

ВЕРЦИОХ Войцех

Силезский политехнический институт
Гливице, ПНР

ВАРЛАМОВ Андрей Михайлович
СЕЛИВАНОВ Юрий Владимирович

Московский станкоинструментальный институт, СССР

ИЗБРАННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТОВ И ДИНАМИКИ АЭРОСТАТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЯЮЩИХ КАСАЮЩИЕСЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ОБЛАСТИ ГОРНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Резюме. В статье представлены некоторые свойства аэростатических направляющих и возможности их применения в горном машиностроении. Подано разработанные расчеты и методику проектирования аэростатических направляющих в виде круговых и кольцевых подшипников со делевыми дросселями и некоторые проблемы динамики.

1. ВВЕДЕНИЕ

Большие возможности применения имеют аэростатические направляющие в тех случаях, где необходима большая равномерность поступательного движения и установочные перемещения с очень малыми скоростями. Благодаря применению сжатого воздуха в виде смазочного фактора, на практике почти полностью исключается сопротивление трения ($\mu = 10^{-5} - 10^{-6}$), которое является главной причиной релаксационных колебаний типа "стички-слип".

Аэростатические направляющие нашли применение в различных областях машиностроения. В станкостроении они применяются в некоторых конструктивных системах, как, например: аэростатические направляющие подвижных систем, поворотных столов и палет, пневматических измерительных приборов и др.

Механизация и автоматизация монтажных и обрабатывающих работ при помощи элементов и пневматических систем все более широко применяется за границей в промышленности горного машиностроения [1, 2, 3].

В настоящее время в ПНР только инструменты с пневматическим приводом широко применяются в горной промышленности из-за ВигТ и легкого обслуживания [8].

В промышленности горного машиностроения существуют большие перспективы промышленного применения узлов с аэростатическими направляющими [7]. Целеобразным будет ознакомление специалистов в области производства горного

машиностроения с новыми методами расчетов и проектирования машиностроительных узлов с аэростатическими направляющими.

Данная статья посвящена расчету и проектированию аэростатических направляющих в виде круговых и кольцевых подпятников со щелевыми дросселями, а также некоторым проблемой динамики.

2. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ УПОРНЫХ ПОДПЯТНИКОВ

Из-за нехватки достаточных данных необходимых для проектирования и эксплуатации аэростатических упорных подпятников их широкое применение встречает трудности. Разработка, на основании доступной литературы, расчетных и конструктивных оснований, поддерживаемых экспериментальными исследованиями, будет служить помощью для конструкторов и технологов [6, 9].

Записав уравнение Рейнольдса в полярной системе координат и вводя соответствующие граничные условия, можно получить математическую модель аэростатического подпятника [4, 5]. Таким образом был произведен расчет одностороннего однощелевого кольцевого подпятника рис. 1, результаты которого представлены на рис. 2, 3, 4, 5.

Полученные зависимости отражают влияние изменения конструктивных параметров ограничителя расхода типа щелевой канал на статические характеристики подпятника. Для конструирования опор наибольший интерес представляют зависимости статических характеристик от длины l и ширины H питающей щели. Увеличение ширины щели вызывает рост расхода воздуха Q через опору и приводит к повышению давления в рабочем зазоре подпятника с соответствующим увеличением его несущей способности w .

Зависимость жесткости опоры от длины питающей щели имеет асимметричный характер. При увеличении длины щели l от 0,5 до 2,5 мм "К" увеличивается со 110 Н/мм до максимального значения 190 Н/мм, что связано с увеличением сопротивления питающей щели и соответствующим улучшением ее функций как ограничителя расхода. Дальнейшее увеличение l от 2,5 до 10 мм приводит к некоторому понижению жесткости из-за существенного падения давления на ограничителе расхода со 190 Н/мм при $l = 2,5$ мм до 135 Н/мм при $l = 10$ мм. Удовлетворительные статические характеристики подпятника обеспечиваются при отношении $l/H > 30$.

