

ОБ ЭКОНОМИЧНОСТИ РАБОТЫ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ РЕЖИМАХ НАГРУЗКИ

С. И. ШУБОВИЧ

(Представлено проф. докт. техн. наук В. Т. Юринским)

Среди некоторых специалистов по пневматическому приводу горных машин существует мнение, что турбинные пневматические двигатели нецелесообразно использовать для привода горных машин и механизмов, работающих с переменной нагрузкой. Так, например, по этому вопросу Г. И. Кусницин [1] пишет: „Турбинные двигатели выгодно отличаются высоким к.п.д., отсутствием трущихся частей и малым весом. Однако эти двигатели могут применяться только для привода машин, работающих с постоянной нагрузкой. К таким машинам относятся вентиляторы, насосы и т. п. При применении этих двигателей для механизмов, работающих с переменной нагрузкой, к.п.д. их резко снижается“. Автор цитируемого здесь текста правильно подмечает, что к.п.д. турбинного двигателя снижается при работе с переменными нагрузками, однако сделанные им выводы не убедительны, так как при переменных нагрузках снижение к.п.д. наблюдается у всех пневматических двигателей. Целесообразность применения турбинных двигателей в условиях переменных нагрузок может быть установлена только сопоставлением их экономических характеристик (к.п.д. или удельных расходов воздуха) по нагрузке с характеристиками пневматических двигателей других типов.

По мнению автора, турбинные двигатели могут получить применение в качестве двигателей угольных комбайнов, врубовых машин, тяжелых сбоечно-буровых станков, конвейеров и т. п. В настоящее время эти машины в шахтах, опасных по газу и пыли, снабжаются, как известно, шестеренчатыми двигателями. Для выяснения целесообразности применения турбинных двигателей в качестве привода упомянутых выше машин, работающих с переменными нагрузками, следует провести сравнение их характеристик с характеристиками двигателей шестеренчатого типа.

В настоящей статье проводится сравнительный анализ характеристик и экономических показателей двух опытных турбинных [2; 3] и двух серийных шестеренчатых [1] пневматических двигателей. Основные параметры этих двигателей приводятся в таблице 1.

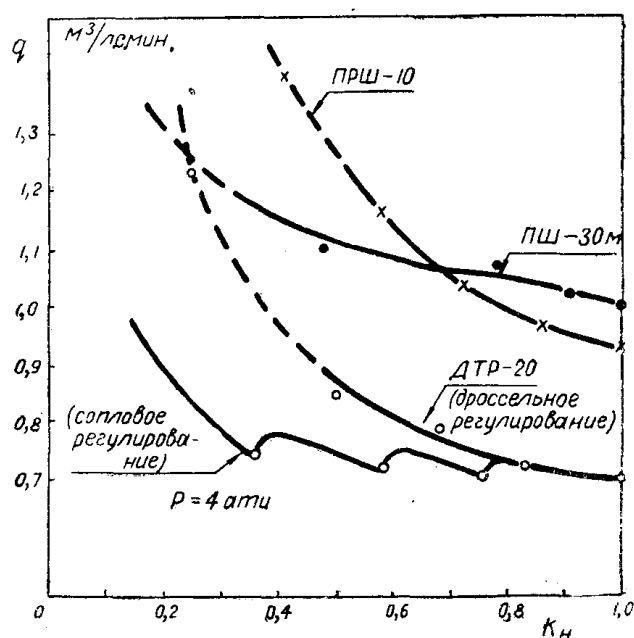
Сравнение турбинных и шестеренчатых двигателей при работе с недогрузкой

Можно показать [4], что при сравнении экономических показателей пневматических двигателей различных типов и размеров, работающих в условиях переменных нагрузок, удобно пользоваться кривыми удельных расходов воздуха, построенными в зависимости от величины отношения момента нагрузки M_c к номинальному моменту двигателя $M_{ном}$, условно названной коэффициентом нагрузки двигателя K_n .

