

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ И АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

BASIC PROBLEMS OF ENERGY AND RENEWABLE ENERGY

К ВОПРОСУ О РЕЖИМЕ САМОФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДАРОВОЙ ИНЕРЦИОННОЙ ЭНЕРГИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 621.43.018

С. К. Баранов

Московский авиационный институт (МАИ)
Волоколамское ш., д. 4, Москва, Россия, 125871
Тел./факс: (495) 492-20-52; e-mail: BARS240152@mail.ru



Баранов Сергей
Константинович

Сведения об авторе: кандидат техн. наук, старший научный сотрудник МАИ.

Образование: Московский авиационный институт (1975 г.).

Область научных интересов: термодинамика, теплотехника, интеллектуальные системы (синтез обобщенных процедурных знаний), численные методы оптимизации.

Публикации: более 120 научных работ, более 50 изобретений.

The theoretical substantiation of a regime of self-functioning of the converter of gratuitous inertial energy of the environment in the form of a centrifugal compactor of a gaseous working body (WB) was given. The opportunity of practical realization of the active converter of gratuitous inertial energy (ACGE) of the environment was shown. The estimation of useful specific energy and the capacity, which can be received ACGE from the inertial environment is presented.

Введение

Воздействие энергетической деятельности человека на природу и самого человека в настоящее время достигло таких размеров, что последствия сказываются уже в планетарном масштабе. Представляется, что разрешение противоречия между необходимым ростом количества производимой энергии и желательным уменьшением вредных последствий такого роста возможно на основе использовании качественно нового вида энергии и принципиально другой технологии ее преобразования.

Анализ последних достижений науки и технологии показывает, что на современном этапе развития энергетики имеются все необходимые предпосылки для успешного решения указанной задачи уже в ближайшее время.

Перспективы развития энергетики

В настоящее время сложилось два основных направления развития энергетики: топливное и безтопливное.

Первое состоит в использовании энергии, получаемой путем преобразования природного топлива (нефть, газ и др.) либо получаемого искусственным путем, например ядерного топлива.

Второе направление развития энергетики ориентировано на использование чистой даровой энергии, существующей в природе в готовом виде и преобразуемой в форму, удобную для практического использования. Среди широко используемых в настоящее время видов даровой энергии отметим энергию ветра (ветряные электростанции, парусные суда), энергию гравитации (гидроэлектростанции, приливные электростанции), энергию Солнца (фотоэлементы, солнечные нагреватели), низкопотенциальную теплоту окружающей среды (термальные электростанции, тепловые насосы). К числу наиболее перспективных видов даровой энергии следует отнести энергию инерционной среды (причины такого приоритета приводятся ниже), теплоту окружающей среды, энергию электрических и магнитных полей.

Статья поступила в редакцию 08.01.2006. The article has entered in publishing office 08.01.2006.

Различие в указанных направлениях развития энергетики обусловлено в первом случае необходимостью добычи (создания) топлива и его последующего преобразования для получения энергии. В настоящее время наиболее широко используется химический способ преобразования, происходящий при окислении (сжигании) топлива. Помимо дополнительных энергетических затрат на получение энергии таким способом, что снижает общую эффективность указанного процесса, первое направление развития энергетики связано с вредным экологическим воздействием на окружающую среду, поскольку имеет отходы производства первичного топлива и неустраняемые последствия при получении из него энергии.

Использование даровой энергии по сравнению с затратной имеет в целом неоспоримое преимущество, так как терубет лишь преобразования природной энергии в форму, удобную для практического потребления, без сложных и энергоемких технологических операций. При этом воздействие даровой энергетики на экологию окружающей среды имеет значительно более низкий уровень по сравнению с топливной (затратной) энергетикой, а в некоторых случаях (гелио-, ветро-, инерционная энергия и др.) практически отсутствуют.

Указанные преимущества позволяют считать, что развитие безтопливной энергетики наиболее перспективно. Представляется весьма вероятным, что в течение исторически очень короткого отрезка времени именно безтопливная энергетика станет ведущей в индустриально развитых странах.

Виды и источники даровой энергии

Запас энергии в том или ином источнике определяется ее природой и условиями существования. По запасу энергии источники можно разделить на источники ограниченной и неограниченной емкости (мощности).