Диаметр опоры, ее длина и давление наддува обычно диктуются условиями вписывания опоры в разрабатываемую конструкцию и условиями ее эксплуатации. Таким образом, в качестве переменных проектирования могут выступать длина и ширина питающей щели. Оптимизируя эти параметры, в большинстве случаев можно достигнуть требуемых величин жесткости и несущей способности опоры. Из приведенного выше анализа следует что, геометрические размеры и расположение питателей оказывает существенное влияние на величину жесткости и несущей способности. При проектировании подпятников с помощью разработанного математического обеспечения можно определить оптимальные размеры ограничителей расхода для достижения максимальной жесткости.

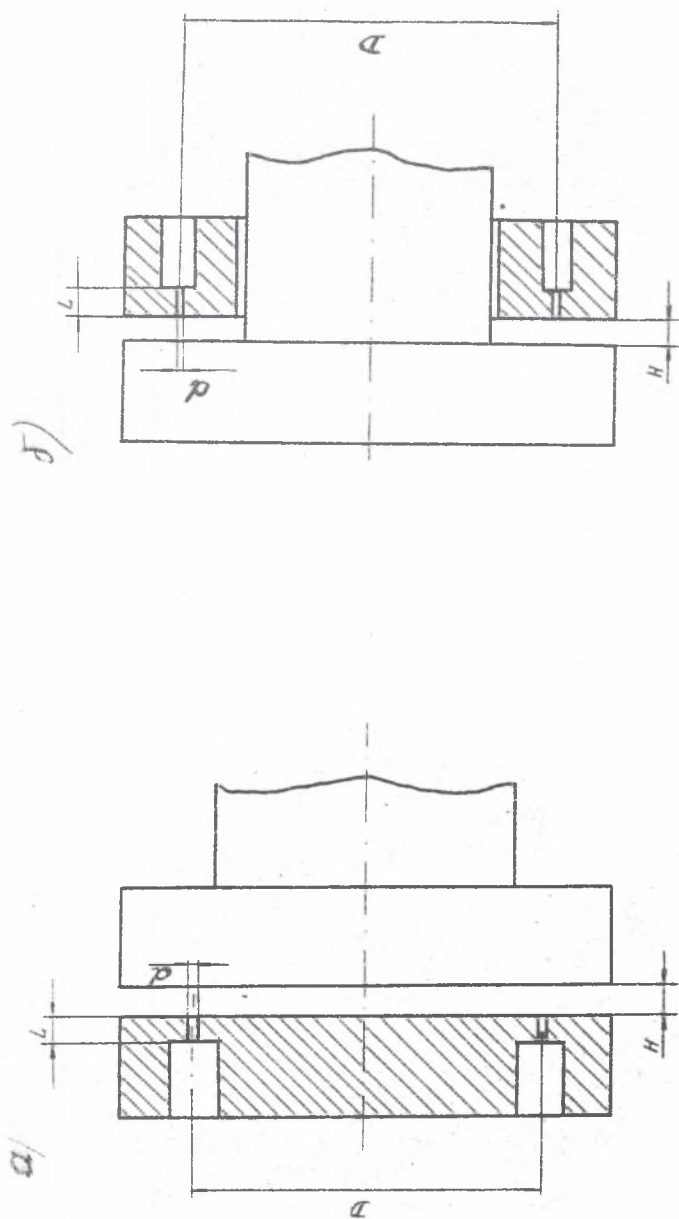


Рис. 1. Схемы подпятников со железными дросселями
 а) круглого, б) прямоугольного

