

## Задача 2. Сканер-стробоскоп

### Часть 1. Часы

Направление движения каретки сканера указано на рис.1. Секундная стрелка на часах движется «рывками», поэтому при сканировании изображение стрелки получается изломанным. Как видно из рисунка, за одну секунду каретка сканера перемещается на 30 мм, т. е. скорость каретки равна:

$$v_K = 30 \text{ мм} / \text{с} \quad (1)$$

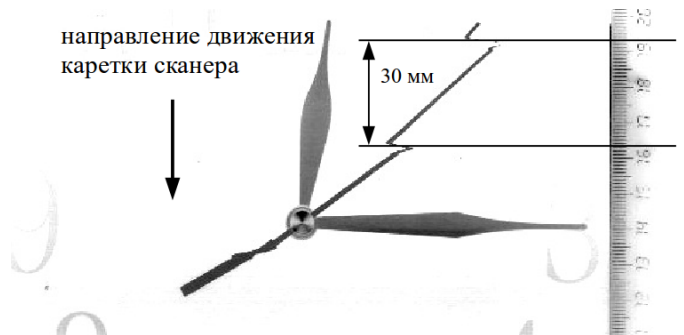


Рис. 1

### Часть 2. Поступательное колебание стержня

График зависимости  $x(t)$  представлен на рис.2. Период колебаний равен:

$$T = 4,1 \text{ с} / 3 = 1,37 \text{ с}$$

(2).

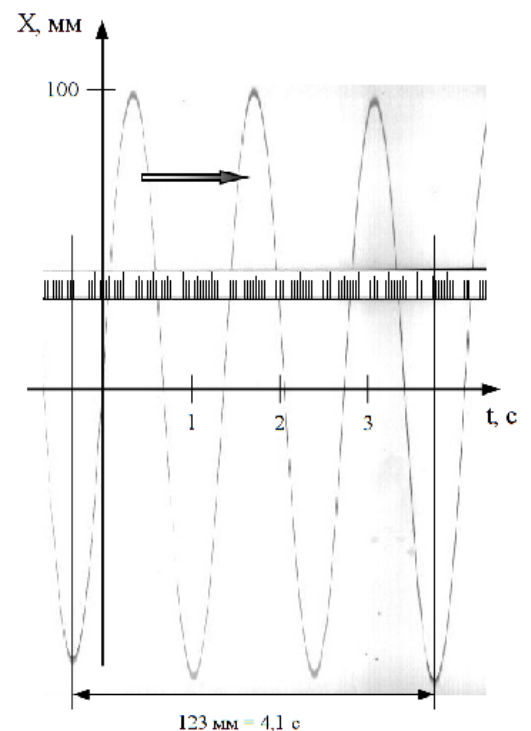


Рис. 2

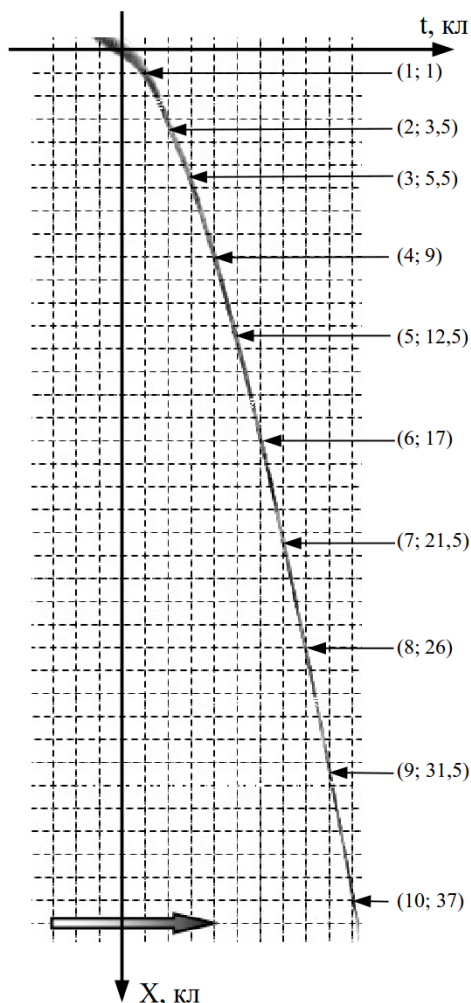


Рис.3

### Часть 3. Скатывание стержня

Стержень движется вдоль оси X (рис.3). На рисунке приведены значения координаты стержня (в клетках) в различные моменты времени (тоже в клетках). Если движение равноускоренное, то  $x = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ , тогда  $\frac{x}{t} = v_0 + \frac{a}{2}t$ , т. е. зависимость  $\frac{x}{t}(t)$  должна быть линейной.

