

ПЕТЛЕВИДНЫЕ ВИНТЫ

Месропян А.В.¹, Шабельник Ю.А.¹

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, yushabelnik@gmail.com

Ключевые слова: лопастные машины, тороидальные винты, петлевидные винты, рабочий процесс петлевидных винтов.

Современные исследования рабочих процессов винтов как воздушных, так и гребных указывают на тенденции использования нестандартных геометрических форм лопастей винтов, таких как тороидальные или петлевидные лопасти. В работах Массачусетского технологического института [1, 2] (рис. 1а) указывается на революционное достижение в авиационном и морском секторах за счет увеличения эффективности винтов, немаловажным преимуществом отмечается снижение уровня шума при работе подобных винтов.

Опираясь на работы [3, 4] (рис. 1б, в) авторами проведено исследование рабочего процесса винта с петлевидными лопастями [5] (рис. 1г). Вихревые потоки, возникающие при работе винта, оказывают существенное влияние на параметры рабочего процесса и эффективность винта в целом, исключение концевой вихря позволит снизить возникающие потери давления потока, следственно повышая КПД винта.

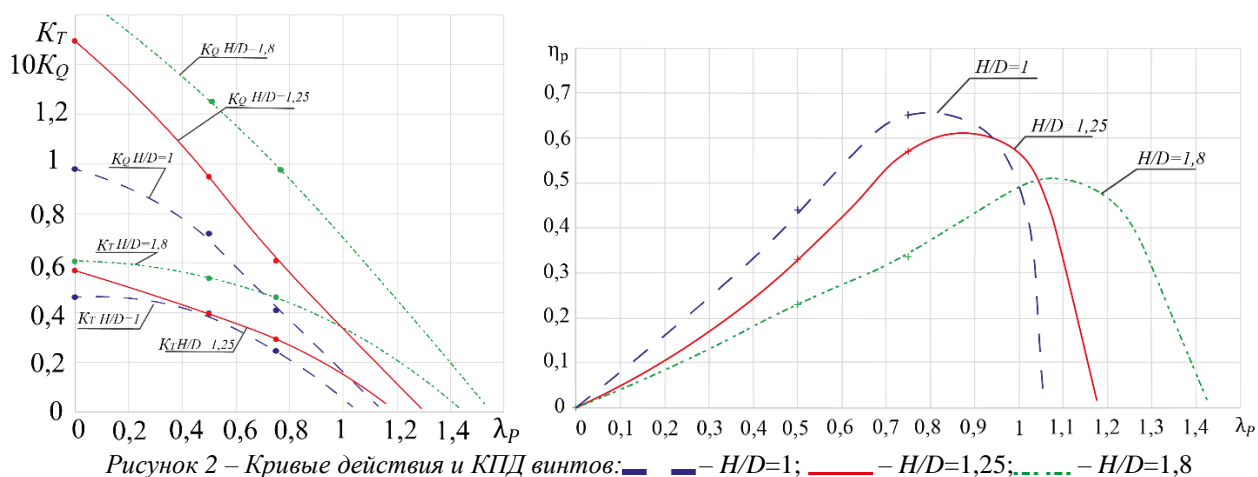


а) б) в) г)

*Рисунок 1 – Примеры реализации винтов петлевидной формы:
а – Тороидальный винт [1], б – Вихрор [3], в – гребной винт Sharrow [4],
г – петлевидный винт [5]*

Рабочим телом, для исследования рабочего процесса винта с лопастями петлевидной формы, выбрана жидкость с плотностью $\rho = 999 \text{ кг/м}^3$ при стандартных атмосферных условиях ($p = 101325 \text{ Па}$, $T = 288,15 \text{ К}$). Петлевидная форма лопасти позволяет обеспечить, при определенных параметрах винта, снижение гидродинамических потерь, исключить концевые вихри, а две нагнетающие и две засасывающие поверхности лопасти способствуют увеличению создаваемого упора. Сочетание геометрических характеристик петлевидного винта приводит к улучшению качества рабочего процесса и эффективности гребного винта в целом.

