

FRONTAL TURBULATION OF THE STREAM IN CHANNELS OF IMPELLER MACHINES

A. Bobkov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Komsomolsk-on-Amur State Technical University,
Russia

The author points out the necessity to use special devices - front turbulators in impeller machines installed in channels of rotors of machines in order to create the optimal velocity and pressure fields.

Keywords: impeller machine, rotor, flow velocity field, front turbulator.

Conference participant

Традиционным резервом совершенствования конструкций лопаточных машин (насосов, компрессоров, турбин) является геометрическая оптимизация проточной полости и, в частности, лопаток рабочих органов. Оптимизация в последние годы шла в направлении от геометрической примитивизации проточной полости, которую можно было

Оптимальная проточная часть лопаточной машины должна генерировать градиенты скоростей и давлений нужной формы на одних участках потока и снижать градиенты на других участках. Наиболее сложными в этом смысле являются каналы рабочего колеса центробежного нагнетателя (насоса или компрессора), в котором механизм пре-

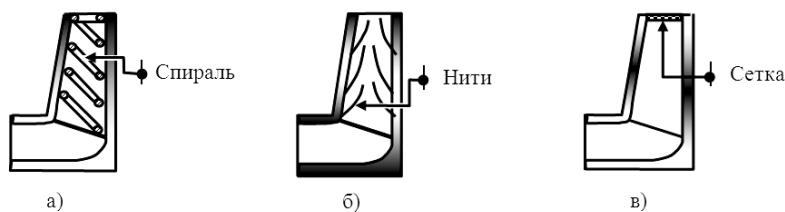


Рис. 1. Запатентованные варианты турбулизаторов, устанавливаемых в рабочее колесо: а) А.с. 806908 (СССР); б) А.с. 1090916 (СССР); в) А.с. 240480 (СССР)

интерпретировать как совокупность поверхностей вращения второго порядка, к пространственной форме каналов. Переход к проектированию и изготовлению элементов лопаточной машины в 3D формате на 3D-принтерах означает, что указанный резерв в ближайшее время будет исчерпан и наступит новый этап, когда формирование оптимальных полей скоростей и давлений с помощью геометрической оптимизации натолкнется на конструктивные ограничения по предельным осевым и радиальным габаритам машины, радиусам поворота потока и т.п. В этом случае следующим резервом повышения энергетической эффективности машины должны стать иные принципы формирования оптимальной структуры потока. В частности, принципы управления пограничным слоем [1].

образования механической энергии вращения колеса в кинетическую энергию потока зависит от указанных градиентов, которые имеют неблагоприятный характер изменения.

Например, упрощенная модель течения в рабочих колесах центробежных нагнетателей констатирует две, значительно различающиеся по уров-

ФРОНТАЛЬНАЯ ТУРБУЛИЗАЦИЯ ПОТОКА В КАНАЛАХ ЛОПАТОЧНЫХ МАШИН

Бобков А.В., д-р техн. наук, доцент
Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, Россия

В статье обращается внимание на необходимость использования в лопаточных машинах специальных устройств – фронтальных турбулизаторов, устанавливаемых в каналы рабочих колёс машин с целью формирования оптимальных полей скоростей и давлений.

Ключевые слова: лопаточная машина; рабочее колесо; поле скоростей потока; фронтальный турбулизатор.

Участник конференции

но кинетической энергии, структуры в потоке: струя (зона с высоким уровнем скоростного напора в относительном движении) и след (зона с почти нулевым уровнем скоростного напора), существование которых приводит к повышенной неравномерности поля скоростей, увеличению потерь энергии и росту угла отставания потока от рабочего колеса [2]. Последний фактор влияет на эффективность работы рабочего колеса. В приложении к центробежным нагнетателям это снижает их напорные качества.

Одним из перспективных методов как уменьшения так и увеличения градиентов полей скоростей и давлений, на наш взгляд, может стать типовой приём теории управления пограничным слоем: турбулизация потока. Конструктивно она осуществляется с помощью специальных устройств

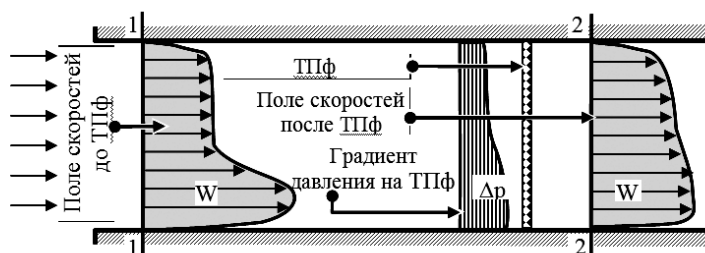


Рис.2. Схема деформации поля скоростей турбулизатором потока фронтального действия (ТПФ)

- турбулизаторов потока (ТП), устанавливаемых в каналы лопаточных машин [3]. Выбор типа и размеров ТП зависят от пространственной формы разноэнергетических зон и их взаиморасположения в канале.

