

Химическое и нефтяное машиностроение
(1965) 4, 8.12/14

Taganov, N.I., Dr. d. techn. Wiss., Timešuk, A.S., Ing., Kirillov, V.M.,
Ing. :

ÜBER DEN SEITLICHEN DRUCK EINER TEFLONPACKUNG

Eine der Hauptkennzahlen für die Arbeitsfähigkeit einer Packungsstopfbüchse ist der Seitendruckkoeffizient k , der das Verhältnis des Drucks einer Packung auf die Welle oder die Gehäusewand p_x zum Axialdruck p_y darstellt:

. (1)

Bei mit Schmiermitteln getränkten Packungen ist dieser Koeffizient praktisch gleich eins [1], und bei nichtdurchtränkten Packungen ist er kleiner eins.

In der Literatur gibt es begrenzte Angaben über den Seitendruckkoeffizienten für nur zwei, drei Packungsmaterialien [2], [3].

Heute findet als Material für Packungsstopfbüchsen Teflon weitverbreitete Anwendung. Es wird benutzt in Form von mehrteiligen oder ungeteilten Ringen, Spänen, Packungen, geflochten aus einem Band oder Fäden und in Verbindung mit anderen Stoffen [4] - [9]. Für Teflonpackungen fehlen Angaben über den Seitendruck-Koeffizienten praktisch ganz.

In der vorliegenden Arbeit werden die Untersuchungsergebnisse des Seitendrucks für eine Packung aus Teflonspänen angeführt.

Die Versuche wurden an dem in Zeichnung 1 dargestellten Gerät durchgeführt. Das Gerät bestand aus dem Dichtungsgehäuse 2, das sich auf den Grundring 5 stützt, und der Stange 3, die eine Welle imitiert. Die Stopfbüchsenbrille 1 war oberhalb der Packung angeordnet, und das gesamte Gerät wurde zwischen der Querstrebe und dem Preßkolben einer hydraulischen Presse untergebracht. Die Kraft der Stopfbüchsenbrille wurde mit einem Druckdynamometer

(DB - 5) gemessen. Der Seitendruck der Packung 4 auf Welle und Wand des Dichtungsgehäuses wurde nach den mittels Dehnungsmessstreifen und dem Gerät ISD-2 gemessenen Spannungen in den elastischen Elementen 6 bestimmt. [10].

Die zu untersuchenden Packungsringe hatten die Abmessungen:

1) $D_n = 85$ mm, $D_v = 50$ mm, $h_k = 10 \div 12$ mm, 2) $D_n = 70$ mm, $D_v = 50$ mm, $h_k = 6 \div 8$ mm. Die Höhe der Gesamtpackung wurde geändert und betrug $2h_k$, $5h_k$, $8h_k$ und $9h_k$.

Das Material der Dichtungsgehäuse und der Welle war Stahl St. 3*. Die Feinheit der Kontaktflächenbearbeitung der Dichtungsgehäuse entsprach der 6. Klasse, die der Welle - der 8. Klasse.

Das Gerät wurde mittels des Rings einer mit Schmiermittel getränkten Hanfpackung geeicht, für die k praktisch gleich eins ist.

Der Seitendruck-Koeffizient wurde nach der Formel (1) für verschiedene Höhen der Steppbüchsenpackung berechnet. Die Versuchsergebnisse zeigten, daß das Vorhandensein eines Schmiermittels auf den Dichtflächen einer Teflonpackung keinen merklichen Einfluß auf die Größe k ausübt, die für die Welle und die Wand des Dichtungsgehäuses praktisch gleich ist, und sich ein Unterschied nur bei einer Packungshöhe bis zu 10 mm beobachten läßt (in diesem Fall ist der Seitendruck-Koeffizient für die Wand des Dichtungsgehäuses um 10 - 15 % kleiner als für die Welle).

