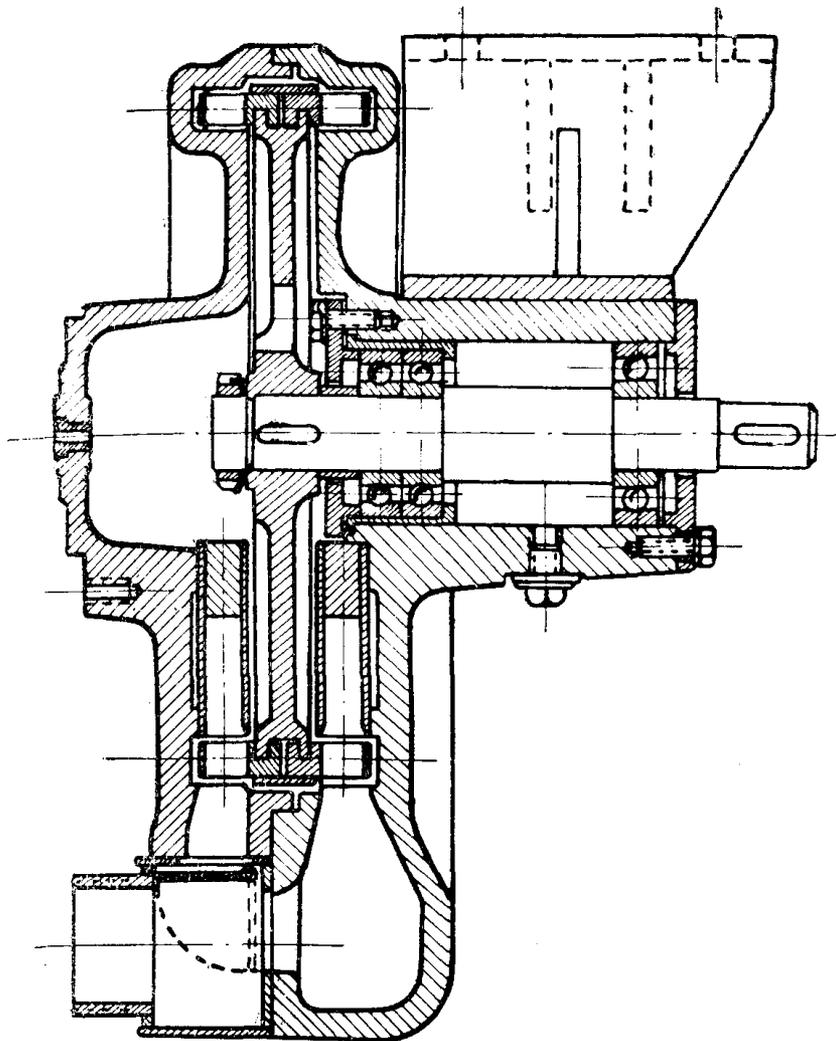




При проектировании экспериментальной турбины ставилась также задача снижения номинального числа оборотов ротора турбины, а поэтому ее проточные части выполнены с двумя ступенями скорости по типу одно-венечных многоступенчатых турбин (фиг. 2). Выбор турбины с двумя ступенями скорости оправдывался еще и тем, что при ограниченном номинальном числе оборотов и ограниченном диаметре ротора <sup>1)</sup> такая турбина