По степени масштабности воздействия на поток ТП можно разделить на два типа:

- пространственные ТП, размеры которых выходят за пределы пристеночного слоя, интенсифицируя энергообмен между ядром потока и периферийной зоной,

- локальные ТП, изменяющие характер течения в тонких слоях, прилегающих к обтекаемой поверхности. Данный тип ТП приемлем для каналов, течение в которых характеризуется наличием «толстых» пристенных слоёв.

Пространственные ТП по конструктивному исполнению и воздействию на поток можно классифицировать как:

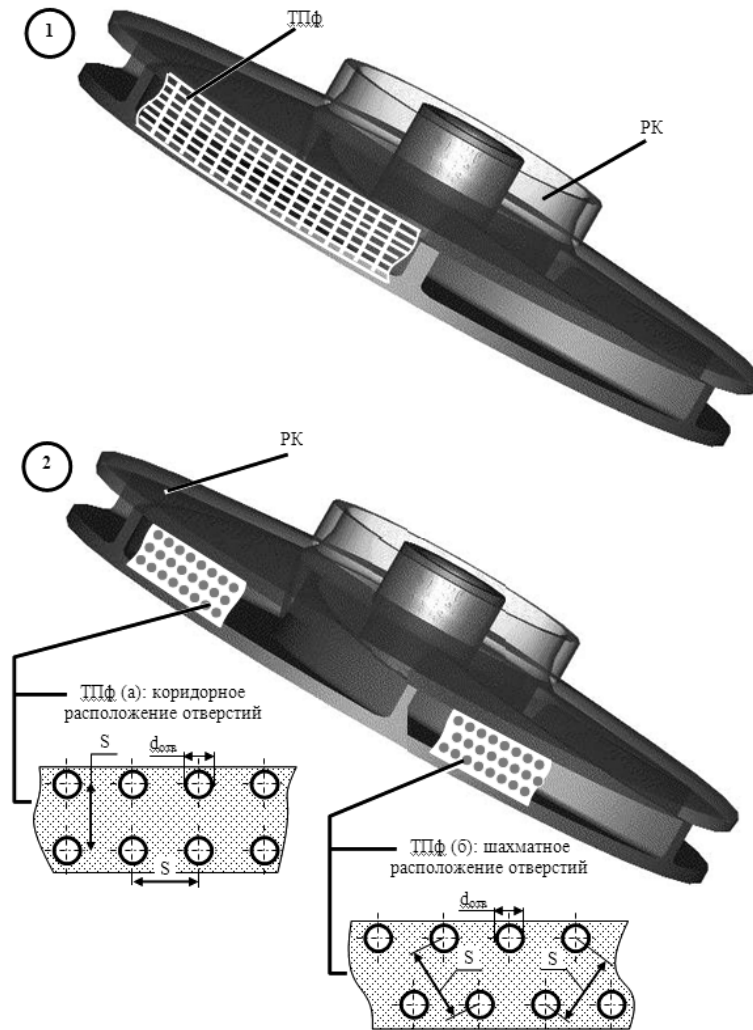
- фронтальные (ТПф),
- продольные,
- продольно-фронтальные.

Для центробежных лопаточных машин пространственные ТП известны из патентной литературы: сетки, перфорированные пластины, стержни, гибкие нити. На рис. 1 изображены варианты ТП [4]:

- продольно-фронтальные (рис. 1, а),
- продольные (рис. 1, б),
- фронтальные (рис. 1, в).

Механизм воздействия турбулизатора рассмотрим на примере ТПф, установленного в канале поперёк вектора относительной скорости W . Внося в набегающей поток возмущение разной степени локализации, ТП стимулируют перераспределение кинетической энергии между разноэнергетическими зонами потока в канале, (см. рис. 2). Оказывая гидравлическое сопротивление движению потока [5] он «выравнивает» поле скоростей, генерируя дополнительный градиент статического давления Δp . В результате, увеличивается нагрузка на лопатки, повышается степень закрутки потока и улучшаются напорные качества машины.

Для турбулизации потока в рабочих колёсах лопаточных машин в качестве перспективных можно указать ТП фронтального действия (ТПф). Первым предложил закрепить ТПф из сетки на периферии рабочего колеса центробежного насоса засл. деятель науки и техники, д-р техн. наук, проф. Овсянников Б.В., (см. рис. 3). Экспериментальная проверка энергетической эффективности установки



**Рис. 3. Общий вид фрагментов ТПф, закреплённых на периферии РК:
1 – из сетки; 2 – из перфорированного листа**

сетки на периферии рабочего колеса впервые была осуществлена в лабораториях Московского авиационного института и КБХиммаш им. А.М. Исаева. По её результатам исследовательским коллективом получено авторское свидетельство на изобретение, (см. рис. 1 в). Напор насоса после установки ТПф в виде сетки увеличился на 20%.

ТПф можно использовать и для локализации зон отрыва потока. Например, рис. 4, построенный по данным из [6], иллюстрирует возможность повышения подъёмной силы плоской решётки профилей путём локализации зон отрыва с помощью сеток, частично перекрывающих каналы.