Другой характеристикой источника энергии служат пространство (сфера действия) и время, в которых возможно использование энергии источника.

К числу источников, имеющих ограниченную емкость и сферу действия, относятся источники топливной энергетики и, за некоторым исключением, источники даровой энергии.

Источники топливной энергетики являются ограниченными по определению.

Источники даровой энергии в своем большинстве также являются ограниченными, так как имеют ограниченную сферу действия. Среди известных источников даровой энергии пока только один вид имеет неограниченную емкость — источник энергии инерционного взаимодействия.

Носителем указанного вида даровой энергии является инерционная среда, действие которой на материальные объекты проявляется через поле сил инерции. Исходя из современных представлений, основанных на проявлении материальных взаимодействий в доступной для

исследования части Вселенной, действие инерционных сил распространено в неограниченной области пространства и времени.

Заметим, что даровая энергия или ее источник не обязательно доступны для восприятия человеком непосредственно с помощью органов чувств, как это имеет место, например, у выделенной теплоты нагретого тела. Однако в любом случае восприятию человека (в необходимых случаях с помощью технических средств) должны быть доступны проявления, связанные с даровой энергией или ее источником.

Примером непосредственного восприятия человеком указанных проявлений может служить ощущение силового воздействия инерционной среды. Сама инерционная среда непосредственно человеком не ощущается, однако человек ощущает ее проявления. Так, при изменении скорости поступательного или вращательного движения (т. е. при разгоне или торможении) человеческий организм ощущает воздействие на него сил инерции.

Благодаря непосредственному воздействию сил инерции на организм человека, проявляющемуся у всех людей всегда и везде, невозможно отрицать наличие инерционной среды и полей сил инерции.

Задача человека состоит в том, чтобы научиться использовать даровую энергию природы в своих практических целях как можно более эффективно, понимая при этом не только энергетическую составляющую процесса преобразования энергии, но и возможное экологическое воздействие на природу и самого человека.

Природа даровой инерционной энергии окружающей среды

Рассмотрим вопросы о природе и источниках энергии инерционного типа, которые имеют принципиальное значение для обоснования режима самофункционирования центробежного уплотнителя (ЦУ) газообразного рабочего тела (РТ) — специального устройства для преобразования энергии инерционной среды (ИС).

Принципиальная схема ЦУ газообразного РТ показана на рис. 1. Радиально ориентированный канал 1 вращается с постоянной угловой скоростью относительно оси O . Дальний от оси O торец канала выполнен закрытым, а ближний сообщен с атмосферой. Через открытый торец воздух поступает внутрь канала и вращается вместе с ним. При этом плотность ρ и давление P воздуха в канале возрастает к периферии по экспоненциальному закону.

Поскольку функционирование ЦУ осуществляется в инерционной среде, рассмотрим механизмы взаимодействия ИС с телом и газом.

Общим свойством ИС является противодействие изменению скорости тела. Любое ускорение тела сопровождается появлением силы инерции F_i , приложенной к телу, которая совершает работу A_i , определяемую произведением проекции силы инерции F_i на перемещение L тела: $A_i = F_i \cos \alpha L$.

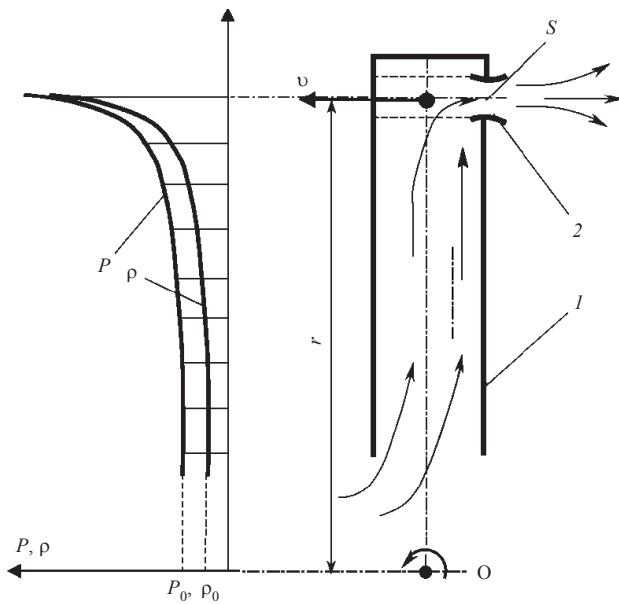


Рис. 1. Схема устройства преобразования инерционной энергии окружающей среды в потенциальную и кинетическую энергию газа: 1 — канал; 2 — сопло

Таким образом, при разгоне или торможении тела ИС препятствует изменению его скорости и при этом затрачивает работу A_r , которая уменьшает (ограничивает) работу активных сил по перемещению тела. Благодаря указанному противодействию силы инерции, действие активной силы не вызывает бесконечно большое перемещение тела, требующее бесконечно большой работы.

