

ИНЖ. Е. Л. СУРИН

## РЕЗОНАТОР ФРАМА

Под ред. проф. Е. Л. Николаи

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО К ПОСОБИЮ



ТЕХУЧПОСОБИЕ

1935

БЕСПЛАТНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ  
К ПОСОБИЮ № 706.



3

Техучпособие обращается к заинтересованным организациям, преподавателям, руководителям кружков и учащимся с просьбой направлять свои отзывы и пожелания, как относительно самого пособия, так и настоящего руководства.

Желательны также всякого рода указания, в каких наглядных пособиях встречается необходимость при изучении вопросов теоретической и прикладной механики, технологии металлов, курса станков и т. д.

Все замечания и пожелания будут приняты с благодарностью и учтены при следующих тиражах и разработке плана выпуска новых наглядных пособий.

Адрес: Ленинград, Проспект 25 Октября, 28, Дом Книги, Техучпособие.

Отв. ред. М. Г. Школьников.

Техн. ред. Е. В. Высоцкий.

Тираж 1200. Сдано в набор 31/1 1935 г. Подп. в печ. 17/II 1935 г. Формат бумаги 82 × 110. Авторск. лист.  $\frac{1}{4}$ . Бум. лист.  $\frac{1}{8}$ . Печати. знаков в бумажн. листе 156 000. Заказ № 179. Ленгорлит № 5331. Выход в свет февраль 1935 г.

3-я тип. ОНТИ им. Бухарина. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.

## I. НАЗНАЧЕНИЕ ПРИБОРА

Прибор служит для демонстрации явления резонанса и может быть использован при прохождении отдела динамики по курсу теоретической и прикладной механики, при прохождении отдела колебаний по курсу физики в техникумах, ВУЗ'ах и ВТУЗ'ах, а также при прохождении теории колебаний на старших курсах механических факультетов ВТУЗ'ов.

## II. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПРИБОРА

Прибор состоит из набора пластин —  $a_1, a_2, a_3 \dots$  различной длины, сделанных из тонкой пружинной стали, запрессованных в латунные колодки —  $b_1, b_2, b_3 \dots$ , жестко скрепленных с рамой резонатора —  $C_1$  выполненной в виде кольца. В двух диаметрально противоположных точках рамы сделаны резьбовые отверстия для крепления опорных подшипников —  $d_1$  и  $d_2$ . Нижний подшипник своей резьбовой частью ввинчивается в рукоятку —  $e$  и прижимает ее вплотную к раме.

На резьбовую часть верхнего подшипника  $d_1$  навинчена контр-гайка —  $l$ , дающая возможность прочно фиксировать его положение относительно центра рамы, при регулировке свободы вращения оси —  $f$ . Внутри рамы помещен маховичек —  $g$ , укрепленный на оси  $f$ , которая своими заостренными концами входит в конические углубления опорных подшипников —  $d_1$  и  $d_2$ . В нижней части оси просверлено сквозное отверстие, в него продевается конец наматываемой на ось нити; при быстром сматывании этой нити, ось вместе с

маховичком приходит во вращение. На оси, вблизи заостренной ее части, запрессована шайба —  $h$ , чтобы нить при раскручивании не могла соскользнуть по заостренному концу оси в коническое углубление подшипника  $d_2$  и застопорить вращение. В ободе маховичка —  $g$  высверлено отверстие, благодаря чему центр тяжести маховичка располагается вне оси его вращения.

В таком виде маховичек вместе с осью является неуравновешенным гироскопом; при вращении он будет совершать периодические колебания, передавая их через опорные подшипники раме и жестко с нею скрепленным пластинам. Частота этих колебаний равна числу оборотов гироскопа в единицу времени.

