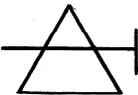
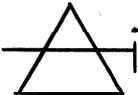
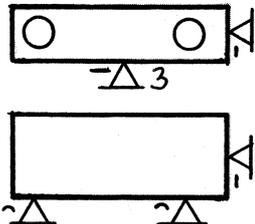
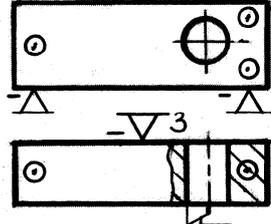
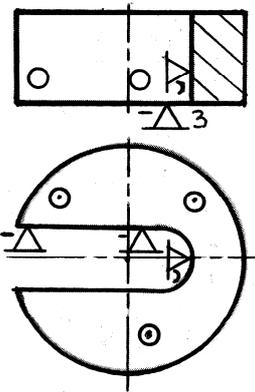
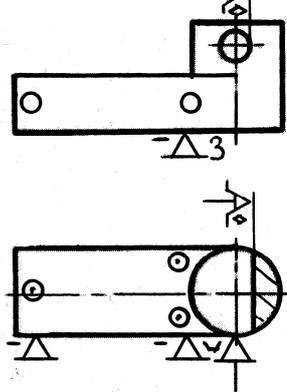
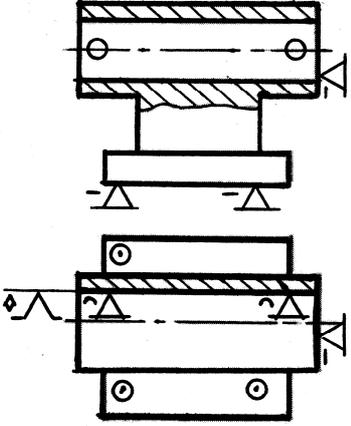
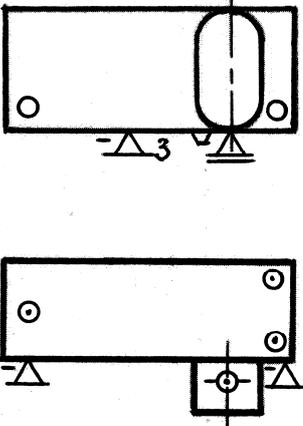


Таблица 4. Примеры практических схем установки для сочетаний баз 1.1, 1.2

<p>Номер и вид сочетания баз</p>	<p>1.1</p> 	<p>1.2</p> 
<p>Примеры практических схем базирования для заготовок</p>	<p>1.1.1</p> 	<p>1.2.1</p> 
	<p>1.1.2</p> 	<p>1.2.2</p> 
	<p>1.1.3</p> 	<p>1.2.3</p> 

УДК 62-229.312.2.001.24

Щербаков С.А.

ЗАДАЧА О ЗАКРЕПЛЕНИИ КРУГЛЫМ ЭКСЦЕНТРИКОМ

Введение. Работа конструктором и преподавателем часто заставляет заниматься расчетами, связанными с элементарными зажимными механизмами. Предлагаемая статья подобна статье [13], в которой рассматривались погрешности и открытые ошибки, встречающиеся в справочной и учебной литературе по технологической оснастке. В предлагаемой статье анализируется возможность определения силы закрепления круглым (круговым) эксцентрик. При внимательном рассмотрении этой задачи, а главное при попытке определить эту

силу закрепления, все оказывается совсем непросто, если использовать только справочник. Автор в этом убедился, будучи студентом, затем конструктором и, наконец, преподавателем.

Постановка задачи и анализ предлагаемых решений. Предположим, вы решили применить эксцентриковый зажим в некоторой конструкции. И вам необходимо знать, какое усилие закрепления (W) он может развить при следующих исходных данных: наружном диаметре (D) (или радиусе R) эксцентрика, диаметре (d) (или радиусе r) оси вращения экс-

центрика, величине эксцентриситета (e), длине рукоятки (L), угле поворота (β), силе, действующей на рукоятку (P -силе привода).

Кажется, что тут сложно: «Возьми справочник, найди формулу и считай». Открываем [1 с. 86], но вместо формулы для силы закрепления, видим формулы для определения величины хода эксцентрика и таблицу 13 [1 с. 88] с зависимостью силы закрепления (W) и момента привода (M) от наружного диаметра эксцентрика (D) и его эксцентриситета (e). Хорошо, если спроектированный эксцентрик имеет (D) и (e), которые совпадают с табличными значениями, а если нет? Что аппроксимировать табличные значения и выводить зависимость $W = f(M, D, e)$, за точность которой никто не поручится?

