Лекция 6.

1.Структурные схемы устройств преобразования энергии первичных источников в электрическую по схеме возобновляемые источники – электроэнергия (продолжение).
2. Критерии и сравнительная оценка различных способов получения электроэнергии.

Водородная энергетика

В основе водородной энергетики лежит химическая реакция окисления водорода кислородом, в процессе которой происходит выделение теплоты, используемой для получения электрической энергии.

Реакция окисления водорода

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O + Q\ ,$$

где Q – тепловая энергия.

Термоядерная энергетика.

Наибольший практический интерес вызывает термоядерная реакция синтеза, в которой участвуют тяжелые изотопы водорода – дейтерий (с двумя нейтронами в ядре) и тритий (с тремя нейтронами в ядре). В результате слияния ядер дейтерия и трития образуется нестабильное ядро гелия-5, распадающееся на стабильное ядро гелия-4 и нейтрон, при торможении которого происходит выделением тепловой энергии:

$$^2H + {}^3H \rightarrow {}^4H + n\ ,$$

где ^2H – дейтерий (дейтрон); ^3H – тритий (тритон); ^4H – ядро гелия; n – нейтрон.

Цепная реакция деления ядер осуществляется при использовании в ядерных реакторах ядерного топлива. Ядерное топливо размещается в тепловыделяющих элементах (ТВЭЛах)

ядерного реактора. По химическому составу ядерное топливо может быть металлическим (включая сплавы), карбидным, окисным, нитридным и др. Схема уранового топливного цикла для атомных электростанций (АЭС) энергетической мощностью 1ГВт приведена на рис.24 .

Производство уранового ядерного топлива начинается с добычи и переработки урановых руд с целью получения очищенной закиси-окиси урана U_3O_8. Далее U_3O_8 переводят в тетрафторид UF_4 для последующего получения металлического урана, или в гексафторид UF_6 – единственное устойчивое газообразное соединение урана, используемое для последующе-го обогащения его изотопом ^{235}U. Далее UF_6 переводят в двуокись или другие соединения, которые используют доля изготовления ТВЭЛов. Отработавшие ТВЭЛы направляют на переработку с целью регенерации ядерного топлива для повторного его использования. U и Pu очищают от продуктов деления, затем Pu в виде PuO_2 направляют для изготовления сердечников, а U в зависимости от изотопного состава или также направляют для изготовления сердечников, или переводят в UF_6 с целью обогащения изотопом ^{235}U.

