

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ЭКОНОМИЧНОСТЬ РАБОТЫ ЗАБОЙНОГО ТУРБОНАСОСА

В. М. ВОРОНЧИХИН

(Представлена кафедрой горных машин, рудничного транспорта и горной механики)

При проходке вертикальных стволов шахт и околоствольных выработок широкое применение для откачки воды получил забойный турбонасос Н-1м с пневматическим приводом, спроектированный на производительность $25 \text{ м}^3/\text{час}$ и давление 40 м вод. ст. , которые он развивает при давлении сжатого воздуха 5 атм. Турбонасос разработан в качестве насоса первой ступени двухступенчатой системы водоотлива для подачи воды из забоя ствола на высоту $20\text{—}40 \text{ м}$ в бак подвешенного насоса, а из него насосом второй ступени вода откачивается на поверхность или промежуточный горизонт.

В условиях производства турбонасос эксплуатируется часто при давлении сжатого воздуха выше 5 атм. , подключается к трубопроводу с малой геодезической высотой (горизонтальные или наклонные трубопроводы небольшой длины), а также используется в качестве насоса бадьевого водоотлива. Производительность турбонасоса зависит от геодезической высоты подачи воды, сопротивления напорного трубопровода и давления сжатого воздуха. В технической литературе указывается, что регулирование производительности может производиться дросселированием сжатого воздуха вентилем или пробковым краном на питающем воздухопроводе [1] или созданием дополнительного сопротивления вентилем на напорном трубопроводе [2]. Подвод сжатого воздуха к турбодвигателю насоса производится через два сопла, поэтому возможен еще один способ регулирования — изменением числа включенных сопел.

Дросселированием сжатого воздуха можно получить плавное изменение мощности турбодвигателя, скорости его вращения и производительности насоса. Однако при этом теряется часть энергии сжатого воздуха на преодоление сопротивления дросселя.

Увеличением сопротивления напорного трубопровода также можно получить плавное изменение производительности, но при этом способе регулирования расход сжатого воздуха остается постоянным, так как он не зависит от режима работы насоса.

При сопловом регулировании мощность турбодвигателя, его скорость вращения и производительность насоса изменяются ступенчато, и при наличии двух сопел турбодвигателя и неизменной характеристике напорного трубопровода можно получить только два рабочих режима турбонасоса. При отключении одного сопла расход сжатого воздуха

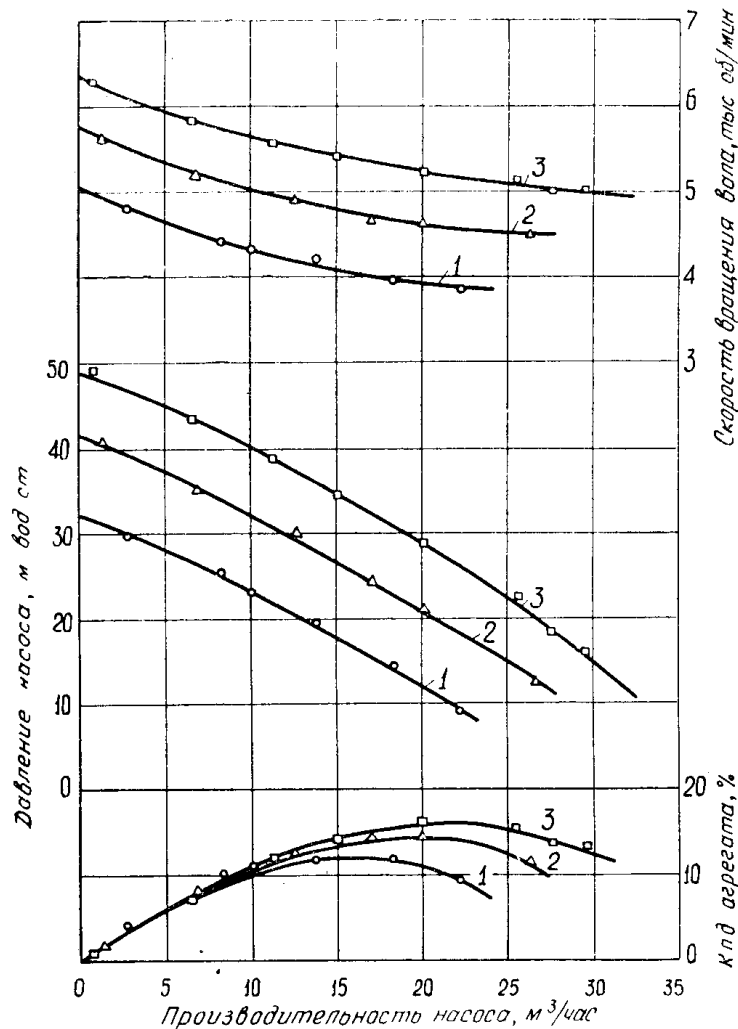


Рис. 1. Характеристики турбонасоса Н-1м при включении одного сопла турбодвигателя: 1 — при давлении 4 ати и расходе воздуха 2,95 м³/мин, 2 — при давлении 5 ати и расходе воздуха 3,53 м³/мин, 3 — при давлении 6 ати и расходе воздуха 4,1 м³/мин

уменьшается в два раза, а мощность турбодвигателя изменится более чем в два раза, поскольку механические и вентиляционные потери в турбодвигателе, приходящиеся на меньшую мощность, понизят его коэффициент полезного действия.

