Общество с ограниченной ответственностью Агентство «ЯроМакс» / РФ, 119270, Москва, Комсомольский проспект, дом 45, офис 42
Телефон: (+7.495) 609.10.11, 609.10.12, 609.10.13 / Факс: (+7.499) 766.82.32 / E-mail: info@jaromax.ru / Internet: www.jaromax.ru
Генеральный директор: Данилов Владимир Владимирович

Термомасляные установки и турбогенераторы ORC
Новые возможности для когенерации тепла и электроэнергии с использованием отходов деревообработки

Автор: Данилов Владимир Владимирович г. Балабаново, 24.03.2005 г.

Уважаемые коллеги!

Позвольте поприветствовать от имени Агентства «ЯроМакс» всех участников 7-й Международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы развития производства древесных плит», проходящей в Балабановском научно-исследовательском институте ВНИИДРЕВ.

Постановка задачи

Жёсткая конкуренция, увеличение затрат на содержание персонала, рост цен на энергоносители и ужесточение экологических требований вынуждают практически все промышленные предприятия внедрять более эффективные процессы и технологии. Деревообрабатывающие предприятия не являются исключением. Более того, именно здесь потребляется большое количество тепла, необходимого для изготовления различной продукции. При этом в отличие от многих других отраслей на деревообрабатывающих производствах используется сырьё, после обработки которого неизбежно образуются отходы, имеющие большой энергетический потенциал. За счет возможности использования древесных отходов производства в качестве альтернативного энергоносителя (т.е. в качестве топлива) для получения тепловой и / или электрической энергии у предприятий лесобумажного комплекса появляются значительные преимущества перед предприятиями из других отраслей промышленности. Деревообрабатывающая отрасль не так сильно зависит от рынка энергоносителей и от генерирующих компаний, централизованно вырабатывающих энергию и транспортирующих её до конечного потребителя. У предприятий лесобумажного комплекса имеются все возможности для сооружения собственного энергоцентра непосредственно в районе образования древесных отходов для обеспечения теплом и / или электроэнергией своих же технологических процессов.

Для крупных целлюлозно-бумажных и древесноплитных предприятий с большим потреблением электрической энергии оптимальным решением, безусловно, являются традиционные паротурбинные электростанции. Однако если учесть, что для современных производственных процессов требуется всё большее количество тепла, становится возможным применение альтернативных технологий.

Для предприятий средней руки, а уж тем более для небольших предприятий традиционная схема выработки тепла и электроэнергии становится и вовсе нерентабельной. Как раз с этой точки зрения особый интерес могла бы представлять технология когенерации (и даже тригенерации, когда вырабатывается еще и технологический холод) с применением органических теплоносителей. Благодаря своей инвестиционной и эксплуатационной привлекательности данная технология имеет прекрасные перспективы. Речь идет об энергоцентрах или мини-ТЭЦ с так называемыми термомасляными установками. При температурах свыше 160°C эти установки в большинстве случаев гораздо выгоднее, чем традиционные решения на базе паровых или тем более водогрейных котлов.

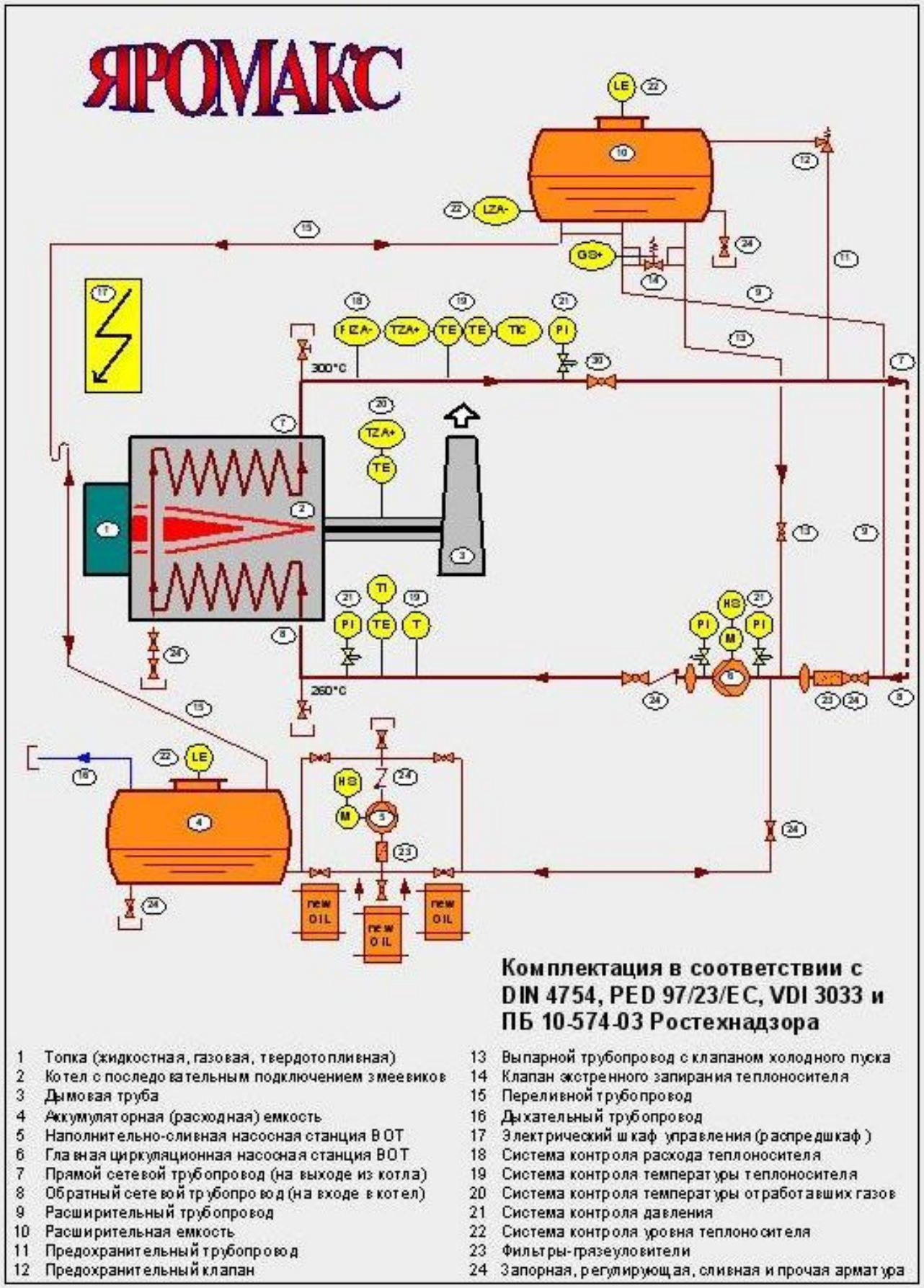
Что же такое термомасляная установка?

