

## Что понимается под работой и мощностью?

### СОДЕРЖАНИЕ

1. Определения работы
2. Работа как энергообмен в конкретных формах движения
3. Чем отличается понятие "работа" от понятия "энергия"?
4. Существующие определяющие уравнения для мощности
5. Обобщенное определяющее уравнение для мощности

#### 1. Определения работы

Понятие “работа“ как название физической величины раскрывается двояко: как **механическая работа (работа силы)**, зависящая от векторов силы и перемещения, и как **термодинамическая работа** — количество энергии, переданной или полученной системой путём изменения её внешних параметров. Правда, в физике применяется также понятие “**работа поля**“, но оно трактуется, как “**работа сил поля**“.

Рассмотрим существующие определения работы силы. В БСЭ **работа силы** определяется, как “*мера действия силы, зависящая от численной величины и направления силы и от перемещения точки её приложения*“. В метрологическом справочнике А.Чертова (1990) определение работы силы присутствует в виде словесной формулировки определяющего уравнения для элементарного изменения работы  $dA$  силы  $\mathbf{F}$  на элементарном перемещении  $d\mathbf{r}$  (в виде скалярного произведения векторов) без раскрытия физического содержания этого понятия:

$$dA = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} \quad (1)$$

Из уравнения (1) следует, что на конечном перемещении работа силы  $A = \mathbf{F} \cdot \mathbf{r}$ . Учебник по физике И.Савельева (2005) так определяет физическое содержание работы силы: “*Работа результирующей всех сил, действующих на частицу, идет на приращение кинетической энергии частицы*“. Однако в следующем параграфе этого же учебника работа силы трактуется уже, как причина приращения потенциальной энергии, из чего можно сделать вывод, что работа сил идет на приращение любого вида энергии. Что именно понимается под видами энергии, показано в статье, посвященной [формам и видам энергии](#).

Термодинамическая работа — это способ передачи энергии от системы к окружающей ее среде (или в обратном направлении), связанный с изменением внешних параметров системы. В термодинамике ее называют также **работой расширения**  $\delta A$ , она и количество теплоты  $\delta Q$  являются двумя функциями процесса изменения состояния системы. Их можно объединить понятием "[энергообмен](#)" системы со средой. Наряду с обозначением  $A$  (от немецкого слова Arbeit) часто применяется обозначение  $W$  (от английского слова work).

#### 2. Работа как энергообмен в конкретных формах движения

Понятие “работа“ можно применять не только в прямолинейной форме движения и можно говорить не только о работе силы. С таким же успехом и с той же размерностью можно говорить и о [работе вращающего момента](#)  $M$  при вращательной форме движения, и о [работе перепада давлений](#)  $\Delta p$  при объемной форме движения, и о работе в других формах движения. То есть уравнение (1) можно записать также в виде:

$$dA = M \, d\phi \quad (2) \quad \text{или} \quad dA = \Delta p \, dV, \quad (3)$$

где  $d\varphi$  – элементарный угол поворота;  $dV$  – элементарное изменение объёма.

В статье, посвященной различным формам движения, показано, что это различие определяется только выбором координаты состояния. И уж по координате состояния определяется вид разности потенциалов.

В приведенных выше примерах выбор в качестве координаты состояния *перемещения* предопределил то, что в качестве разности потенциалов появилась сила, выбор *угла поворота* предопределил появление вращающего момента, выбор *изменения объёма* предопределил появление перепада давлений. Именно такая причинно-следственная цепочка имеет место в природе, хотя при изучении физики по современной методологии складывается впечатление, что всё наоборот.

Таким образом обобщенное определение понятия "работа" может выглядеть так: ***Работа – это энергообмен между системой и средой в любой конкретной форме движения.***

### **3. Чем отличается понятие "работа" от понятия "энергия"?**

Работа – это функция процесса энергообмена, она характеризует процесс переноса энергоносителей между системой и окружающей ее средой или внутри неравновесной системы.

Энергия – это количественная мера движения материи, она не указывает непосредственно на процесс энергообмена. Энергия может быть связана только с состоянием физической системы, например, потенциальная энергия. Энергия может быть характеристикой элементарной частицы, например, энергия покоя. Энергия может характеризовать работоспособность системы. Например, у В.Эткина (2013) "*энергия – это способность совершать любую (упорядоченную и неупорядоченную, внешнюю и внутреннюю, полезную и диссипативную, механическую и немеханическую) работу*".

Таким образом, энергия – более содержательное и более обобщающее понятие, чем работа.

### **4. Существующие определяющие уравнения для мощности.**

Приведем определение мощности из БСЭ: "*физическая величина, измеряемая отношением работы к промежутку времени, в течение которого она произведена*". По стандарту мощность обозначается символом  $P$  (от английского слова power). К сожалению, тот же символ  $P$  применяется и для обозначения потенциала системы.

Физическая величина "**мощность**" в современной физике имеет разные определяющие уравнения. Задачей систематизации физических величин является выяснение того, какие из этих определяющих уравнений первичны, а какие вытекают из них в качестве следствий. В общем случае, в соответствии с приведенным определением из БСЭ, мощность определяется формулой

$$P = dA/dt, (4)$$

где  $dA$  – элементарное изменение работы за элементарный промежуток времени  $dt$ . Однако в метрологическом справочнике А.Чертова (1990) указанное определение мощности проходит как вторичное, а в качестве первичного приводится определение мощности в виде скалярного произведения векторов силы  $\mathbf{F}$  и скорости  $\mathbf{v}$ , то есть только для механической прямолинейной формы движения:

$$P = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}. (5)$$

Нетрудно показать, что на самом деле первичным является уравнение (4), а уравнение (5) вытекает из него после простых математических преобразований:

$$P = dA/dt = d(\mathbf{F} \mathbf{r})/dt = \mathbf{F} d\mathbf{r}/dt = \mathbf{F} \mathbf{v} .$$

Наконец, определения в справочнике А.Чертова даны в виде словесных формулировок, что не раскрывает физического содержания мощности.

### **5. Обобщенное определяющее уравнение для мощности**

Обобщенное физическое содержание мощности раскрывается уравнением

$$P = dE/dt , ( 6 )$$

так как элементарное изменение работы  $dA$  является синонимом элементарного изменения энергообмена  $dE$  (изменения внутренней энергии системы). В уравнении (6) мощность относится к любой форме движения, и ее обобщенное физическое содержание можно определить, как изменение энергии потока энергоносителей в течение элементарного промежутка времени  $dt$  в любой форме движения.

Именно уравнение (6) является определяющим для мощности в любой форме движения, так как изменение энергообмена  $dE$  является общим для всех форм движения, а работа силы  $dA$  применима лишь в механике. Поэтому физическое содержание понятия “мощность” хорошо отражается следующей фразой: *мощность – это мгновенное значение энергии потока энергоносителей, входящего в физическую систему или выходящего из нее.*

### **Литература**

1. Савельев И.В., 2005, Курс общей физики (в 5 книгах). – М.: АСТ: Астрель
2. Чертов А.Г., 1990, Физические величины. – М.: Высшая школа, 336 с.
3. Эткин В.А., 2013, Теоретические основы бестопливной энергетики. "Altaspera", Канада, а также [http://www.etkin.iri-as.org/etkin\\_book.pdf](http://www.etkin.iri-as.org/etkin_book.pdf)