Для оценки экономичности работы турбонасоса с различными способами регулирования на кафедре были проведены его испытания с одним включенным соплом турбодвигателя при давлениях сжатого воздуха 4, 5 и 6 ати. Отключение второго сопла производилось свинцовой пробкой со стороны входного отверстия.

При испытании измерялись производительность, давление, развиваемые насосом, его скорость вращения и расход воздуха турбодвигателем. Удельная работа, совершаемая сжатым воздухом, определялась по формуле

$$L_{ад} = \frac{k}{k-1} RT_{вх} \left[1 - \left(\frac{p_{ат}}{p_c} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right], \text{ кгм/кг,}$$

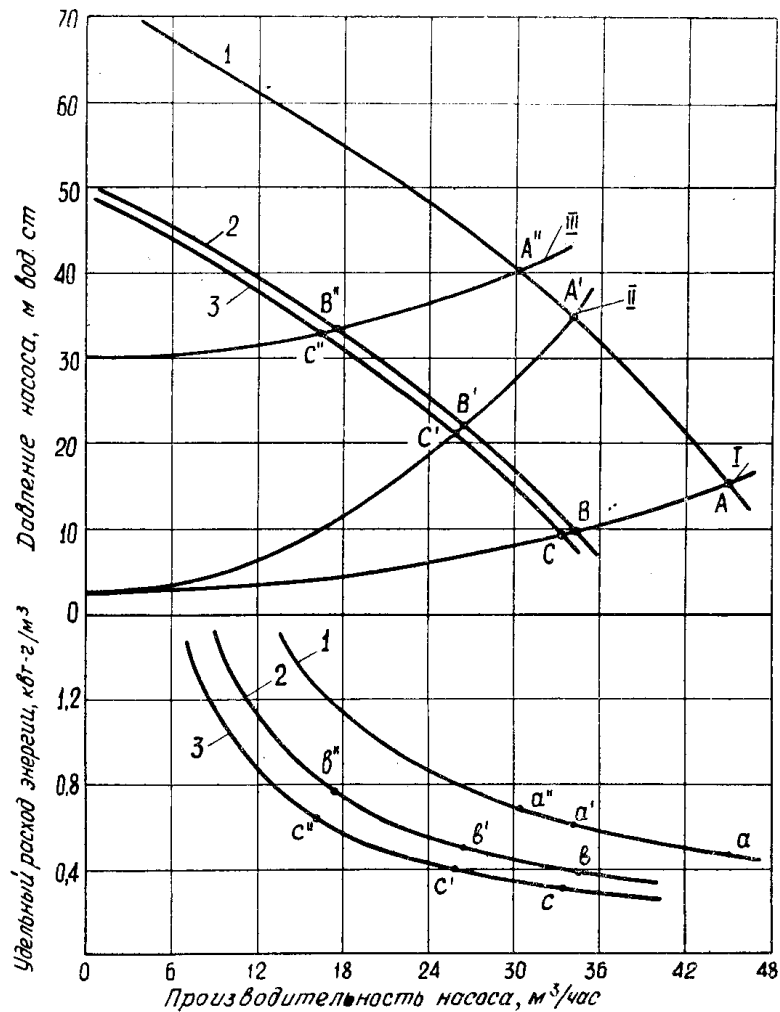


Рис. 2. Характеристики турбонасоса Н-1м и удельный расход энергии сжатого воздуха при регулировании режима работы: 1 — при давлении воздуха в сопловой камере $p_{вх} = 6$ ати; 2 — то же при $p_{вх} = 3,5$ ати; 3 — при $p_{вх} = 6$ ати и одном рабочем сопле. I — характеристика трубопровода при откачке воды в бадью; II — то же при наклонном трубопроводе; III — к баку подвешного насоса

где k — показатель адиабаты;

$R = 29, 27$ — газовая постоянная воздуха, $\text{кгм/кг}^\circ\text{С}$;

$T_{вх}$ — абсолютная температура воздуха перед соплом, $^\circ\text{К}$;

$P_{ат}$ — атмосферное давление, ати;

P_c — давление воздуха в сопловой камере, ати.

Адиабатическая (располагаемая) мощность турбодвигателя

$$N_{ад} = \frac{L_{ад} \cdot G}{60 \cdot 102}, \text{ квт},$$

где G — расход воздуха турбодвигателем, кг/мин .

Характеристики турбонасоса, построенные после обработки результатов испытания, приведены на рис. 1. Как видно из рис. 1, производительность турбонасоса при малой геодезической высоте и небольшом сопротивлении напорного трубопровода может достигать 20—30 $\text{м}^3/\text{час}$.

