

МАШИНОСТРОЕНИЕ

А. А. АЛЕКСАНИ

К ВЛИЯНИЮ ЭЙЛЕРОВЫХ СИЛ РЕАКЦИИ
НА ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ТЕЧЕНИЕ ПОТОКА В КОЛЕСАХ
ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ЛОПАТОЧНЫХ МАШИН

Известно какое важное значение для расчета характеристик центробежных лопаточных машин имеет правильное определение величины относительной скорости и угла выхода межлопаточных струй рабочего колеса. Известны также и трудности, связанные с точным определением этих величин, препятствующие созданию достаточно надежного прямого метода расчета указанных машин [1].

Обусловлено это обстоятельство сложным поведением межлопаточных струй, проявляющимся в их отклонении к набегающей стороне лопаток (явление отставания потока от выходных участков колеса) и к заднему диску колеса [1]. Поэтому решающим фактором становится выявление сил, которые воздействуют на поток колеса в его относительном движении.

В данной работе показывается, что сложное поведение межлопаточных струй можно физически обосновать воздействием сил реакций на относительное течение в колесе. Силы реакции возникают в межлопаточных струях, при вращении колеса и создают, в направлении шага по лопаткам, момент количества движения, противоположный моменту на валу колеса. Силы реакции возникают также при изменении направления входящего в колесо потока с осевого на радиальное, но в этом случае они направлены в сторону заднего диска колеса.

Теоретическое доказательство возникновения в межлопаточных струях момента от сил реакций следует из уравнения моментов количества движения, которое для потока колес турбин и центробежных лопаточных машин в установившемся режиме имеет следующий вид [2]:

$$M_{K_2} - M_{K_1} + M_{P_2} - M_{P_1} - M_R = 0, \quad (1)$$

где $M_{K_2} - M_{K_1}$ — момент количества движения; $M_{P_2} - M_{P_1} - M_R$ — момент поверхностных сил, который состоит из момента, вызванного действием внешних сил $M_{P_2} - M_{P_1}$ и противоположного ему по направлению момента сил реакций M_R .

Величина M_R в колесах турбин создает момент на валу, противоположный по направлению моменту количества движения. Из принци-

па обратимости лопаточных машин [2] следует, что в центробежной лопаточной машине M_R создает момент количества движения, противоположный по направлению моменту на валу.

Таким образом, момент от сил реакций имеет место не только в колесах турбин, но, в соответствии с уравнением (1), и в колесах центробежных лопаточных машин, причем его взаимосвязь с моментом внешних сил в обоих случаях качественно одинакова. Отличие между колесами турбин и центробежных машин заключается лишь в том, что в первом случае момент количества движения межлопаточных струй обусловлен криволинейной формой межлопаточных каналов, а момент внешних сил во втором — радиальной длиной межлопаточных каналов.

Экспериментальное подтверждение противоположности по направлению момента количества движения и момента на валу в колесах центробежных машин хорошо иллюстрируется известными фотографиями, приведенными в [3, 4].

Моментом от сил реакций может быть объяснено отклонение межлопаточных струй к набегающей стороне лопаток, проявляющееся в их отставании от выходных участков колеса. Нетрудно увидеть, что известная одномерная схема течения идеальной жидкости в колесе с бесконечным числом бесконечно тонких лопаток [1] физически верно отражает процесс отклонения межлопаточных струй только для колеса с загнутыми назад лопатками, чем и обуславливается сравнительно высокая точность расчетов колес с этим типом лопаток. Этот тип лопаток в наибольшей степени соответствует тенденции межлопаточных струй к отклонению в направлении, противоположном вращению колеса, чем можно объяснить причины минимальных гидравлических потерь забираемой колесом механической мощности и наилучшее заполнение активным потоком межлопаточных каналов.

Что касается радиальных и загнутых вперед лопаток, то они искусственно противодействуют отклонению межлопаточных струй, благодаря чему возрастает их угол выхода из колеса и потребляемая колесом механическая мощность. Этим обстоятельством можно объяснить причины наибольшего отставания потока от сбегающей стороны лопаток, наихудшего заполнения активным потоком, максимальных гидравлических потерь и наибольшей относительной скорости в колесах с этим типом лопаток.

