

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

8.1. Геотермальные электростанции (ГеоТЭС)

8.1.4. Геотермальные ТЭС с использованием низкокипящих чистых или смесевых рабочих тел

В.А. Васильев, Б.В. Тарнижевский, ОАО «ЭНИН»

Во избежание солеотложений, возникающих при упаривании геотермальных рассолов в схемах с расширительными, применяется схема с использованием низкокипящих рабочих тел (рис. 8.4). Геотермальный рассол из подъемной скважины 1 поступает в теплообменник-парогенератор 2 (который обычно выполняется в виде двух кожухотрубных аппаратов — испарителя и подогревателя (экономайзера)). После охлаждения до предельной температуры, определяемой условием отсутствия солеотложений, рассол возвращается обратно в пласт по нагнетательной скважине 3. В связи с высокой стоимостью скважин, для увеличения расхода геотермального рассола иногда применяются погружные насосы, размещаемые на глубине до 200 м в подъемной скважине, а для обратной закачки практически всегда используется нагнетательный насос перед реинжекционной скважиной 3. Расход электроэнергии на привод этих насосов иногда достигает 20 % от выработки электроэнергии.

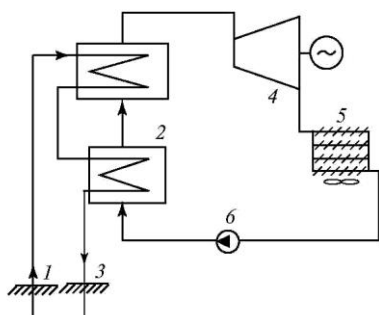


Рис. 8.4. Схема ГеоТЭС с использованием низкокипящих рабочих тел:

1 — подъемная скважина; 2 — теплообменник-парогенератор; 3 — нагнетательная скважина; 4 — турбина; 5 — конденсатор; 6 — циркуляционный насос

В качестве рабочих тел таких ГеоТЭС используются хладагенты (углеводороды: пропан, бутан, фреоны, в последнее время рассматривается возможность применения водоаммиачной смеси). Жидкое рабочее тело подогревается и испаряется в парогенераторе 2 и подается на вход турбины 4. Расширение пара низкокипящих рабочих тел в турбине происходит (в отличие от водяного пара) в области сухого пара, что связано с аномальным видом пра-

вой ветви их кривых насыщения в T,s -диаграмме — энтропия уменьшается при снижении температуры, поэтому из турбины выходит сухой пар. Если его температура значительно выше температуры конденсации, определяемой обычно температурой воздуха, целесообразно вернуть избыточное тепло в цикл, для чего используется не показанный на схеме рекуперативный теплообменник, устанавливаемый перед конденсатором 5, который обычно является воздухоохлаждаемым из-за дефицита охлаждающей воды. Сконденсированное рабочее тело циркуляционным насосом 6 подается на вход парогенератора (при наличии рекуператора — через него).

Первая в мире геотермальная энергоустановка по такой схеме с фреоном-22 в качестве рабочего тела была изготовлена в 1956 г. и испытана на Паратунском месторождении термальных вод на Камчатке. Оборудование для таких ГеоТЭС с разными рабочими телами изготавливалось рядом фирм в США, Японии, Италии, Австрии. В настоящее время промышленный выпуск энергомодулей мощностью 0,5...3 МВт с низкокипящими рабочими телами осуществляется фирмой «Ормат» (Израиль). Общая мощность ГеоТЭС, построенных во многих странах с этими энергомодулями, превышает 350 МВт. В нашей стране на Кировском заводе был спроектирован энергомодуль мощностью 1,5 МВт на озонобезопасном фреоне-42b. В настоящее время работы по созданию специальной турбины ведутся в ОАО «Наука».

Энергомодули фирмы «Ормат» поставляются по цене в среднем 1000 долл. за 1 кВт.

В последние годы особое внимание проявляется к использованию водоаммиачной смеси в качестве рабочего тела. Этот интерес обусловлен изменением температуры в процессе парообразования смеси — сначала при более низкой температуре выкипает, в основном, аммиак и по мере уменьшения его концентрации температура кипящей смеси растет. В результате удается сблизить кривые охлаждения геотермального рассола и нагрева и парообразования водоаммиачной смеси в I,t -диаграмме, что приводит к снижению необратимых потерь эксергии при теплообмене и повышению КПД цикла ГеоТЭС. Кроме того, путем изменения концентрации аммиака в смеси можно эффективно использовать одну и ту же турбину на геотермальных месторождениях с температурами рассолов 80...200°C.