Механизм взаимодействия ИС с газом несколько иной. С одной стороны, частицы газа испытывают воздействие со стороны ИС как отдельные тела, а с другой — воздействуют на стенку емкости, в которой находятся. Оказываемое газом давление на стенку свидетельствует о его потенциальной энергии, т. е. о способности совершать работу. В рассматриваемом случае газ является как бы промежуточным звеном между ИС и материальным телом (стенкой емкости).

Указанная посредническая функция газа может быть использована для получения энергии ИС. Должны быть созданы условия, при которых ИС будет пополнять внутреннюю потенциальную энергию газа, которую затем можно преобразовать в полезную работу.

Преобразование энергии ИС в потенциальную энергию газа возможно в результате его уплотнения с использованием ЦУ. При функционировании ЦУ кинетическая энергия E_k вращающегося вместе с газом объемом V является механической энергией затратного типа, т. е. энергией, поступающей от искусственного источника. Источником энергии для газа в данном случае является вращающаяся стенка канала. При этом вращение канала 1 ЦУ осуществляется за счет затрат энергии от некоторого другого источника.

Локальное повышение потенциальной энергии вращающегося по окружности газа возникает в результате смещения его частиц в радиаль-

ном направлении под действием центробежных сил инерции, проявление которых обусловлено свойствами ИС. При этом работа, совершаемая силами инерции по перемещению частиц в радиальном направлении (работа по уплотнению газа), является затратами энергии ИС, а не других источников, т. е. повышение потенциальной энергии газа осуществляется за счет даровой энергии.

Таким образом, при центробежном уплотнении человек затрачивает энергию только на пополнение кинетической энергии газа, а инерционная среда добавляет газу потенциальную энергию. Эта энергия газа может быть преобразована с помощью расширительного устройства в другой вид энергии, например в механическую энергию поступательного или вращательного движения, и использована для совершения полезной работы. Тем самым ЦУ выступает в роли преобразователя энергии ИС. Принципиально то, что в результате указанных преобразований даровая энергия ИС, постоянно пополняющая запас потенциальной энергии газа в ЦУ, поступает в распоряжение человека для практического использования.

Преобразование энергии инерционной среды

Преобразование энергии инерционной среды в пригодный для практического использования форму, например, механическую работу, требует создания специальных преобразователей. Одним из возможных преобразователей такого рода является центробежный уплотнитель газообразного рабочего тела (см. рис. 1).

Выделим со стороны закрытого торца канала 1 объем V , в пределах которого линейную скорость v вращения частиц газа по окружности можно считать одинаковой. Кинетическая энергия E_k вращения частиц газа в объеме V равна:

$$E_k = mv^2/2, \quad (1)$$

где $m = \rho V$ — масса газа в объеме V (ρ — его плотность).

В результате уплотнения газа в выделенном объеме V под действием центробежных сил инерции его плотность возрастает в зависимости от v [1]:

$$\rho = \rho_0 \varepsilon(v), \quad (2)$$

где ρ_0 — плотность газа в окружающей среде (атмосфере);

$$\varepsilon(v) = \exp(m_0 v^2 / 2kT) \quad (3)$$

— степень уплотнения газа; m_0 — масса молекулы уплотняемого газа (для воздуха $m_0 = 5 \cdot 10^{-26}$ кг); $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/(кг·К) — постоянная Больцмана; T — температура уплотняемого газа.