Термомасляными установками принято называть комплексные теплогенераторы или котельные для нагрева термомасла (или, как его еще называют в некоторых странах, например в Италии, диатермического масла). По классификации государственного технического надзора термомасло представляет собой высокотемпературный органический теплоноситель. В правилах устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов, утвержденных 28.05.1993 года Госгортехнадзором России, существует целый раздел, посвященный данной теме. В нем регламентируются основные конструктивные особенности, требования к проектированию, комплектации, приемке и применению котлов и котлов-утилизаторов с ВОТ, а также к порядку согласования возможных несоответствий и порядку упрощенной постановки на учёт.

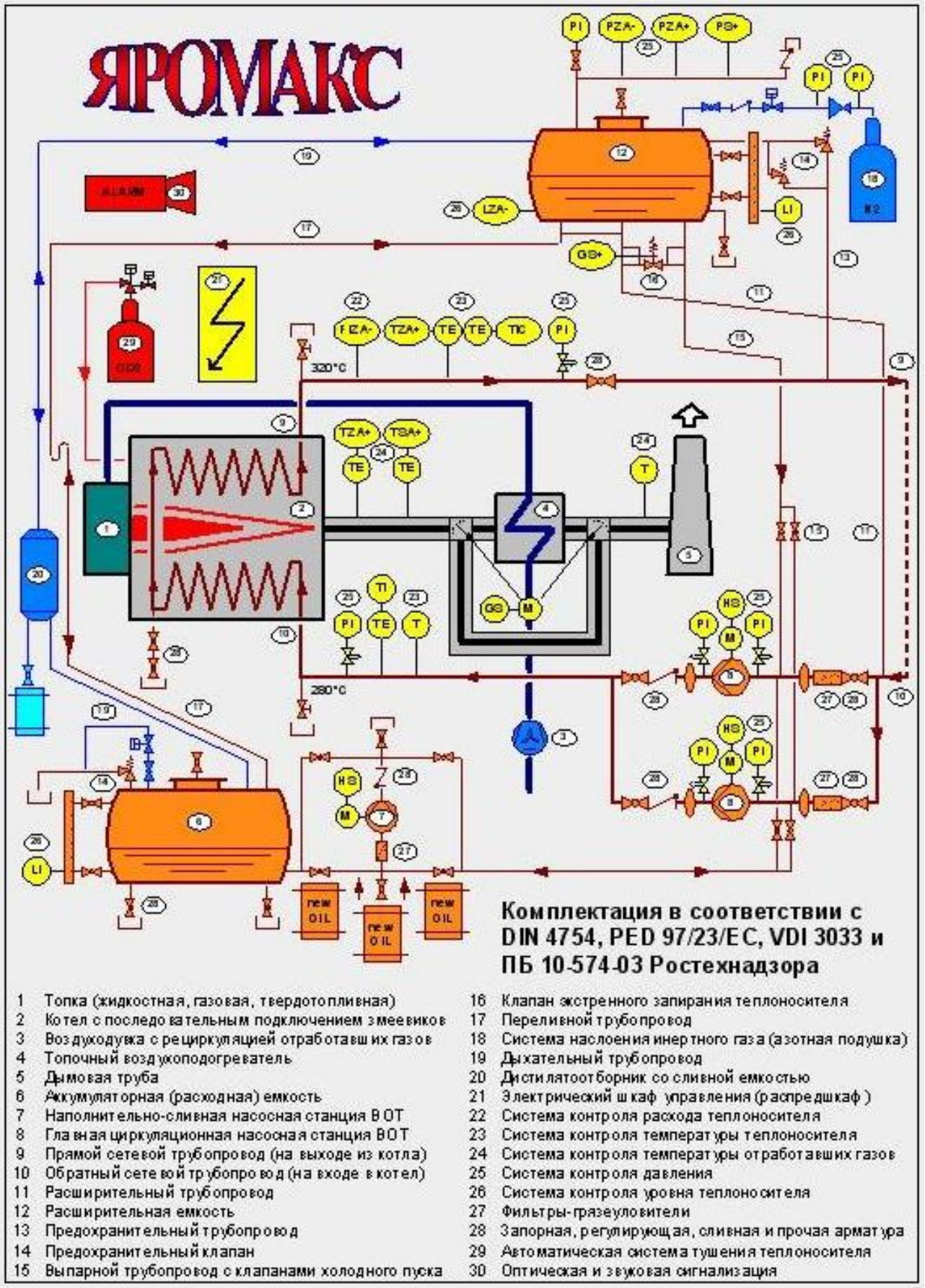
Нагревать термомасло, как и любую другую теплоносящую жидкость, можно путем утилизации тепла, полученного от сжигания не только ископаемых (газообразных, жидких, твёрдых), но и биогенных видов топлива, к которым среди прочего относятся и древесные отходы производства. Благодаря низкому давлению насыщенных паров теплоносящей жидкости в принципе и работе котла с температурой, не превышающей температуру насыщения при атмосферном давлении, можно говорить о работе оборудования с нулевым избыточным давлением (причем типичное давление 4-6 бар, создаваемое циркуляционным насосом, во внимание не берется). Обыкновенные предохранительные устройства, предотвращающие воспламенение или неконтролируемый перегрев теплоносителя, обеспечивают полную безопасность системы. По этой причине термомасляные теплогенераторы включают минимальное количество компонентов и практически все они стандартизованы. Приобрести их легко и недорого.

