

В. М. ДОРОФЕЕВ, А. С. НАТАЛЕВИЧ, Ю. А. ЗАХАРОВ

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ШЛИФОВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ С ТУРБИНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

В термодинамической лаборатории Куйбышевского авиационного института создано несколько типов турбинных пневматических шлифовальных машин ПШ [1]. Они созданы на базе разработанной в лаборатории серии осевых воздушных турбин малой мощности — микротурбин.

В статье рассматриваются ПШО-1 и ПШО-6 с минимальной и максимальной (для разработанной серии микротурбин) мощностью и, соответственно, с наибольшими и наименьшими оборотами.

ПШ предназначены для выполнения шлифовальных и отделочных работ при изготовлении штампов, пресс-форм, шлифовки и полировки отверстий, галтелей, зачистки швов и других аналогичных работ.

При сравнении с применяемыми на производстве ротационными пневматическими шлифовальными машинами ПШР [2] равной мощности ПШ имеют следующие преимущества:

1) высокие обороты ($n > 20000$ об/мин.), недостижимые для ПШР, обеспечивающие большую скорость резания и, следовательно, большую производительность машины;

2) долговечность;

3) экономичность;

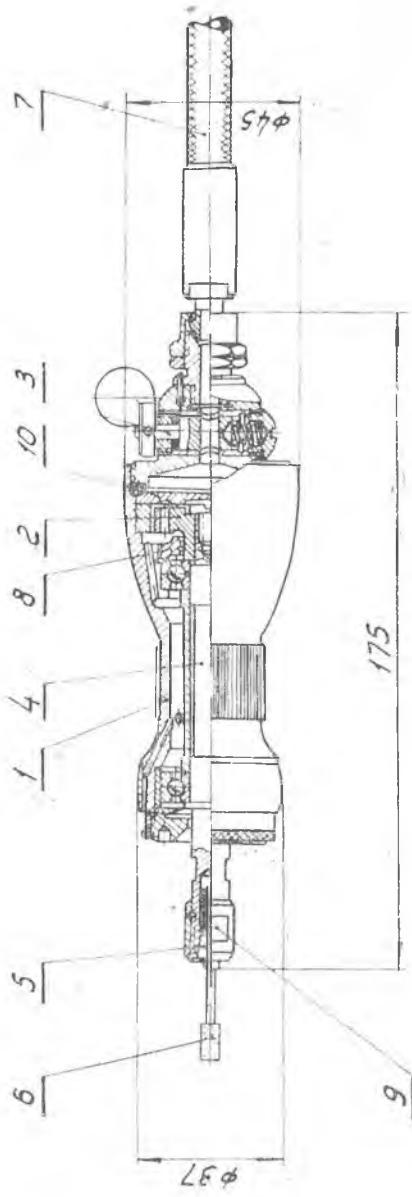
4) меньший шум;

5) меньший вес и габариты;

6) большую в несколько раз стойкость камня, особенно при малых диаметрах абразива;

7) хорошую уравновешенность, так как ПШ не имеют возвратно-поступательно движущихся частей.

Электрические машины для аналогичных работ обладают следующими недостатками: малыми (даже в сравнении с ПШР) оборотами; опасностью поражения рабочих электрическим током;



Фиг. 1.

частым выходом из строя инструмента из-за перегорания электродвигателей.

Рассматриваемые ПШ успешно прошли опытно-промышленную проверку на предприятиях Средне-Волжского Совета народного хозяйства.

ПШ работают на сжатом неосушенном воздухе давлением 4—6 *ата* при обычной для заводских сетей температуре.

Рассмотрим принцип действия и конструкцию пневматических шлифовальных машин ПШО-1 и ПШО-6 с осевыми турбинами.

Общий вид ПШО-1 показан на фиг. 1. Это машина импульсного действия, без ограничителя оборотов. На холостом ходу ротор турбины развивает максимальные обороты, а в процессе работы кинетическая энергия ротора расходуется на преодоление усилий шлифования и обороты уменьшаются. После отвода шлифовального камня от обрабатываемой поверхности турбина вновь раскручивает ротор до оборотов холостого хода, которые являются расчетными, и цикл повторяется. Возможна и непрерывная работа ПШО со слабым прижатием.

