

УДК 622.685

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОЙ ФЛОТОМАШИНЫ

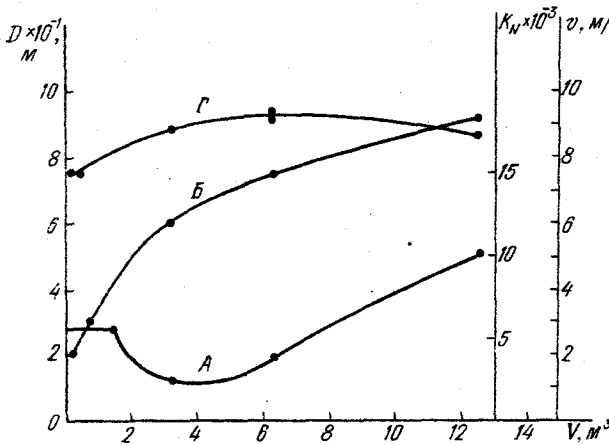
В. В. ДЕНЕГИН

Основная цель расчета – определение мощности, потребляемой приводом во время работы машины. Расчет входит составной частью в комплекс расчетов, выполняемых при проектировании флотационной машины, причем выполняется он в первую очередь. В качестве исходной величины достаточно задаться лишь объемом камеры.

Как известно, расход мощности во флотационной машине импеллерного типа зависит от множества факторов – геометрических, технологических, а также от параметров режима работы машины. Основное влияние на энергетические затраты оказывают: конструкция импеллера, плотность пульпы и количество вводимого в камеру воздуха. Особенно трудным оказывается учет конструктивных особенностей аэрирующего узла. Опыт работы ин-та "Типромашобогатение" – ведущего в области создания флотационного оборудования – показывает, что учет всех факторов при энергетических расчетах приводит к очень громоздким расчетным зависимостям.<sup>X</sup> К тому же в эти зависимости входят многочисленные

коэффициенты, определяемые по результатам экспериментальных исследований. Методика<sup>X</sup> позволяет получить результаты с большой степенью точности. Однако следует учесть, что при проектных расчетах такой точности не требуется, это позволяет применить совершенно иную методику расчета, менее точную, но зато более простую.

Сущность предлагаемого метода расчета энергетических затрат флотомашин импеллерного типа состоит в использовании безразмерных критериев и основных положений теории подобия. При



Характеристики флотационных машин

<sup>X</sup> Н. Арбайтер, С. С. Харрис, Р. Яп. Моделирование процесса флотации с учетом гидродинамики флотомашин. – ЭИ ОПИ, 1968, № 35.

этом предполагается, что величина критерия мощности  $K_N$  для данного типа аэратора и заданной конструкции камеры известна из опыта эксплуатации подобных машин. Это позволяет построить графическую зависимость параметра  $K_N$  от объема камеры. На рисунке показана такая зависимость  $A$  для машин типа ФМ и ФПМ. Как видно, с ростом объема камеры  $V$  критерий мощности также растет, хотя интенсивность роста снижается. Несмотря на то, что до сих пор при создании флотационных машин вопросам моделирования не уделялось должного внимания, отдельные точки зависимости  $K_N = f(V)$  лежат на плавной кривой. Это объясняется тем, что принятые значения мощности привода для машин различных объемов определялись не в ходе расчетов, а в результате экспериментальных исследований на натуральных образцах.

Пользуясь приведенной зависимостью, величину установочной мощности можно определить из следующего выражения

$$K_N = \frac{N}{\rho \omega^3 D^5}, \quad (I)$$

откуда

$$N = K_N \rho \omega^3 D^5,$$

где  $\rho$  - плотность среды,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\omega$  - угловая скорость вращения вала импеллера,  $\text{рад/с}$ ;  $D$  - диаметр импеллера, м; в выражении (I) величины  $D$  и  $\omega$  неизвестны.

Для нахождения диаметра импеллера следует принять во внимание зависимости, существующие между этой величиной и шириной камеры  $B$  для каждого типа флотационных машин. Эти зависимости, как известно, сложились исторически. В целом отношение  $B/D$  находится в пределах от 1,56 до 4,00.<sup>x</sup> Практически оказывается возможным построить для каждого типа машины зависимость  $D = f(V)$ . На рисунке показана такая зависимость  $B$  для отечественных машин типа ФМ и ФПМ. Таким образом, по заданному объему камеры нетрудно найти диаметр импеллера.