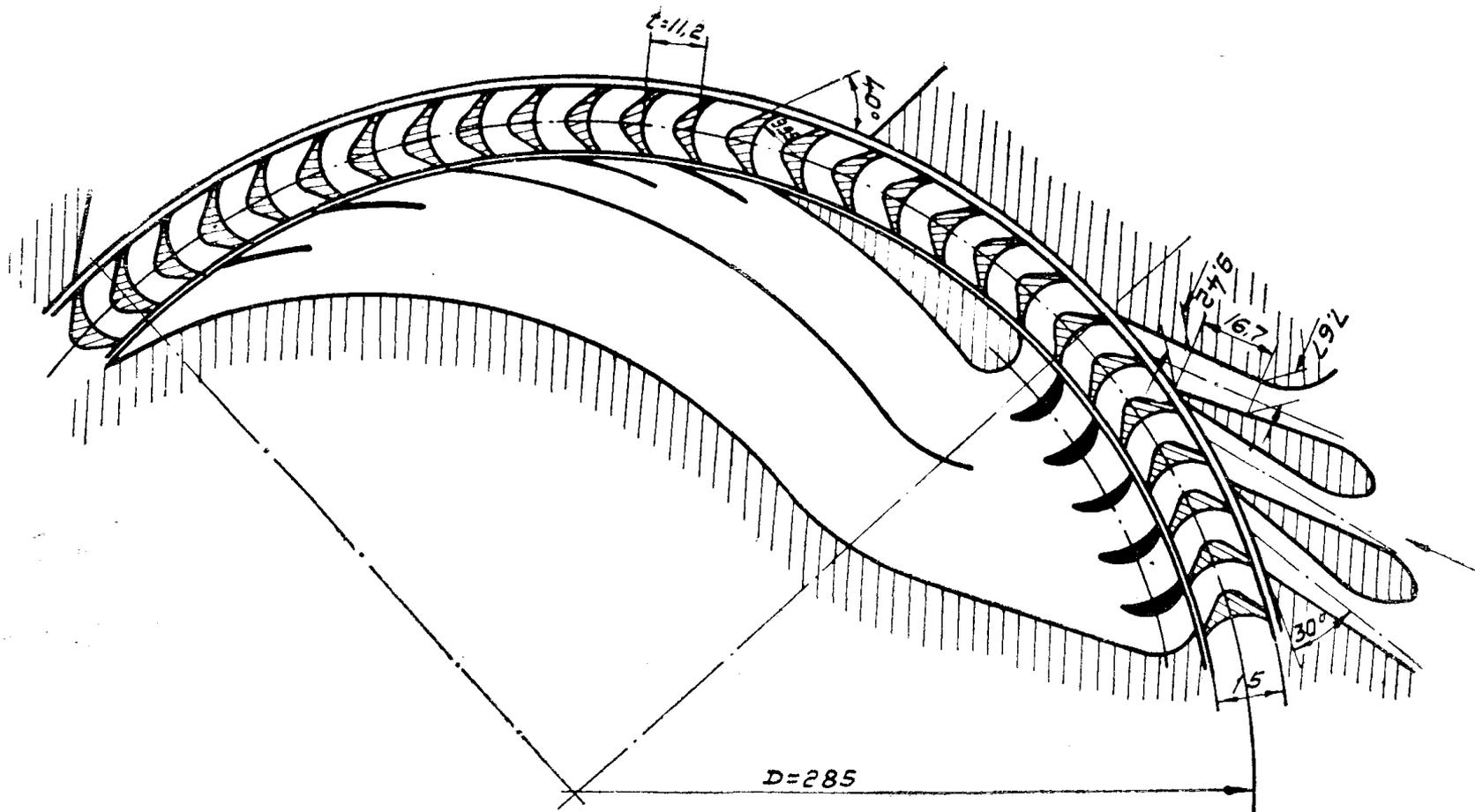
Фиг. 1. Экспериментальная реверсивная турбина.

по сравнению с турбиной одноступенчатой обладает большим пусковым моментом и более благоприятным протеканием характеристик по оборотам.

