

В статистич. физике  $D$ . определяется как производная от ср. энергии  $E$  по объёму при пост. энтропии  $S$ ,  $P = -(\partial E / \partial V)_S$ , или как производная от свободной энергии  $F$  по объёму при пост. темп-ре  $T$ , т. е.  $P = -(\partial F / \partial V)_T$ . Зависимость  $P$  от  $T$  и  $V$  даёт *уравнение состояния*. В равновесном состоянии  $P \geq 0$ , однако возможны метастабильные состояния с  $P < 0$ .

Д. Н. Зубарев.

**ДАВЛЕНИЕ ВЫСОКОЕ** — давление, превышающее нек-рое характерное для данного физ. явления или конкретной задачи значение. В физике за  $D$ . в. обычно принимают давления, превышающие 0,1 ГПа (1000 ат); столь же условно делят  $D$ . в. на высокие и сверхвысокие. В теории к  $D$ . в. иногда относят давления, при к-рых изменения межмолекулярных и межмолекулярных расстояний сравнимы с величиной этих расстояний, т. е. давления порядка величины *модулей упругости*.

Длительно действующее  $D$ . в. наз. статическим, кратковременно действующее — мгновенным или (чаще) динамическим. В покоящихся газах и жидкостях  $D$ . в. является гидростатическим. При сжатии твёрдой однородной среды в ней, как правило, возникает т. н. квазигидростатическое  $D$ . в. — сложная система механ. напряжений, описываемых тензором второго ранга, компоненты к-рого изменяются от одной точки тела к другой. Чем меньше по сравнению со ср. давлением (ср. арифметич. значением нормальных напряжений в трёх взаимно перпендикулярных направлениях) величина напряжения сдвига, тем ближе квазигидростатич.  $D$ . в. к гидростатическому. При действии окружающего гидростатич.  $D$ . в. на поверхность твёрдого тела, состоящего из механ. смеси частиц или агрегата зёрен (кристаллитов) с различными упругими (в т. ч. анизотропными) свойствами, ср. давление и девиатор тензора напряжений в частицах (фазах) обусловлены величиной окружающего  $D$ . в., направлением и скоростью его изменения, условиями на границах фаз (частиц), взаимной ориентировкой анизотропных зёрен, в известной мере, относительным содержанием разнородных элементов.

Термином « $D$ . в.» обозначают как гидростатич., так и квазигидростатич.  $D$ . в., а за его величину принимают величину ср. давления в рассматриваемом объёме (для плоского случая — ср. величину нормальных напряжений, действующих на рассматриваемую площадь).

В 70—80-х гг. в эксперим. исследованиях были открыты диапазоны статич. и динамич.  $D$ . в. путём повышения величины достижимых статич.  $D$ . в. и понижения (до 1—2 ГПа) нижнего предела динамич.  $D$ . в. Кроме того, достигнуто приближение термодинамич. условий ударного сжатия к изоэнтропическим.

**Статическое  $D$ . в.** В природе статич.  $D$ . в. осуществляется гл. обр. благодаря силам тяготения. В земных слоях давление изменяется от атмосферного у поверхности до  $\sim 3,5 \cdot 10^2$  ГПа в центре Земли, в центре Солнца оно составляет  $\sim 2 \cdot 10^7$  ГПа, в центре звёзд белых карликов предполагается равным  $10^9$ — $10^{11}$  ГПа. Эксперим. исследования проводятся при давлениях до  $\sim 10^2$  ГПа. Пром-сть использует статич.  $D$ . в. до  $\sim 10$  ГПа.

**Получение и измерение  $D$ . в.** Статич.  $D$ . в. получают тепловыми или механ. методами. В первых  $D$ . в. создаётся либо при нагревании жидкости или газа в замкнутых сосудах (в газах т. о. получены  $D$ . в. до 3—4 ГПа), либо при охлаждении жидкости, увеличивающей свой объём при затвердевании (напр., замораживая воду, можно получить фиксированное  $D$ . в. ок. 0,2 ГПа).

Механ. методы — основные, в них используют: насосы и компрессоры (гидравлич. и газовые, до 1,0—1,5 ГПа); аппараты, в к-рых масса сжимаемого вещества остаётся постоянной (рис. 1, а) или почти постоянной (рис. 1, б—е), а занимаемый объём уменьшается под

действием внеш. силы, создаваемой гидравлич. прессом или пружиной (в миниатюрных устройствах).

