

О применении поршневых паровых машин на мини-ТЭЦ в зарубежной биоэнергетике

Трохин И. С., инж.

Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ), Москва

Рассмотрены примеры использования паровых моторов Шпиллинга германского производства в качестве современных высокооборотных ($750 - 1500 \text{ мин}^{-1}$) поршневых паровых машин однократного расширения на мини-ТЭЦ электрической мощностью до 2000 кВт, работающих на биомассе. Приведены некоторые технические характеристики ряда паромоторных мини-ТЭЦ лесопромышленных предприятий Австрии, Австралии, Африки и паромоторной когенерационной установки для сжигания активного ила в Нидерландах.

Ключевые слова: биоэнергетика, древесные отходы, пеллеты, активный ил, мини-ТЭЦ, котельная, поршневая паровая машина, паровой мотор Шпиллинга.

За рубежом с конца 1990-х гг. и по настоящее время находятся в коммерческой эксплуатации паровые мини-ТЭЦ разной электрической мощностью (в том числе до 2000 кВт), работающие на твердой биомассе в виде древесных отходов (коры, щепы, опилок, стружки) и древесных пеллет. Такие объекты малой генерации относятся к установкам биоэнергетики, а в качестве приводных тепловых двигателей для электромашинных генераторов переменного тока здесь применяются как паровые турбины лопаточного и винтового типов (последних также называют паровинтовыми машинами), так и не эксплуатируемые в России поршневые паровые машины.

Сегодня в мире практически единственным разработчиком и производителем коммерциализованных поршневых паровых машин нового поколения для стационарной энергетики является германская фирма "Spilling Energie Systeme GmbH" (ранее — "Spillingwerk GmbH"). Она была основана в конце XIX в., базируется в Гамбурге и имеет свои представительства в Европе (Испании, Польше, Словении, Швеции), Азии (Пакистане) и Турции [1]. С применением этих двигателей (так называемых паровых моторов Шпиллинга) за рубежом эксплуатируются и строятся новые мини-ТЭЦ, как правило, на базе производственных и производственно-отопительных паровых котельных лесопромышленных предприятий либо муниципальных хозяйств, где есть возможность использования твердой биомассы.

Паровые моторы Шпиллинга конструктивно представляют собой высокооборотные ($750 - 1500 \text{ мин}^{-1}$) поршневые паровые машины однократного расширения. Число ци-

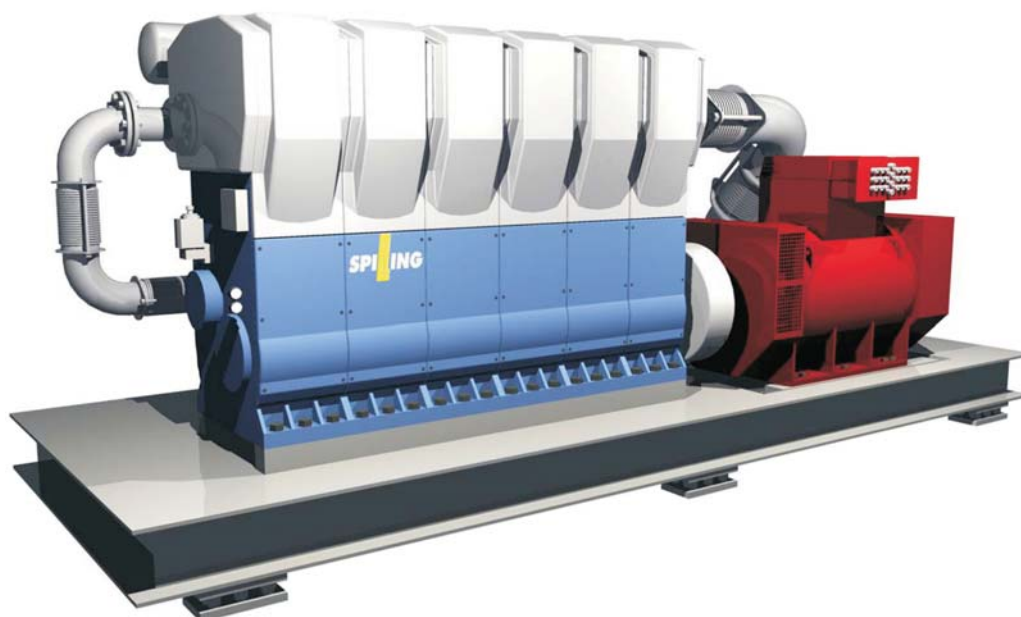
линдров может варьироваться от одного до шести. Известно 15 различных типоразмеров поршней. Принципиально возможна тандемная работа двух паровых моторов Шпиллинга при большом располагаемом перепаде давлений водяного пара.