Смотрим в [2]. Здесь можно увидеть вывод формулы (1), в котором присутствуют «допущения-упрощения» и открывающая путаница, подобная той, о которой говорилось в [13]. В итоге в [2] даны:

- формула, которую привожу в принятых выше обозначениях входящих величин

$$M = P \cdot L = W \cdot R' \cdot (tg(\alpha + \varphi) + tg\varphi_1), \quad (1)$$

где R' – расстояние от оси вращения до точки касания эксцентриком зажимаемой поверхности (переменный радиус-вектор наружной поверхности);

α – переменный угол подъема в этой точке;

$tg\varphi=f$ и $tg\varphi_1=f_1$ – коэффициенты трения соответственно на зажимаемой поверхности и оси вращения эксцентрика; и таблица моментов на рукоятке [2, с.184], зависящих от W и какого-то D_1 (полагаю диаметра эксцентрика, хоть в формуле (1) он не присутствует), при $tg(\alpha + \varphi) = 0,2$ и $tg\varphi_1 = 0,05$.

Как видно, в формуле (1) два неизвестных (R' и α), поэтому рассчитать W по ней нельзя, а общее впечатление о всем прочитанном вызывает тоску и желание отложить этот справочник в сторону и подальше. Уж лучше поискать еще. Я обычно беру за старые издания, в которых, как показывает мой опыт, и ошибок меньше и пояснений больше.

В [3] находим формулу, подобную (1), с теми же двумя неизвестными.

В [4] есть только рекомендации по выбору конструктивных параметров эксцентрика и расчетная схема действия сил на эксцентрик при закреплении. Наверное, для инженеров того времени задача определения силы закрепления была совсем элементарной и недостойной приведения искомой формулы. Вполне допускаю, что вывод формулы, приведенный в конце статьи, проделывался ранее неоднократно. Но почему его нет в справочниках?

В [5, с.218] можно найти ту же формулу (1) с теми же двумя неизвестными, но еще и ссылки на статью Решетова Д.Н. 1937г. и книгу Яхина А.Б. 1946г., где, якобы, применен другой подход к определению искомой зависимости. И здесь же даны ссылки на работы Болотина Х.Л. 1933, 1934 и 1941г. Найти упомянутые работы автору не удалось, можно только пожалеть о добрых советских временах, когда в Москве в библиотеке им. В.И. Ленина можно было найти все или почти все.

В [6] со ссылкой на [7], но 1965г. выпуска были найдены плоды упоминавшегося «другого подхода», который позволил получить две формулы со знаками приблизительно

$$W \approx \frac{P \cdot L}{e(1 + \sin \alpha' + \varphi_1)}, \quad (2)$$

$$\text{где } \alpha' = 180 - \beta, \quad (3)$$

а для самого неблагоприятного на самоторможение случая

$$W \approx \frac{P \cdot L}{2 \cdot e}. \quad (4)$$

Формулы эти хоть и приближительные, но вполне работоспособные и используются даже в [12] на странице 397, но уже на следующих двух страницах для механизмов, работающих в сочетании с рычагами и прихватами, можно увидеть аналоги формулы (1). Зная P, L, e и угол поворота β , можно найти силу закрепления W . Но вызывает сомнение этот знак (\approx) и отсутствие влияния на W диаметра (D) или радиуса (R). Ну просто не может быть, что эксцентрики с разными диаметрами D_1 и D_2 при прочих равных данных обеспечат одинаковое W . Здравый смысл и «правило рычага», говорит, что чем меньше диаметр вращающегося эксцентрика, тем больше W .

Вот поэтому вывод и саму формулу (2) из [7] (они же повторены в [8]), я не рекомендую своим студентам.

Еще несколько слов об этой задаче в прочих учебниках и пособиях: в [9] предлагают все ту же формулу (1) с двумя неизвестными. В [10] рекомендации, подобные подходу, предложенному в [1] со всеми его недостатками. Наконец, в [11] можно найти вывод формулы (1) и более удачную формулу:

$$M = P \cdot L = W \cdot (R - e \cdot \cos \beta) \cdot (tg(\alpha + \varphi) + tg\varphi_1). \quad (5)$$

В этой формуле, с моей точки зрения, лишь три небольших огреха:

- одно неизвестное - угол подъема α ;
- допущение, что эта формула выведена аналогично формулам для плоского с одним скосом клина;
- удален из левой части формулы $\cos^2 \alpha \approx 1$ (что допустимо лишь для малых α).

