

ренных электронов, к-рые могут повредить стенки вакуумной камеры, и т. д. Поэтому С. н. п. — одно из гл. условий создания *термоядерного реактора* с магн. удержанием.

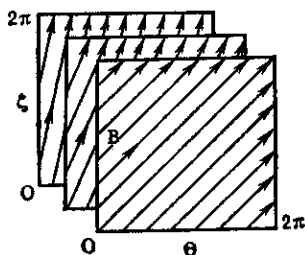
Важнейший метод С. н. п. — выбор такой конфигурации удерживающего магн. поля, чтобы самой его геом. формой сдерживать развитие неустойчивостей, стабилизировать их на нач. стадии развития; наиб. часто для этого используются ш и р (от англ. shear — сдвиг) и магнитная яма.

Стабилизация широм. Шир в тороидальных системах характеризует перекрещенность силовых линий, изменение ср. шага $h = L/\mu = Lq$ винтообразных магн. силовых линий при переходе в радиальном направлении от одной магн. поверхности к другой и определяется ф-лой

$$s = aq'(a)/q = -a\mu'(a)/\mu. \quad (1)$$

Здесь L — длина тора, равная для круговых систем $2\pi R$, R — радиус тора, a — ср. радиус сечения нек-рой магн. поверхности в торе, μ — вращательное преобразование, определяющее число оборотов магн. силовых линий по малому обходу тора, приходящееся на один обход вдоль тора, $q = 1/\mu$ — безразмерный параметр, характеризующий шаг силовой линии. В потоковых координатах a, θ, ζ (см. *Тороидальные системы*) магн. силовые линии являются прямыми и имеют разный наклон на поверхностях с широм $s \neq 0$ (рис. 1). Возникающая при развитии неустойчи-

Рис. 1. Магнитное поле с широм в тороидальных системах. Изображены три тороидальные магнитные поверхности $a = \text{const}$. В координатах θ, ζ все они имеют форму квадрата со сторонами $2\pi \times 2\pi$. Изменение наклона магнитных силовых линий означает наличие шира, не равного нулю.



вости конвекция плазмы происходит вследствие высокой электропроводности плазмы целыми магн. трубками. Но они оказываются сцепленными (перекрещенными) при $s \neq 0$, что и сдерживает развитие неустойчивости. В результате, напр., необходимое условие устойчивости плазмы в торе круглого сечения при $a^2/R^2 \ll q \ll 1$ (критерий Сайдема) имеет вид:

$$\frac{s^2}{4} + \frac{2\mu_0 p'(a)a}{B^2} \geq 0. \quad (2)$$

Шир не препятствует, однако, развитию медленных диссипативных неустойчивостей, для к-рых не существует топологич. запрета, связанного с зацеплением магн. силовых линий. Более универсальным средством С. н. п. является магн. яма.

Стабилизация магнитной ямой. Неустойчивости, вызываемые градиентом давления, связаны с выпуклостью магн. силовых линий. В бестоковых системах (открытых ловушках, стеллараторах) это соответствует наличию магн. бугра (максимума B^2 на оси системы, рис. 2, а). Для стабилизации этих неустойчивостей в открытых магн. ловушках магн. поле можно создать нарастающим не к центру, а от центра во всех направлениях (абс. минимум B в центре) путём пропускания в продольных проводниках, окружающих ловушку (т. в. стержни Иoffe), токов чередующегося направления. В случае четырёх стержней (к-рые могут быть объединены с катушками продольного магн. поля в единственную бейсбольную обмотку; рис. 2, в) поперечное магн. поле создаёт систему с вогнутыми магн. силовыми линиями, т. е. с магн. ямой.

Стабилизация плазмы возможна также с р е д н и м минимумом B , или с р е д н е й м а г н. я м о й,

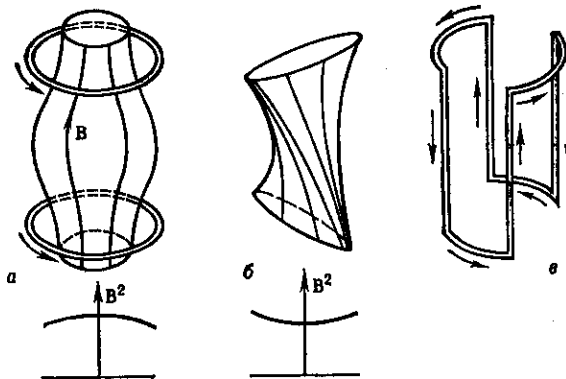


Рис. 2. Стабилизация магнитной ямой в открытых ловушках: а — выпуклые магнитные силовые линии и магнитный бугор в осесимметричной ловушке с магнитными пробками; б — открытая магнитная ловушка с вогнутыми магнитными силовыми линиями и магнитной ямой; в — схема обмотки для создания ловушки с магнитной ямой, в которой стержни Иoffe объединены в единую обмотку бейсбольного типа.

при знакопеременной кривизне магн. силовых линий, т. к. из-за высокой электропроводности плазмы стабилизирующее влияние вогнутых участков силовых линий распространяется на всю магн. трубку. Это позволяет сделать плазму устойчивой в осесимметричной открытой ловушке, а также и в тороидальных системах, используя вогнутость магн. силовых линий с большим шагом $h \sim L$ на внутр. стороне тора. Для создания ср. магн. ямы нужно сместить магн. ось с помощью поперечного магн. поля к внеш. обходу тора в область ослабленной напряжённости тороидального магн. поля (рис. 3). В токамаке это происходит автоматически, в результате во втором слагаемом в критерии (2) появляется множитель $(1 - q^2)$. В нек-рых условиях для углубления магн. ямы в тороидальных системах достаточно смещения магн. оси из-за наличия градиента давления плазмы (эффект самостабилизации плазмы). При этом область устойчивости с повыш. давлением может быть отделена от области устойчивости с низким давлением плазмы (2-я и 1-я зоны устойчивости).

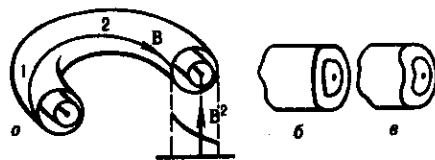


Рис. 3. Образование средней магнитной ямы в тороидальных системах с $q > 1$: на наружном обходе тора (а) магнитная силовая линия выпукла (участок 1), на внутреннем — вогнута (участок 2). Вклад вогнутого участка тем больше, чем больше магнитная ось смещена к внешней стороне тора. Этому способствует создание D-образной (б) или бобообразной (в) усреднённых форм поперечного сечения магнитной поверхности.

Кроме использования геом. свойств магн. поля для С. н. п. широко применяются а к т и в н ы е м е т о д ы воздействия на плазму. К ним относятся: 1) поддержание благоприятных для устойчивости плазмы профилей тока, темп-ры, давления с помощью локального подогрева плазмы, напр. при резонансном поглощении ВЧ-волн, путём локальной генерации тока СВЧ-методами, поддува газа на край плазмы, инжекции крупинки вещества, из к-рого создаётся плазма, в центр плазменного шнура и т. п.; 2) подавление неустойчивостей системой автоматич. управления (метод обратных связей); 3) управление ф-цией распределения заряд. частиц по скорости, напр. варьированием ВЧ-методов нагрева, при к-рых энергия вкладывается преим. в продольную или поперечную степень свободы частиц,