При данной величине  $D$  значения  $\omega$  могут лежать в довольно широких пределах. С одной стороны, увеличение скорости импеллера диктуется условиями обеспечения необходимого аэрационного режима в камере по количеству и качеству перерабатываемого воздуха, перемешивания пульповоздушной смеси в камере, незапесочивания камеры. С другой стороны, вопросы повышения долговечности аэрационного узла и снижения удельной энергоемкости предопределяют необходимость снижения скорости вращения импеллера. В этом смысле можно потребовать, чтобы в камере существовала хорошо развитая турбулентность, в условиях которой достигается хорошее перемешивание пульпы.

Гидродинамически такой режим может быть определен значением числа Рейнольдса  $Re > 2 \cdot 10^4$ . Основываясь на этом, можно определить наименьшее ориентировочное значение  $\omega$ , пользуясь критерием Рейнольдса для флотационных машин в следующем виде

<sup>x</sup> Ю. Е. Л о б а ш о в, А. П. С ы р н е в. Исследование энергозатрат в механической флотационной машине с турбоцентробежным импеллером. - Изв. вузов, Горный журнал, 1976, № 3.

$$Re = \frac{\rho \omega D^2}{\mu}, \quad (2)$$

откуда

$$\omega = Re \mu / \rho D^2 > 2 \cdot 10^4,$$

где  $\mu$  — динамический коэффициент вязкости, кг/(м·с).

Таким образом, полученное из выражения (2) значение  $\omega$  является нижним пределом для скорости импеллера.

Значительно труднее определить верхний предел скорости  $\omega$ . При увеличении ее резко возрастают энергетические затраты, это видно из выражения (1). Кроме того, чрезмерная турбулизация потоков в машине приводит к значительному росту инерционных сил, что отрицательно сказывается на возможности закрепления пузырьков воздуха на минеральных частицах. В связи с этим в последнее время в отношении скорости импеллера в мировой практике конструирования флотационных машин наметилось вполне определенное направление. Принято рассматривать не угловую скорость вращения вала импеллера, а периферическую (окружную)  $v$ , так как именно этот параметр в конечном счете определяет гидродинамику потоков в зоне импеллера. Эту скорость для машин одного типа, но разных размеров принимают либо одинаковой, либо для машин больших размеров (с большими объемами камер) ее несколько снижают.

Для флотационных машин разных типов величина  $v$  находится в пределах от 6 до 10 м/с. Для каждого типа машин практикой эксплуатации установлена определенная тенденция в отношении окружной скорости импеллера, так что имеется возможность представить графически зависимость  $v = f(V)$  (кривая Г на рисунке).

Итак, определение установочной мощности двигателя флотационной машины механического или пневмомеханического типов можно выполнить, пользуясь тремя зависимостями — диаметра импеллера, окружной скорости и безразмерного критерия мощности в функции объема камеры, а также основными положениями теории подобия применительно к флотационным машинам.

Для примера определим установочную мощность двигателя механической машины типа "Механобр" при объеме камеры 10 м<sup>3</sup>.

По графику  $K_N = f(V)$  (см. зависимость А на рисунке) находим коэффициент для данного объема камеры  $K_N = 8 \cdot 10^{-3}$ . По графику  $D = f(V)$  (см. кривую Б на рисунке) находим величину  $D = 0,85$  м. По графику  $v = f(V)$  (см. кривую Г на рисунке) находим периферическую скорость импеллера  $v = 9$  м/с. Определяем угловую скорость вала импеллера  $\omega = 2v/D = 2 \cdot 9/0,85 = 21,2$  рад/с. По зависимости (2) проверяем гидродинамический режим в камере флотационной машины<sup>x</sup>  $N = 8 \cdot 10^{-3} \cdot 21,2^3 \times 0,85^5 = 33820$  Вт  $\approx 34$  кВт.

<sup>x</sup> В качестве рабочей среды в камере машины при построении графика  $K_N = f(V)$  принята вода, поэтому в зависимостях (1) и (2) приняты плотность и вязкость воды.