

Отрицательные температуры в вихревой системе нейтронных звезд и явление струй.

В.А. Чернобай.

The negative temperature in the vortex system of neutron stars and phenomenon of flows, by V.A. Tchernobay.

Нейтронные звезды — пульсары, являются объектами неравновесными, в связи с чем в их недрах возможно возникновение неравномерных состояний вихревой структуры, которые могут существенно влиять на динамику сбоев периодов и активность нейтронных звезд. Здесь мы сосредоточим внимание на возможность образования вихревого состояния с отрицательной температурой в вихревой системе нейтронной звезды и ее возможные наблюдательные следствия.

Как показал Ткаченко¹, плотность вихрей $n(r)$ во вращающемся цилиндрическом сосуде со сверхтекучей жидкостью подчиняется следующему интегро-дифференциальному уравнению:

$$\frac{dn}{dr} = \frac{\Gamma^2 \rho n}{T r} \int_0^r n r dr - \Gamma \rho n \frac{\Omega}{T}, \quad (1)$$

где Γ — циркуляция скорости вокруг вихря, ρ — плотность жидкости, Ω — ее скорость вращения, T — температура вихревой системы. Там же показано, что в случае несохранения момента количества движения $M(\Omega = 0)$ и при $T \rightarrow +0$ вихри концентрируются вдоль стенок сосуда и вращение в цилиндре замедлено.

Из формулы (1) легко видеть, что при $T \rightarrow -0$, то есть при конечных отрицательных температурах, имеем $dn/dr < 0$, то есть падение плотности вихрей от центра сосуда к его краю. Этот случай соответствует ускоренному вращению сверхтекучей жидкости и может иметь отношение к ускоряющимся за счет аккреции рентгеновским пульсарам, входящим в состав тесных двойных систем.

Ускоренное вращение приводит к неравновесному распределению вихрей в нейтронной звезде с возрастающей к центру плотностью. Кинетические свойства вихревой структуры сильно анизотропны (квазиодномерны)², что влечет за собой образование горячих пятен, локализованных около полюсов нейтронной звезды.

Рассмотрим два механизма энерговыделения из области горячих пятен: связанный с движением протонной вихревой решетки относительно нормальной компоненты³ и механизм возбуждения поперечных волн круговой поляризации в нейтронных вихревых нитях. С точки зрения последнего механизма важен режим сверхкритического ускорения, когда плотность нитей в центре настолько велика, что в колебаниях нитей существенны нелинейные эффекты, приводящие к самоиндуцированному когерентному излучению системой вихрей поперечных волн круговой поляризации.

Сильная анизотропия вихрей в сочетании с их неоднородным распределением (в данном случае в центре звезды) позволяет получить энергетический источник в виде струй. Возможно, струи, наблюдающиеся у

релятивистского объекта SS 433, не являются уникальными, а присущи большинству нейтронных звезд, входящих в состав кратных систем.

¹Ткаченко В.К., 1976, Письма в ЖЭТФ 23, вып.6, 333—335. ²Чернобай В.А., 1980, Некоторые когерентные и нестационарные эффекты в сверхпроводниках и сверхтекучих ядрах пульсаров, Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. ф.-м. наук, Ереван. ³Чернобай В.А., 1980, Труды I Всесоюзного симпозиума по теории сверхплотных небесных тел (тезисы докладов), Ереван, стр. 28—29.

Астрофизическая обсерватория Кишиневского университета.

Сверхтекучая модель и квадрупольная структура магнитных полей нейтронных звезд.

В.А. Чернобай.

The superfluid model and quadrupol structure of neutron stars' magnetic fields, by V.A. Tchernobay.

Для объяснения формы средних профилей пульсаров в работе¹ была предложена модель двухкомпонентного магнитного поля, в которой на малых высотах (где образуется высокочастотное излучение 1—10 ГГц) магнитное поле является квадрупольным, а дипольное магнитное поле является доминирующим на значительных высотах, где генерируется излучение не очень высоких частот.

Наличие квадрупольного магнитного поля пульсаров легко можно объяснить на основе предложенного нами механизма образования магнитного поля, параллельного оси вращения, за счет присоединенных протонных вихрей, возникающих на сердцевинах нейтронных вихрей². Действительно, согласно ставшим классическими представлениям, после образования пульсара усиливается его реликтовое поле, наклоненное к оси вращения и имеющее интенсивность $\sim 10^{12}$ Гс. При $T \sim 10^9$ К протоны переходят в сверхтекучее состояние. Однако, вследствие подавления спаривания в сердцевинах нейтронных вихрей, возникает многосвязная область нормальных протонных сердцевин². Находясь во внешнем реликтовом магнитном поле и из-за ускоренного вращения пульсара, многосвязная нормальная компонента протонов захватывает определенное число квантов магнитного потока и возникает магнитное поле, параллельное оси вращения звезды. В совокупности с реликтовым дипольным магнитным полем это приводит к возникновению квадрупольного магнитного поля пульсара. Таким образом, на больших высотах будет доминировать либо дипольное реликтовое поле, либо рассматриваемое нами, либо оба. В последнем случае магнитное поле пульсара будет иметь ярко выраженный квадрупольный характер. Величина магнитного поля, параллельного оси вращения, связана с угловой скоростью Ω соотношением:

$$H = \frac{2\Omega}{\kappa} \pi R^2 n \Phi_0,$$