Тогда кинетическая энергия E_k составит

$$E_k = \rho V v^2 / 2 = \rho_0 \varepsilon(v) V v^2 / 2, \quad (4)$$

а его удельная объемная кинетическая энергия \bar{E}_k равна

$$\bar{E}_k = E_k / \varepsilon(v) V = \rho_0 v^2 / 2. \quad (5)$$

В результате уплотнения газа под действием центробежных сил инерции его давление P возрастает в такой же зависимости, как и плотность:

$$P = P_0 \varepsilon(v).$$

При этом потенциальная энергия $E_{\text{п}}$ газа в объеме V :

$$E_{\text{п}} = P_0 \varepsilon(v) V, \quad (6)$$

а его удельная объемная потенциальная энергия $\bar{E}_{\text{п}}$ равна:

$$\bar{E}_{\text{п}} = E_{\text{п}} / \varepsilon(v) V = P_0. \quad (7)$$

На рис. 2 показана зависимость удельных энергий $\bar{E}_{\text{к}}$ и $\bar{E}_{\text{п}}$ от скорости v вращения газа.

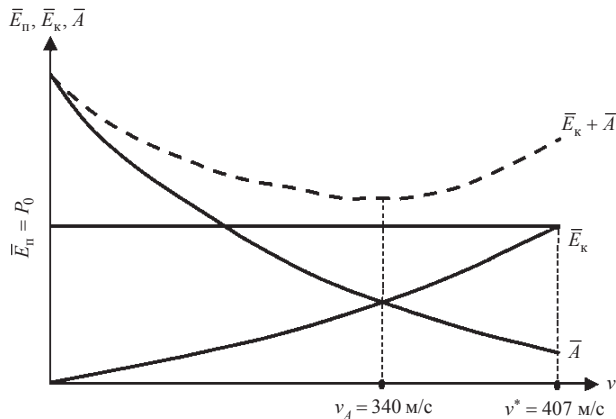


Рис. 2. Зависимость удельных энергий $\bar{E}_{\text{к}}$, $\bar{E}_{\text{п}}$ и удельной работы \bar{A} от скорости v вращения газа

Потенциальную энергию $E_{\text{п}}$ газа в объеме V можно преобразовать в кинетическую энергию $E_{\text{к}}$ вращения канала 1 с помощью реактивного сопла 2 (см. рис. 1).

Предположим, что сопротивление окружающей среды пренебрежимо мало (идеальный ЦУ). В этом случае уравнение баланса энергии при самовращении канала 1 за счет преобразования $E_{\text{п}}$ в $E_{\text{к}}$ имеет вид:

$$E_{\text{к}} = E_{\text{п}}, \quad (8)$$

т. е.

$$\bar{E}_{\text{к}} = \bar{E}_{\text{п}}. \quad (9)$$

С учетом формул (4), (6) из формулы (8) следует соотношение

$$\rho_0 \varepsilon(v) V v^2 / 2 = P_0 \varepsilon(v) V,$$

или

$$\rho_0 v^2 / 2 = P_0,$$

которые определяют формулу для предельной скорости v^* самовращения канала

$$v^* = \sqrt{2P_0 / \rho_0}. \quad (10)$$

Заметим, что значение v^* , при котором выполняется равенство (9) (см. рис. 2), соответствует точке устойчивого равновесия.

Из выражения (10) видно, что при сделанном допущении скорость v^* самовращения канала 1 определяется давлением P_0 и плотнос-

тью ρ_0 окружающей среды. С увеличением P_0 и уменьшением ρ_0 скорость v^* возрастает. Для нормальных атмосферных условий ($P_0 = 100$ кПа, $\rho_0 = 1,25$ кг/м³) $v^* = 407$ м/с, а по формуле (3) степень уплотнения $\varepsilon(v^*) = 2,3$.

Равенство (9) характеризует условие, при выполнении которого может возникать самофункционирование ЦУ. Однако для обеспечения вращения со скоростью v^* необходимо постоянное пополнение потенциальной энергии $E_{\text{п}}$ газа, т. е. равенство располагаемой и потребной мощностей. Определим располагаемую мощность N_p .

В результате расхода газа через сопло 2 (см. рис. 1) объем уплотненного газа обновляется за время

$$\Delta t = m / G_m, \quad (11)$$

где G_m — массовый секундный расход газа через сопло.