Die Versuchsergebnisse (Zeichnung 2) zeigen, daß sich der Seitendruck-Koeffizient bei einer Vergrößerung der Packungsbreite, der Größe des Seitendrucks p_x , erhöht mit Ausnahme des Druckbereichs $\sim 3 \cdot 10^6 \div 7 \cdot 10^6$ N/m² und sich mit einer Vergrößerung der Packungshöhe verringert. Offensichtlich läßt sich dies damit erklären, daß das Packungsmaterial bei den vorliegenden Drücken durch die Hohlräume komprimiert wird. Es ist möglich, daß bei einer weiteren Druckvergrößerung, wenn alle Hohlräume gefüllt sind, das Teflon den Flüssigzustand erreicht, wonach k sich stärker vergrößern wird.

* St. 3 - stal' uglirodistaja - Kohlenstoffstahl

Die mathematische Auswertung der gewonnenen Versuchsdaten wurde nach einem Verfahren durchgeführt, das auf dem Prinzip veränderlicher Maßeinheiten basiert [10]. Die Abhängigkeit des Seitendruck-Koeffizienten k von den anderen physikalischen Größen wurde nach der Formel

(2)

bestimmt, wobei b - die Packungsbreite in m ist, h - die Packungshöhe in m , p_x - der Seitendruck der Packung in N/m^2 , $B, B', n_1, n_2, n_3, n'_1, n'_2, n'_3$ - die Koeffizienten und Exponenten sind, die infolge der Auswertung der Versuchsdaten bestimmbar sind.

In Formel (2) können durch Multiplikation des Zählers und des Nenners der rechten Seite mit einer entsprechenden Zahl alle Kennziffern so geändert werden, daß eine der Kennziffern einen bestimmten vorgegebenen Wert hat. Somit könnte die Gleichung (2) in der Form

(3)

dargestellt werden.

Die Exponenten und Koeffizienten der Gleichung (3) wurden nacheinander ermittelt. Zuerst wurde der Exponent n'_3 bestimmt, wofür Versuchsserien gewählt wurden, in denen nur die Größe h geändert wurde.

Für die Versuche dieser Serien wurde die Gleichung (3) in der Form

(4)

dargestellt und weiter

, (5)

wobei C und C' - Konstanten für jede Versuchsserie sind.

Die für diese Versuchsserien konstruierten graphischen Darstel-

lungen in dem Koordinatensystem ($\ln k$, $\ln h$) waren Geraden, die durch Gleichungen der Form

(6)

charakterisiert werden.

Daraus konnte gefolgert werden, daß in der Gleichung (5) die

Größe $\frac{1}{\ln(C'h^{m'_3})}$ nicht von h abhängt und folglich $m'_3 = 0$ ist.

Weiter wurden die Exponenten m_2 und m'_2 ermittelt. Dazu berechnete man die Koeffizienten M und N für alle gewonnenen Geraden, und daran anschließend wurden für die bei konstanter Packungsbreite b durchgeführten Versuchsserien - unter Berücksichtigung der Gleichung $m'_3 = 0$ - die Abhängigkeiten

(7)

und

(8)

gebildet.

Aus den Beziehungen (7) und (8) werden die Gleichungen

(9)

und

(10)

gewonnen.

Durch die Lösung der Gleichungen (9) und (10) für einige - paar-

weise gewählte - Geraden, konnten einige Werte für m_2 und m'_2 gewonnen werden, aus denen (mit einer gewissen Abrundung) folgende Durchschnittswerte ermittelt wurden:

$$m_2 = -1, \quad m'_2 = 1.$$

Zur Bestimmung von m_1 und m'_1 wurde die Gleichung (3) - unter Berücksichtigung von $m'_3 = 0$ - in der Form

(11)

dargestellt.

Für Versuchsserien mit verschiedenen Werten von b wurden graphische Darstellungen in dem Koordinatensystem $\ln k[\ln h + m_2 \ln p_x - m'_2 \ln p_x \ln k]$ konstruiert. Für jeden bestimmten Wert von b entsprechende gewonnene Gerade, die durch die Gleichung

(12)

charakterisiert wird, wurden die Werte der Koeffizienten M' und N' ermittelt. Weiter wurden mit Hilfe der Ausdrücke (11) und (12) die Gleichungen

(13)

und

(14)

aufgestellt.