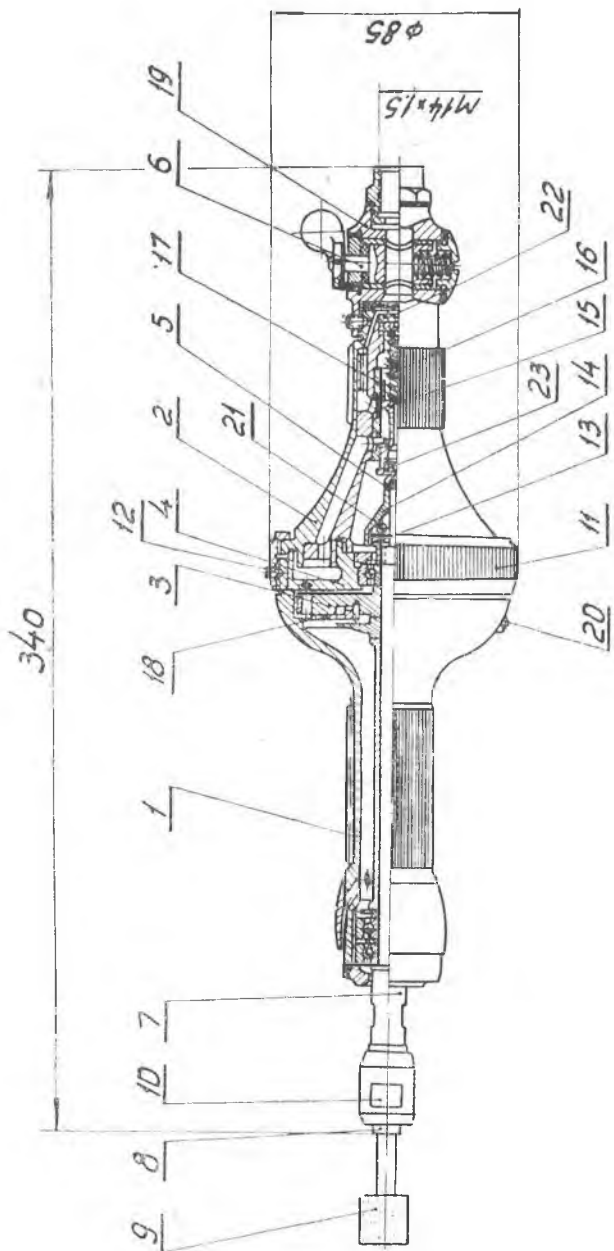
При работе воздух из сети поступает по шлангу 7 через кран в сопловой аппарат 10. В сопловом аппарате воздушный поток разгоняется до сверхзвуковой скорости и поступает в рабочее колесо микротурбины 2, где часть кинетической энергии воздуха преобразуется в полезную работу. Сопловой аппарат имеет одно отверстие диаметром 1,5 мм, просверленное под углом 18° к плоскости вращения колеса. Рабочее колесо микротурбины — активного типа бандажом, наружный диаметр 28 мм. Ротор пневмошлифовальной машины опирается на два подшипника А100Е, смонтированных в корпусе 1. Шлифовальные камни с максимальным диаметром 5 мм (на керамической основе), крепятся в канговом зажиме 5.

Сопловой аппарат и колесо турбины изготавливаются из алюминиевого сплава В-95, корпус — из дюрала. Вес пневмошлифовальной машины без шланга 0,375 кг.

Подшипники ПШ смазываются через каждые 7 часов турбинным маслом. Число оборотов холостого хода в минуту при различной смазке меняется в пределах $75\,000 \pm 5\,000$.

Общий вид ПШО-6 показан на фиг. 2. Основным конструктивным отличием машины от ПШО-1 является установление в ней регулятора оборотов.

Регулятор состоит из специальной гайки 13, двух шариков 2, диаметром 4 мм, грибка 14, сидящего на валике и имеющего возможность перемещаться в осевом направлении, золотника 15 с пружиной 16. При оборотах выше 20 000 в минуту шарики развивают центробежную силу, которая превышает силу затяжки пружины и грибок начинает перемещаться. Грибок воздействует на золотник и перемещает его во втулке 17. Изменением степени открытия щели во втулке регулируется расход воздуха через турбину и, следовательно, обороты. При оборотах $20\,000 + 5\,000$ в минуту щель перекрывается золотником настолько, что мощность турбины становится



Фиг. 2.

равной потерям в машине и возрастание оборотов прекращается. Регулировка автомата осуществляется гайкой 22. Для уменьшения трения торца грибка в золотник вмонтирован упорный подшипник 23. В случае отказа регулятора числа оборотов для обеспечения безопасности в работе с инструментом в ПШО-6 поставлен предельный ограничитель оборотов 18, который при увеличении числа оборотов больше 30000—5000 в минуту разрывается центробежными силами и резко тормозит машину.

Ротор ПШО-6 вращается в трех шариковых подшипниках (ГОСТ 8338-57).

Сопловой аппарат имеет пять отверстий диаметром 1,6 мм.

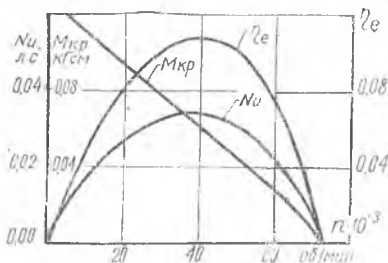
Максимальный диаметр камней на керамической основе — 13 мм, на бакелитовой — 26 мм.

Другие особенности конструкции ПШО-6 видны на фиг. 2. Вес машины без шланга 1,10 кг.

Испытания ПШ проводились на специальной установке с воздушно-магнитным тормозом, подвешенным на призматических опорах. Обороты ротора инструмента измерялись бесконтактным электромагнитным датчиком.

Эксперименты проводились на сжатом неосушенном воздухе.

