используется рапсовое масло.

В ближайшем будущем планируется перевести ТЭС для работы на масле ятрофы. В настоящее время прорабатываются различные варианты поставки масла ятрофы, рассматриваются предложения различных поставщиков.

При реализации энергетических проектов компания MAN Diesel SE применяет комплексный подход в создании электростанций на биотопливе. При этом рассматриваются две схемы снабжения топливом (рис. 1). В первом случае биотопливо поставляется с предприятия полностью готовым к эксплуатации.

Вторая схема предусматривает поставку неочищенного топлива на станцию. Это намного дешевле, но при этом необходима комплектация ТЭС дополнительным блоком ректификации топлива. Конечно, это увеличивает капитальные затраты на строительство. Однако возврат инвестиций происходит достаточно быстро в связи с разницей в закупочной цене на топливо, а также с возможностью использования излишков электрической и тепловой энергии для ректификации биотоплива.

Выбор конкретной схемы топливообеспечения осуществляется в зависимости от требова-

ний заказчика, а также с учетом особенностей проекта.

Компанией MAN Diesel SE накоплен большой опыт эксплуатации двигателей на жидком биотопливе – рапсовом, соевом, кукурузном масле. По состоянию на текущий год в Италии работают три ТЭС компании MAN на жидком биотопливе общей мощностью 40 МВт: Cereal Docks (Camisano Vicentino) – 2 x 9L 27/38 мощностью 5,2 МВт; Oxon (Pavia, Chemical Plant) и IGI (Palomonte Foodstuff production) – 18V 32/40 мощностью по 8,3 МВт.

Надо отметить, что первый двигатель для работы на арахисовом масле был разработан Рудольфом Дизелем еще в 1893 г. Спустя 100 лет, в 1994 году, были проведены испытания первого современного дизельного двигателя на жидком биотопливе. Первая коммерческая станция на жидком биотопливе введена в эксплуатацию в 2001 году.

Основной проблемой при использовании биотоплива в двигателях является воздействие содержащихся в нем свободных кислот на металлические компоненты. При высоких значениях общего кислотного числа происходит быстрая коррозия и эрозия компонентов (фото 2). Особенно сильно такому воздействию подвержена система впрыска топлива и топливные форсунки. При несоблюдении указанных производителем двигателя требований по содержанию свободных кислот в биотопливе,

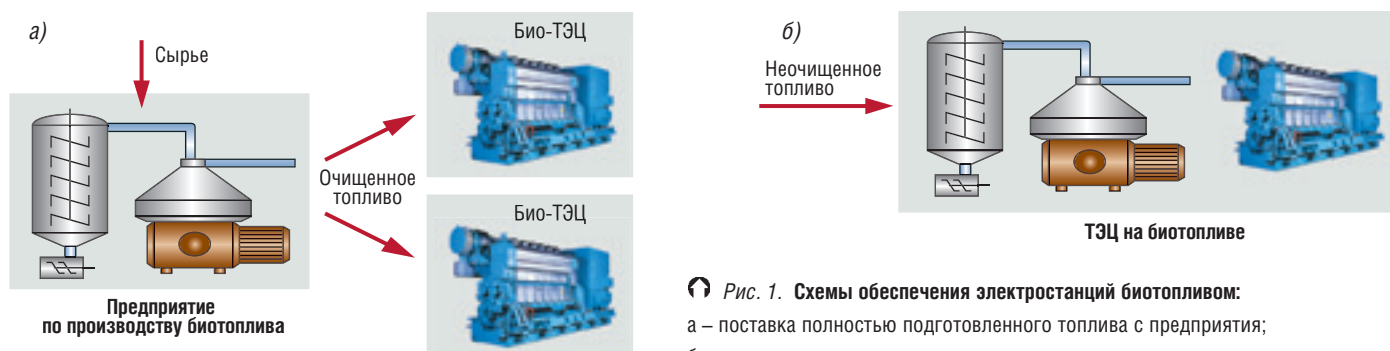
IN BRIEF

The power plant operating on palm oil is run in Italy

MAN Diesel SE power plant for Serial Docks enterprise is the first power project in Italy with the use of refined palm oil as a primary fuel.

The general designer and general contractor for the project was Termindustriale S.p.A. engineering company (Italy).

The plant consists of two power units on the base of MAN Diesel SE 9L27/38 engines and ECO AS 150 waste-heat boilers (Garioni Naval, Italy). Each power unit generates 2,6 MW of electric power and 2,35 MW of thermal power. Power plant efficiency is 80 %.