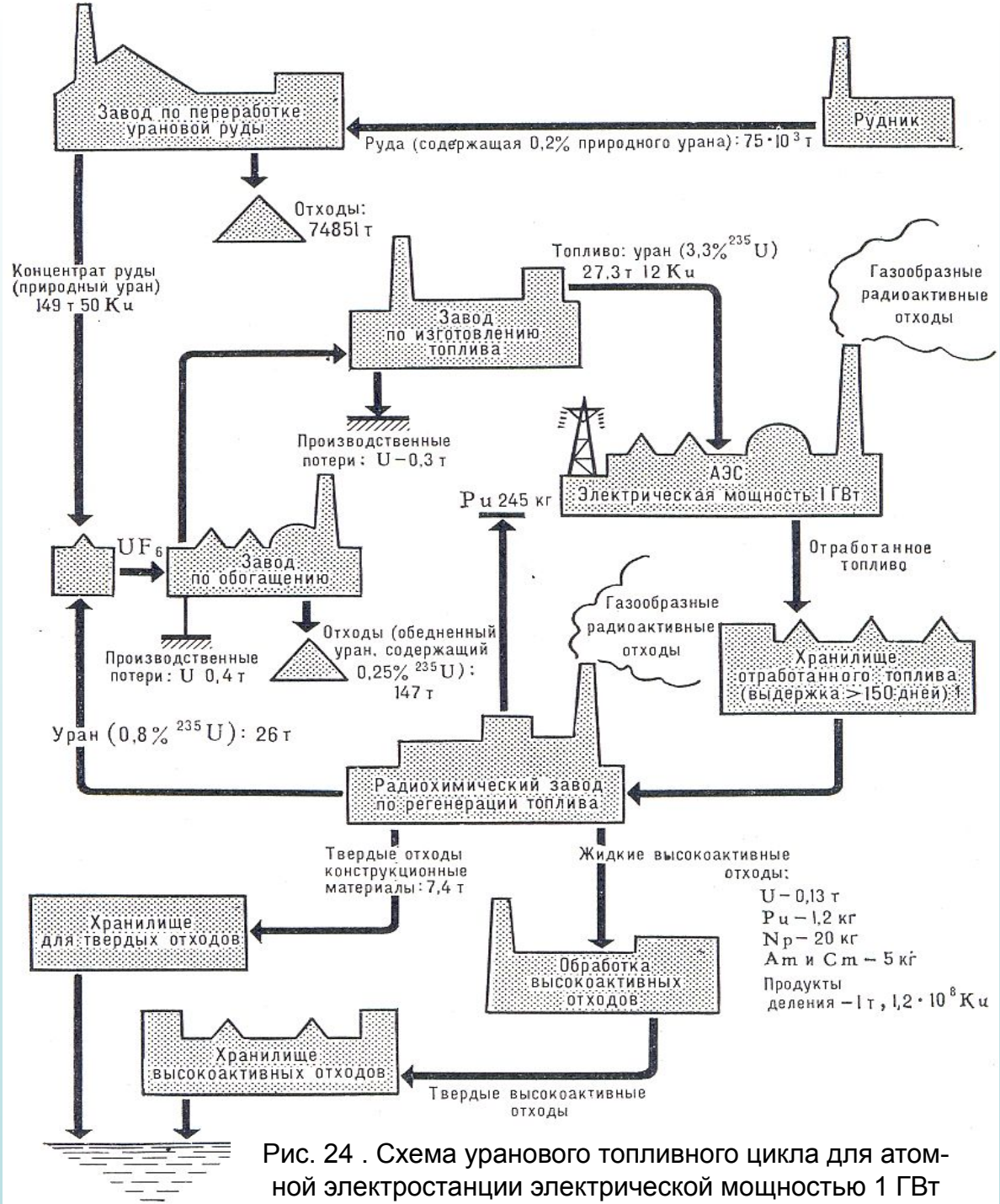

Рис. 24 . Схема уранового топливного цикла для атомной электростанции электрической мощностью 1 ГВт

Водородная энергетика

В основе водородной энергетики лежит химическая реакция окисления водорода кислоро-дом, в процессе которой происходит выделение теплоты, используемой для получения элек-трической энергии.

Реакция окисления водорода

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O + Q\ ,$$

где Q – тепловая энергия.

Магнитогидродинамические генераторы.

Идея получения электроэнергии при движении электропроводной жидкости в магнитном поле не является новой и основана на хорошо известном принципе, который заключается в том, что при пересечении проводником магнитных силовых линий в нем генерируется электродвижущая сила.

В то время как в обычном турбогенераторе энергия пара первоначально превращается в механическую энергию в турбине, а затем – в электрическую в генераторе, в МГД-генераторе рабочее тело уже действует как проводник (см. рис.24). Поскольку рабочее тело имеет до-вольно высокую температуру (порядка 2000…3000°C), то в качестве него используется иони-зированный газ.

При протекании газа в канале, пронизанном силовыми линиями магнитного поля, между его боковыми стенками-электродами возникает разность потенциалов, приводящая к появле-нию электрического тока во внешней цепи, образованной нагрузкой и электродами.

Повышенная температура рабочего тела обеспечивает более высокий термический КПД установки и возможность использования МГД-генератора в открытом цикле в комбинации с турбиной (см. рис. 25).