Rys. 1. Schematy podór z dżewikiem szczeplowym;
 a) kołowej, b) pierścieniowej

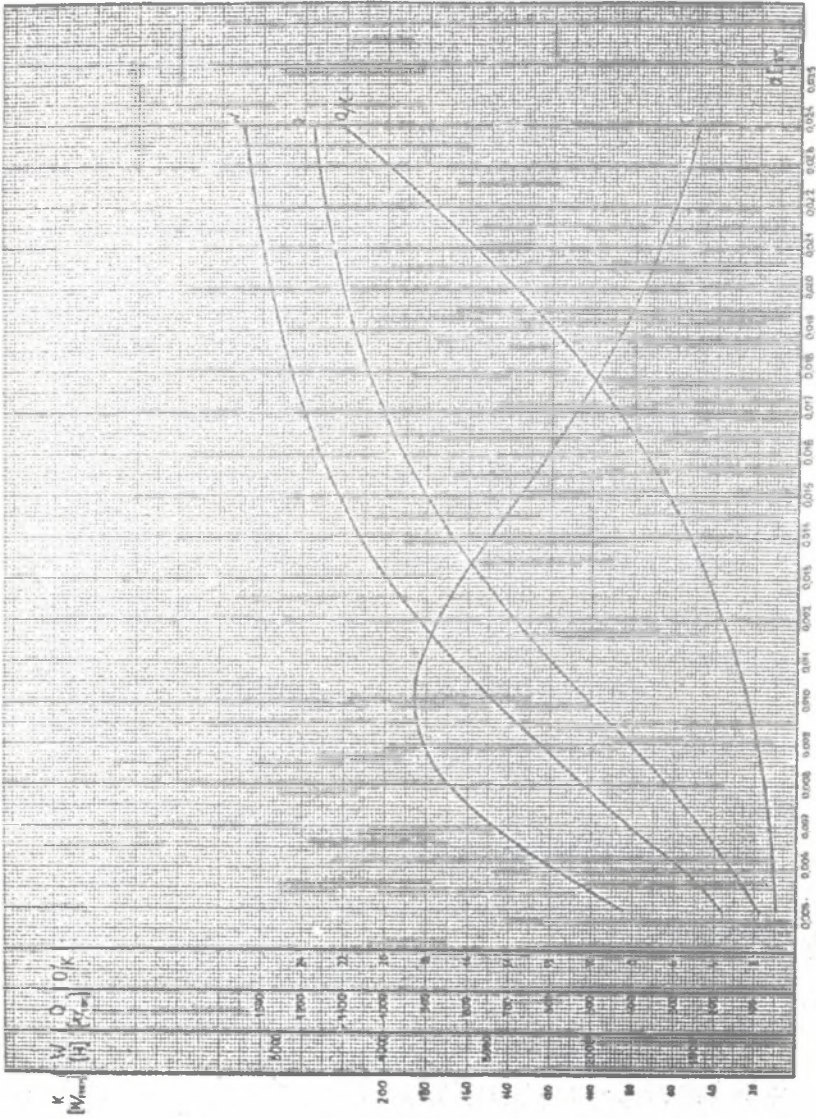


Рис. 2. Диаграмма расчетной зависимости $K, W, Q, Q/K$ как функции d
 для $p_z = 0,4$ МПа, $D = 120$ мм, $H = 0,015$ мм, $L = 5$ мм
 Рис. 2. Wykres obliczeniowej zależności $K, W, Q, Q/K$ jako funkcji d
 dla: $p_z = 0,4$ МПа, $D = 120$ мм, $H = 0,015$ мм, $L = 5$ мм