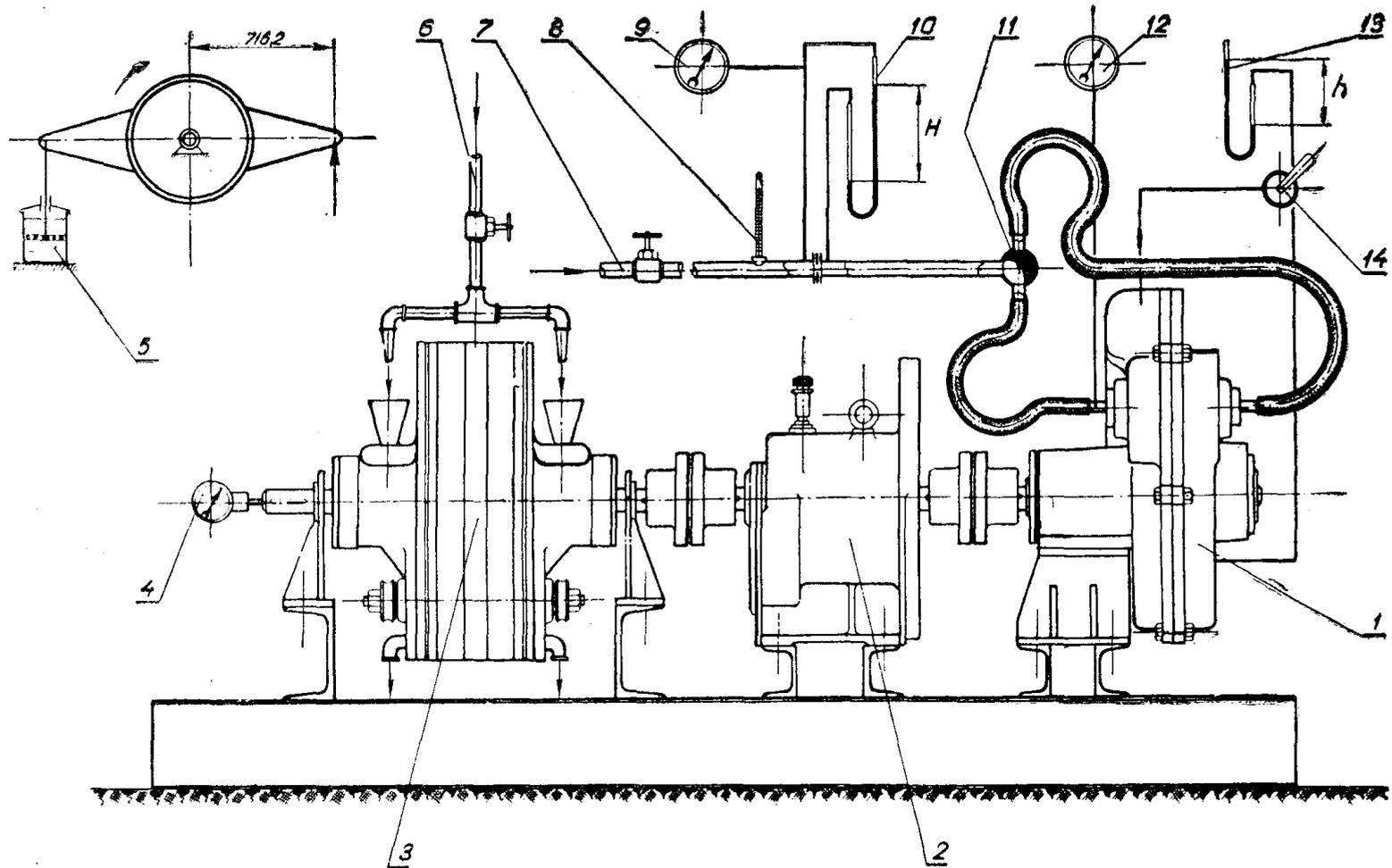
#### Основные расчетные параметры экспериментальной турбины

Номинальная эффективная мощность	$N_e = 20 \text{ л. с.}$
Номинальное число оборотов	$n_T = 6500 \text{ об/мин.}$
Рабочее давление сжатого воздуха	$P = 3,5 \text{ атм.}$
Расход воздуха	$Q = 13,6 \text{ м}^3/\text{мин.}$
Средний диаметр лопаточного венца	$D = 285 \text{ мм.}$

<sup>1)</sup> В шахтных турбинных двигателях число оборотов ротора ограничивается долговечностью подшипников качения, а его диаметр—допустимыми габаритами двигателя. Расчеты показывают, что при таком ограничении числа оборотов и диаметре применение больше числа ступеней больше двух, приводит к резкому снижению экономичности турбины



Фиг. 2. Схема проточной части реверсивной турбины



Фиг. 3. Схема экспериментальной установки. 1—реверсивная турбина; 2—редуктор числа оборотов; 3—гидравлический тормоз; 4—тахометр; 5—масляный катаракт гидротормоза; 6—водопровод; 7—воздухпровод; 8—термометр; 9—манометр для измерения давления перед дроссельной шайбой; 10—дифференциальный манометр дроссельного прибора; 11—трехходовой кран для реверсирования турбины; 12—манометр для измерения давления перед сопловой коробкой; 13—U-образный манометр для измерения давлений в камерах турбины; 14—кран-переключатель.