Теоретическое доказательство возникновения сил реакций в межлопаточных струях из-за изменения направления входящего в колесо потока с осевого на радиальное следует из уравнения количества движения [2]:

$$\vec{K}_2 - \vec{K}_1 - \vec{P}_2 - \vec{P}_1 - \vec{R} = 0, \quad (2)$$

где $(\vec{K}_2 - \vec{K}_1)$, $(\vec{P}_2 - \vec{P}_1)$ — векторы изменения количества движения и внешних сил; \vec{R} — величина силы реакции, направленной встречно вектору $\vec{P}_2 - \vec{P}_1$.

Поскольку стенкой, изменяющей количество движения потока, в данном случае является задний диск колеса, то вектор сил реакции оказывается направленным в его сторону, чем можно объяснить отклонение межлопаточных струй к этому диску.

Уравнениями (1) и (2) могут быть объяснены наиболее характерные особенности поведения потока рабочих колес центробежных лопаточных машин. Учет влияния, оказываемого силами реакции на относительное движение потока, при расчетном рассмотрении течения в колесе создает предпосылки для разработки физически обоснованных способов расчета следующих параметров потока и колеса:

- а) угла выхода межлопаточных струй из колеса;
- б) гидравлических потерь в колесе;
- в) относительной скорости межлопаточных струй;
- г) конфигурации переднего диска и рабочих лопаток, удовлетворяющих условию безотрывного течения в колесе;
- д) потребляемой колесом механической мощности;
- е) силового взаимодействия струй с системой лопаток и задним диском.

Учет сил реакций приведет к уменьшению ошибок, вызванных масштабным эффектом при пересчете характеристик лопаточных машин по формулам подобия. Это позволит разработать более экономичные центробежные лопаточные машины и получить значительный экономический эффект, если учесть, что одни только вентиляторы потребляют около 8% вырабатываемой в стране электроэнергии [1].

Выводы

1. Межлопаточные струи колес центробежных лопаточных машин в своем относительном движении испытывают воздействие Эйлеровых сил реакций.

2. Силы реакции создают момент количества движения, противоположный по направлению приложенному к колесу внешнему моменту и отклоняют межлопаточные струи к набегающей стороне лопаток. Эти же силы отклоняют межлопаточные струи к заднему диску колеса.

3. Учет влияния оказываемого силами реакции на межлопаточные струи позволяет обобщить известные экспериментальные данные и создает предпосылки для качественно нового шага на пути дальнейшего совершенствования теории и практики центробежных лопаточных машин.

Ա. Ա. ԱՂԵՍԱՆՅԱՆ

ԿԵՆՏՐՈՆԱՆՈՒՅՍ ԹԻԱԿԱՎՈՐ ՄԵՔԵՆԱՆԵՐԻ ԱՆԻՎՆԵՐՈՒՄ
ՇԻԹԻ ՀԱՐԱՐԵՐԱԿԱՆ ՀՈՍՔԻ ՎՐԱ ԷՅԼԵՐԻ ՀԱԿԱԶԴԻՄԱՆ
ՈՒԺԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա ո Վ ի ո Վ ո Վ

Իերվում են կենտրոնախույս թիակավոր մեքենաների անիվների միջթիակային շիթերում էյլերի հակազդման ուժերի առաջացման տեսական և փորձնական ապացույցները:

Հակազդման ուժերը անիվի լիսեռի վրա արտաքին մոմենտին հակառակ ուղղությամբ ստեղծում են շարժման բանակի մոմենտ և շեղում միջթիակային շիթերը դեպի թիակների վրավազող կողմը և անիվի հետևի սկավառակը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Под ред. Соломаховой Т. С. Центробежные вентиляторы. Изд. «Машиностроение», М., 1975, с. 3, 37, 81, 84, 85, 172.
2. Мастков М. А. Прикладная гидромеханика. Госэнергоиздат, М.—Л., 1963, с. 73, 83, 84.
3. Постоловский С. И. Исследование аэродинамики проточной части центробежных вентиляторов. «Электрические станции», № 6, 1960, с. 32.
4. Невельсон М. И. Центробежные вентиляторы. Госэнергоиздат, М.—Л., 1954, с. 87, 88.