ООО Агентство “ЯроМакс“ / Общество с ограниченной ответственностью
ОГРН 1047796356123, ИНН 7704520552, КПП 770401001, ОКПО 72990267
Адрес: Россия, 119270, Москва, Комсомольский проспект, дом 45, офис 42
Телефон: (+7.495) 609.10.11, 609.10.12, 609.10.13 / Факс: (+7.499) 766.82.32
Электронная почта: info@jaromax.ru / Адрес в интернете: www.jaromax.ru

Принципиальное устройство самого простого термомасляного котла для нагрева минерального масла категории ВОТ-I и ВОТ-II (по классификации ЯРОМАКСА), работающего в диапазоне температур от 35°С до 320°С, показано на нашей первой схеме.

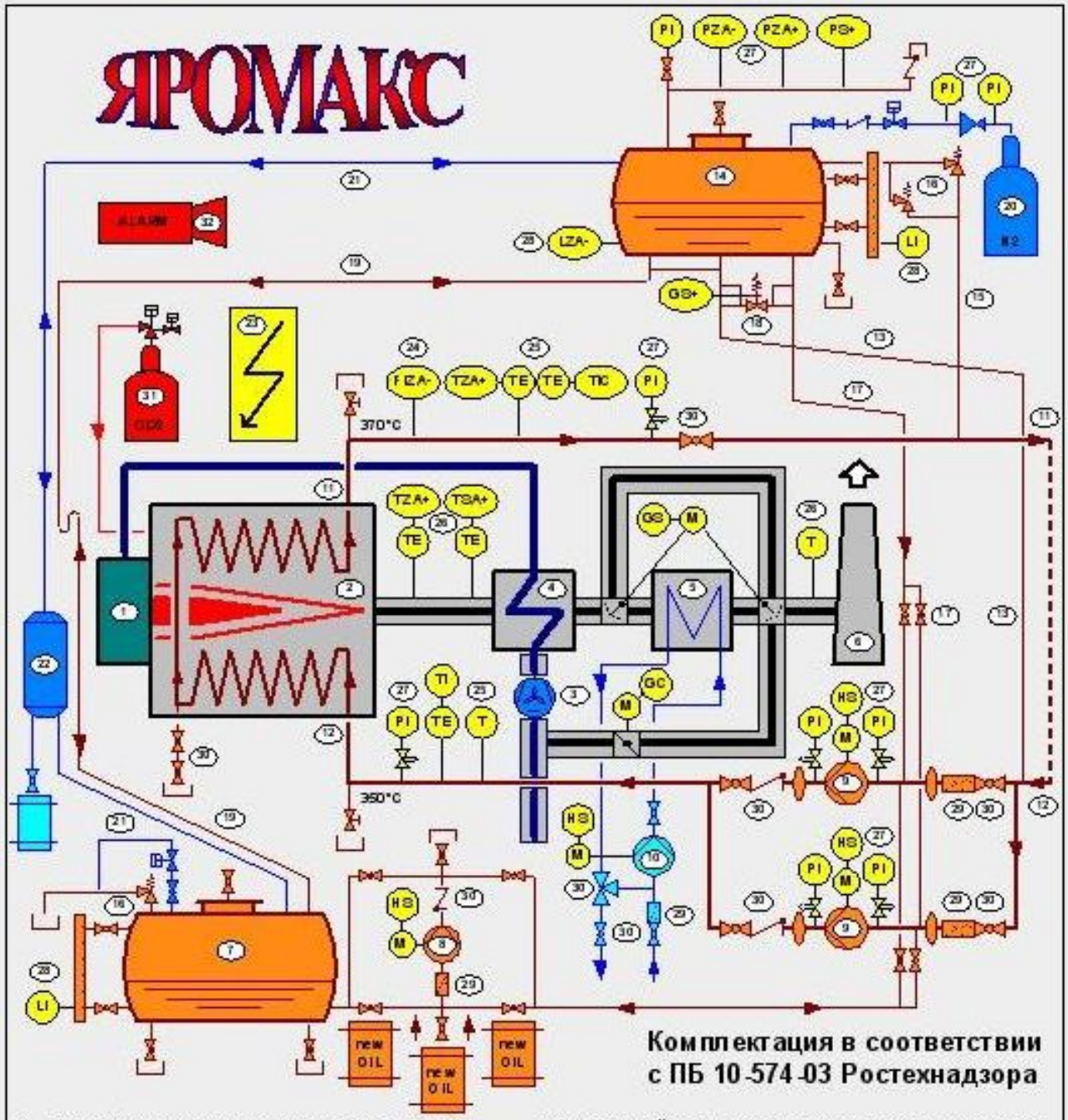


На второй схеме показано принципиальное устройство более «сложного» котла для нагрева синтетического термомасла категории ВОТ-II и ВОТ-III (по классификации ЯРОМАКСА), работающего в диапазоне температур от 5°С до 350°С.



ООО Агентство “ЯроМакс“ / Общество с ограниченной ответственностью
ОГРН 1047796356123, ИНН 7704520552, КПП 770401001, ОКПО 72990267
Адрес: Россия, 119270, Москва, Комсомольский проспект, дом 45, офис 42
Телефон: (+7.495) 609.10.11, 609.10.12, 609.10.13 / Факс: (+7.499) 766.82.32
Электронная почта: info@jaromax.ru / Адрес в интернете: www.jaromax.ru

И наконец, на третьей схеме показано принципиальное устройство самого «сложного» термомасляного котла для нагрева специальных высокотемпературных органических теплоносителей категории ВОТ-III и ВОТ-IV (по классификации ЯРОМАКСА), работающего в диапазоне температур от 5°С до 450°С, на которые распространяются Правила Госгортехнадзора в полной мере.



1 Топка (жидкостная, газовая, твердотопливная)
2 Котел с последовательным подключением змеевиков
3 Воздуходувка с рециркуляцией отработавших газов
4 Топочный воздухоподогреватель
5 Газо водяной экономайзер с регулируемым байпасом
6 Дымовая труба
7 Аккумуляторная (расходная) емкость
