

ГРАНИЦЫ ПЕРВОГО УЧАСТКА ЛОПАСТЕЙ В КАНАЛАХ ОСЕВОЙ ТУРБИНЫ

Проведенными ранее исследованиями получены зависимости для определения скоростей движения среды и лопасти, а также давления среды на лопасть при вводе потока радиально [1] и под некоторым углом α к направлению, обратному окружной скорости [2, 3].

Выведены обобщенные скорости движения среды в направлении, перпендикулярном плоскости лопасти, а также в тангенциальном и радиальном направлениях, которые определяются соответствующими выражениями [2–4] в зависимости от углов наклона лопастей и ввода среды в межлопастное пространство.

Полученные выражения распространяются только на начальные узкие длины элементарных участков лопастей. Вместе с тем, среда, вводимая в межлопастное пространство турбины, воздействует на участки лопастей, более широкие, чем длины начальных элементарных участков.

Определим взаимосвязь некоторых параметров осевой турбины на начальном участке, элемент которой приведен на рисунке 1 *а, б*.

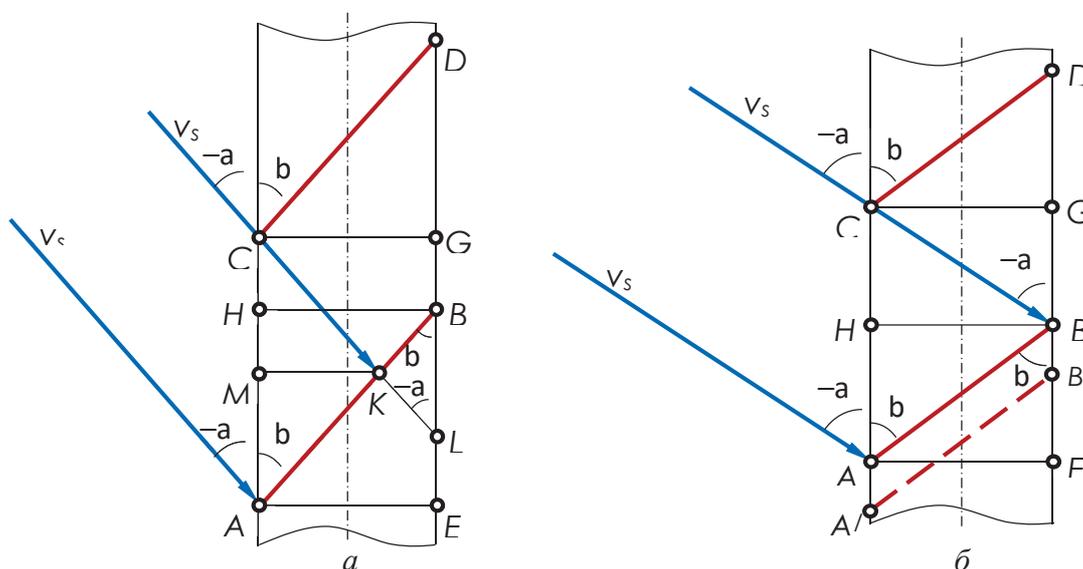


Рисунок 1 – Элемент осевой турбины
***a* – к выводу расчетных зависимостей;**
***б* – оптимальные значения параметров**

Как видно из рисунка 1 *а*, приведенные отрезки и углы геометрически взаимосвязаны.

Угол между плоскостью лопасти и плоскостью вращения турбины составляет β . Среда вводится в межлопастное пространство со скоростью v_s под углом α к вышеупомянутой плоскости вращения. Значение угла ввода среды принято отрицательным, т. к. углы β и α расположены в противоположных сторонах от плоскости вращения турбины. Угол между двумя соседними лопастями равен γ . Длина AK начального участка лопасти AB , на которую воздействует среда, ограничена второй лопастью CD .

Значение угла γ зависит от количества лопастей z и может быть определено по зависимости $\gamma = 2\pi / z$.