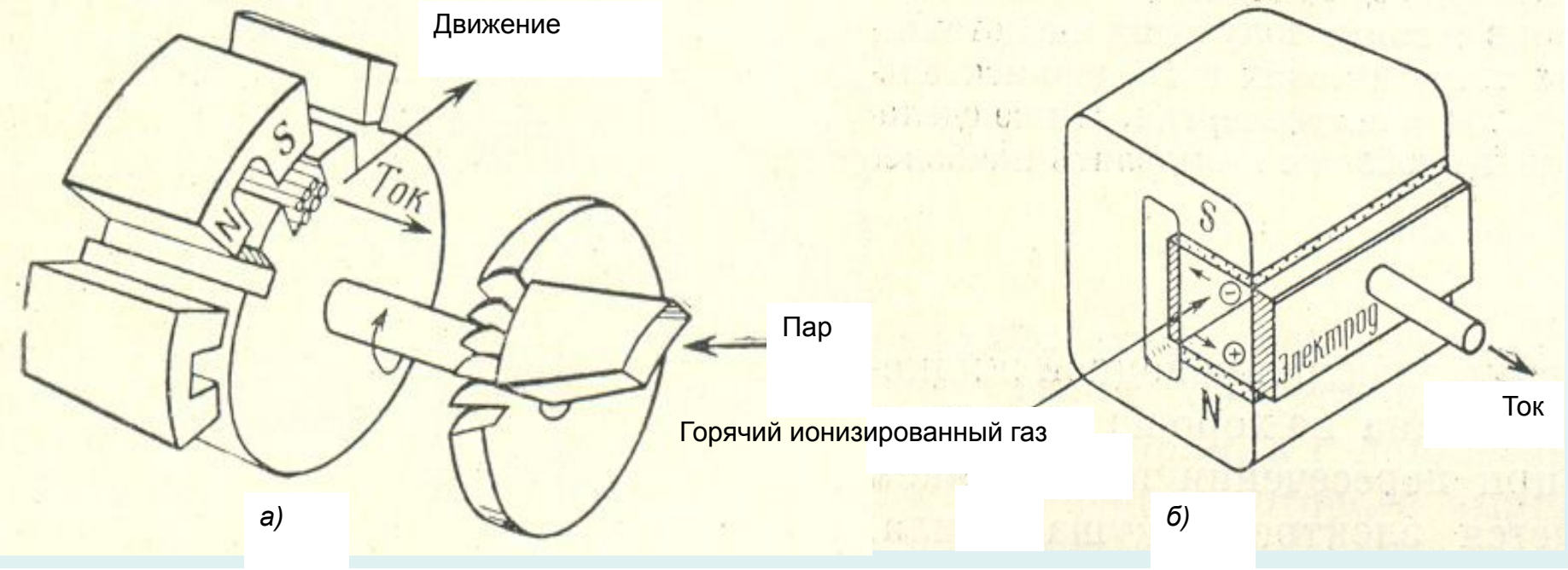

Рис. 25. Паровой турбогенератор (*а*) и МГД-генератор (*б*)

Принцип работы установки заключается в следующем. Поступающий в регенератор от компрессора контура МГД-генератора воздух подогревается и подаётся в камеру сгорания. Газовая смесь, имеющая температуру 2610°С, из камеры сгорания подаётся в МГД-генератор. С выхода генератора отработавшие газы с температурой 2260^{0}С под давлением 1,38 атм. проходят через диффузор, где давление повышается до 1,48 атм., в регенератор, где происходит их охлаждение до 1770^{0}С за счёт отдачи теплоты на подогрев поступающего из компрессора воздуха. Затем газы направляются в паровой котёл, где подогревают пар, а оттуда с температурой в 481^{0}С – в экономайзер и теплообменник, где происходит их окончательное охлаждение до температуры 149^{0}С и выброс.

Применение МГД-генератора в комбинации с паросиловой установкой позволяет повысить КПД последней на 16% и более. Схема включения МГД-генератора в комбинации с установкой парового цикла приведена на рис. 26.