8 Наполнительно-сливная насосная станция ВОТ
9 Главная циркуляционная насосная станция ВОТ
10 Насосная станция системы отопления или ГВС
11 Прямой сетевой трубопровод (на выходе из котла)
12 Обратный сетевой трубопровод (на входе в котел)
13 Расширительный трубопровод
14 Расширительная емкость
15 Предохранительный трубопровод
16 Предохранительный клапан
17 Выпарной трубопровод с клапанами холодного пуска
18 Клапан экстренного запирания теплоносителя
19 Переливной трубопровод
20 Система наслоения инертного газа (азотная подушка)
21 Дыхательный трубопровод
22 Дистилятоотборник со сливной емкостью
23 Электрический шкаф управления (распредшкаф)
24 Система контроля расхода теплоносителя
25 Система контроля температуры теплоносителя
26 Система контроля температуры отработавших газов
27 Система контроля давления
28 Система контроля уровня теплоносителя
29 Фильтры-грязеуловители
30 Запорная, регулирующая, сливная и прочая арматура
31 Автоматическая система тушения теплоносителя
32 Оптическая и звуковая сигнализация

После столь подробного рассмотрения устройства термомасляных котлов, можно с лёгким сердцем сделать вывод, что большого отличия от водогрейных котлов здесь нет. Тот же принцип, только на более высоком уровне температуры. И без давления! Вся «сложность» котлов с ВОТ сводится к необходимости их оснащения предохранительными устройствами, препятствующими перегрев и окисление (преждевременное старение) теплоносителя. Правда, такое высказывание следует воспринимать с определенной долей юмора. Термомасляные установки с теплоносителем ненадлежащего качества пожароопасны. Однако, данная проблема на предприятиях с высокой культурой эксплуатации не должна рассматриваться всерьёз. И уж тем более, если термомасляный котел спроектирован опытными инженерами и изготовлен на специализированном предприятии.