Таблица 1

Тип и марка двигателя	Мощность л с	Число оборотов в мин.		Удельный расход свободного воздуха при $p = 4$ атм $\text{м}^3/\text{л с мин}$		Коэффициент пускового момента	Вес, кг	Удельный вес кг/л с	Способ реверсирования
		вы-вод-ного вала	рото-ра	номинальный	минимальный				
Шестеренчатый ПРШ-10	9—10	1450	1450	0,95	0,89	1,25—1,2	130	13	Пневматический
Шестеренчатый ПШ-30 М	30	1450	2000	1,0	0,88	1,25—1,35	420	14	
Турбинный ДТР-20	20	1480	7500	0,70	0,70	1,4	60	3	Механический
Турбинный; экспериментальный (с одновенечной 2-х ступенчатой турбиной).	20	—	6500	0,74	0,74	1,8	—	—	Пневматический (реверсируется турбиной)

Для сравнения экономичности турбинного двигателя ДТР-20 с шестеренчатыми двигателями типа ПРШ-10 и ПШ-30 М на фиг. 1 представлены кривые удельных расходов воздуха $q = \varphi(K_H)$ в пределах изменения коэффициента загрузки от $K_H = 0$ (холостой ход) до $K_H = 1,0$ (номинальная на-



Фиг. 1

грузки двигателя). Эти кривые построены графическим способом [4] по внешним и частичным характеристикам $M_e = f_1(n)$ и $q = f(n)$, полученным

при стендовых испытаниях перечисленных выше двигателей [1; 5]¹⁾. При построении кривых $q=\varphi(K_H)$ было условно принято, что все рассматриваемые здесь двигатели снабжены регуляторами числа оборотов с одной и той же степенью неравномерности $\delta=10\%$ и что регуляторные характеристики этих двигателей имеют прямолинейный вид.

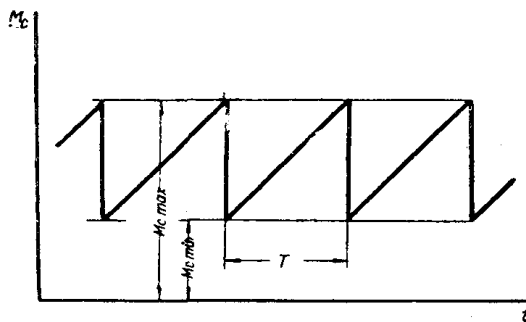
Из графиков (фиг. 1) можно видеть, что в диапазоне изменения нагрузок от $K_H=0,25$ до $K_H=1,0$ турбинный двигатель ДТР-20, независимо от формы графика нагрузки по времени, экономичнее шестеренчатых двигателей.

Если вычислить и сравнить средние удельные расходы воздуха [4 этих двигателей для случая циклического линейного изменения нагрузки по времени (фиг. 2), в указанных выше пределах изменения нагрузки (от $K_H=0,25$ до $K_H=1,0$), то окажется, что турбинный двигатель ДТР-20 в этих условиях экономичнее шестеренчатого двигателя ПШ-30 М примерно на 25%²⁾.

Здесь уместно обратить внимание на то, что в турбинных двигателях, в отличие от шестеренчатых, можно осуществить не только дроссельное (качественное) регулирование, но и сопловое (количественное) регулирование, заключающееся в том, что, по мере изменения нагрузки, регулятор числа оборотов включает в работу большее или меньшее число рабочих сопел турбины.

На фиг. 1 нанесена кривая изменения удельных расходов воздуха для двигателя ДТР-20 с сопловым регулированием. Эта кривая построена по данным скоростных характеристик, снятых с двигателя ДТР-20 при постоянном давлении воздуха в сети $p=4$ ати и при различном числе рабочих сопел. Из сопоставления кривых удельных расходов (фиг. 1) можно видеть, что сопловое регулирование обеспечивает заметный экономический эффект при малых нагрузках двигателя. Поэтому применение такого регулирования весьма целесообразно в турбинном двигателе, предназначенном для привода горной машины, работающей преобладающую часть времени с малыми нагрузками. Средний удельный расход воздуха турбинного двигателя с сопловым регулированием при периодических линейных изменениях нагрузки в пределах от $K_H=0,25$ до $K_H=1,0$ меньше по сравнению с расходом воздуха турбинного двигателя, снабженного дроссельным регулированием, примерно на 12%, а по сравнению с двигателем шестеренчатого типа ПШ-30 М — на 35%.