К этой формуле, при рассмотрении схемы действующих сил (рис.1), из простых геометрических соотношений можно найти

$$\alpha = \arctg \left(\frac{e \cdot \sin \beta}{R - e \cdot \cos \beta} \right). \quad (6)$$

Добавив пожертвованный $\cos^2 \alpha$, можно вывести почти точную формулу, которая в сокращенном виде будет:

$$W = \frac{P \cdot L \cdot \cos^2 \alpha}{(R - e \cdot \cos \beta) \cdot (tg(\alpha + \varphi) + tg\varphi_1)}, \quad (7)$$

если допустить, что круговой клин и плоский работают одинаково при закреплении. Если в формуле (7) взамен α подставить формулу (6), то будут задействованы почти все исходные данные к задаче. Но слишком длинная формула, да и допущение об одинаковой работе круглого и плоского клиньев требует доказательства. Поэтому уже 3-4 года студентам я предлагаю вывод, который, с моей точки зрения, свободен от перечисленных недостатков и приведен ниже.

Результаты исследования.

В процессе закрепления и открепления эксцентрика (рис. 1) на него действуют силы:

P – привода; W – закрепления заготовки; F – трения между поверхностями эксцентрика и заготовки; S – реакция от оси вращения; сила трения на оси, производная от S , которая не обозначена, поскольку S проведена касательно к кругу трения с приведенным радиусом трения ρ .

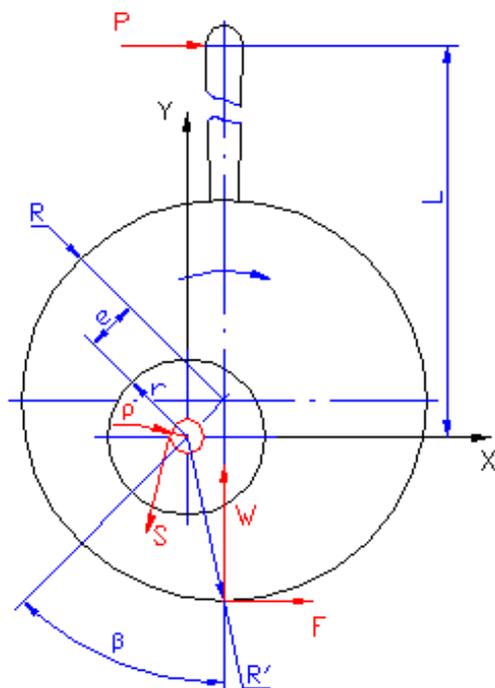


Рис. 1. Закрепление

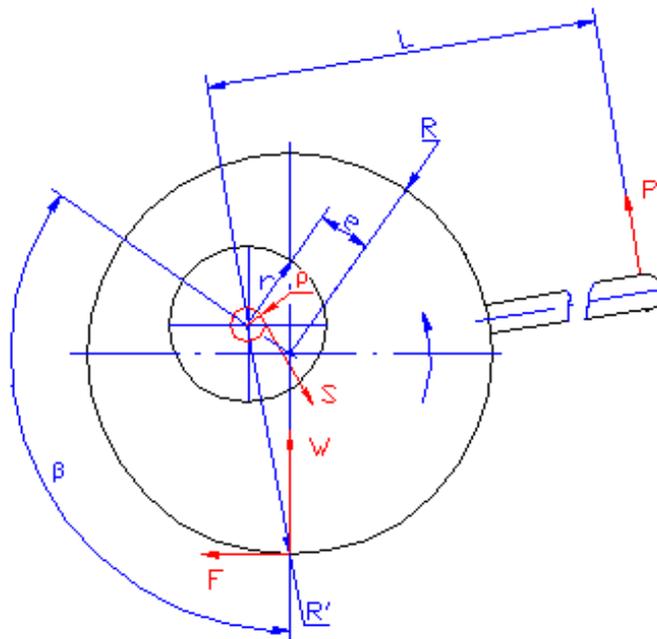


Рис. 2. Открепление

Угол рукоятки относительно линии центров $\gamma=45^\circ$.

Уравнение моментов при закреплении:

$$\sum M_{io} = 0, -P \cdot L + F \cdot R'_y + W \cdot R'_x + S \cdot \rho = 0, (8)$$

где ρ – приведенный радиус трения на оси вращения;

$$\rho = r \cdot f';$$

$f' = \frac{4}{\pi} f$ – приведенный коэффициент трения для парной пары вращения на оси.

$$R'_y = R - e \cdot \cos \beta, \quad R'_x = e \cdot \sin \beta.$$

Для определения S составим систему уравнений (рис. 1) сразу после закрепления заготовки, удерживаемой силами трения, без воздействия силы привода P :

$$\sum P_{ix} = 0, \quad F - S_x = 0, \quad S_x = F = W \cdot f,$$

$$\sum P_{iy} = 0, \quad W - S_y = 0, \quad S_y = W,$$

тогда $S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$; или $S = W \cdot \sqrt{1 + f^2}$.