На фиг. 3 показано изменение мощности, крутящего момента и к.п.д. турбины ПШО-1 по оборотам. Крутящий момент $M_{кр}$ измерялся в опытах, мощность и к.п.д. инструмента подсчитывались по известным формулам:



Фиг. 3.

$$Nu = \frac{M_{кр} \cdot n}{71620} \text{ л. с.} \quad (1)$$

$$\eta_e = \frac{75 \cdot Nu}{G \cdot L_{ад}}, \quad (2)$$

где n — обороты ротора, об/мин;

G — расход воздуха, кг/сек.

Адиабатная работа расширения определяется выражением

$$L_{ад} = 102,5 T_{вх}^{*} \cdot \left[1 - \left(\frac{P_{II}}{P_{вх}} \right)^{0,286} \right] \text{ кг. м/кг.} \quad (3)$$

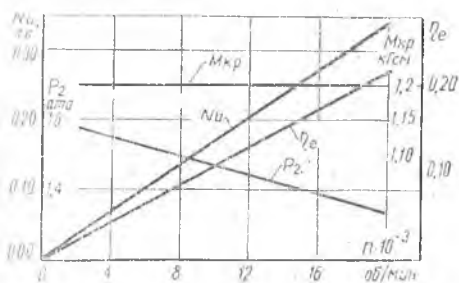
Здесь P_{II} — барометрическое давление, ата.

При испытаниях параметры торможения воздуха на входе в шлифовальную машину имели следующие значения: $P_{вх}^{*} = 5,1$ ата, $T_{в}^{*} = 291^{\circ}\text{К}$. На входе в турбину давление $P_0 = 5,0$ ата.

Форма кривой $Nu = f(n)$ определяется суммированием мощно-

стных характеристик турбины и подшипников, используемых: в ПШО-1. Вначале с увеличением оборотов прирост мощности турбины превышает прирост мощности, поглощаемой подшипниками, и мощность инструмента возрастает; при оборотах выше 40 000 в минуту картина меняется и на оборотах холостого хода вся мощность турбины расходуется на трение в подшипниках. При этом к. п. д. инструмента становится равным нулю.

Кривая $\eta_e = f(n)$ повторяет характеристику $Nu = f(n)$.



Фиг. 4.



Фиг. 5.

На фиг. 4 показана зависимость мощности инструмента Nu , крутящего момента $M_{кр}$ и противодавления за турбиной P_2 от оборотов шлифовальной машины ПШО-6. На этой же фигуре дана характеристика $\eta_e = f(n)$. Характеристики инструмента $Nu = f(n)$ и $\eta_e = f(n)$ практически представляют прямые линии, поэтому крутящий момент машины постоянен на всех оборотах. Такой вид характеристик объясняется тем, что противодавление за турбиной меняется с изменением оборотов.

На фиг. 5 сравниваются по удельному расходу различные ПШ: 1—ПШ Desautter (Англия); 2—ПШ Prelu (Англия); 3—ПШ ЗИЛ (СССР); 4—ПШ Ретмон (Чехословакия); 5—ПШО-1 КуАИ (СССР); 6—ПШ констр. Васильева (СССР); 7—ПШ-1М КуАИ (СССР); 8—ПШО-2 КуАИ (СССР); 9—ПШ9П-1025 (СССР); 10—ПШЭП-1037 (СССР); 11—ПШЭП-1097 (СССР); 12—ПШШР-6 (СССР); 13—ПШО-6 КуАИ (СССР).

На фиг. 5 приводятся также графики расходов турбинных двигателей ПШ и ПШР, разработанных в КуАИ и ротационных двигателей Центрального Конструкторского Бюро по проектированию и унификации механизированного инструмента Мосгорсовнархоза, включенных в нормалы машиностроения СССР.

Сравнение показывает, что разработанные в КуАИ шлифовальные машины имеют наименьшие удельные расходы воздуха. Так в ПШО-1 удельный расход воздуха на 18% меньше, чем в лучшей иностранной шлифовальной машине Desautter, в ПШО-2 — на 55% меньше, чем в ПШ конструкции Васильева (Ленинград).

Несколько больший относительный удельный расход воздуха в машине ПШО-6 объясняется ее низкими оборотами, при которых потери в микротурбинах становятся значительными. Тем не менее удельный расход воздуха в ПШО-6 на 54% меньше, чем в широко применяемой шлифовальной машине ШР-6.

В ы в о д ы

1. Высокооборотные турбинные пневматические машины разработанной серии (ПШО-1, ПШО-2, ПШО-6) расходуют на единицу мощности меньше воздуха, чем лучшие отечественные и иностранные ПШ.

2. Разработанные ПШ при работах камнями малых диаметров имеют большую (в сравнении с другими типами ПШ) производительность. При этом в несколько раз увеличивается стойкость камней и улучшается качество обрабатываемых поверхностей.

3. Разработанные ПШ имеют малые габариты и вес, меньше шумят, чем ПШР, удобны в эксплуатации.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А. С. Наталевич, Ю. А. Захаров. Пневмошлифовальная машина ПШ-1М. Обработка металлов резанием, вып. 65, ГОСИНТИ, 1962.
 2. Д. И. Судакович, Г. И. Бернадский. Справочник по механизированному ручному инструменту. Машгиз, 1961.
-