Таким образом, турбинные двигатели при работе с недогрузкой (по регуляторной характеристике) выгодно отличаются, в сравнении с шестеренчатыми двигателями, меньшим расходом воздуха при дроссельном регулировании и еще более выгодно отличаются при наличии соплового регулирования.



Фиг. 2

1) Испытания двигателя ДТР-20 проведены автором в лаборатории Томского электромеханического завода имени В. В. Вахрушева.

2) Очевидно, что при ином (нелинейном) графике нагрузки, а также и при других пределах изменения нагрузки будут иметь место другие соотношения экономических показателей этих двигателей.

Сравнение экономических показателей турбинных и шестеренчатых двигателей, работающих с перегрузкой

На фиг. 3 представлены кривые удельных расходов воздуха $q = \varphi(K_n)$ рассматриваемых двигателей для изменений нагрузки от номинальной величины $K_n = 1,0$ до максимально возможной $K_n = K_{n \max}$. Эти кривые, как и кривые на фиг. 1, построены графическим способом по скоростным характеристикам.

Из графиков (фиг. 3) можно видеть, что турбинный двигатель ДТР-20 экономичнее шестеренчатого двигателя ПРШ-10 при любом значении коэффициента загрузки K_n , допустимом для этого двигателя. В сравнении с двигателем ПШ-30 М и двигателем ДТР-20 экономичнее только при

$K_n = 1,2$ и $K_n > 1,32$. При значениях коэффициента загрузки $K_n = 1,2 \div 1,32$ двигатель ПШ-30 М несколько экономичнее двигателя ДТР-20.

Если вычислить и сравнить средние удельные расходы воздуха для этих двигателей при условии линейного изменения нагрузки в пределах от $K_n = 1,0$ до $K_n = 1,25$, то окажется, что турбинный двигатель ДТР-20 экономичнее по сравнению с двигателем ПРШ-10 на 20%, а по сравнению с двигателем ПШ-30 М на 15%. При изменении нагрузки в пределах, возможных для двигателей ПШ-30 М, от $K_n = 1,0$ до $K_n = 1,35$, турбинный двигатель экономичнее двигателя ПШ-30 М только на 8—9%.

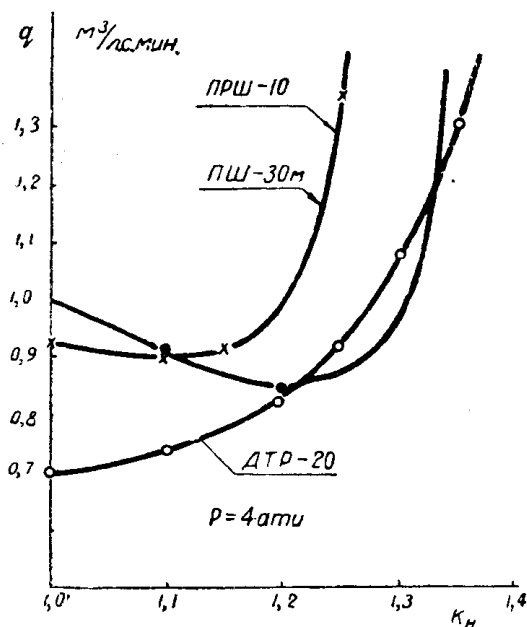
Таким образом, турбинный пневматический двигатель ДТР-20 экономичнее шестеренчатых двигателей не только при работе по

регуляторной характеристике, но и при работе по внешней характеристике — при работе с перегрузкой. Однако в последнем случае, как это нетрудно заметить, турбинный двигатель обеспечивает относительно меньший экономический эффект по расходу воздуха, чем при работе в условиях недогрузок — по регуляторной характеристике.