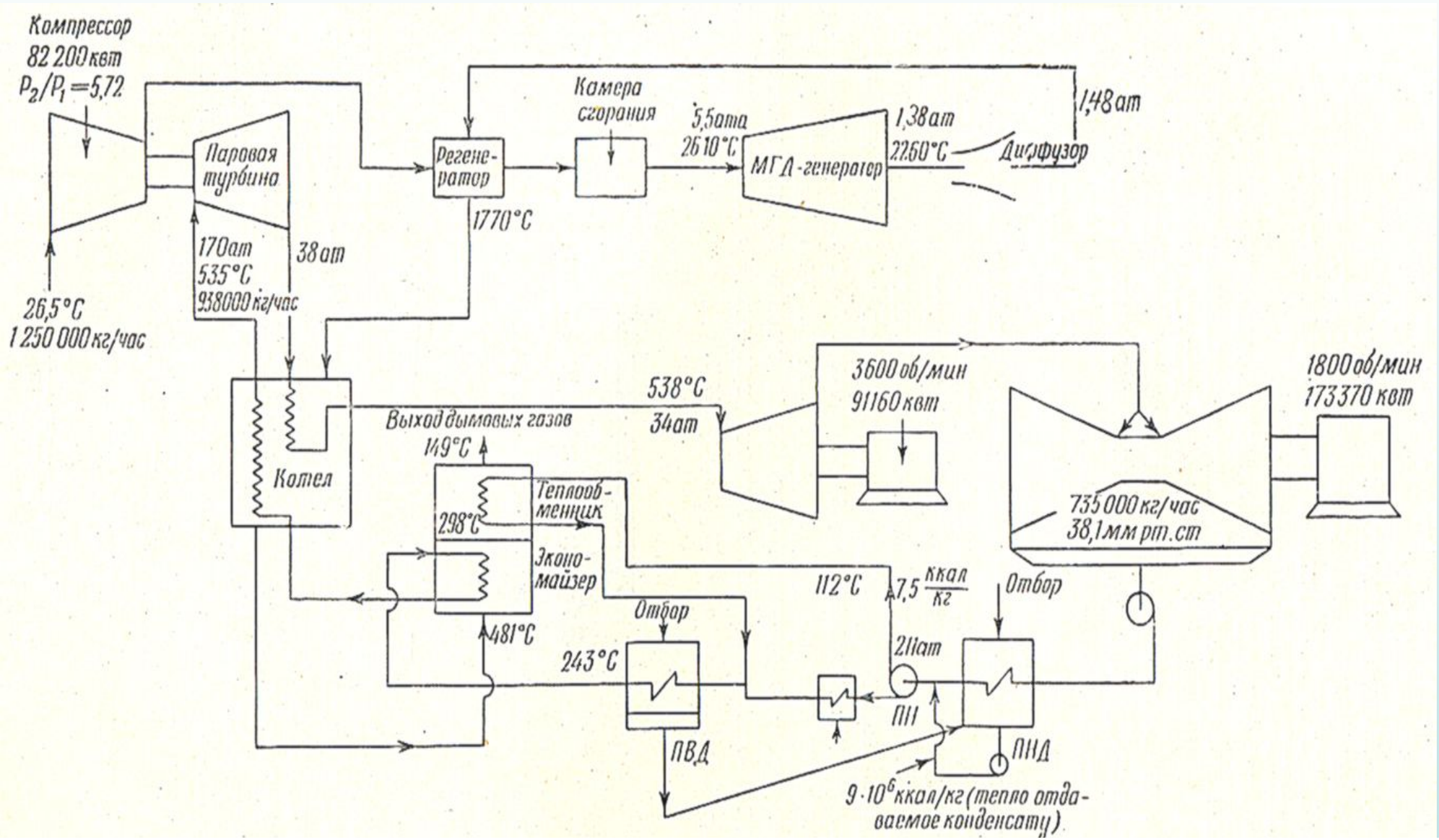

Рис. 26. МГД-генератор в комбинации с установкой парового цикла

В паровом котле паросилового контура перегретый до температуры 535°С под давлением 170 атм. подается в турбину, отработав в которой под давлением 38 атм. направляется опять в котёл, где вновь подогревается до 538°С и подаётся во вторую турбину, вращающую электрический генератор. Отработавший во второй турбине, но обладающий еще достаточно значительной энергией, пар направляется в третью турбину, также связанную с электрическим генератором, в которой он почти полностью теряет энергию. Отработавший во второй турбине пар низкого давления вместе с конденсатом поступает в теплообменник, где происходит его дальнейшая конденсация.