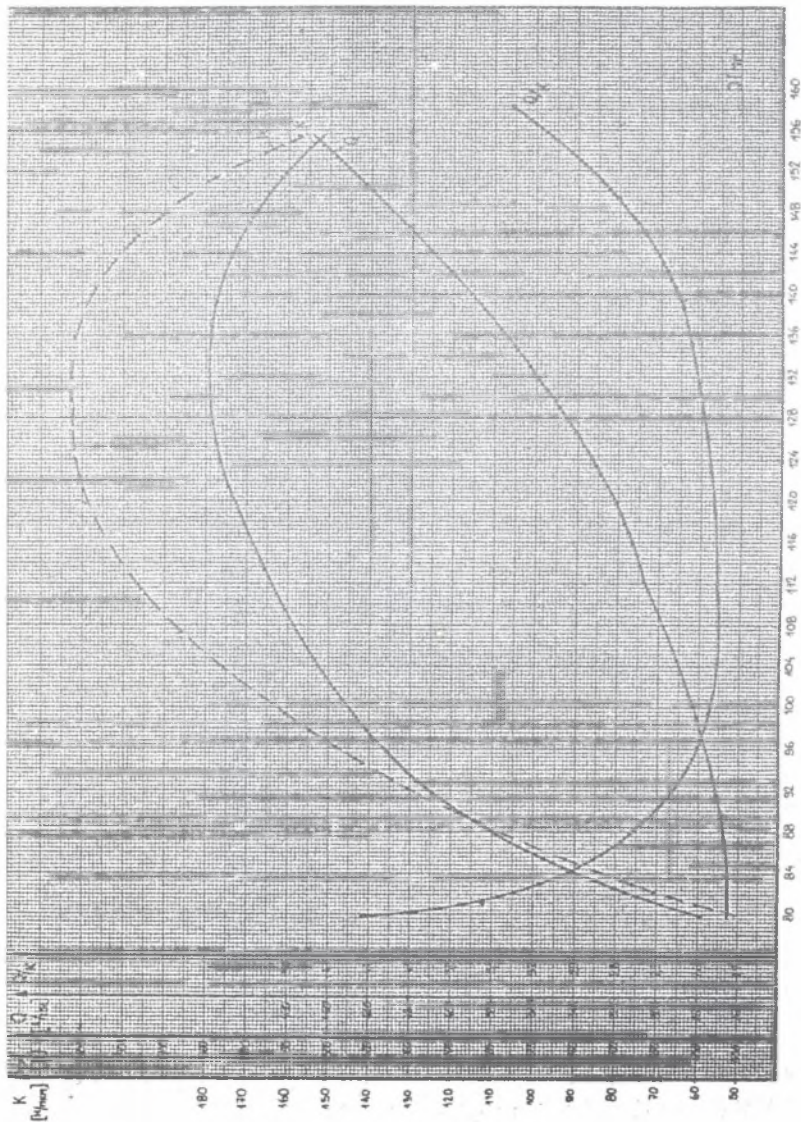


Рис. 3. Диаграмма расчетной зависимости $K, W, Q, Q/K$ как функции D
 для: $P_z = 0,4$ МПа, $d = 0,008$ мм, $H = 0,015$ мм, $L = 5$ мм

Рис. 3. Wykres obliczeniowej zależności $K, W, Q, Q/K$ jako funkcji D
 dla: $P_z = 0,4$ МПа, $d = 0,008$ мм, $H = 0,015$ мм, $L = 5$ мм