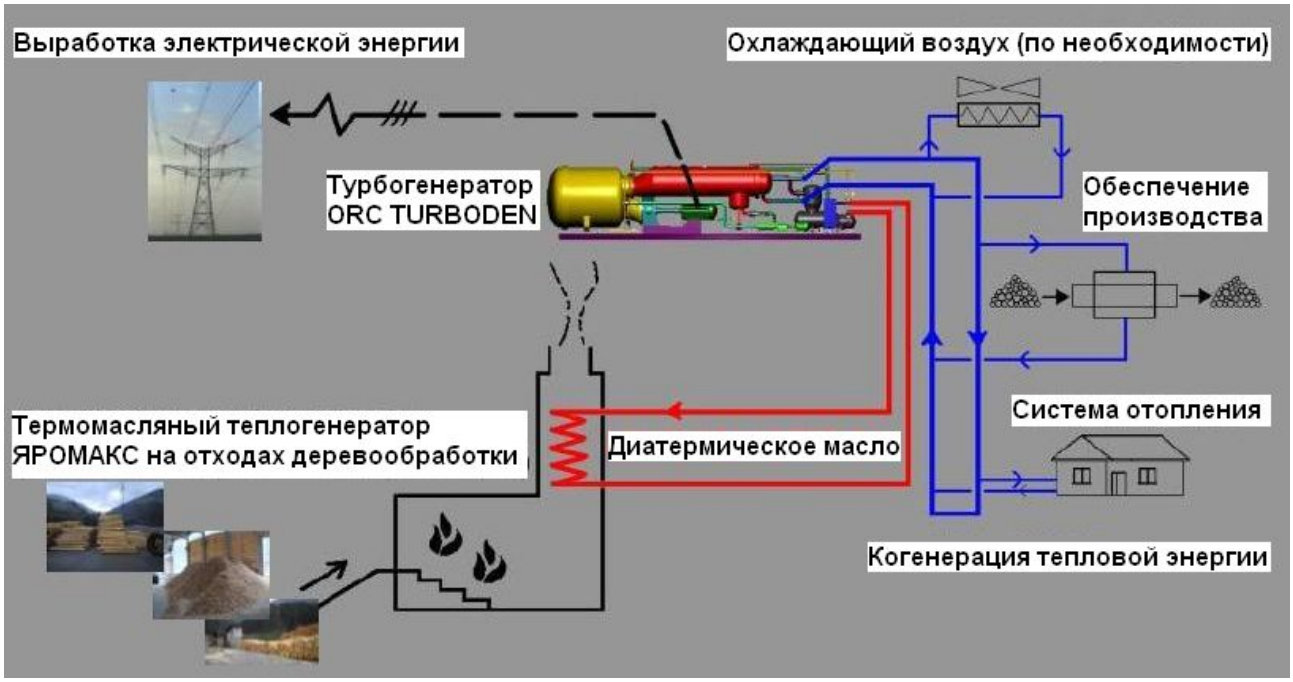
В этом смысле можно говорить о значительном прорыве в данном направлении теплотехники. Термомасляные установки непрерывно совершенствовались в течение долгих лет. И к нынешнему дню разработаны гениально простые и надежные системы, работоспособность которых по сути доведена до совершенства. Совместно со своими партнерами наша компания за последние годы достигла очень высоких показателей, особенно в отношении экономичности и эксплуатационной надежности термомасляных установок. Основная часть оборудования производится серийно и даже по прототипам. Мы постоянно работаем над совершенствованием техники и её адаптации к изменяющимся требованиям заказчиков и производственных процессов.

Модель термомасляного теплогенератора ЯРОМАКС

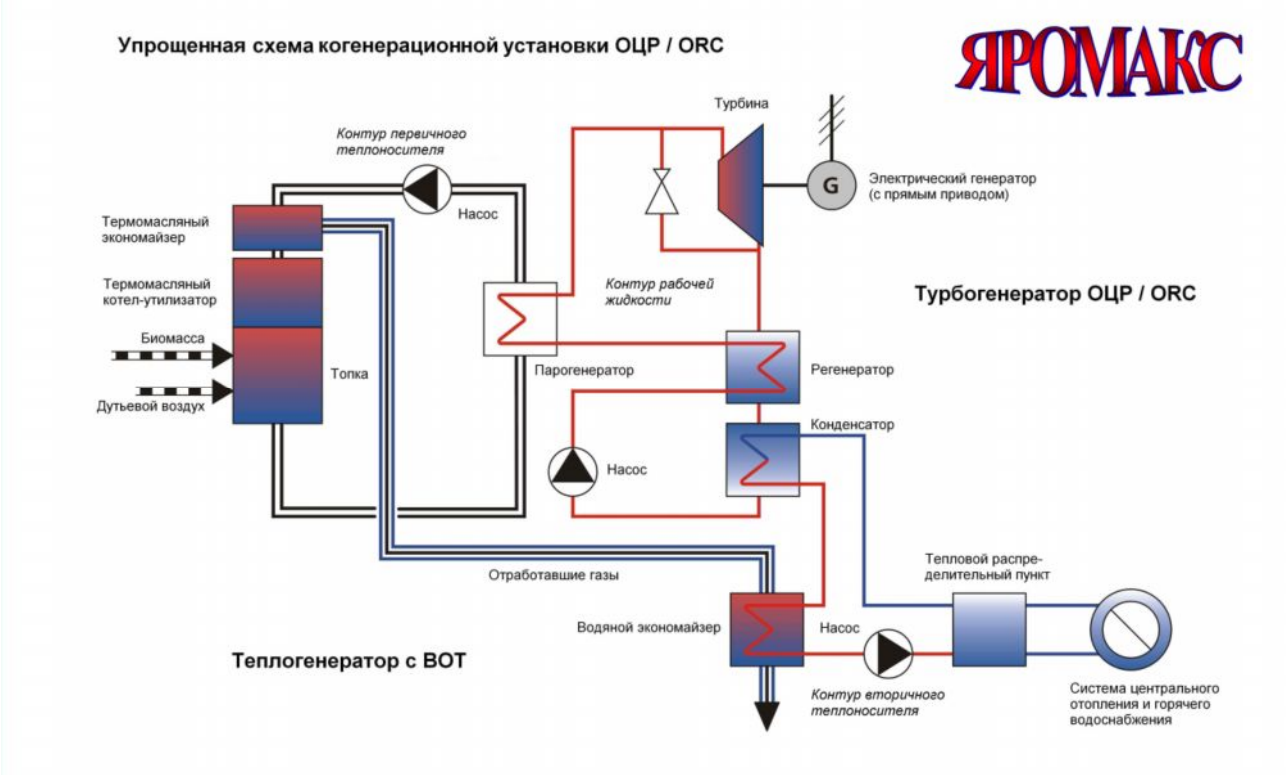
Термомасляные установки на базе твёрдотопливных котлов-утилизаторов ВОТ могут иметь единичную тепловую мощность до 10 МВт. Более мощные установки реализуются путем комбинированного подключения нескольких единиц оборудования. Речь идет о так называемых «Сплит-системах», в которых общая мощность может достигать 50 МВт и выше.