Располагаемая для самовращения ЦУ мощность N_p с учетом (6), (11) равна:

$$N_p = E_{\text{п}} / \Delta t = P_0 G_m / \rho_0. \quad (12)$$

В общем случае ЦУ может иметь n сопел общей площадью $S = ns$, где s — площадь критического сечения одного сопла (см. рис. 1). При этом G_m определяется зависимостью [2]:

$$G_m = SP_1^* \sqrt{2\kappa (\beta - \beta^{2/\kappa}) / (\kappa - 1)^{(\kappa+1)/\kappa} RT_1^*}, \quad (13)$$

где $P_1^* = P_0 \varepsilon(v)$ — давление газа перед соплом; κ — показатель адиабаты PT (для воздуха $\kappa = 1,4$); R — газовая постоянная (для воздуха $R = 287$ Дж/(кг·К)); T_1^* — температура газа перед соплом. Величина $\beta = P_0 / P_1^* = 1/\varepsilon(v)$ — параметр перепада давления, который имеет критическое значение $\beta_{\text{кр}} = [2/(\kappa + 1)]^{\kappa/(\kappa+1)}$ (для воздуха $\beta_{\text{кр}} = 0,528$). При $\beta \leq \beta_{\text{кр}}$ расход G_m^{max} газа, как показано на рис. 3, имеет максимальное значение G_m и остается постоянным.

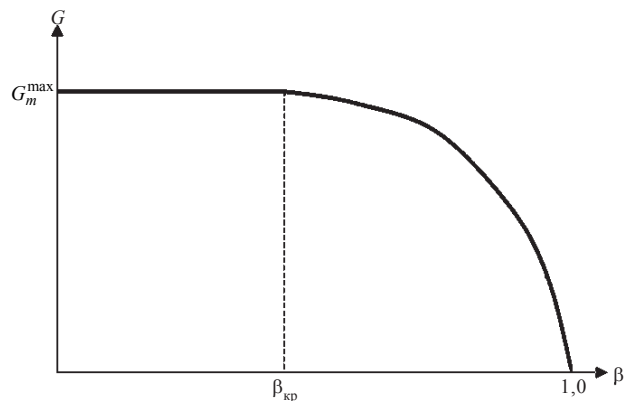


Рис. 3. Зависимость массового секундного расхода G_m от параметра β

Для вычисления мощности $N_p(v^*)$ при самовращении примем в формуле (13) $\beta = \beta_{\text{кр}}$. Тогда выражение (12) после подстановки в него (13) примет вид

$$N_p(v^*) = \frac{SP_0^2 \varepsilon(v^*)}{\rho_0} \sqrt{2\kappa (\beta_{\text{кр}} - \beta_{\text{кр}}^{2/\kappa}) / (\kappa - 1)^{(\kappa+1)/\kappa} RT_1^*}. \quad (14)$$

Рассмотрим выражение (14) в предположении, что РТ в ЦУ является воздух (значения κ , $\beta_{кр}$, R указаны выше), его температура перед соплом $T_1^* = 350$ К, атмосферные условия нормальные ($P_0 = 100$ кПа, $\rho_0 = 1,25$ кг/м³). Значение $\varepsilon(v^*) = 2,3$ соответствует $v^* = 407$ м/с из (10).

После подстановки значений параметров выражение (14) примет простой вид

$$N_p^{\max} = N_p(v^*) = 3 \cdot 10^7 S \text{ Вт} = 30S \text{ МВт}. \quad (15)$$

Формула (15) показывает, что располагаемая мощность идеального ЦУ определяется конструктивным параметром S — суммарной площадью критических сечений сопел. Зависимость располагаемой мощности N_p^{\max} ЦУ от параметра S представлена на рис. 4.

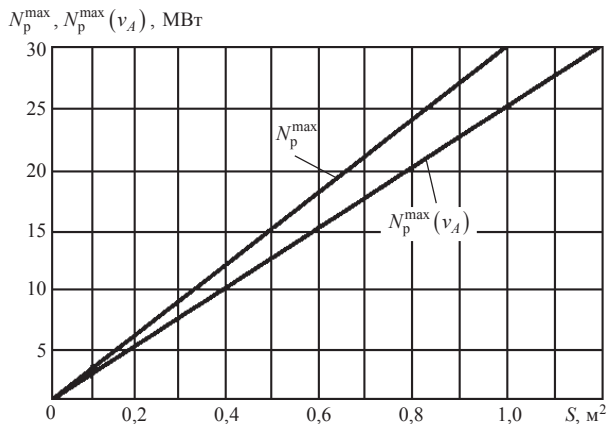


Рис. 4. Зависимость располагаемой мощности идеального центробежного уплотнителя от суммарной площади критических сечений сопел

Активное преобразование даровой энергии инерционной среды

Представляет практический интерес получение даровой энергии ИС без использования затратной энергии. Для осуществления такого преобразования необходимо направлять часть получаемой даровой энергии на функционирование самого преобразователя. В этом случае преобразователь становится *активным* (самофункционирующим) *преобразователем даровой энергии* (АПДЭН).