Результаты численного моделирования рабочего процесса гребного винта приведены на рис. 2 в виде зависимостей кривых действия (коэффициента упора $K_T = \frac{P}{\rho n^2 D^4}$ и коэффициента момента $K_Q = \frac{M}{\rho n^2 D^5}$ в виде функции от относительной поступи винта) и рассчитанного КПД на основе полученных зависимостей. Кривые действия представлены для различного шагового отношения (H/D) и позволяют выявить влияние шага на эффективность гребных винтов петлевидной формы.



Параметрическая оптимизация геометрических параметров винтов петлевидной формы позволяет обеспечить повышение КПД до уровня $\eta_{max} = 0,65$, превосходящего классические, традиционные схемные решения гребных винтов, у которых КПД $\eta \leq 0,45$, с одновременным увеличением тяговых характеристик винта. Многофакторная оптимизация рабочих процессов винтов петлевидной формы создаст условия для увеличения тяговых характеристик, снижения уровня шума, обеспечения топливной экономичности. Формирование методики проектирования винтов такой геометрии является необходимым условием для выхода на новый уровень совершенства и дальнейшего развития авиационных воздушных и морских гребных винтов.

Список литературы

1. Toroidal propellers: A noise-killing game changer in air and water [electronic resource] // Access mode – <https://newatlas.com/aircraft/toroidal-quiet-propellers/> (accessed 20 May 2023).
2. Six Lincoln Laboratory inventions win 2022 R&D 100 Awards // Access mode – <https://news.mit.edu/2022/lincoln-laboratory-inventions-win-rd-100-awards-0921> (accessed 20 May 2023).
3. A. Capitao Patrao, T. Grönstedt, R. Avellan, A. Lundbladh. Wake energy analysis method applied to the Boxprop propeller concept. /Aerospace Science and Technology. Volume 79, August 2018, P. 689-700. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2018.06.018>.
4. Sharrow Gregory Charles, Cherry Hill. Patent №009926058B2 (US) – Propeller, 27.05.2018.
5. Месропян А.В., Шабельник Ю.А. Патент РФ № 2780771. – Петлевидный гребной винт. опубл. 30.09.2022.

Сведения об авторах

Месропян Арсен Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры «Механики и цифрового проектирования» ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий». Область научных интересов: исследования в области проектирования и исследования быстродействующих гидроприводов авиационной и ракетно-космической техники.

Шабельник Юлия Андреевна, старший преподаватель кафедры «Механики и цифрового проектирования» ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий». Область научных интересов: исследования в области проектирования и исследования лопастных машин гидравлической, авиационной и ракетно-космической техники.

LOOP PROPELLERS

Mesropyan A.V., Shabelnik Yu.A.

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia, yushabelnik@gmail.com

Keywords: bladed machines, toroidal propellers, loop propellers, workflow of loop propellers, boxprop.

Current research on propeller workflows indicates trends in the use of non-standard propeller blade geometries, such as toroidal or loop-shaped blades. The works of the Massachusetts Institute of Technology indicate a revolutionary achievement in the aviation and marine sectors by increasing the efficiency of propellers, an important advantage is the reduction in the noise level during the operation of such propellers. Based on this the authors studied the working process of a propeller with loop-shaped blades. The vortex flows that occur during the operation of the screw have a significant impact on the parameters of the working process and the efficiency of the screw as a whole, respectively, the elimination of the end vortex will reduce the resulting flow pressure losses, consequently increasing the efficiency of the propeller.

The loop-shaped shape of the blade makes it possible, under certain propeller parameters, to reduce hydrodynamic losses, eliminate end vortices, and two pumping and two suction surfaces of the blade contribute to an increase in trust. The combination of the geometric characteristics of the loop propeller leads to an improvement in the quality of the workflow.

Parametric optimization of the geometrical parameters of the loop-shaped propellers makes it possible to increase the efficiency to the level of $\eta_{max} = 0,65$, which is superior to the classical, traditional designs of propellers, which have an efficiency of $\eta \leq 0,45$, with a simultaneous increase in the thrust characteristics of the propeller. Multifactorial optimization of the working processes of loop-shaped propellers will create conditions for increasing thrust characteristics, reducing noise levels, and ensuring fuel efficiency. The formation of a design methodology for propellers of such geometry is a necessary condition for reaching a new level of perfection and further development of aviation air propellers and marine propellers.