Работоспособность сосудов  $D$ . в. повышают разл. приёмами «механ. поддержки» их стенок, создающими напряжения сжатия, к-рые противодействуют внутр.  $D$ . в. в рабочем объёме (фреттаж, намотка высокопрочной ленты, проволоки и т. д.). В установках типа клас-

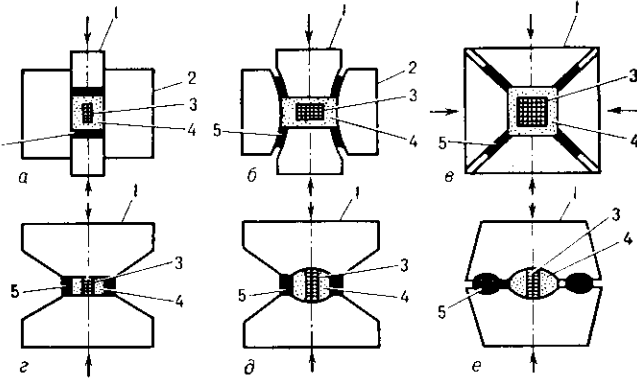


Рис. 1. Типы аппаратов высокого давления: а — аппарат цилиндр — поршень; б — камера с криволинейными или коническими пуансонами и соответствующей формой сосуда высокого давления; в — многопуансонный аппарат (шестипуансонный вариант, изображены 4 пуансона, рабочее тело имеет кубическую форму); г — двухпуансонные «наковальни»; д — двухпуансонные профилированные наковальни типа «чечевица»; е — двухпуансонные профилированные наковальни с лункой типа «сторидо». 1 — пуансон (поршень); 2 — сосуд высокого давления; 3 — исследуемый образец (или ампула с образцом); 4 — среда, передающая давление; 5 — уплотняющая прокладка.

сич. камер «цилиндр — поршень» (рис. 1, а), применяемых для сжатия газов, жидкостей и твёрдых сред, величина  $D$ . в. ограничена прочностью поршня на сжатие (при использовании твёрдых сплавов макс.  $D$ . в.  $\sim 5$ —6 ГПа). С целью увеличения рабочих объёмов камер и достигаемых значений  $D$ . в. максимально повышают прочность конструкций, напр. путём разделения стенок камер на сегменты, что снимает окружающие норм. растягивающие напряжения (т. н. многопуансонные аппараты; рис. 1, в). Используют также повышение прочности материалов под действием самого  $D$ . в. (рис. 1, б, в, е), помещая камеры  $D$ . в. в сосуды большего объёма с меньшим давлением — многоступенчатые аппараты. Увеличение полезных рабочих объёмов достигается применением мощных гидравлич. прессов в сочетании с упомянутыми выше конструктивными приёмами. Наиб.  $D$ . в. получают в аппаратах, изготовленных из природных или синтетич. алмазов (рис. 1, г); однако рабочий объём таких камер составляет сотые доли мм<sup>3</sup>.

При необходимости проведения эксперимента в интервале темп-р от  $-196^\circ\text{C}$  до  $+400^\circ\text{C}$  камеры  $D$ . в. помещают в термостаты. В экспериментах с более низкими темп-рами используется криогенная техника. Темп-ры до  $1500$ — $3000^\circ\text{C}$  в стационарном режиме и более высокие в импульсном режиме создают с помощью внутр. нагревателей (электрич. сопротивления), в аппаратах с прозрачными алмазными наковальнями — с помощью лазеров непрерывного действия. При применении внутр. нагревателей возникают резкие градиенты температуры в камере  $D$ . в., требующие спец. мер для выравнивания её.

В жидкостях и газах  $D$ . в. измеряют манометрами (для абс. измерений и градуировки манометров др. типов применяют грузопоршневые манометры). В диапазоне  $D$ . в.  $p$  от 1 до  $\sim 8$  ГПа в области комнатных темп-р наиб. распространение получил т. н. манганиновый манометр — бескаркасный проволочный резистор, нач. сопротивление которого  $R_0$  слабо зависит от темп-ры, а чувствительность  $\Delta R / (\Delta p R_0) = 2,5 \cdot 10^{-10}$  м<sup>2</sup>/Н. Применение манганинового манометра ограничивается