Подставляя S в (8), получим:

$$P \cdot L = W \cdot f \cdot (R - e \cdot \cos \beta) + W \cdot e \cdot \sin \beta + r \cdot f' \cdot W \cdot \sqrt{1 + f^2}$$

тогда

$$P \cdot L = W \left(f \cdot (R - e \cdot \cos \beta) + e \cdot \sin \beta + r \cdot f' \cdot \sqrt{1 + f^2} \right) (9)$$

или для силы привода при закреплении эксцентриком

$$P = \frac{W}{L} \left(f \cdot (R - e \cdot \cos \beta) + e \cdot \sin \beta + r \cdot f' \cdot \sqrt{1 + f^2} \right). (10)$$

А формула для силы закрепления круглым эксцентриком

$$W = \frac{P \cdot L}{f \cdot (R - e \cdot \cos \beta) + e \cdot \sin \beta + r \cdot f' \cdot \sqrt{1 + f^2}}. (11)$$

Формул для определения силы открепления (P') вовсе не было приведено ни в одном из упомянутых источников. Поэтому рассмотрим и эту задачу. В момент открепления на эксцентрик действуют моменты (рис. 2):

$$P' \cdot L + W \cdot R'_x - F \cdot R'_y - S \cdot \rho = 0$$

с учётом схемы сил на рисунке 2 (и ранее найденных значений):

$$R'_y = R + e \cdot \cos (180 - \beta) = R - e \cdot \cos \beta,$$

$$R'_x = e \cdot \sin (180 - \beta) = e \cdot \sin \beta,$$

$$P' \cdot L = W \cdot f \cdot (R - e \cdot \cos \beta) -$$

$$-W \cdot e \cdot \sin \beta + r \cdot f' \cdot W \cdot \sqrt{1 + f^2},$$

$$P' = \frac{W}{L} \left(f \cdot (R - e \cdot \cos \beta) - e \cdot \sin \beta + r \cdot f' \cdot \sqrt{1 + f^2} \right). (12)$$

Формула силы привода для открепления круглого эксцентрика (12) дает меньшее значение, чем формула (10). Однако, поскольку при откреплении преодолевается сила «трения покоя», которая может превышать силу трения при движении до 25%, то в итоге P' может быть меньше, больше или равна P в зависимости от значений входящих переменных.

Длина рукоятки при закреплении-откреплении вручную с нормативной силой привода $P=(147 \div 198)$, значения которой рекомендованы в [12], можно определить по формулам:

- при закреплении

$$L = \frac{W}{P} \cdot \left[f \cdot (R - e \cdot \cos \beta) + e \cdot \sin \beta + r \cdot f' \cdot \sqrt{1 + f^2} \right] (13)$$

- или при откреплении

$$L = \frac{W}{P} \cdot \left[f \cdot (R - e \cdot \cos \beta) - e \cdot \sin \beta + r \cdot f' \cdot \sqrt{1 + f^2} \right] \quad (14)$$

с учетом вышесказанного.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 496с.
2. Горошкин А.К. Приспособление для металлорежущих станков: Справочник. - 7-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1979. - 303с. Ил.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В двух томах. Изд.3 переработанное. Том 2. Под ред. заслуженного деятеля науки и техники РСФСР д-ра техн. наук проф. А.Н.Малова. - М.: Машиностроение, 1972. - 568с.
4. Справочник металлиста. В пяти томах. Том 4 - М.: Машгиз, 1959. - 778с.
5. Машиностроение. Энциклопедический справочник. Том 7. - М.: государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1949. - 708с.
6. Уткин Н.Ф. Приспособление для механической обработки. - Л.: Лениздат.1969. - 299с.
7. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1983. - 277с.,ил.
8. Горохов В.А. Проектирование технологической оснастки. Учебник для машиностроительных специальностей высш. учебных заведений. - Мн.: Бервита, 1997. - 344с.
9. Технологическая оснастка: Учебник для студентов машиностроит. специальностей вузов / М.Ф.Пашкевич, Ж.А. Мрочек, Л.М. Кожуро, В.М. Пашкевич. - Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2002. - 320с.: ил.
10. Андреев Т.В. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства: Учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов / Г.Н. Андреев, В.Ю. Новиков, А.Г. Схиртладзе; Под ред. Ю.М. Соломенцева. - 3-е изд., стер. - М.: Высшая школа., 2001. - 415с.:ил.
11. Болотин Х.Л. Костромин Ф.П. Станочные приспособления. Изд. 5-е, перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1973. - 344с.
12. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. /Ред. совет: Б.Н. Вардашкин (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1984. - Т.1 /Под ред. Б.Н.Вардашкина, А.А.Шатилова, 1984. - 592с
13. Щербаков С.А. Определение силы привода для прихватов с учетом сил трения. / Вестник БГТУ, №4. 2005, с.18-22.