Можно показать [4], что экономические показатели пневматического двигателя на режимах перегрузки могут быть повышены увеличением пускового момента и улучшением характера протекания кривой изменения удельных расходов воздуха по оборотам. В двигателе типа ДТР-20 это может быть достигнуто, например, применением турбины с двумя ступенями скорости вместо одноступенчатой активной турбины.

На фиг. 4 нанесены кривые $q = \varphi(K_n)$ экспериментального реверсивного двигателя с одновенечной двухступенчатой турбиной [3] и двигателей перечисленных выше¹⁾.

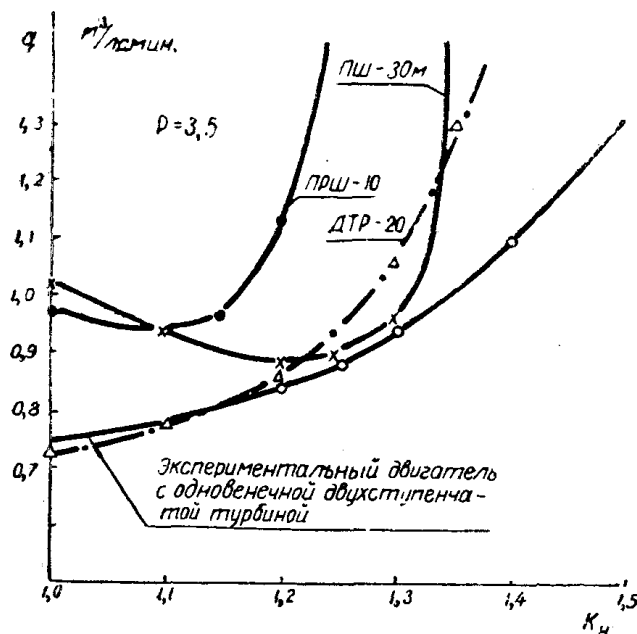
Из этих графиков можно видеть, что двигатель с двухступенчатой турбиной расходует воздуха меньше, чем любой из шестеренчатых двигателей при любой степени перегрузки. Средний расход воздуха этого экспе-



Фиг. 3

¹⁾ Эти кривые, в отличие от кривых (фиг. 3), построены для рабочего давления $P = 3,5$ ати. при котором испытывался экспериментальный двигатель.

риментального двигателя при линейном изменении нагрузки от $K_n=1,0$ до $K_n=1,35$ меньше по сравнению с расходом двигателя ПШ-30 М на 13%, а по сравнению с турбинным двигателем ДТР-20 на 9—10%. Таким образом, применение турбины с двумя степенями скорости в пневматическом двигателе может заметно улучшить экономичность последнего на режимах перегрузки.



Фиг. 4

Закключение

Из приведенного анализа работы турбинных и шестеренчатых двигателей следует, что турбинные двигатели в условиях переменных нагрузок экономичнее шестеренчатых двигателей. Следовательно, область применения турбинных двигателей не ограничивается только приводом машин, работающих с постоянной нагрузкой, как это ошибочно указывается в литературе [1].

Применение турбинных двигателей для привода горных машин, работающих с переменными нагрузками, может обеспечить существенную экономию дорогостоящего сжатого воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кусницин Г. И. Пневматические двигатели горных машин и механизмов. Углетехиздат, 1953.
2. Шубович С. И. Экспериментальное исследование потерь трения и вентиляции в турбинной ступени. Известия ТПИ, т. 75, 1954
3. Шубович С. И., Львов В. И., Шаратов Р. Д. Результаты испытаний опытной пневматической реверсивной двухступенчатой турбины. Изв. ТПИ, т. 85, Томск, 1957.
4. Шубович С. И. Нагрузочные характеристики для оценки экономичности работы пневматических двигателей. Изв. ТПИ, 85, Томск, 1957.
5. Балыков В. М. Угольный комбайн ККП-1 для крутопадающих пластов. Углетехиздат, 1952.