На рис. 4 приведен график зависимости  $\frac{x}{t}(t)$ .

Видим, что за исключением первых двух точек, зависимость линейная с наклоном  $k = 0,26 \text{ кл}^{-1}$ . Т. к. одна клетка равна 5 мм, а каретка сканера проходит расстояние в одну клетку за 1/6 секунды, то ускорение стержня равно:

$$a = 2k \frac{5 \text{ мм}}{(1/6 \text{ с})^2} = 94 \text{ мм/с}^2$$

(3).

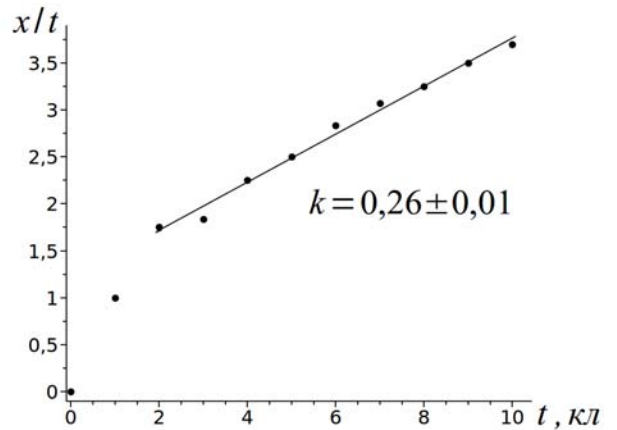


Рис. 4

#### Часть 4. Крутильные колебания стержня

Обозначенные на рис. 5 точки отсканированы в момент наибольшего отклонения стержня. Точки А, В и С в идеальном случае должны лежать на одной прямой, как и точки D, Е и F. Ось вращения совершает незначительные колебания в области, ограниченной прямыми АВ, АС, FD и FE. Из-за движения оси невозможно с большой точностью определить амплитуду колебания. На рисунке приведены значения двух углов. Амплитуда колебаний составляет:

$$\varphi_{\text{MAX}} = 40^\circ \pm 5^\circ \quad (4).$$

За время, в течение которого каретка проезжает 145 мм, стержень совершает 2,5 колебания, т. е. период колебаний равен:

$$T = \frac{145/30}{2,5} = 1,9 \text{ с} \quad (5).$$

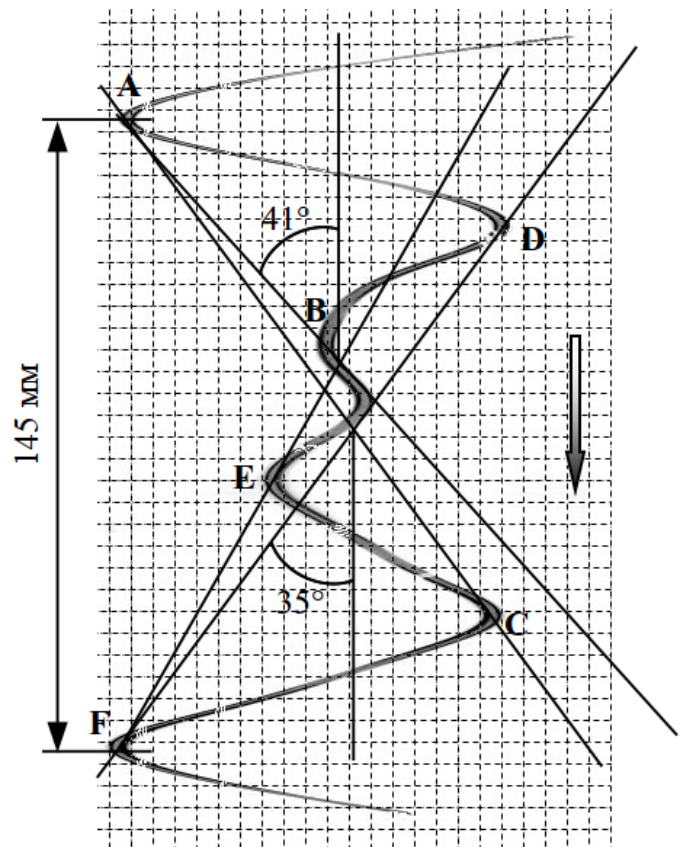


Рис. 5

#### Часть 5. Вращение стержня

Стержень вращается по часовой стрелке. Точки А, В, D, Е лежат на окружности (рис. 6). Перпендикуляры, восстановленные из середин хорд АВ и DE, пересекаются в центре окружности С. За время, в течение которого каретка проезжает 165 мм, стержень совершает 1,5 оборота. Средняя угловая скорость равна:

$$\omega_1 = 1,5 \frac{2\pi}{165/30} = 1,71 \text{ рад/с} \quad (6).$$

На рис. 7 представлена обработка фотографии стержня, вращающегося с большей угловой скоростью. Ось вращения определяется аналогично. Стержень совершает 3