В исходной решётке на выпуклой стороне профилей существовал отрыв потока. С целью его локализации на расстоянии 5 мм до точки отрыва в

зоне, примыкающей к выпуклой стороне профилей, были установлены сетки, частично перекрывающие решётку по её фронту (при шаге решётки $t=120$ мм, длина сеток равнялась 30 мм). Перестройка полей скоростей и давлений привела к заметному росту подъёмной силы решётки на большей части её длины (см. участок роста ΔC_y , рис. 4, где $\Delta C_y = C_{y \text{ с ТП}} - C_{y \text{ без ТП}}$). Изменение коэффициентов C_x и C_y при установке сетки оценивалось по формулам:

$$\begin{cases} \Delta c_y = c'_y - c''_y; \\ \Delta c_x = c'_x - c''_x, \end{cases}$$

где символ ' относится к решётке профилей без сетки, а символ '' к решётке профилей с сетками:

$$\begin{cases} c'_y = \frac{2}{\tau} (\text{tg} \beta'_{1z} - \text{tg} \beta'_{2z}) \cos \beta'_m - c'_x \text{tg} \beta'_m; \\ c'_x = \frac{\Delta h'}{\tau \cos^2 \beta'_{1z}}, \end{cases}$$

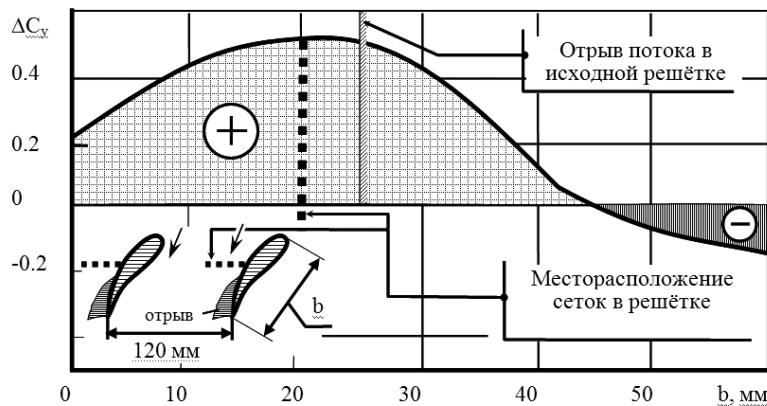


Рис.3. Влияние стенок на коэффициент подъемной силы ΔC_y по длине профиля плоской решётки (по данным [6]):

- ⊕ - участок роста;
- ⊖ - участок снижения подъемной силы

$$\begin{cases} c_y'' = \frac{2}{\tau} [\text{tg}\beta'_{1z} - \text{tg}(\beta'_{2z} - \Delta\beta)] \cos\beta''_m - c_x'' \text{tg}\beta''_m; \\ c_x'' = \frac{\overline{\Delta h}' + \overline{\Delta h}''}{\tau} \frac{\cos^2\beta''_m}{\cos^2\beta'_{1z}}. \end{cases}$$

Здесь τ - густота решётки; β'_{1z} , β'_{2z} , β''_m угол входа, выхода и среднегеометрический угол потока в решётке без сеток; β''_m - среднегеометрический угол потока в решётке с сетками;

$\overline{\Delta h}' = \frac{2\Delta h'}{\rho v_1^2}$ - потери в решётке без сеток; $\overline{\Delta h}'' = \frac{2\Delta h''}{\rho v_1^2}$ - потери в решётке с сетками, где $\Delta h'' = \frac{\overline{\Delta h} \rho v_1^2}{2}$.

Результирующая подъёмная сила решётки после установки сеток значительно возросла, а потери энергии, даже с учётом сопротивления сеток за счёт локализации отрыва, уменьшились.

Рассмотренная цель применения ТПФ актуальна и для центробежных нагнетателей. Вдоль тыльной стороны лопаток их рабочих колёс часто формируются зоны отрыва. Их локализация позволит увеличить гидравлический КПД машины.

Преимущества ТП фронтального действия по сравнению с другими вариантами турбулизаторов заключаются в их конструктивной простоте, возможности установки в каналы и рабочие колёса без изменения проточных форм последних при сохранении энергетически выраженного действия на поток.

2. Бобков А.В. Центробежные насосы систем терморегулирования космических аппаратов. - Владивосток: Дальнаука, 2003 г. - 217 с.

3. Терещенко Ю.М. Аэродинамика компрессорных решёток. - М.: Машиностроение, 1979. - 118 с.

4. Бобков А.В. Проблемы пространственной турбулизации потока в рабочих колёсах лопаточных машин / Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. 2011. Т. 2. № 3. С. 36-37.

5. Бобков А.В. Оценка влияния фронтального турбулизатора на гидравлическое сопротивление диффузора / Современные проблемы науки и образования. - 2012. - № 3. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <http://www.science-education.ru/103-6337>.

6. Хорошев Г.А., Петров Ю.И., Егоров Н.Ф. Борьба с шумом вентиляторов. - М.: Энергоиздат, 1981. - 144 с.

References:

1. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. - М.: Наука, 1974. - 711 с.



International Academy of Science and Higher Education