Испытание турбины велось на стенде (фиг. 3), оборудованном гидравлическим тормозом, редуктором числа оборотов, дроссельным прибором для измерения расхода воздуха, тахометром и приборами для измерения давлений и температур.

Перед основными испытаниями по снятию характеристик турбина подвергалась испытаниям для выяснения надежности и времени реверсирования. В этих целях при работе турбины (отсоединенной от тормоза) на номинальном числе оборотов поворотом рукоятки трехходового крана (фиг. 3), переключалась подача воздуха на венец обратного хода. Время реверсирования двигателя, то есть время, в течение которого двигатель останавливался, изменял направление вращения вала и разгонялся до номинального числа оборотов обратного хода при расчетном давлении сжатого воздуха  $p = 3,5 \text{ ати}$ , составляло 10—15 сек. Надежность реверсирования при этом не вызвала никаких сомнений.

Основные испытания реверсивной турбины сводились к снятию характеристик по оборотам при расчетном давлении сжатого воздуха. Характеристики снимались при правом вращении ротора в двух случаях:

- 1) при закрытом впускном и выпускном отверстиях камеры венца левого вращения;
- 2) при закрытых отверстиях камеры и запаянных каналах лопаточного венца левого вращения.

Впускное и выпускное отверстия камеры венца левого вращения перекрывались для того, чтобы снизить вентиляционные потери этого венца. Перекрытие упомянутых отверстий дает существенный эффект в снижении вентиляционных потерь венца обратного хода [1], а поэтому в шахтных двигателях с реверсивной турбиной должно предусматриваться особое устройство для автоматического перекрытия отверстий при реверсировании.

Испытания с запаянными каналами венца левого вращения проводились с той целью, чтобы выяснить величину потерь, вызываемых вращением венца обратного хода в камере с перекрытыми отверстиями.

Для определения величины пускового момента проводились дополнительные опыты. В этих целях на валу турбины закреплялся рычаг, на конце которого с помощью весов определялось усилие при подаче воздуха в турбину с давлением  $3,5 \text{ ати}$ .