оборота за время движения сканера от точки X до точки Y (175 мм). Угловая скорость вращения равна:

$$\omega_2 = 3 \frac{2\pi}{175/30} = 3,23 \text{ рад/с} \quad (7).$$

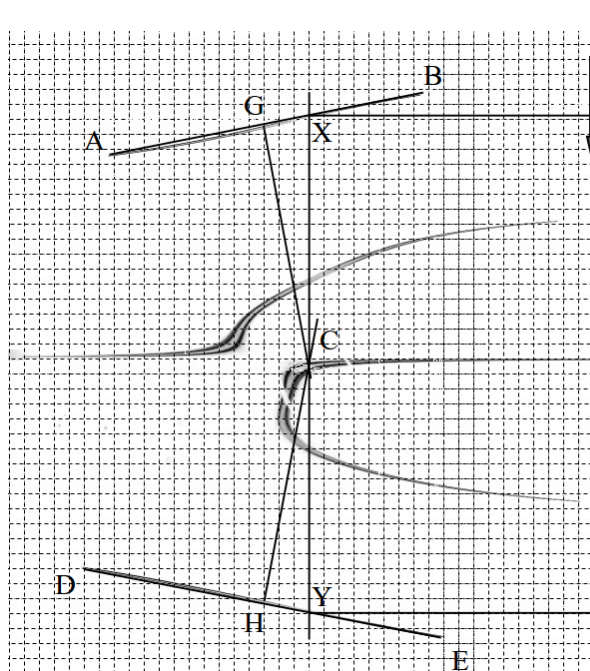


Рис. 6

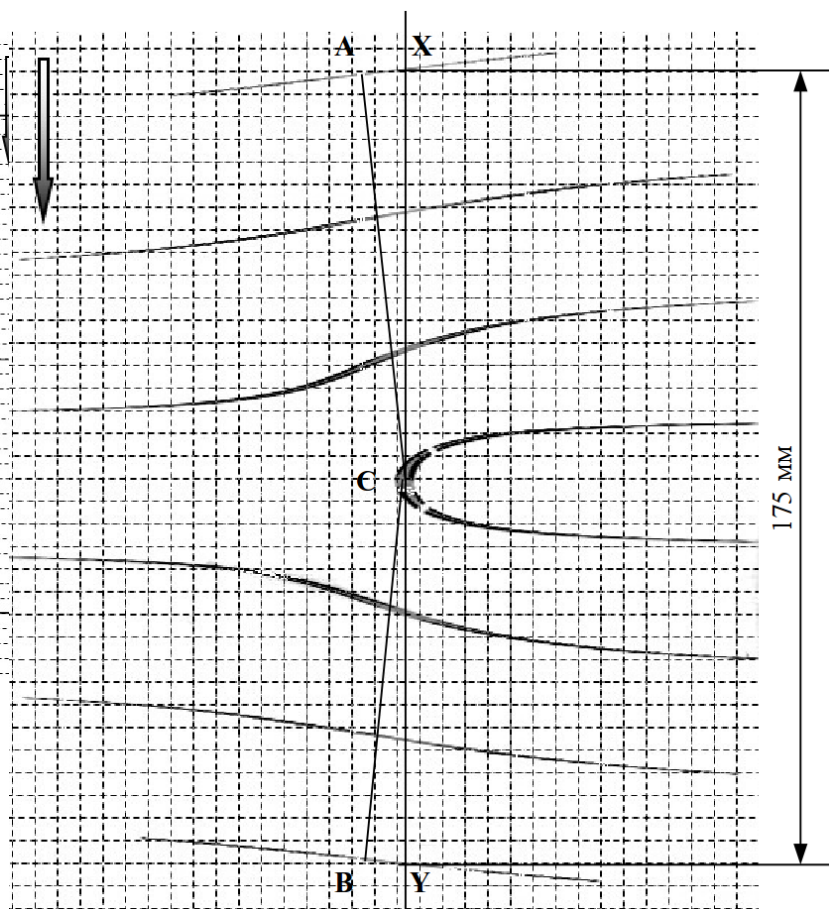


Рис. 7