Lösen wir diese Gleichungen (nach Mittelwertbildung), so erhalten wir $m_1 = 0$, $m'_1 = -9$.

Zur Ermittlung der Koeffizienten A und A' wurde die Gleichung (3) in der Form

(15)

dargestellt, und aus der graphischen Darstellung im Koordinatensystem $\ln k = [\ln h + m_2 \ln p_x - m'_2 \ln p_x \ln k - m'_1 \ln b \ln k]$ wurden die Zahlenwerte der Größen

$$\frac{\ln A}{\ln A'} \quad \text{und} \quad \frac{1}{\ln A'}$$

ermittelt und A und A' berechnet.

Als Ergebnis der oben beschriebenen Analyse der Versuchsdaten erhielt man die Gleichung

. (16)

Bei Multiplikation des Zählers und Nenners der rechten Seite mit 0,1 nimmt die Gleichung folgendes Aussehen an:

. (17)

Um die Genauigkeit der Gleichung (16) nach der Gleichung (17) beurteilen zu können, wurden die Werte k_{berechn} für 24 Punkte berechnet und mit den entsprechenden Werten k_{verg} , die aus den Versuchsgraphiken in Zeichnung 2 bei $p_x = 0,5 \cdot 10^6$; $1,5 \cdot 10^6$ und $3 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ gewonnen wurden, verglichen. Nach dem Wert der Größe

<a>

verteilten sich die Angaben für die 24 Punkte wie folgt:

Tab. 1

In Zeichnung 3 ist graphisch die Abweichung der Versuchspunkte, die man durch Auswertung der nach Gleichung (16) berechneten Angaben gewonnen hat, dargestellt.

Unter Anwendung der Gleichungen (16) und (17) kann man die Vorspannkraft für die Packungstopfbüchse unter Berücksichtigung des Einflusses der Oberflächengüte der Welle und des Dichtungsgehäuses berechnen. -

Erläuterung der Tabelle und der Zeichnungen

Tabelle 1

Δ in %

Anzahl der Versuche

innerhalb der Grenzen

Zeichnung 1

Schematische Darstellung der Versuchsanlage

Zeichnung 2

Abhängigkeit des Seitendruck-Koeffizienten k
von der Größe des seitlichen Drucks p_x für
verschiedene Abmessungen der Packung:

a - bei einer Packungsbreite von 17,5 mm,

b - bei einer Packungsbreite von 10 mm

(h - Packungshöhe in Metern)

Zeichnung 3

Abweichungen der Versuchsdaten von den berech-
neten Werten

Literatur

1. Livšic, S.P. Vopomegatel'noe kotloturbinnoe eborudovanie. (Hilfs-Kesselturbinen-Anlagen). Trudy CKTI. Vyp. 1. No 6. M.-L., Mašgis, 1947
2. Zacharenko, S.E. "Chimišeskee mašinostroenie", 1936, No 6, 10
3. Gurevič, D.F. Osnovy rasčeta truboprovodnoj armatury. (Grundlagen für die Berechnung einer Rohrleitungsarmatur). M., Mašgis, 1962
4. Eneč, L.F. Trudy NIICHimmaša. (Arbeiten des Forschungs- und Konstruktions-Instituts der UdSSR für chemischen Maschinenbau). Vyp. 31. M., 1959
5. Dodonov, N.T. Zasulina, Z.A. "Chimišeskaja promyšlennost'", 1960, No 4, 5, 7
6. Trochin, A.A. "Chimišeskoe mašinostroenie", 1959, No 3, 4, 5
7. Konjušov, I.E. Plastmassovye uplotnenija. (Kunststoff-Dichtungen). Riga, 1960
8. Čegodaev, D.D., Naumova, Z.K., Dunajevskaja, G.S. Ftoreplasty. (Ftoreplaste). L., Goschimizdat, 1960
9. Whitout, H.M. "Chem. Process Engng.", 1962, v. 43, No 5
10. Taganov, N.I. "Žurnal prikladnoj ohimii", 1962, t. XXXV

Stuttgart, den 7.10.1969

i.A.