➤ Фото 2. Топливные форсунки: нижняя со следами коррозии, верхняя без коррозии



срок действия данных компонентов крайне незначителен.

Потребление пальмового масла для использования в качестве биотоплива на электростанциях постоянно растет, и все острее встает вопрос о вырубке пальмовых лесов на планете. В последнее время рассматриваются другие виды сырья для производства биотоплива. Одним из наиболее перспективных является масло ятрофы — колючего кустарника, растущего в засушливых регионах. Для производства биотоплива используются его плоды (орехи), урожай которых вполне способен обеспечить выработку масла в промышленных масштабах при наличии даже небольшого количества влаги. В настоящее время большое количество плантаций ятрофы культивируется в Африке и странах Латинской Америки. Для обеспечения электростанции Sereal Docks биотопливом рассматриваются также варианты поставки рапсового или подсолнечного масла с Украины.

Перспективным является использование биотоплива из водорослей. В поисках более «интересной» для переработки органики ученые обратили внимание на практически неисчерпаемый и легко возобновляемый ресурс — водоросли. Стоит заметить, что биотопливный потенциал водорослей является объектом

пристального внимания ученых Франции, Германии, Японии и США еще с 50-х годов прошлого столетия, при этом вопрос особенно обострился во время предыдущего нефтяного кризиса 1970-х — в полной аналогии с нынешним положением дел.

В настоящее время многие компании активно проводят исследования по выработке эффективной технологии получения биотоплива из водорослей. Наиболее близко к решению данной проблемы подошли в Нидерландах и Соединенных Штатах.

Главная цель, которая стоит сейчас перед исследователями, — снижение себестоимости производства топлива из водорослей. По словам представителей UOP LLC, подразделения Honeywell International по разработке биотоплива, результат можно будет считать удовлетворительным в случае достижения уровня ниже \$2 за галлон, и специалисты считают это реальным. Эксперты предполагают, что данный вид биотоплива появится на рынке через три-четыре года.

Описание станции

Электростанция расположена в отдельно стоящем здании, выполненном из монолитного железобетона. Она установлена на бетонном несущем ростверке толщиной 1 метр. Для максимальной надежности установлены специальные буронабивные колонны в скальном грунте, которые и являются основой всего фундамента. Качество бетонной заливки стен настолько высокое, что не требуется никакой внутренней отделки помещений.

Для каждого энергоблока предусмотрен отдельный бокс (фото 3). Котлы-утилизаторы и блоки каталитической очистки также установлены в индивидуальных помещениях. Для обеспечения необходимой температуры и давления подаваемого в двигатель топлива станция оснащена стандартной системой топливоподготовки, обеспечивающей подогрев

➤ Фото 3. Каждый энергоблок по требованию заказчика установлен в отдельном боксе

➤ Фото 4. Система шумоглушения установлена на крыше станции





Фото 5.
Котел-утилизатор
паровой ESO AS 150

Фото 6. Мнемосхема
САУ энергоблока
на мониторе оператора



топлива с 16 до 70 °С и повышение давления с 0,35 до 0,82 МПа. Контроль качества подаваемого в двигатель топлива осуществляется специальным блоком, который входит в систему управления станции. Блок разработан на базе контроллеров Siemens TD200 и поставлен компанией MAS (Maritime Assembly Systems GmbH). Он обеспечивает также контроль вязкости топлива, которая не должна превышать 12 сСт при подаче в цилиндры.

На территории области Vicenza, где расположена электростанция Sereal Docks, существуют жесткие экологические требования по уровню эмиссии. В связи с этим энергоблоки оснащены системой каталитического подавления выбросов SCR с применением мочевины (разработана и изготовлена компанией HUG Engineering Ltd., Швейцария). Управление системой осуществляется контроллерами Combikat NO_x Controller. Уровень эмиссии NO_x на входе в SCR составляет 500 мг/м³, на выходе – 150 мг/м³.

Кроме того, для наилучшего рассеивания выхлопных газов используются трубы высотой около 20 метров.

Поскольку электростанция находится на территории промышленного предприятия, требования по уровню шуму не такие жесткие. Бетонные стены толщиной 200 мм обеспечивают хорошую звуко- и виброизоляцию: уровень шума на расстоянии 10 м от станции составляет 60 дБ. В связи с этим нет необходимости в оснащении станции специальными системами шумоглушения. Система выхлопа – вытяжные вентиляторы и шумоглушители выхлопных газов (фото 4) – расположены на крыше.