Что такое когенерация на базе термомасляной установки?

Начало нового тысячелетия ознаменовало рождение качественно нового и удивительно простого способа совместного получения электрической и тепловой энергии из биомассы в условиях промышленного производства. Разумеется, наша компания, постоянно идущая в ногу со временем, как и другие мировые флагманы теплоэнергетической отрасли, не могла не обратить внимание на эту инновационную технологию энергообеспечения малых, средних и отчасти крупных предприятий деревообрабатывающей промышленности. Речь идет об автономных когенерационных установках ОЦР на базе термомасляных теплогенераторов, функция которых основывается на Органическом Цикле Ренкина (по английски: ORC – Organic Rankine Cycle).

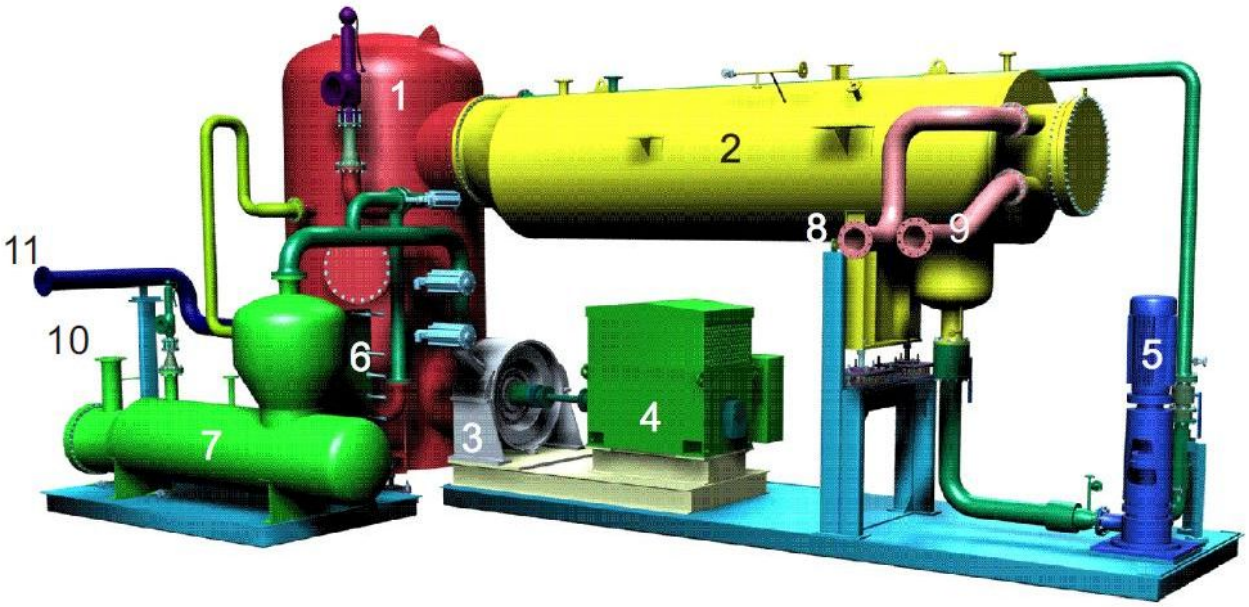


В когенерационных установках на базе термомасляных теплогенераторов тепло от первичного теплоносителя, а конкретнее: от диатермического масла, нагретого в маслогрейном котле-утилизаторе путем сжигания древесного топлива, передается рабочей жидкости турбогенератора ORC-ОЦР. Тепловая энергия термомасла превращается в энергию механическую, а затем и электрическую в одноступенчатой паровой турбине. Только в отличие от традиционных силовых установок, работающих на водяном пару, в турбине ORC применяется легко испаряемая органическая жидкость, а именно: силиконовое (кремниевое) масло, которое также, как и термомасло, циркулирует в системе по замкнутому контуру.