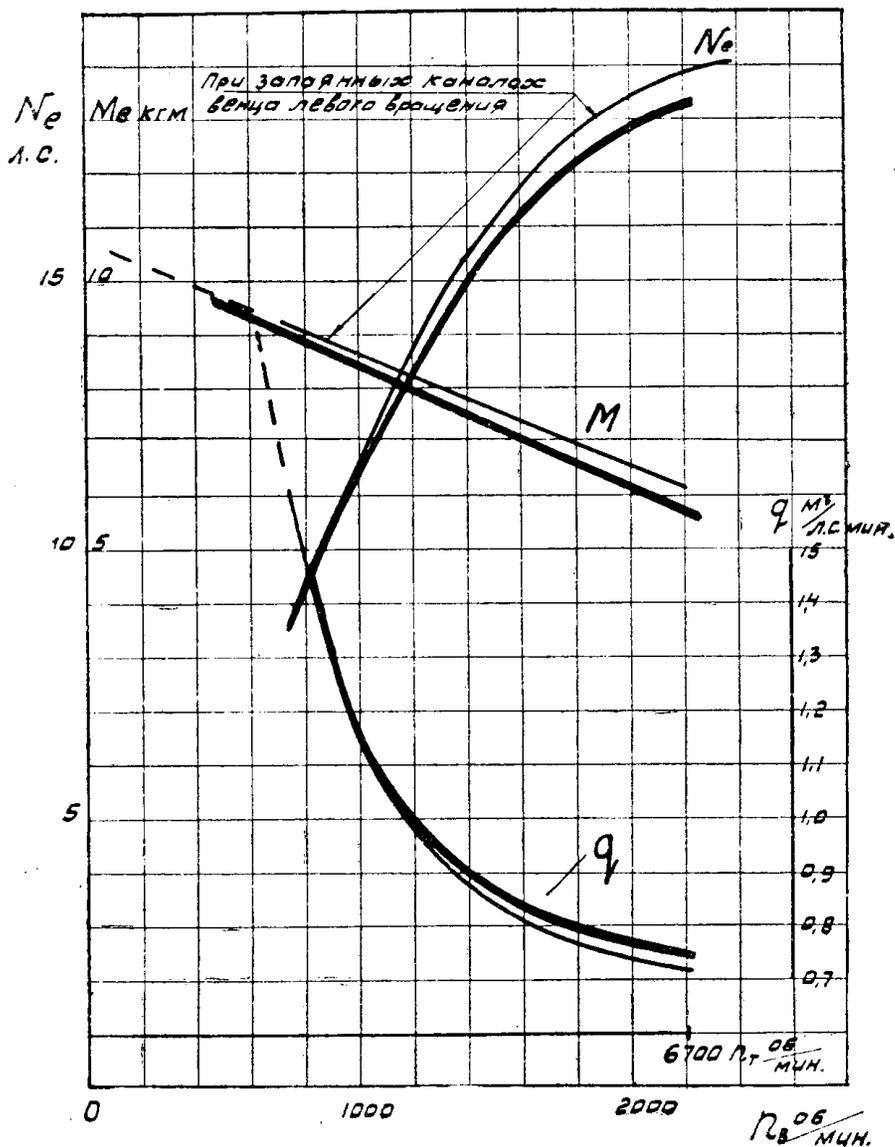
Измерения и подсчеты крутящего момента, эффективной мощности и расхода воздуха производились по общепринятой методике. Потери в редукторе при подсчетах относились к потерям турбины. Поэтому полученные результаты испытаний ниже рассматриваются как результаты испытаний турбинного реверсивного двигателя, состоящего из турбины и редуктора числа оборотов.

Результаты испытаний представлены графиками на фиг. 4. Из этих графиков можно видеть, что мощность, затрачиваемая на вращение лопаточного венца обратного хода в закрытой камере при скоростном режиме максимальной мощности, равна 0,6—0,7 л. с., что составляет  $3 \div 3,5\%$  от мощности, развиваемой турбиной. Такая величина потерь, обусловленная вращением венца кромками лопаток вперед в камере с перекрытыми впускными и выпускными отверстиями, хорошо согласуется с теоретическими предпосылками [1], послужившими основанием для создания реверсивной турбины.

Для сопоставления полученных показателей реверсивного турбинного двигателя с показателями двигателей других типов приводится график (фиг. 5), где величины крутящих моментов и число оборотов представлены в долях от их номинальных значений. Характеристики двигателя ДТР-20, снабженного одноступенчатой нереверсивной турбиной, и шестеренчатого двигателя ПРШ-10 (фиг. 5), построены по данным испытаний, проводившихся ранее на Томском электромеханическом заводе.

Из фиг. 5 можно видеть, что минимальный удельный расход сжатого воздуха испытанного двигателя по сравнению с расходом двигателя ДТР-20 больше на 4%. Такое незначительное увеличение расхода воздуха, вызванное дополнительными вентиляционными потерями венца обратного хода, не может умалить преимуществ пневматического реверсирования, а поэтому применение реверсивных турбин в шахтных пневматических двигателях следует считать вполне целесообразным.