Очевидно, что если $E_{пн}$, получаемая газом от ИС, существенно превышает $E_{кр}$, необходимую для функционирования центробежного уплотнителя, то путем преобразования части $E_{пн}$ в подходящий для использования форму можно обеспечить самофункционирование ЦУ. Остальная часть $E_{пн}$ может быть использована на совершение полезной работы A .

Действительно, инерционная среда является неиссякаемым источником пополнения потенциальной энергии уплотняемого газа, которую можно непрерывно забирать от него для преобразования в работу и тепло.

Если потенциальная энергия $E_{пн}$ помимо обеспечения самовращения используется для выполнения полезной работы A , то вместо (8) должно выполняться равенство

$$E_{кр} + A = E_{пн}\eta, \quad (16)$$

или с учетом зависимостей (5), (7) в относительном виде

$$\bar{E}_{кр} + \bar{A} = \bar{E}_{пн}\eta, \quad (17)$$

где $\bar{A} = A/\varepsilon(v)V$; η — общий КПД преобразования энергии $E_{пн}$.

Из равенств (16), (17) с учетом (4), (6) следует уравнение для скорости самовращения при нагрузке A :

$$\rho_0 v_A^2 / 2 + A/\varepsilon(v_A)V = P_0\eta, \quad (18)$$

или

$$v_A = \sqrt{2[P_0\eta - A/\varepsilon(v_A)V]/\rho_0} \leq v^*. \quad (19)$$

При $A = 0$ и отсутствии потерь ($\eta = 1$) возвращается к формуле (10).

Неравенство (19) показывает, что при расходовании $E_{пн}$ на совершение работы $A > 0$ скорость самовращения снижается.

Определим максимальную величину нагрузки (работы) A_{\max} , при которой возможен идеальный ($\eta = 1$) режим самофункционирования АПДЭН. Указанный режим самофункционирования осуществляется со скоростью v_A , при которой должны выполняться уравнение баланса энергии (16) для $A = A_{\max}$ и условие минимума затрат энергии. Последнее условие получается из (16) дифференцированием по v_A . Имеем систему уравнений относительно неизвестных A_{\max} и v_A :

$$\frac{\rho_0 v_A^2}{2} + \frac{A_{\max}}{V\varepsilon(v_A)} = P_0; \quad (20)$$

$$\rho_0 v_A - \frac{A_{\max} m_0 v_A}{V\varepsilon^2(v_A)kT} = 0. \quad (21)$$

Из выражения (21) следует:

$$v_A \left[\rho_0 - \frac{A_{\max} m_0}{V\varepsilon^2(v_A)kT} \right] = 0,$$

которое выполняется, поскольку $v_A \neq 0$, при

$$\varepsilon^2(v_A) = \frac{A_{\max} m_0}{\rho_0 V k T}, \quad (22)$$

откуда

$$\varepsilon(v_A) = \sqrt{\frac{A_{\max} m_0}{\rho_0 V k T}}. \quad (23)$$

С другой стороны, зависимость (3) при разложении в ряд может быть представлена приближенной формулой

$$\varepsilon(v_A) = \exp\left(\frac{m_0 v_A^2}{2kT}\right) \approx 1 + \frac{m_0 v_A^2}{2kT}. \quad (24)$$

Из сопоставления правых частей равенств (23), (24) имеем

$$v_A^2 = \frac{2kT}{m_0} \left(\sqrt{\frac{A_{\max} m_0}{\rho_0 V k T}} - 1 \right) \approx 2 \sqrt{\frac{A_{\max} k T}{\rho_0 V m_0}}. \quad (25)$$

После подстановки равенств (24), (25) в (20) получим уравнение относительно A_{\max} :

$$\frac{\rho_0 k T}{m_0} \left(\sqrt{\frac{A_{\max} m_0}{\rho_0 V k T}} - 1 \right) + (A_{\max} / V) \sqrt{\frac{\rho_0 V k T}{A_{\max} m_0}} = P_0,$$