## II. ПОРЯДОК ДЕМОНСТРАЦИИ

Демонстрацию прибора удобнее всего производить в следующей последовательности:

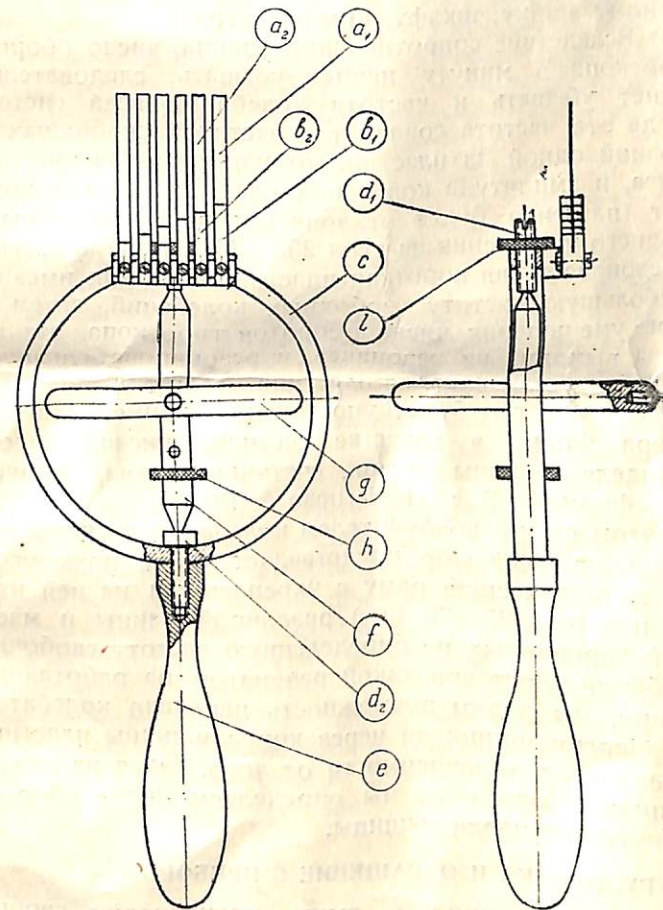
1) Отклоним одну из пластин от ее среднего положения, а затем предоставим ее самой себе. Пластина начнет колебаться. Это — свободные затухающие колебания.

Частота свободных колебаний пластины зависит от ее длины и массы.

В нашем резонаторе длины пластин и их массы (регулируемые напаиванием олова на конец пластины) подобраны таким образом, что частоты их свободных колебаний, начиная с самой короткой пластины  $a_1$ , равны последовательно: 5000; 4500; 3500; 3000 и 2500 колебаний в минуту. (Регулировка прибора не является абсолютно точной, и действительные частоты колебаний могут отличаться от указанных на 3%—5% в обе стороны).

2) Сматывая с оси гироскопа бичевку, приводим его в быстрое вращение (порядка 5000—7000 обор./мин.). Как мы указывали выше, гироскоп станет при этом совершать периодические колебания, передавая их через

опорные подшипники раме и пластинам. Эти колебания пластин будут вынужденными; возмущающей силой являются периодически действующие импульсы



---

со стороны неуравновешенного гироскопа. Колебания рамы хорошо осязаются рукой и воспринимаются ухом (особенно, если рукоятку прибора прижать к хорошо резонирующей поверхности — например, пустому деревянному ящику, шкафу, крышке стола).

3) Вследствие сопротивления трения, число оборотов гироскопа в минуту начнет убывать, следовательно, начнет убывать и частота колебаний всей системы. Когда эта частота совпадет с частотой свободных колебаний одной из пластин, то наступит явление резонанса, и амплитуда колебаний пластины сильно возрастет (пластина будет отклоняться в обе стороны от среднего положения на угол  $25^\circ$ — $30^\circ$ ). Первой вступает в резонанс самая короткая пластина —  $a_1$ , как имеющая наибольшую частоту свободных колебаний, затем, по мере уменьшения числа оборотов гироскопа, эта пла-

---

шипником  $d_1$  и контр-гайкой  $l$ . Наивыгоднейшая степень свободы определяется опытным путем. При слишком большой свободе вращения, появляются дополнительные колебания всей системы, мешающие возникновению резонанса. При чрезмерно стесненном вращении оси, амплитуда вынужденных колебаний будет очень мала, затухание колебаний будет очень быстрым, и пластины не будут успевать набирать значительные амплитуды резонансных колебаний.