Из прямоугольного треугольника ABE длины катетов равны

$$AE = AB \sin \beta; \quad (1)$$

$$BE = AB \cos \beta. \quad (2)$$

Предположим, что изображенные на рисунке 1, a отрезки удалены от оси вращения турбины на расстоянии r . Тогда линейный шаг лопастей определяется соотношением

$$AC = EG = 2\pi r / z. \quad (3)$$

Отношение сторон прямоугольного треугольника CGL

$$\frac{CG}{CL} = -\sin \alpha; \quad (4)$$

$$\frac{GL}{CG} = -\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}, \quad (5)$$

откуда с учетом (1)

$$CL = \frac{AE}{-\sin \alpha} = -AB \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}; \quad (6)$$

$$GL = -AE \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = -AB \sin \beta \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}. \quad (7)$$

Длина отрезка EL равна разности

$$EL = EG - GL = 2\pi r / z + AB \sin \beta \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}. \quad (8)$$

Предположим, что отношение отрезков $AK / AB = x$, откуда

$$AK = ABx. \quad (9)$$

Из прямоугольного треугольника AKM следует

$$AM = AK \cos \beta = AB x \cos \beta; \quad (10)$$

$$MK = AM \frac{\sin \beta}{\cos \beta} = AB x \sin \beta. \quad (11)$$

Из прямоугольного треугольника CKM вытекает

$$\frac{CM}{MK} = -\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}, \quad (12)$$

откуда с учетом (11)

$$CM = -MK \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = -AB x \sin \beta \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}. \quad (13)$$

Линейный шаг лопастей определяется также суммой отрезков AM и CM

$$AC = AM + CM = AB x \left(\cos \beta - \sin \beta \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \right). \quad (14)$$

В результате совместного решения (3) и (14) получено

$$x = \frac{2\pi r \sin \alpha}{AB z \sin(\alpha - \beta)}. \quad (15)$$

Подставим соотношение (15) в формулы (9) и (14)

$$AK = \frac{2\pi r \sin \alpha}{z \sin(\alpha - \beta)}; \quad (16)$$

$$AC = 2\pi r / z. \quad (17)$$

При определенных изменениях длины отрезков и значений углов α и β поток среды может распространиться на всю ширину лопасти AB . В этом случае точки K и B совмещаются (см. рис. 1, б), а отношение x становится равным единице. Формула (15) измениться до вида

$$\frac{2\pi r \sin \alpha}{AB z \sin(\alpha - \beta)} = 1, \quad (18)$$

из которого выводится зависимость

$$\frac{2\pi r}{AB z} = \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin \alpha}. \quad (19)$$

При раскрытии числителя правой части уравнения (19) можно получить

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\sin \beta}{\cos \beta - 2\pi r / AB z}; \quad (20)$$

$$\frac{2\pi r}{AB z} = \cos \beta - \sin \beta \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}. \quad (21)$$

Как видно из рисунка 1, исходный поток среды воздействует только на участок лопасти AK и не затрагивает другую часть лопасти

KB из-за ограничения потока второй лопастью CD , что указывает на нерациональный расход материала лопасти. На рисунке 1 б поток среды достигает всего участка лопасти AB и такое соотношение отрезков и углов является наиболее оптимальным с точки зрения использования энергии потока и конструкции турбины.

Возможен также вариант, при котором, например, при увеличении расстояния между лопастями, часть исходного потока среды пройдет межлопастное пространство без воздействия на лопасти $A'B'$ (см. рис. 1 б). В этом случае нерационально расходуется энергия потока среды.

Из анализа полученных формул следует, что границы первого участка лопастей зависят от геометрической характеристики турбины: размеров турбины (ширина лопастей), количества лопастей (угол γ), углов наклона лопастей β и ввода потока среды – α .

Предложенная методика определения параметров первого участка лопастей может быть использована для вывода аналогичных зависимостей для второго и последующих участков лопастей по ходу движения среды в осевой турбине.

При использовании методологии [1–4] полученные зависимости позволят найти скорости и давления среды на первый и последующие участки лопасти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлечко, В.Н. Зависимость параметров центростремительной турбины от угла наклона лопастей / В.Н. Павлечко // Химическая промышленность. – 2017. – Т. 94. № 5. – С. 247–254.
2. Павлечко, В.Н. О работе радиальной турбины при вводе закрученного потока // Горная механика и машиностроение. – 2017. – № 3. – С. 52–64.
3. Павлечко, В.Н. Зависимость параметров осевой турбины от угла наклона лопастей / В.Н. Павлечко, Г.В. Казаченко // Горная механика и машиностроение. – 2017. – № 1. – С. 22–30.
4. Павлечко, В.Н. Скорости движения среды между лопастями осевой турбины / В.Н. Павлечко // Горная механика и машиностроение. – 2018. – № 3. – С. 49–54.