На рисунке показан внешний вид электроагрегата с паровым мотором Шпиллинга, трехмерная компьютерная модель которого приведена в [2]. Он включается в тепловую схему паровой котельной (база для мини-ТЭЦ) параллельно редуционно-охлаждительному устройству либо взамен последнего. Это позволяет реализовать в котельной выработку электроэнергии (как побочный продукт) попутно с тепловой энергией (основной продукт) по цене, более низкой, чем у поставщиков электроэнергии от централизованной энергосистемы.

При эксплуатации в составе мини-ТЭЦ типичной электрической мощностью от 100 до 1000 кВт паровые моторы Шпиллинга имеют следующие положительные качества [2]:

- широкий рабочий диапазон нагрузок;
- возможна работа с неполной нагрузкой;
- пригодность для работы при колебаниях и (или) низких параметрах (давлении, температуре) свежего пара и (или) малой паропроизводительности котла;
- эффективная работа при переменном удельном расходе свежего пара;
- возможность функционирования на паре (в том числе насыщенном) низкого качества с точки зрения химической водоподготовки питательной воды, используемой для его производства в котле;

не требуется высокая квалификация персонала для эксплуатации и обслуживания непосредственно в условиях мини-ТЭЦ.



| Страна | Топливо | P , кВт | p_1/p_2 , МПа | t_1 , °C | d_3 , кг/(кВт · ч) |
|----------------|---------------------------|-----------------|-----------------|------------|----------------------|
| Австрия | Древесные отходы, пеллеты | 2×1000 | 6/1,2 | t_s | 2×24 |
| Австралия | | 425 | 3,4/0,2 | | 13 |
| Африка (Конго) | | 700 | 2,5/0,15 | 250 | 12,9 |
| Нидерланды | Активный ил | 514 | 0,8/0,15 | t_s | 21,4 |

Примечание. P — электрическая мощность электроагрегата; p_1/p_2 — абсолютные давления водяного пара на входе в мотор (в числителе) и выходе из него (в знаменателе); t_1 и t_s — температуры соответственно пара на входе в мотор и насыщенного пара; d_3 — удельный расход пара в электроагрегате на выработку электроэнергии.

Номинальная электрическая мощность единичного электроагрегата с паровым мотором Шпиллинга составляет не более 1200 кВт, рабочее давление свежего пара — от 0,6 до 6 МПа, противодавление пара — до 1,5 МПа, расход свежего пара — до 40 т/ч. При этом в отличие от классических поршневых паровых машин XIX — XX вв. данные моторы имеют эффективный паромасляный сепаратор (фильтр) с целью исключения загрязнения отработавшего пара смазочным маслом [1, 2]. Некоторые номинальные технические характеристики электроагрегатов ряда зарубежных мини-ТЭЦ с паровыми моторами Шпиллинга приведены в таблице, составленной по данным [2].

На австрийской мини-ТЭЦ отработавший в моторе Шпиллинга пар полезно используется для технологических нужд и обеспечения работы сушилок, а электроэнергия вырабатывается с КПД, составляющим около 5 % при указанных в таблице параметрах элек-

троагрегатов мини-ТЭЦ [2]. В Нидерландах на мини-ТЭЦ в качестве топлива используется активный ил (осадок) после биологической очистки сточных вод. Он представляет собой взвешенную в воде активную биомассу микро- и макроорганизмов, образуется, в частности, на водоочистных сооружениях и в виде высушенного осадка может утилизироваться в топках котлов паровых мини-ТЭЦ.

Список литературы

1. **Spilling Energie Systeme GmbH**: site. — URL: <http://www.spilling.info> (дата обращения: 07.04.2014).
2. **Till Augustin**. Small-scale biomass cogeneration with modern steam engines: presentation of Spilling Energie Systeme GmbH. IEA-Workshop, Copenhagen (Denmark), October, 7th 2010. — Biomass Combustion and Co-firing Task of the IEA Bioenergy Agreement: site. — URL: http://www.ieabcc.nl/workshops/task32_Copenhagen/05%20Augustin%20Steam%20Engines.pdf (дата обращения: 07.04.2014).

dampf21@yandex.ru