Бичевка для запуска гироскопа должна быть гладкой, тонкой ( $\varnothing = 1$ — $1,5$  мм.) и очень прочной (для этой цели можно употребить кетгуд — струну от виолончели или от теннисной ракетки), ее длина равна 70—80 см. Конец бичевки на 2—3 см продевается в отверстие оси, остальная часть наматывается на ось возможно плотнее. Оставшийся свободным конец бичевки длиной 10—12 см крепко захватывают пальцами

со стороны неуравновешенного гироскопа. Колебания рамы хорошо осязаются рукой и воспринимаются ухом (особенно, если рукоятку прибора прижать к хорошо резонирующей поверхности — например, пустому деревянному ящику, шкафу, крышке стола).

3) Вследствие сопротивления трения, число оборотов гироскопа в минуту начнет убывать, следовательно, начнет убывать и частота колебаний всей системы. Когда эта частота совпадет с частотой свободных колебаний одной из пластин, то наступит явление резонанса, и амплитуда колебаний пластины сильно возрастет (пластина будет отклоняться в обе стороны от среднего положения на угол  $25^\circ$ — $30^\circ$ ). Первой вступает в резонанс самая короткая пластина —  $a_1$ , как имеющая наибольшую частоту свободных колебаний, затем, по мере уменьшения числа оборотов гироскопа, эта пластина выходит из резонанса, и резонировать начинает соседняя, более длинная пластина —  $a_2$ , и т. д.

Здесь уместно будет упомянуть о применении резонатора Фрама в качестве счетчика числа оборотов шпинделя машины (напр., счетчики Фрама, выпускаемые фирмами S & H, Hartman & Braun).

В этом случае возбудителем колебаний является сама машина, а резонатор представляет собой прямоугольную металлическую раму с укрепленным на ней набором пластин (25—30 шт.) различной длины и массы, отрегулированных на определенную частоту свободных колебаний. Поставив такой резонатор на работающую машину, мы дадим возможность передачи колебательной энергии шпинделя через конус машины пластинам резонатора, и в зависимости от того, какая из пластин вступила в резонанс, мы определяем число оборотов в минуту шпинделя машины.

#### IV. РЕГУЛИРОВКА И ОБРАЩЕНИЕ С ПРИБОРОМ

Как уже говорилось выше, регулировка свободы вращения оси гироскопа производится верхним под-

шипником  $d$ , и контр-гайкой  $l$ . Наивыгоднейшая степень свободы определяется опытным путем. При слишком большой свободе вращения, появляются дополнительные колебания всей системы, мешающие возникновению резонанса. При чрезмерно стесненном вращении оси, амплитуда вынужденных колебаний будет очень мала, затухание колебаний будет очень быстрым, и пластины не будут успевать набирать значительные амплитуды резонансных колебаний.

Бичевка для запуска гироскопа должна быть гладкой, тонкой ( $\varnothing = 1$ — $1,5$  мм.) и очень прочной (для этой цели можно употребить кетгуд — струну от виолончели или от теннисной ракетки), ее длина равна 70—80 см. Конец бичевки на 2—3 см продевается в отверстие оси, остальная часть наматывается на ось возможно плотнее. Оставшийся свободным конец бичевки, длиной 10—12 см, крепко захватывают пальцами правой руки и, держа рукоятку резонатора в левой руке, начинают тянуть за бичевку, сматывая ее с оси, сперва медленно, затем быстрее и заканчивают сматывание энергичным рывком.

При некотором навыке можно сообщить гироскопу до 7000 обор./мин. и в течение 20—30 секунд наблюдать вынужденные колебания без резонанса пластин, который наступает только при снижении числа оборотов гироскопа до 5000 обор./мин.

Смазывать подшипники лучше всего тавотом или вазелином.

Гироскоп из рамы без особой надобности не вынимать так как при неосторожном обращении легко отломать хрупкие, закаленные острия оси.

Прибор хранить в футляре.