из которого после несложных преобразований определим

$$\sqrt{A_{\max}} = 0,5 \sqrt{\frac{\rho_0 V k T}{m_0}} (P_0 m_0 / \rho_0 k T + 1) \approx P_0 / 2 \sqrt{\frac{m_0 V}{\rho_0 k T}}. \quad (26)$$

Оценки показывают, что при нормальных условиях воздушной среды единицей в скобках равенства (26) можно пренебречь и будет справедливо указанное выше приближенное равенство, из которого, умножив левую и правую части на $\sqrt{A_{\max}}$ и приняв во внимание (22), получим

$$A_{\max} = 0,5 P_0 V \varepsilon(v_A) = 0,5 E_{\Pi}, \quad (27)$$

или в относительном виде:

$$\bar{A}_{\max} = A_{\max} / V \varepsilon(v_A) = 0,5 \bar{E}_{\Pi} = 0,5 P_0. \quad (28)$$

Для оценки скорости v_A воспользуемся равенством (20), после подстановки в которое равенства (27) получим соотношение

$$v_A = v^* / \sqrt{2} \approx 0,7 v^*. \quad (29)$$

В соответствии с формулой (29) для нормальных атмосферных условий ($P_0 = 100$ кПа, $\rho_0 = 1,25$ кг/м³) скорость самовращения АПДЭН (без потерь) при максимальной нагрузке A_{\max} составит $v_A = 340$ м/с. Как будет показано ниже, при учете различных потерь при максимальной нагрузке A_{\max} v_A будет меньше.

Оценка по формуле (3) дает значение $\varepsilon(v_A) = 1,9$, при котором для расхода воздуха (13), также как и при $\varepsilon(v^*) = 2,3$, обеспечивается сверхкритический перепад давления $\beta \leq \beta_{\text{кр}}$. При этом сопоставление $\varepsilon(v_A)$ и $\varepsilon(v^*)$ дает соотношение

$$\varepsilon(v_A) = 0,826 \varepsilon(v^*). \quad (30)$$

Из равенства (30) видно, что степень уплотнения $\varepsilon(v_A)$ воздуха при функционировании АПДЭН с максимальной нагрузкой составляет почти 83 % предельной степени уплотнения $\varepsilon(v^*) = 2,3$.

Определим максимальную полезную мощность $N_p^{\max}(v_A)$ АПДЭН для идеальных условий функционирования (без потерь), получаемую при максимальной полезной нагрузке A_{\max} . Аналогично формуле (12), при окружной скорости v_A имеем

$$N_p^{\max}(v_A) = A_{\max} / \Delta t = E_{\Pi} / 2 \Delta t = P_0 G_m^{\max} / 2 \rho_0, \quad (31)$$

где массовый секундный расход G_m^{\max} определяется зависимостью (13) при $\beta = \beta_{\text{кр}}$.

Тогда выражение (31) после подстановки в него (13) примет вид:

$$N_p^{\max}(v_A) = \frac{S P_0^2 \varepsilon(v_A)}{\rho_0} \sqrt{2 \kappa (\beta_{\text{кр}} - \beta_{\text{кр}}^{2/\kappa}) / (\kappa - 1)^{(\kappa+1)/\kappa} R T_1^*}. \quad (32)$$

Из сопоставления формул (14) и (32) с учетом соотношения (30) следует, что

$$N_p^{\max}(v_A) \approx 0,826 N_p(v^*), \quad (33)$$

т. е. максимальная полезная мощность $N_p(v_A)$ АПДЭН для идеальных условий функциониро-

вания (без потерь), получаемая при максимальной полезной нагрузке A_{\max} , составляет примерно 83 % его предельной располагаемой мощности. Принимая во внимание равенства (15), (33) значение $N_p^{\max}(v_A)$ оценивается по формуле:

$$N_p^{\max}(v_A) \approx 0,826 \cdot 30 S = 24,78 S. \quad (34)$$

При $S = 1$ м² $N_p^{\max}(v_A) \approx 25$ МВт (см. рис. 4).

