УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИЛЬНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ПОЛЕЙ

В 1946 г. Бимс с сотрудниками описали установку для получения сильных центробежных полей, а также некоторые результаты, достигнутые с её помощью[1,2]. Разрабатывая методику, авторы опирались на тот факт, что разрыв однородного упругого ротора наступает при достижении определённой (для данного материала и формы ротора) периферийной скорости $v_{критич}$, независимо от величины центробежной

силы. Поэтому наибольшее, достижимое с данным ротором, центробежное поле определяется условием:

$$(\omega^2 r)_{\text{критич}} = \frac{v^2_{\text{критич}}}{r} \sim \frac{1}{r},$$

где ω — угловая скорость вращения ротора и r — его радиус. Следовательно, для получения возможно сильных центробежных полей необходимо итти по пути уменьшения диаметра ротора. Это заключение, известное из практики турбиностроения, было подтверждено авторами прямыми опытами — для стальных шариков (от шарикоподшипников) критическая периферийная скорость оказалась равной примерно 1 *км/сек*. Наибольшая напряжённость центробежного поля, достигнутая авторами в 1946 г., составляла $2{,}4 \cdot 10^9$ *м/сек*^{2}, т. е. примерно в 240 миллионов раз больше ускорения силы тяжести. Радиус шарика, соответствовавший этому случаю, равнялся $\sim 0{,}4$ *мм*. Дальнейшее уменьшение размеров ротора оказалось невозможным по техническим причинам.

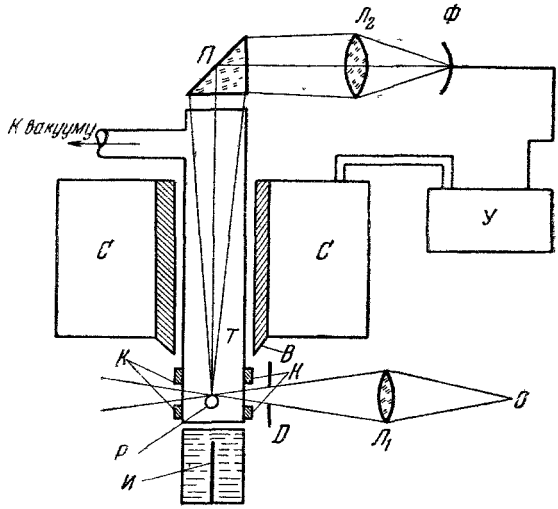
Ныне[3] Бимсом осуществлена установка, в которой эти препятствия частично устранены, в результате чего им достигнуты центробежные поля с напряжённостью, превышающей ускорение силы тяжести более чем в полмиллиарда раз. Методика, применённая Бимсом, своеобразна и представляет несомненный интерес.

В основных чертах установка (см. рисунок) не подверглась существенному изменению. Ротор *P*, представляющий собой стальной шарик, помещается в вертикальной стеклянной трубке *T*, откачиваемой до высокого вакуума ($\sim 10^{-6}$ *мм* рт. ст.), и взвешивается в ней осевым магнитным полем соленоида *C*. Затем ротор закручивается вращающимся магнитным полем, создаваемым катушками *K*, помещёнными снаружи вакуумной трубки. Процесс закручивания продолжается несколько часов, после чего (как показывают измерения, методика которых описана в[2]) ротор начинает вращаться синхронно с магнитным полем. Горизонтальная стабилизация ротора обеспечивается аксиальным полем соленоида *C*. Случайные горизонтальные движения ротора демпфируются тонкой железной иглой *И*, помещённой на продолжении оси соленоида *C* (вне ваккумной трубки) и погружённой в жидкость. Такое магнитное подвешивание ротора оказывается очень стабильным, причём сопротивление вращению оказывается меньшим, чем трение о воздух, даже в условиях высокого вакуума.

Наибольшие трудности представляет вертикальная стабилизация ротора, осуществляемая путём автоматического регулирования силы тока, обтекающего соленоид *C*. В первом варианте[1] для этого использовалась зависимость импеданса некоторой вспомогательной катушки, помещаемой под ротором, от положения последнего. Однако для роторов, диаметр которых меньше 0,5 *мм*, этот механизм оказался нечувствительным и дальнейшее уменьшение размеров ротора — невозможным. Во второй работе[3] автор применил оптическую стабилизацию. Пучок света от осветителя *O* (см. рисунок), вырезаемый диафрагмой *D*, фокусируется линзой $Л_1$ на оси вакуумной трубки непосредственно над ротором *P* так, что некоторое количество света рассеивается на роторе и через призму *П* и линзу $Л_2$ попадает на фотоэлектронный умножитель *Ф*, соединённый со схемой *У*, управляющей силой тока, обтекающего соленоид *C*. Малейшее смещение ротора вверх или вниз вызывает соответствующее изменение интенсивности рассеянного света, падающего на фотоэлектронный умножитель, и вызывает компенсирующее изменение магнитного поля соленоида *C*. В схеме управляющего устройства (приводимой автором) приняты специальные меры для подавления возможных вертикальных колебаний. В результате дости-

гается весьма высокая степень стабилизации — при наблюдении с помощью микроскопа взвешенного стального ротора радиусом 0,18 *мм* в течение нескольких часов не было отмечено заметных вертикальных смещений.

Наименьший ротор, испытанный авторами в описанной установке, имел радиус 0,05 *мм*. Однако при столь малых размерах ротора возникают трудности с горизонтальной стабилизацией. Наибольшая скорость вращения, достигнутая автором с ротором радиусом 0,2 *мм*, составляла $8 \cdot 10^5$ оборотов в сек.



Автор отмечает, что предельная периферическая скорость ($v_{критич}$) при малых диаметрах ротора, повидимому, не остаётся постоянной, а растёт с уменьшением диаметра. В качестве возможного объяснения он указывает на то, что с уменьшением диаметра уменьшается и вероятность присутствия трещин или дефектов в зоне, где имеют место максимальные скорости.

В процессе откачки воздуха из рабочей трубки регулярно наблюдалось небольшое опускание ротора, что могло быть объяснено изменением плотности воздуха, в который погружён ротор. Специальные изменения показали, что для ротора объёмом $3{,}36 \cdot 10^{-5}$ *см*^{3} и весом $2{,}6 \cdot 10^{-4}$ *г* изменение веса в 10^{-8} — 10^{-9} *г* легко наблюдаемо. Автор подчёркивает, что чувствительность установки к изменению веса ротора может быть значительно повышена и, таким образом, установка может быть использована в качестве микровесов.

Р. Г.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. J. W. Beams, J. L. Joung and J. W. Moore. J. Appl. Phys. 17, 886 (1946).
2. Э. В. Шпольский, УФН 32, 134 (1947).
3. I. W. Beams, Rev. of Scient. Instr. 21, 182 (1950).