Модель электрического турбогенератора ТУРБОДЕН

1 Регенератор
2 Конденсатор
3 Турбина ORC
4 Электрогенератор
5 Циркуляционный насос
6 Подогреватель
7 Парогенератор
8 Выход горячей воды
9 Вход холодной воды
10 Вход горячего термомасла
11 Выход холодного термомасла

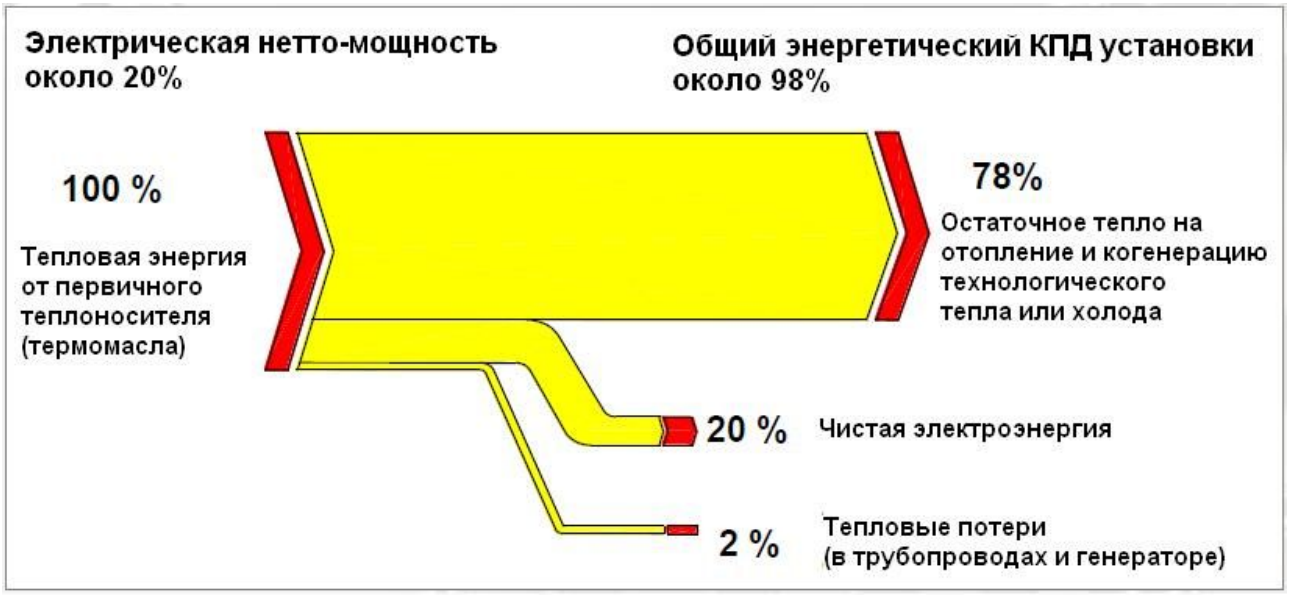


Единичная электрическая нетто-мощность серийно выпускаемых турбогенераторов находится в диапазоне от 100 до 2200 кВт. При этом инвестиционная привлекательность оборудования зависит от целого ряда факторов, в т.ч. от установленной мощности турбогенератора ORC, т.к. удельная стоимость 1 кВтч электроэнергии заметно снижается по мере увеличения электрической мощности приобретаемого оборудования.

В зависимости от приоритетов заказчика в сторону тепловой или электрической энергии предлагаются установки ОЦР в стандартном исполнении или в так называемом исполнении «Сплит». Разница между этими установками заключается прежде всего в температуре охлаждающей воды, направляемой на теплообеспечение отопительных или технологических нагрузок.

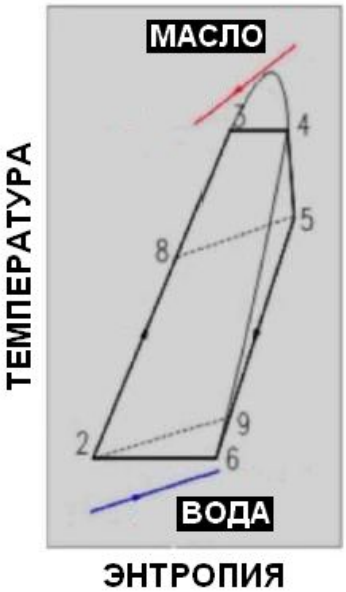
Эксплуатационные показатели когенерационной установки ORC

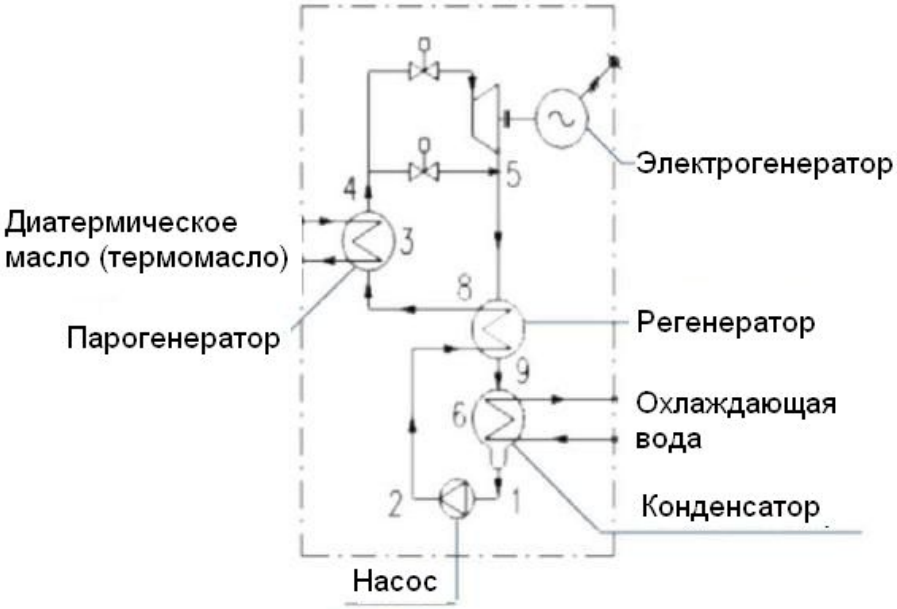
Общий энергетический КПД современных когенерационных установок в зависимости от производителя может достигать 98%, а чистый КПД турбогенератора – до 20% от тепловой мощности термомасляного теплогенератора.