При оценке радиуса ротора ЦУ с 8-ю соплами можно использовать следующую приближенную зависимость:

$$r = \sqrt{S}, \quad (35)$$

т. е. при $S = 1$ м² следует $r = 1$ м.

Значения максимальной полезной мощности АПДЭН и соответствующие им значения диаметра ротора r , рассчитанные по формулам (34), (35), представлены в таблице для наиболее характерных площадей сопел: $S_1 = 1$ мм² (10^{-6} м²), $S_2 = 1$ см² (10^{-4} м²), $S_3 = 1$ дм² (10^{-2} м²), $S_4 = 1$ м².

Располагаемая мощность АПДЭН в зависимости от суммарной площади сопел

Параметр	S, м ²			
	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	10 ⁻²	1
$N_p^{\max}(v_A)$, Вт	25	25·10 ²	25·10 ³	25·10 ⁶
$d = 2r$, мм	2	20	200	2000

Из таблицы видно, что на основе технологии АПДЭН могут быть созданы как миниатюрные источники энергии, так и весьма мощные энергетические установки. АПДЭН имеет удельную энергетическую характеристику, определяемую формулой

$$N_p^{\max}(v_A) / 2r = 12,4 \sqrt{S} \text{ МВт/м}. \quad (36)$$

Следует различать режимы самофункционирования АПДЭН с нагрузкой A и режимы с другими затратами энергии. Поэтому можно учитывать потери энергии двух видов: не зависящие от скорости v (постоянные потери) и зависящие от нее (переменные потери). К первым могут быть отнесены потери на сухое трение в осях вращения и т. п., ко вторым — потери, связанные с аэродинамическим сопротивлением Q и кинетическим нагревом T при торможении потока газа.

Постоянные потери могут быть учтены через снижение доли полезной нагрузки $A_{\lambda} = A_{\max} (1 - \lambda)$. При $\lambda = 0$ (потери отсутствуют) $A_{\lambda} = A_{\max}$, при $\lambda = 1$ (полезная нагрузка отсутствует из-за потерь) $A_{\lambda} = 0$. В этом случае в уравнениях (20), (21) A_{\max} следует заменить суммой $A_{\lambda} + \lambda A$. Очевидно, что учет постоянных потерь λA не меняет режим функционирования АПДЭН, так как значение A_{\max} не меняется, а происходит лишь его перераспределение между постоянными потерями λA и фактической нагрузкой $A_{\lambda} = A_{\max} (1 - \lambda)$.

Для учета потерь, зависящих от скорости вращения, можно предположить, что переменные потери зависят от квадрата скорости v_A^2 .

Указанный характер зависимости потерь имеет, например, аэродинамическое сопротивление Q и аэродинамический нагрев T .

Выводы

1. Исследован один из перспективных источников даровой энергии — инерционная среда (ИС).
2. Установлен возможный механизм преобразования энергии ИС — газообразного рабочего тела.
3. Предложена схема центробежного уплотнителя (ЦУ), осуществляющего преобразование энергии ИС в механическую энергию газового потока (реактивный двигатель).
4. Исследован режим самофункционирования ЦУ. Показано, что при идеальных условиях функционирования (без полезной нагрузки и потерь) окружная скорость самовращения канала ЦУ с атмосферным воздухом в качестве рабочего тела при нормальных условиях составляет около 400 м/с. При этом его удельная мощность определяется площадью сопел S и составляет $15\sqrt{S}$ МВт/м.

5. Предложена схема активного преобразователя даровой энергии (АПДЭН) ИС в полезную работу на основе ЦУ.

6. Исследован идеальный режим (без потерь) самофункционирования АПДЭН с максимальной полезной нагрузкой. Показано, что при использовании атмосферного воздуха в качестве рабочего тела, указанный режим в нормальных условиях осуществляется при скорости вращения ~340 м/с. Удельная мощность АПДЭН при этом режиме составляет $12,4\sqrt{S}$ МВт/м.

7. Показано, что учет потерь энергии либо сохраняет режим самофункционирования АПДЭН либо ведет к его изменению в сторону уменьшения скорости самовращения. В обоих случаях полезная мощность АПДЭН уменьшается.

Список литературы

1. Яворский Б. М., Пинский А. А. Основы физики. М.: Наука, 1981. Т. 1.
2. Теплотехника/Под ред. Луканина В. Н. М.: Высшая школа, 2002.