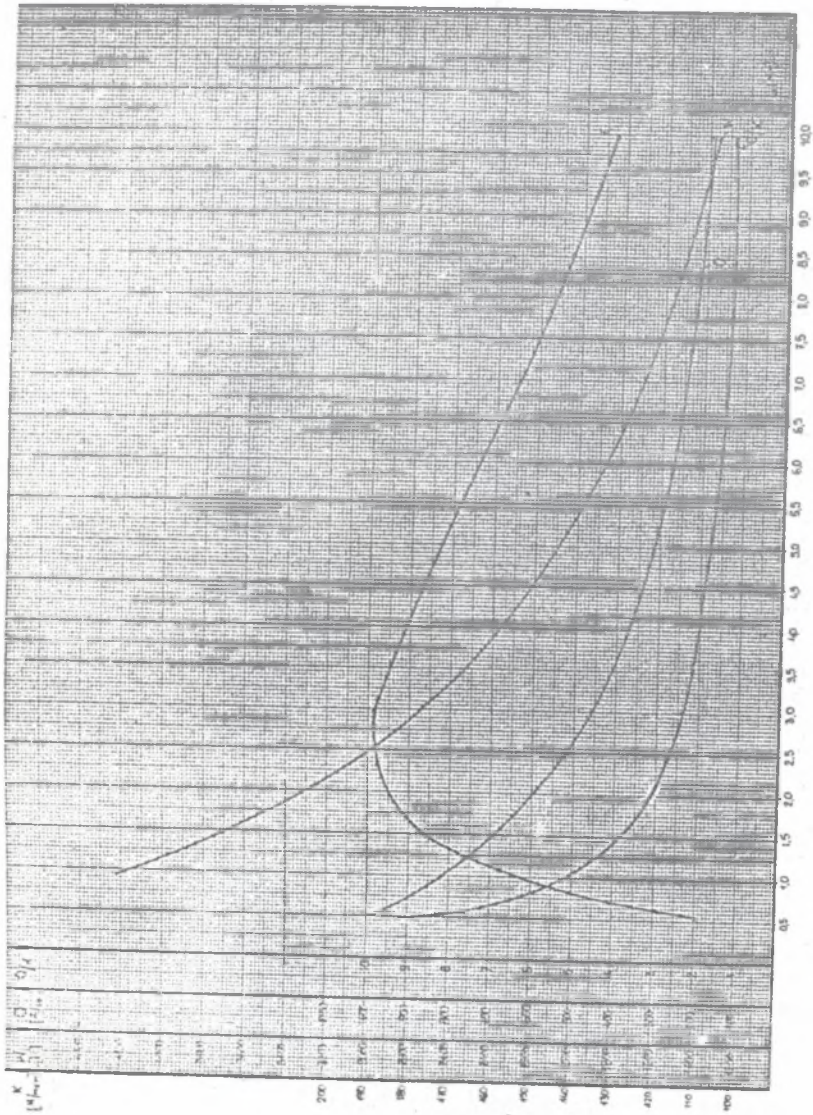


Рис. 4. Диаграмма расчетной зависимости $K, W, Q, Q/K$ как функции L
 для: $P = 0,4$ МПа, $D = 120$ мм, $d = 0,008$ мм, $H = 0,015$ мм
 Рys. 4. Wykres obliczeniowej zależności $K, W, Q, Q/K$ jako funkcji L
 dla: $P = 0,4$ МПа, $D = 120$ мм, $d = 0,008$, $H = 0,015$ мм