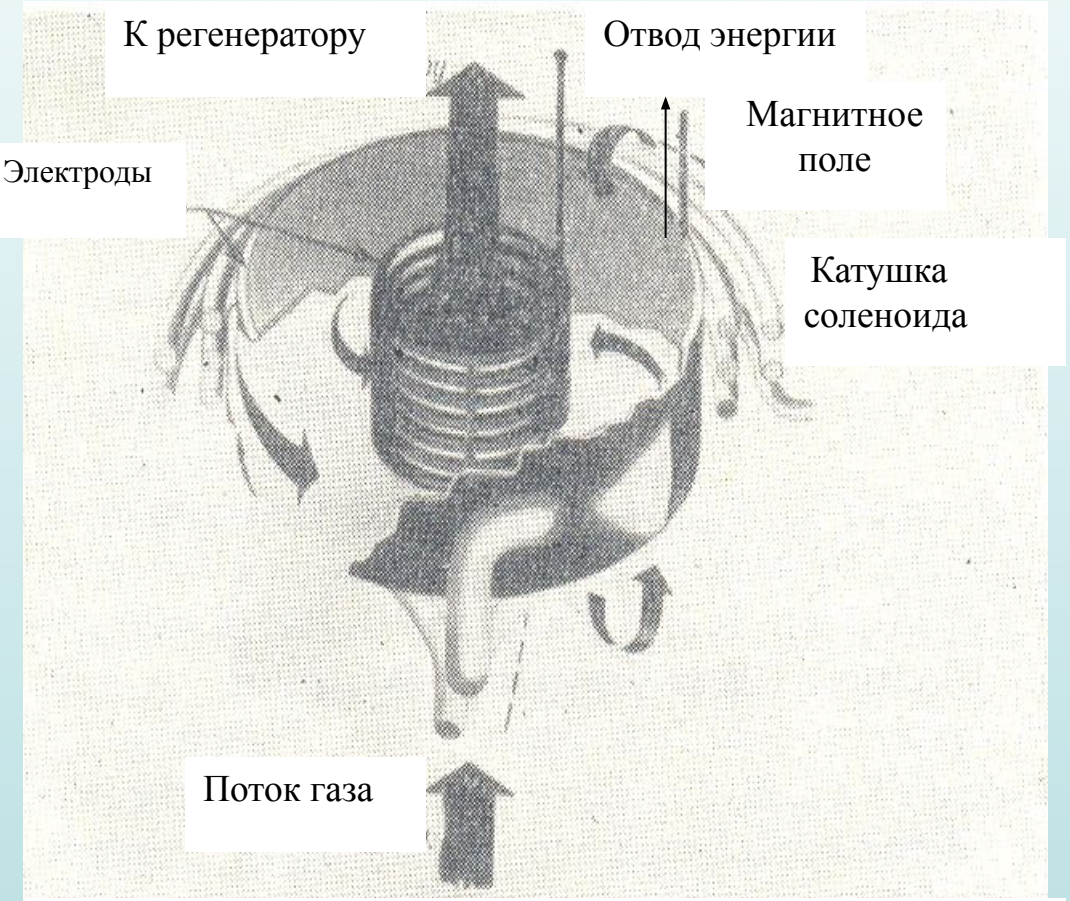

Рис. 27. Вихревой МГД-генератор электроэнергии

Конденсат направляется в теплообменник, где отбирает теплоту у отработавших газов МГД-генератора, а остатки несконденсировавшегося пара – во второй теплообменник контура для полной конденсации.

После смешивания с паром, поступившим из теплообменника, конденсат попадает в последний теплообменник, из которого – в экономайзер для предварительного подогрева, а оттуда – в паровой котёл.

МГД-генератор может быть выполнен либо прямоточным (см. рис. 25), либо вихревым (см. рис 27).

Зависимости $P=\varphi(I)$ и $U=f(I)$ МГД-генератора приведены на рис. 27 и 28.

Рис. 29. Зависимость *U=f(I)* МГД-генератора.

Рис. 28. Зависимости $P=\varphi(I)$ и $P=f(I)$ МГД-генератора

Установки с МГД-генераторами обладают высокими удельными энергетическими показателями при реализации больших мощностей. Так при выходной мощности порядка 10ГВт, индукции магнитного поля в 1 Тл и скорости ионизированного газа 103 м/с при использовании магнита без сердечника удельная выходная мощность генератора, отнесённая к весу катушки магнита равна 22 кВт/кг, а при выходной мощности 100 МВт – 1,1 кВт/кг.