Максимальные значения к.п.д. при давлении воздуха 4, 5 и 6 *ати* соответственно составляют 12, 14,5 и 16%, т. е. несколько ниже, чем при работе турбодвигателя на этих же давлениях с двумя включенными соплами [3].

Однако оценивать работу турбонасоса только по к.п.д. нельзя. Более правильным будет показатель удельного расхода энергии сжатого воздуха на единицу производительности турбонасоса

$$q = \frac{N_{ад}}{Q}, \text{ квт-ч/м}^3,$$

где Q — производительность турбонасоса, $\text{м}^3/\text{час}$. Причем адиабатическая мощность сжатого воздуха при дроссельном регулировании должна определяться не по давлению воздуха в сопловой камере турбодвигателя, а по давлению воздуха в пневматической сети.

Таблица 1

Вид водоотлива	Режим работы	Производительность насоса, $\text{м}^3/\text{час}$	Удельный расход энергии, квт-ч/м^3	Перерасход энергии, %
Откачка воды в бадью ($H_r = 2,5 \text{ м}$)	точка A	45	0,46	148
	точка A'	34	0,60	194
	точка B	34	0,38	123
	точка C	33,5	0,31	100
Откачка воды по наклонному трубопроводу ($H_r = 2,5 \text{ м}$)	точка A'	34	0,60	150
	точка B'	26,5	0,50	125
	точка C'	26	0,40	100
Откачка воды к баку подвесного насоса ($H_r = 30 \text{ м}$)	точка A''	30,5	0,68	105
	точка B''	17,5	0,76	117
	точка C''	16	0,65	100

Сопоставление способов регулирования и удельного расхода энергии проведем на примере различных режимов работы турбонасоса (рис. 2). Давление сжатого воздуха в пневматической сети примем равным 6 *ати*. При откачке воды в бадью характеристика трубопровода (кривая I) пересекается с характеристикой нерегулируемого турбонасоса в точке A . При этом производительность насоса составляет $45 \text{ м}^3/\text{час}$ и удельный расход энергии (точка a) будет $0,46 \text{ квт-ч/м}^3$. Дросселированием сжатого воздуха до 3,5 *ати* (точка B) и включением в работу одного сопла (точка C) производительность турбонасоса соответственно снижается до 34 и $33,5 \text{ м}^3/\text{час}$. Эту же производительность можно получить при увеличении сопротивления напорного трубопровода (точка A').

Режим работы в точке A' получается также при откачке воды по наклонному трубопроводу диаметром 60—75 *мм* и длиной 50—100 *м* с малой геодезической высотой (кривая II). При дроссельном и сопловом регулировании можно получить режимы работы соответственно в точках B' и C' . Аналогичные режимы работы (точка A'' , B'' и C'' на кривой III) получаются при откачке воды из забоя ствола к баку подвесного насоса, расположенного на высоте 30 *м* от забоя.

Технико-экономические показатели всех указанных режимов работы сведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что наименьший расход энергии получается во всех рассматриваемых случаях при сопловом регулировании. Увеличе-

ние сопротивления напорного трубопровода приводит к значительному перерасходу энергии сжатого воздуха, поэтому такой способ регулирования не следует применять, тем более что регулировочный вентиль уже сам увеличивает сопротивление напорного трубопровода и, следовательно, уменьшает экономичность работы турбонасоса. Дроссельное регулирование при откачке воды в бадью и наклонный трубопровод сопровождается уменьшением удельного расхода энергии, а при подаче воды к баку подвешенного насоса удельный расход энергии повышается.

При увеличении геодезической высоты более 30 м сопловое регулирование также становится неэкономичным. Однако в этом случае сопловое регулирование вообще нецелесообразно производить, так как насос развивает малую производительность.

Таким образом, сопловое регулирование режима работы турбонасоса является экономичным видом регулирования, особенно при работе турбонасоса на короткий трубопровод с малой геодезической высотой. Уменьшение же расхода воздуха турбодвигателем насоса при малой мощности компрессорной станции благоприятно скажется на работе остальных забойных механизмов. Кроме того, работа турбодвигателя с одним включенным соплом уменьшает опасность «разноса» турбонасоса на «холостом ходу» при неисправном предохранительном клапане.

К сожалению, широкое применение соплового регулирования ограничивается тем, что турбонасос имеет всего два сопла одинакового диаметра, поэтому отключение одного сопла сопровождается резким уменьшением производительности. Если изготовить сопла разного диаметра, например 7,5 и 9,0 мм (вместо 8,5 мм), то можно получить при одном давлении воздуха в зависимости от включения сопел три различных характеристики турбонасоса. Применив при этом также частичное дросселирование сжатого воздуха, получим возможность плавно и экономично регулировать производительность турбонасоса в широких пределах.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Ш. Карпилевич. Новые проходческие турбомашины с турбинным пневматическим двигателем. Углетехиздат, 1957.
2. Забойный турбонасос Н-1м. Паспорт насоса и краткая инструкция по уходу и эксплуатации. ЦБТИ, 1963.
3. В. М. Ворончихин. Забойные насосы с турбинным приводом. Изв. ТПИ, т. 113, 1960.