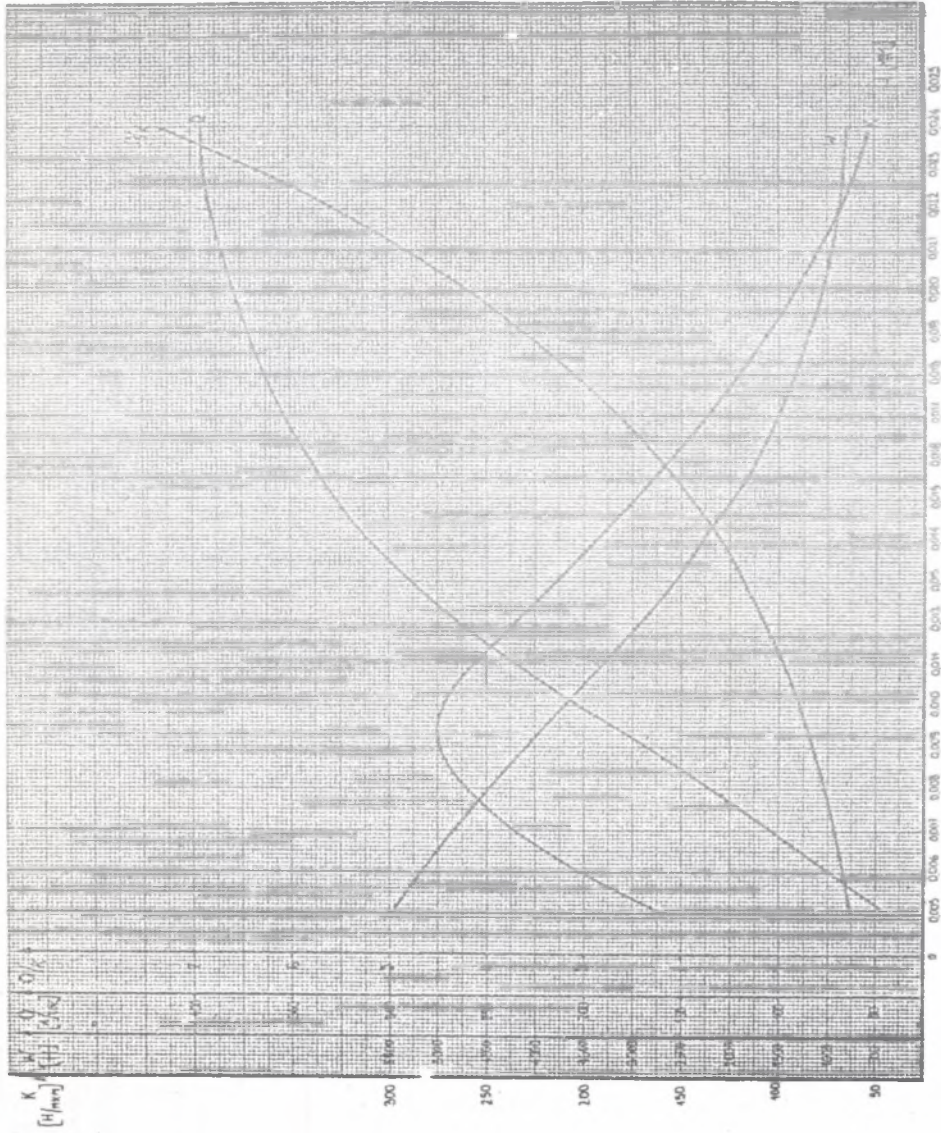


Рис. 5. Диаграмма расчетной зависимости $K, W, Q, Q/K$ как функция H

для: $p_z = 0,4$ МПа, $D = 120$ мм, $L = 5$ мм, $d = 0,008$ мм

Rys. 5. Wykres obliczeniowej zależności $K, W, Q, Q/K$ jako funkcji H

dla $p_z = 0,4$ МПа, $D = 120$ мм, $L = 5$ мм, $d = 0,008$ мм

В конечной стадии конструирования много времени поглащает изготовление исполнительных чертежей. Сокращение времени разработки чертежной документации стало возможным в момент введения методов САПР.

Новостью в конструкторской практике является применение САПР для аэро-статических подпятников.

Примером решения такой задачи является автоматизированный метод черчения типоряда подпятников (рис. 6).

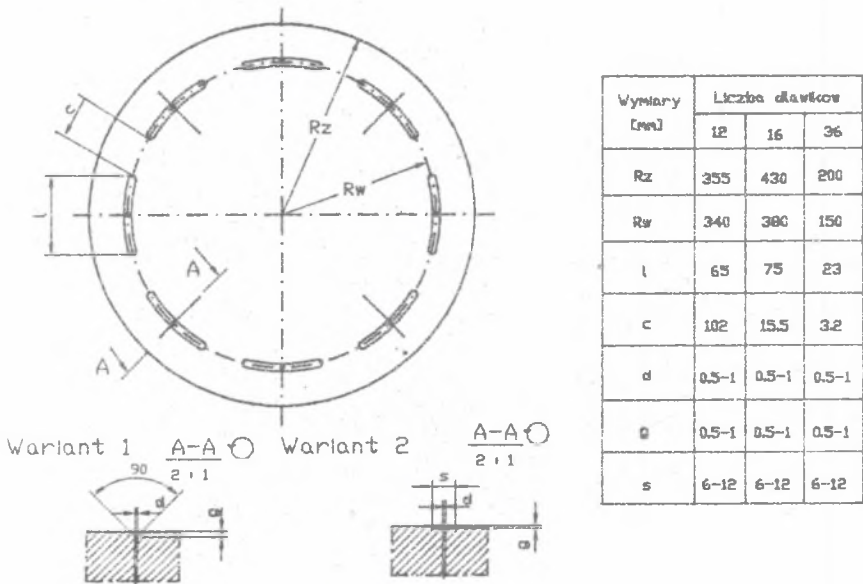


Рис. 6. Конфигурация несущей поверхности типоряда подпятников
Rys. 6. Konfiguracja powierzchni nośnej typorzędu podróg

Для записи конструкции этих подпятников на компьютере IBM PC/AT использовано программу AUTOCAD версии 2.62. Автоматическое черчение находящихся в мени разных конфигурации несущих поверхностей подпятников сделано на плстере фирмы Rolland.

3. ИЗБРАННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИНАМИКИ АЭРОСТАТИЧЕСКИХ ПОДПЯТНИКОВ

Чтобы успешно внедрить аэро-статические подпятники в станкостроении и для транспортировки изделий надо точно определить также их динамические характеристики.