Кроме того, турбогенераторы ORC могут работать в диссипативном режиме, т.е. без когенерации тепловой энергии. В данном случае чистый электрический КПД может достигать 24%. При этом температура охлаждающей воды составляет около 35°С.

Термодинамические принципы ORC / ОЦР (Organic Rankine Cycle / Органический Цикл Ренкина)





Первичный теплоноситель (термомасло) нагревает и испаряет органическую рабочую жидкость (синтетическое масло) в парогенераторе (8⇨3⇨4). Расширившись, пары рабочей жидкости вращают турбину (4⇨5), которая соединена с электрогенератором через упругую муфту. Далее силиконовое масло, находящееся в паровой фазе, проходит через регенератор (5⇨9), в котором подогревает силиконовое масло, находящееся в жидкостной фазе, перед его подачей в парогенератор (2⇨8). После этого пары рабочей жидкости конденсируются под воздействием охлаждающей воды в конденсаторе (9⇨6⇨1). И наконец, рабочая жидкость с помощью циркуляционного насоса (1⇨2) поступает через регенератор снова в парогенератор. Тем самым завершается полный рабочий цикл (Органический Цикл Рэнкина).

Преимущества когенерационных установок ОЦР

Решающее преимущество турбоэнергоблоков ОЦР по сравнению с традиционными паросиловыми установками заключается прежде всего в возможности экономичной выработки небольшого количества электроэнергии до 2-2,5 МВт (или до 4-5 МВт при параллельном включении двух модулей) в собственном децентрализованном энергоцентре.

Привлекает также несложный монтаж когенерационной установки за счет компактности оборудования: все компоненты термомасляного теплогенератора по максимуму монтируются и обвязываются в условиях завода-изготовителя и поставляются в виде нескольких крупных блоков, а турбогенератор ORC и вовсе имеет полную заводскую сборку и поставляется на единой транспортабельной платформе в виде компактного модуля или закрытого контейнера.

Также серьёзным преимуществом системы ОЦР перед традиционной энергоустановкой является возможность её полноавтоматической работы без постоянного контроля со стороны обслуживающего персонала, что заметно сокращает расходы на заработную плату. И наконец, немаловажный плюс – это простота конструкции и недороговизна эксплуатации, а также удобство в обслуживании и ремонте. Причина тому: более низкое давление в системе, антикоррозионные свойства органического теплоносителя, нерасширение затвердевшего термомасла при минусовой температуре, более благоприятные термодинамические характеристики силиконовой жидкости с высокой молекулярной массой, плавность хода турбины при запуске и частичной нагрузке, исключение химической водоподготовки и т.д.

Holzheizkraftwerk
Oerlinghausen GmbH
Автономный энергоцентр ЭРЛИНГХАУЗЕН
с когенерационной установкой ORC на базе термомасляного теплогенератора KOHLBACH
и турбогенератора TURBODEN
1 Склад твёрдого топлива
2 Расходный бункер
3 Цепной транспортер
4 Колосниковая топка
5 Термомасляный котел
6 Термомасляный экономайзер
7 Водяной экономайзер
8 Воздухоподогреватель
9 Циклон для удаления пыли
10 Электрофильтр
11 Дымосос
12 Дымовая труба
13 Турбинный зал
14 Контейнер для сбора золы
15 Аккумуляторный бак
16 Резервный газовый котел
17 Диспетчерская
ea
Lippe
energieagentur Lippe GmbH
ЯРОМАКС

Holzheizkraftwerk
Oerlinghausen GmbH
Автономный энергоцентр ЭРЛИНГХАУЗЕН
с когенерационной установкой ORC на базе термомасляного теплогенератора KOHLBACH
и турбогенератора TURBODEN
1 Склад твёрдого топлива
2 Расходный бункер
3 Устройство топливоподачи
4 Колосниковая топка
5 Термомасляный котел
6 Термомасляный экономайзер
7 Водяной экономайзер
8 Воздухоподогреватель
9 Циклон для удаления пыли
10 Электрофильтр
11 Дымосос
12 Дымовая труба
13 Модуль ORC в сборе
14 Контейнер для сбора золы
15 Аккумуляторный бак
16 Диспетчерская
17 Весы
ea
Lippe
energieagentur Lippe GmbH
ЯРОМАКС

В целом термомасляные системы, особенно в комбинации с турбоэнергоблоками ORC, представляют собой установки нового поколения, позволяющие полностью обеспечивать промышленное производство технологическим теплом и электроэнергией, а при необходимости еще и технологическим холодом.

При этом использовать дорогостоящие энергоносители (газ, мазут, уголь или электричество) вовсе не обязательно. Возможна работа установки исключительно на отходящем тепле от существующих энергосистем или на отходах своего же производства путем их термической утилизации в топке термомасляного котла. Это и надёжно, и экологически безопасно. А в большинстве случаев ещё и экономически выгодно, особенно если отходов достаточно или они имеют минусовую стоимость.

Благодарим за внимание.

Данилов В.В.
ООО Агентство «ЯроМакс»