с

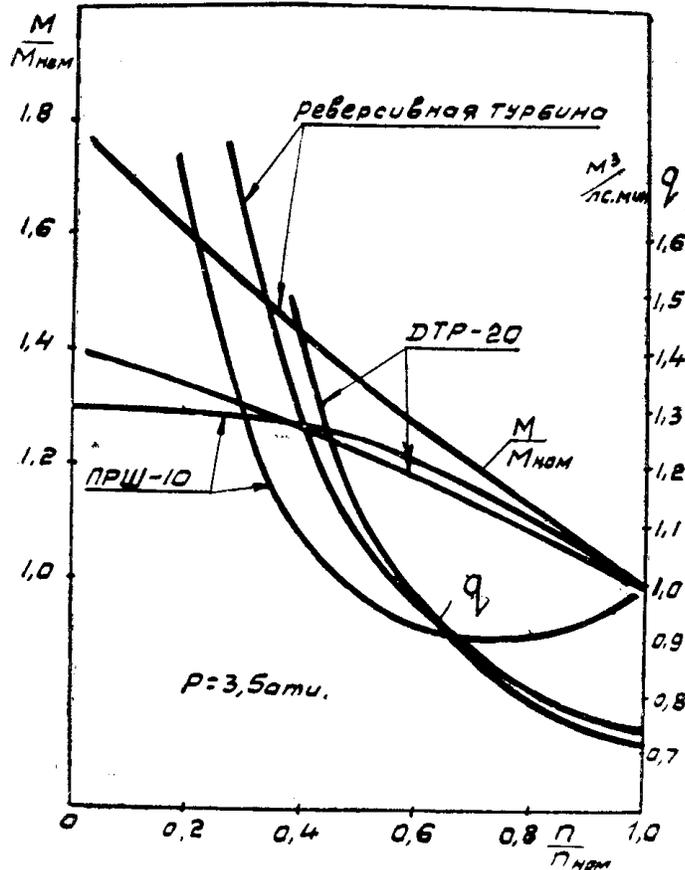


Фиг. 4. Скоростные характеристики экспериментального реверсивного турбинного двигателя.

Сравнение кривых удельных расходов (фиг. 5) показывает, что экономичность реверсивного турбинного двигателя меняется с изменением скоростного режима в меньшей степени, чем экономичность двигателя ДТР-20. Более благоприятное протекание кривой удельных расходов реверсивного двигателя объясняется тем, что в этом двигателе применена турбина с двумя ступенями скорости. Как можно видеть на фиг. 5, применение двухступенчатой турбины обеспечило также увеличение коэффициента пускового

момента <sup>1)</sup> на 28% по сравнению с коэффициентом пускового момента двигателя ДТР-20.

Из приведенного сравнения следует, что применение турбин с двумя ступенями скорости в шахтных пневматических двигателях вполне себя оправдывает, поскольку в этом случае достигается не только снижение числа оборотов ротора турбины, но и заметно улучшаются тяговые свойства двигателя и его экономическая характеристика. Если провести сравне-



Фиг. 5. Сравнительный график характеристик турбинных и шестеренчатого двигателей

ние характеристик реверсивного турбинного двигателя с характеристиками реверсивного шестеренчатого двигателя ПРШ-10 (фиг. 5), то легко убедиться, что шестеренчатый двигатель уступает турбинному двигателю не только по экономическим показателям, но еще в большей степени уступает по своим тяговым свойствам.

В заключение следует отметить, что в процессе испытаний реверсивной турбины были замечены недостатки выбранной формы воздушного обводного канала между первой и второй ступенями скорости. Имеются основания полагать, что после отыскания оптимальной формы канала экономические показатели реверсивной турбины еще несколько повысятся.

<sup>1)</sup> Под коэффициентом пускового момента понимается отношение момента при пуске ( $n_T = 0$ ) к моменту при номинальном режиме.

## Выводы

1. Применение реверсивной турбины в шахтных пневматических двигателях вместо обычной неревверсивной турбины не вызывает заметного понижения экономичности двигателя. Для опытного реверсивного двигателя понижение экономичности составляет 4%.

2. В шахтных пневматических турбинных двигателях, ограниченных по условиям эксплуатации габаритами и числом оборотов, целесообразно применение двухступенчатых турбин со ступенями скорости. Такая турбина по сравнению с турбиной одноступенчатой имеет несколько меньшее число оборотов, более высокий коэффициент пускового момента и лучшее протекание экономической характеристики по оборотам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шубович С. И. Экспериментальное исследование потерь трения и вентиляции в турбинной ступени. Известия ТПИ, т. 75, 1954.

---