Для получения образа динамической податливости подпятников были определены амплитудно-частотные характеристики, при вынужденном усилии, которое вызывалось при помощи возбудителя колебаний. На основании проведенных изме-

рений был определен диапазон частот при условиях как для случая исследовательского стенда, на котором наблюдается явление резонанса. Было установлено, что явление резонанса для подпятников наблюдается в диапазоне частот 100-140 Гц. Увеличение питающего давления с 0,1 до 0,5 МПа вызывает рост динамической жесткости подпятника (рис. 7).

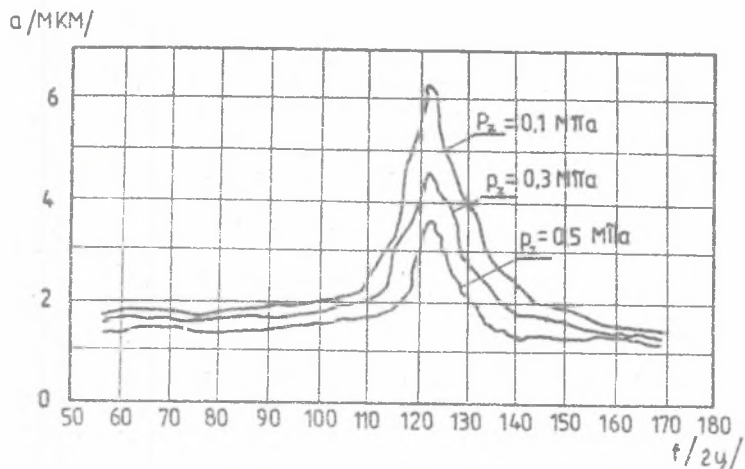


Рис. 7. Амплитудно-частотные характеристики аэростатических подпятников
 Rys. 7. Charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowe podpór aэrostatycznych

Наиболее целесообразной областью применения аэростатических подпятников в станках является точное позиционирование. При отсутствии подачи воздуха создается контакт поверхностей с большим трением, обеспечивающим достаточно жесткую фиксацию узла станка в заданном положении. Исследование переходных

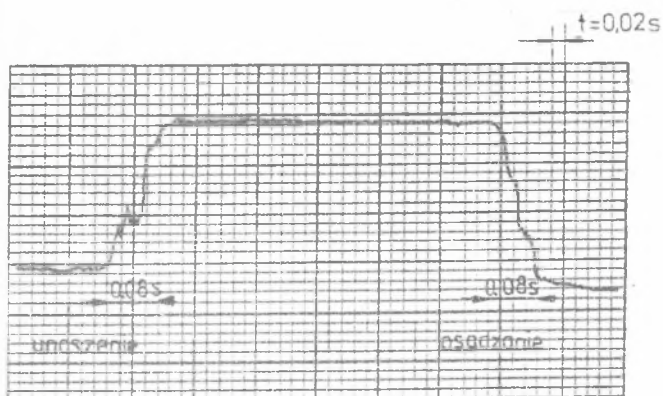


Рис. 8. Переходные процессы при подъеме и опускании на аэростатических подпятниках $h = 20 \text{ мкм}$, $P_z = 0,5 \text{ МПа}$

Rys. 8. Procesy przejściowe przy unoszeniu i osadzaniu podpór aэrostatycznych ($h = 20 \text{ мкм}$, $P_z = 0,5 \text{ МПа}$)

процессов (рис. 8), связанных с подъемом и опусканием подпятников, свидетельствует о их сравнительно быстром протекании и малом смещении узла из фиксированной позиции. Для большей точности позиционирования при аэростатических подпятниках можно применять вакуумные устройства для быстрой установки узла в заданную позицию.

4. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЭРОСТАТИЧЕСКИХ ПОДПЯТНИКОВ В СПЕЦИАЛЬНЫХ МАШИНАХ ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ ГОРНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

В специальных машинах предназначенных для исполнения сложных элементов горных машин, таких как изгибающие, сварочные, калибровочные, много узлов можно перемещать на аэростатических подпятниках, что повысит производительность продукции.