Monika Wagenknecht

(Monika Wagenknecht)
Dipl.-Übersetzerin

на одном из подшипников. Из диаграммы (рис. 5, а) следует, что резиновая смесь после введения газовой сажи и окиси цинка создает относительно постоянное распорное усилие. С введением всех компонентов (вторая операция) твердость резины возрастает и величина давления на винты становится менее постоянной (рис. 5, б). В последней операции колебания давления еще более возрастают (рис. 5, в).

Исследование подтвердило, что наибольшее распорное усилие возникает в первые моменты приготовления резиновых смесей. Оно достигало максимального значения 185 т. Эта величина почти совпадает с литературными данными [1].

Давление на один подшипник может превышать среднее значение (половина полного распорного усилия) в 1,5 раза. Максимальное давление на один винт при вальцевании натурального каучука с зазором между валками 2 мм и кусковой загрузке достигало 113 т (рис. 4). С введением наполнителей и увеличением зазора между валками давления на винты почти выравнивались, но средние величины их были довольно высокие, 60—70 т.

Важным моментом в работе валцов является работа механизма раздвижки под нагрузкой. Основные потери мощности в механизме раздвижки валков определяются главным образом коэффициентом полезного действия самотормозящегося винта и сферической пяты. Для экспериментального определения коэффициента трения на шлицевой конец винта в цилиндрической его части были на-

клеены два датчика под углом 45° к оси винта (рис. 1). С помощью этих датчиков фиксировались касательные напряжения в цилиндрической части винта, что давало возможность определить приложенный крутящий момент. Одновременно датчиками замерялось давление на винт. Сопоставление величин крутящего момента и давления на винт позволило по известным зависимостям [2] вычислить коэффициент трения движения пары винт (сталь 45) — гайка (сталь Ст. 5) и приведенный коэффициент трения в трапецидальной резьбе 120×12 ОСТ 2410. Полученные результаты приведены ниже.

Коэффициент трения скольжения (сталь 45—сталь Ст. 5)	Приведенный коэффициент трения в резьбе
0,117	0,121
0,098	0,101
0,077	0,08
0,076	0,078
0,116	0,12

Как видно, коэффициенты трения в винте в моменты раздвижки валков, находящихся под действием распорной нагрузки, колебались от 0,08 до 0,12, что зависело от скорости раздвижки в момент снятия показаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Змей П. Н. и Барсков И. М. Машины и аппараты резиновой промышленности. М., Госхимиздат, 1951.
2. Колчин Н. И. Механика машин. Ч. IV. М., Машгиз, 1950.

УДК 621-762.645

О боковом давлении набивки из фторопласта-4

Д-р техн. наук Н. И. ТАГАНОВ, инженеры А. С. ТИМОШУК, В. М. КИРИЛЛОВ

Одним из основных показателей работоспособности сальникового уплотнения является коэффициент бокового давления k , являющийся отношением давления набивки на вал или стенку камеры уплотнителя p_x к осевому давлению p_y :

$$k = \frac{p_x}{p_y} \quad (1)$$

У набивок, пропитанных смазками, этот коэффициент практически равен единице [1], а у непропитанных набивок он меньше единицы.

В литературе имеются ограниченные сведения о коэффициенте бокового давления лишь для двух-трех набивочных материалов [2], [3].

В настоящее время в качестве материала для сальниковых уплотнений большое распространение получает фторопласт-4. Он применяется в виде сплошных или разъемных колец, стружки, набивок, плетенных из ленты или нитей и в комбинации с другими материалами [4]—[9]. Для набивок из фторопласта-4 сведения о коэффициенте бокового давления практически отсутствуют.

В настоящей работе приводятся результаты исследования бокового давления для набивки из стружки фторопласта-4.

Опыты проводились на приборе, изображенном на рис. 1. Прибор состоял из сальниковой камеры 2, опирающейся на основание 5, и стержня 3, имитирующего вал. Нажимная втулка 1 располагалась над набивкой, и весь прибор помещался между траверсой и плунжером гидравлического пресса. Усилие нажимной втулки измерялось динамометром сжатия (ДС-5). Боковое давление набивки 4 на вал и стенку сальниковой камеры определялось по напряжениям в упругих элементах 6, измеренным с помощью тензодатчиков и прибора ИСД-2 [10].