Двигатель

Энергоблоки созданы на базе среднеоборотных 9-цилиндровых дизельных двигателей 9L27/38. Они изготовлены подразделением MAN Diesel SE в Дании, здесь же было выпол-

нено пакетирование энергоблоков. Мощность каждого двигателя составляет 2,97 МВт. Расположение цилиндров – рядное. Частота вращения силового вала составляет 750 об/мин. Диаметр цилиндров 270 мм, ход поршня – 380 мм. Степень сжатия 18. Расход топлива 655 л/ч. Температура выхлопных газов на выходе из двигателя составляет 501 °С. Расход масла на угар – 0,8 г/кВт·ч. Эмиссия NO_x – 500 мг/м³ при 5 % O₂.

Генератор

Синхронные генераторы HFC7-806-08 для энергоблоков поставлены корейской компанией Hyundai Heavy Industries Inc. Степень защиты IP 23, класс изоляции H. Схема подсоединения – звезда. Выходное напряжение генератора 20 кВ, КПД 93 %. В качестве смазки применяется смазочное масло ALVANIA R22. Генераторы закреплены на единой раме с двигателями, которая оснащена специальными антивибрационными демпферами.

Система утилизации тепла

В состав энергоблоков входят паровые котлы-утилизаторы ECO AS 150, поставленные итальянской компанией Garioni Naval (фото 5). Они обеспечивают утилизацию тепла уходящих газов с выработкой при этом пара, который используется в технологическом процессе по производству биодизельного топлива из различных зерновых культур.

Кроме того, осуществляется утилизация теплоты, снимаемой с рубашки двигателей, а также из системы охлаждения смазочного масла и туброкомпрессора. Если потребности предприятия в тепловой энергии меньше, чем вырабатывает система утилизации, то избыточное количество горячей воды или пара направляется для охлаждения в сухие градирни, расположенные на крыше станции. После этого охлажденная вода возвращается в цикл.

На станции предусмотрены две тепловые сети – высоко- (НТ) и низкотемпературная (ЛТ). По сети НТ циркулирует технологический пар, по сети ЛТ – горячая вода.

Система контроля и управления

Система контроля и управления электростанции объединяет систему управления двигателя, генератора, теплоутилизационного контура. Станция работает полностью в автоматическом режиме.

Все контролируемые и измеряемые параметры выводятся на пульт оператора (*фото 6*). Блок синхронизации выходного напряжения станции и сети поставила фирма АВВ. Оборудование АСУ ТП размещено в центральном щите управления.

Заключение

Расчетный срок окупаемости проекта составляет три года, поэтому применение palmового масла – одного из самых дешевых видов биотоплива – экономически оправдано. Стоимость 1 тонны биодизеля составляет 1000 евро, в то время как тонна дизельного топлива в европейских странах – 1500 евро. С ростом стоимости энергоресурсов топливо подорожало за последние два года вдвое, хотя себестоимость производства 1 т palmового масла составляет всего 120 евро.

Подключение к газовой магистрали и получение лимитов на газ, в связи с существенным увеличением потребления газового топлива в странах Европы, является очень сложным вопросом. Поэтому жидкое биотопливо является хорошей альтернативой газовому, при этом значительно улучшается экологическая ситуация в регионе.

Предприятие Sereal Docks надежно обеспечено электроэнергией и теплом собственного производства и не зависит от поставок электроэнергии из сети.

В России, с учетом ее огромного потенциала по производству биотоплива, использование собственных возобновляемых энергоресурсов является актуальным. Газ должен использоваться, в первую очередь, как сырье для химической промышленности, а основные энергоресурсы должны быть возобновляемы, чтобы нашим потомкам оставались и природные ресурсы.

Создание электростанций такого типа не требует строительства новых электросетей, поскольку они максимально приближены к потребителю. Эта проблема также актуальна и для России, с учетом большой изношенности электросетей. ■

Турбины и Дизели

Тел.: (4855) 250-571, 250-572

Факс: (4855) 220-692

E-mail: info@turbine-diesel.ru



Самый полный Каталог оборудования для генерации электрической и тепловой энергии – более 8000 моделей.

Подробно представлены:

- газотурбинные двигатели для ГТЭС и ПГУ;
- газопоршневые и дизельные приводы;
- паровые турбины;
- теплообменное оборудование для ГТЭС, ПГУ и ГПЭС;
- электростанции различного типа;
- электрогенераторы;
- абсорбционные холодильные установки (чиллеры).

www.turbine-diesel.ru ПОДРОБНОСТИ НА САЙТЕ