Также в специальных сварочных автоматах существует возможность позиционирования тяжелых элементов механизированных крепей стен на аэростатических подпятниках.

Как следует с выше указанного, существуют большие возможности применения аэростатических подпятников в горном машиностроении а также во внутрицеховом транспорте на цехах термохимической обработки, обработки резанием и сборки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шматов Н.А.: Пневматические средства автоматизации и механизации угольной промышленности СССР, Москва 1974.
- [2] Пневматический привод горных машин. Москва 1963.
- [3] Пневматические средства автоматизации горных машин. Донецк 1969.
- [4] Пинегин С.В., Орлов А.В., Табачников Ю.Б.: Прецизионные опоры качения и опоры с газовой смазкой. Справочник. Москва. Машиностроение 1984.
- [5] Пинегин С.В., Табачников Ю.Б., Сипенков И.Е.: Статические и динамические характеристики газостатических опор. Наука, Москва 1982.
- [6] Верцех В., Шиманович М.А.: Конструкция и экспериментальные исследования аэростатических опор со целевыми дросселями, применяемых в гибких автоматизированных производствах. Prace Naukowe Instytutu Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów Politechniki Wrocławskiej nr 33. Konferencje Nr 7, 1988.
- [7] Верцех В.: Избранные проблемы по возможности применения аэростатических направляющих в области горного машиностроения. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej 1986. Seria: Górnictwo z. 144, nr kol. 884.
- [8] Katalog wyrobów Fabryki Sprzętu i Narzędzi Górniczych - Katowice.
- [9] Wiercłoch W., Szimanowicz M.A.: Łożyska i prowadnice gazostatyczne z dźwilkami szczelinowymi. Trybologia, nr 2/1986.

WYBRANE PROBLEMY OBLICZEŃ I DYNAMIKI PROWADNIKÓW AEROSTATYCZNYCH
ZWIĄZANE Z ICH ZASTOSOWANIEM W BUDOWIE MASZYN GÓRNICZYCH

S t r e e z z e n i e

W artykule przedstawiono ważniejsze cechy, którymi charakteryzują się kołowe i pierścieniowe podpory aerostaticzne, takie jak: wysoka dokładność pozycjonowania oraz mały współczynnik tarcia ($\mu = 10^{-5} \div 10^{-6}$), co wyklucza występowanie zjawiska ruchu skokowego (stick-slip).

Omówiono możliwości zastosowania podpór aerostaticznych w budowie maszyn górniczych, takich jak: zginarki, zgrzewarki, kalibrownice, specjalne automaty do spawania i transportu stanowiskowego na wydziałach obróbki skrawaniem i montażu.

Przedstawiono metodykę komputerowych obliczeń kołowych i pierścieniowych podpór aerostaticznych z łożyskami szczelinowymi, umożliwiającymi obliczenia nośności, wskaźnika sztywności statycznej oraz objętościowego natężenia przepływu powietrza dla zmiennych parametrów konstrukcyjno-eksploatacyjnych.

Zamieszczono wybrane wyniki badań doświadczalnych dotyczące dynamiki podpór aerostaticznych (sztywność dynamiczna, procesy przejściowe).

SOME PROBLEMS WITH COMPUTATIONS AND DYNAMICS AT AEROSTATIC
SLIDES CONNECTED WITH THEIR APPLICATION IN CONSTRUCTING MINING
MACHINES

S u m m a r y

More essential features indicated by aerostatic circular and ring bearings such as: high accuracy of positioning and a small friction factor ($\mu = 10^{-5} \div 10^{-6}$), which eliminates the step-wise motion phenomenon (stick-slip), are presented in the paper.

Possibilities were discussed of using aerostatic bearings for construction of mining machines such as: angle bending machines, welders, calibrators, special automatic welding machines and stand transport in the assembly and machining departments.

Methodology of computer calculations was presented regarding circular and ring bearings with slot glands to compute load capacity, statical rigidity index and volume flow rate of air for variable construction-operating parameters.

Selected results of experimental investigations on the dynamics of aerostatic bearings (dynamic rigidity, transitory processes) are shown.