Исследуемые кольца набивки имели размеры: 1) $D_n = 85$ мм, $D_s = 50$ мм, $h_k = 10 \div 12$ мм; 2) $D_n = 70$ мм, $D_s = 50$ мм, $h_k = 6 \div 8$ мм. Высота всей

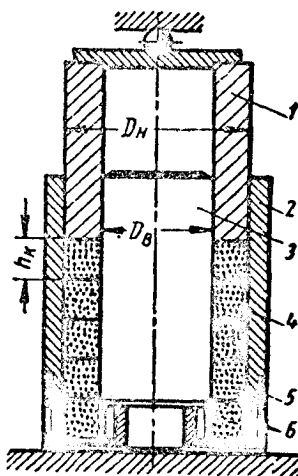
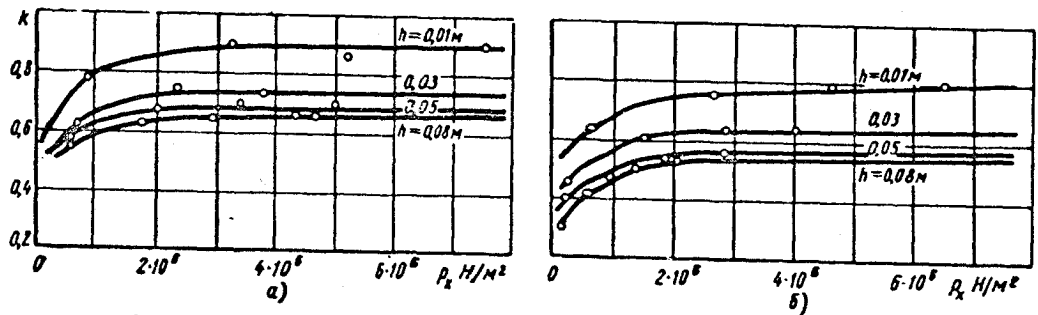


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Рис. 2. Зависимость коэффициента бокового давления k от величины бокового давления p_x для различных размеров набивки;

a — при ширине набивки 17,5 мм; b — при ширине набивки 10 мм (h — высота набивки в метрах)



набивки изменялась и составляла $2h_h, 5h_h, 8h_h$ и $9h_h$.

Материал сальниковых камер и вала — сталь Ст. 3. Чистота обработки поверхности контакта сальниковых камер соответствовала 6-му классу, а вала 8-му.

Прибор тарировался с помощью кольца пеньковой набивки, пропитанной смазкой, для которой k практически равен единице.

Коэффициент бокового давления рассчитывался по формуле (1) для различных высот сальниковой набивки. Результаты опытов показали, что наличие смазки на уплотнительных поверхностях набивки из фторопласта-4 не оказывает заметного влияния на величину k , который практически одинаков для вала и стенки сальниковой камеры, а различие наблюдается только при высоте набивки до 10 мм (в этом случае коэффициент бокового давления для стенки сальниковой камеры меньше, чем для вала, на 10—15%).

Результаты опытов (рис. 2) показывают, что коэффициент бокового давления повышается при увеличении ширины набивки, величины бокового давления p_x , за исключением диапазона давлений $\sim 3 \cdot 10^6 \div 7 \cdot 10^6$ н/м² и уменьшается с увеличением высоты набивки. По-видимому, это объясняется тем, что при данных давлениях материал набивки сжимается за счет пустот. Возможно, что при дальнейшем увеличении давления, когда все пустоты будут заполнены, фторопласт достигнет состояния текучести, после чего k будет увеличиваться более интенсивно.

Математическая обработка полученных экспериментальных данных велась по методу, основанному на принципе переменных единиц измерения [10]. Зависимость коэффициента бокового давления k от других физических величин определялась по формуле:

$$\ln k = \frac{\ln (B b^{n_1} p_x^{n_2} h^{n_3})}{\ln (B' b^{n'_1} p_x^{n'_2} h^{n'_3})} \quad (2)$$

где b — ширина набивки в м; h — высота набивки в м; p_x — боковое давление набивки в н/м²; $B, B', n_1, n_2, n_3, n'_1, n'_2, n'_3$ — коэффициенты и показатели степени, определяемые в результате обработки экспериментальных данных.

В формуле (2) умножением числителя и знаменателя правой части на соответствующее число все показатели могут быть изменены так, чтобы один из показателей имел некоторое заданное значение.

Таким образом, уравнение (2) могло быть представлено в виде

$$\ln k = \frac{\ln (A b^{m_1} p_x^{m_2} h)}{\ln (A' b^{m'_1} p_x^{m'_2} h^{m'_3})} \quad (3)$$

Показатели степени и коэффициенты уравнения (3) определялись последовательно. Сначала определялся показатель m'_3 , для чего были взяты серии опытов, в которых менялась только величина h .

Для опытов этих серий уравнение (3) представлялось в виде

$$\ln k = \frac{\ln (C h)}{\ln (C' h^{m'_3})} \quad (4)$$

и далее

$$\ln k = \frac{\ln C}{\ln (C' h^{m'_3})} + \frac{1}{\ln (C' h^{m'_3})} \ln h \quad (5)$$

где C и C' — постоянные коэффициенты для каждой серии опытов.

Построенные для этих серий опытов графики в системе координат $(\ln k, \ln h)$ оказались прямыми линиями, характеризующимися уравнениями вида

$$\ln k = M + N \ln h \quad (6)$$

Из этого можно было заключить, что в уравнении (5) величина $\frac{1}{\ln (C' h^{m'_3})}$ не зависит от h и, следовательно, $m'_3 = 0$.

Далее определялись показатели степени m_2 и m'_2 . Для этого вычислялись коэффициенты M и N для всех полученных прямых линий и затем для серий опытов, проводившихся при постоянной ширине набивки b , с учетом равенства $m'_3 = 0$ составлялись зависимости:

$$M = \frac{\ln C}{\ln C'} = \frac{\ln (A b^{m_1} p_x^{m_2})}{\ln (A' b^{m'_1} p_x^{m'_2})} = \frac{\ln (L p_x^{m_2})}{\ln (L' p_x^{m'_2})} \quad (7)$$

и

$$N = \frac{1}{\ln C'} = \frac{1}{\ln (A' b^{m'_1} p_x^{m'_2})} = \frac{1}{\ln (L' p_x^{m'_2})} \quad (8)$$

Из соотношений (7) и (8) получаются уравнения

$$\ln L + m_2 \ln p_x = \frac{M}{N} \quad (9)$$

и

$$\ln L' + m_2' \ln p_x = \frac{1}{N}. \quad (10)$$

Решением уравнений (9) и (10) для нескольких прямых линий, взятых попарно, получено несколько значений m_2 и m_2' , из которых были определены (с некоторым округлением) следующие средние значения: $m_2 = -1$; $m_2' = 1$.

Для определения m_1 и m_1' уравнение (3), с учетом равенства $m_3' = 0$, представлялось в виде

$$\ln k = \frac{\ln (Ab^{m_1})}{\ln (A'b^{m_1})} + \frac{1}{\ln (A'b^{m_1})} \times [\ln h + m_2 \ln p_x - m_2' \ln p_x \ln k]. \quad (11)$$

Для серий опытов с разными значениями b строились графики в системе координат $\ln k$ vs $[\ln h + m_2 \ln p_x - m_2' \ln p_x \ln k]$. Для каждой полученной прямой линии, соответствующей определенному значению b , характеризующейся уравнением

$$\ln k = M' + N' (\ln h + m_2 \ln p_x - m_2' \ln p_x \ln k), \quad (12)$$

были определены значения коэффициентов M' и N' . Далее с помощью выражений (11) и (12) были составлены уравнения

$$M' = \frac{\ln (Ab^{m_1})}{\ln (A'b^{m_1})} \quad (13)$$

и

$$N' = \frac{1}{\ln (A'b^{m_1})}. \quad (14)$$

Решая эти уравнения (после усреднения), получаем $m_1 = 0$; $m_1' = -9$.

Для определения коэффициентов A и A' уравнение (3) было представлено в виде

$$\ln k = \frac{\ln A}{\ln A'} + \frac{1}{\ln A'} \times [\ln h + m_2 \ln p_x - m_2' \ln p_x \ln k - m_1' \ln b \ln k] \quad (15)$$

и из графика в системе координат $\ln k$ vs $[\ln h + m_2 \ln p_x - m_2' \ln p_x \ln k - m_1' \ln b \ln k]$ были определены числовые значения величин $\frac{\ln A}{\ln A'}$ и $\frac{1}{\ln A'}$

и вычислены A и A' .

В результате вышеописанного анализа экспериментальных данных получено уравнение:

$$\ln k = \frac{\lg (6,17 \cdot 10^3 p_x^{-1} h)}{\lg (1,48 \cdot 10^{-29} b^{-9} p_x)}. \quad (16)$$

При умножении числителя и знаменателя правой части на 0,1 уравнение приобретает вид

$$\lg k = \frac{\lg (7,57 p_x^{-0,1} h^{0,1})}{\lg (1,31 \cdot 10^{-3} b^{-0,9} p_x^{0,1})}. \quad (17)$$

Для суждения о точности уравнения (16) по уравнению (17) были вычислены значения $k_{расч}$ для 24 точек и сопоставлены с соответствующими значениями $k_э$, взятыми из экспериментальных графиков на рис. 2 при $p_x = 0,5 \cdot 10^6$; $1,5 \cdot 10^6$ и $3 \cdot 10^6$ н/м². По значению величины

$$\Delta = \frac{k_э - k_{расч}}{k_{расч}} \cdot 100\%$$

данные 24 точек распределились следующим образом:

Δ в %	Количество опытов
В пределах ± 3	16
От $+3$ (-3) до $+4$ (-4)	6
• $+4$ (-4) • $+6$ (-6)	1
• $+6$ (-6) • $+9$ (-9)	1

На рис. 3 графически показано отклонение опытных точек, полученных в результате обработки данных, вычисленных по уравнению (16).

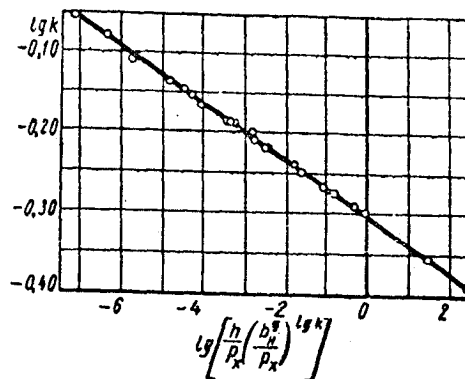


Рис. 3. Отклонения опытных значений от расчетных данных

Пользуясь уравнениями (16) и (17), можно вычислить усилие затяга для сальниковой уплотнения с учетом влияния качества поверхности вала и сальниковой камеры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дившиц С. П. Вспомогательное коллотурбинное оборудование. Труды ЦКТИ. Вып. 1. № 6. М.—Л. Машгиз, 1947.
2. Захаренко С. Е. «Химическое машиностроение», 1936, № 6, 10.
3. Гуревич Д. Ф. Основы расчета трубопроводной арматуры. М., Машгиз, 1962.
4. Емец Л. Ф. Труды НИИХиммаша. Вып. 31. М., 1959.
5. Додонов Н. Т., Зазулин Д. А. «Химическое машиностроение», 1960, № 4, 5, 7, 6.
6. Трохин А. А. «Химическое машиностроение», 1959, № 3, 4, 5.
7. Конюхов И. Е. Пластмассовые уплотнения. Рига, 1960.
8. Чегодаев Д. Д., Наумова З. К., Дунаевская Ц. С. Фторопласты. Л., Госхимиздат, 1960.
9. Whitcut H. M. „Chem. Process Engng“, 1962, v. 43, № 5.
10. Таганов Н. И. «Журнал прикладной химии», 1962, т. XXXV.