

УДК 697.911



Н.А. Кудрин, Н.С. Григорьев
Вологодский государственный университет

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ КРЫЛЬЧАТКИ ВЕНТИЛЯТОРА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

В статье представлены результаты расчетов по оптимизации конструктивных параметров крыльчатки вентилятора, предложена новая форма лопасти и по ее трехмерной модели методом моделирования потоковых процессов в текучей среде определено их оптимальное число по критерию производительности.

Система вентиляции, вентилятор, конструкция, расчет, производительность.

Задача роста производительности оборудования и оптимизации затрат при его эксплуатации является важным фактором конкурентных преимуществ продукции. В статье рассматривается задача обеспечения максимального потока воздуха в системах охлаждения путем изменения геометрии лопасти крыльчатки вентилятора при сохранении заданных параметров мощности.

В настоящее время для проведения вычислительных экспериментов все больше используются методы нелинейного конечно-элементного анализа (FEA – Finite Element Analysis) и моделирования потоковых процессов в текучей среде (CFD-анализ). Одним из средств выполнения данных задач является вычислительный инструмент SOLIDWORKS Flow Simulation фирмы Dassault Systems.

Исходными данными для расчета является 3D-модель крыльчатки с пятью лопастями, представленная на рисунке 1.

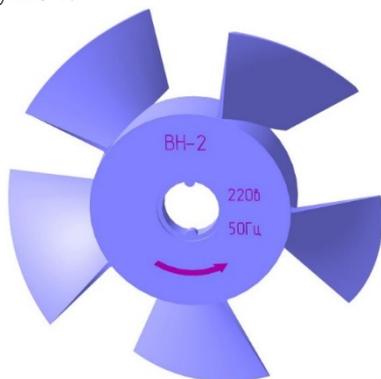


Рис. 1. 3D-модель крыльчатки с пятью лопастями

Суть расчета заключается в построении траекторий потока газа, проходящего через вентилятор, вращающийся со скоростью 2200 об/мин, и в вычислении характеристик этого потока.

Моделирование происходит в расчетной области размером 160 мм × 160 мм × 400 мм, разбитой на сетку элементов, в которую помещен вентилятор (рис. 2). В качестве газа выбираем воздух. Задаются внешние условия, такие как давление, равное нормальному давлению в 101 325 Па, и температура воздуха 20 °С. Граничным условием в данной системе является внутренняя цилиндрическая поверхность корпуса

50

вентилятора, которая представляется реальной стенкой и имеет статус статора.

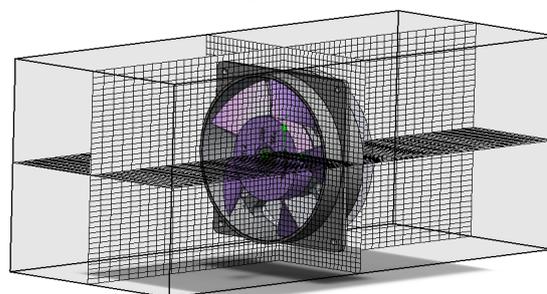


Рис. 2. Область моделирования

Результат расчета представлен на рисунке 3.

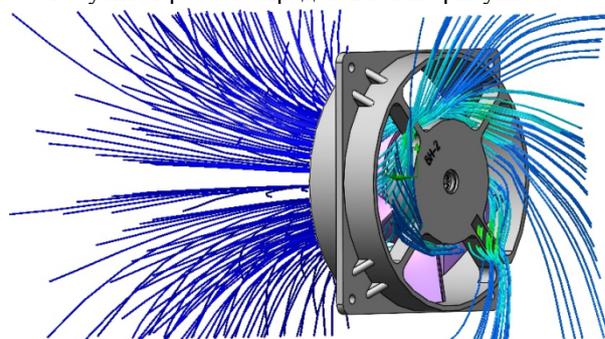


Рис. 3. Эюра скорости потока воздуха, проходящего через исходную крыльчатку

Изменим конструкцию лопасти крыльчатки вентилятора по рекомендациям фирмы Jamicon (рис. 4) [1].

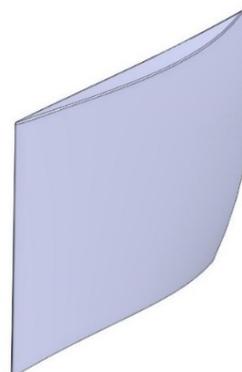


Рис. 4. Лопасть разрабатываемой крыльчатки

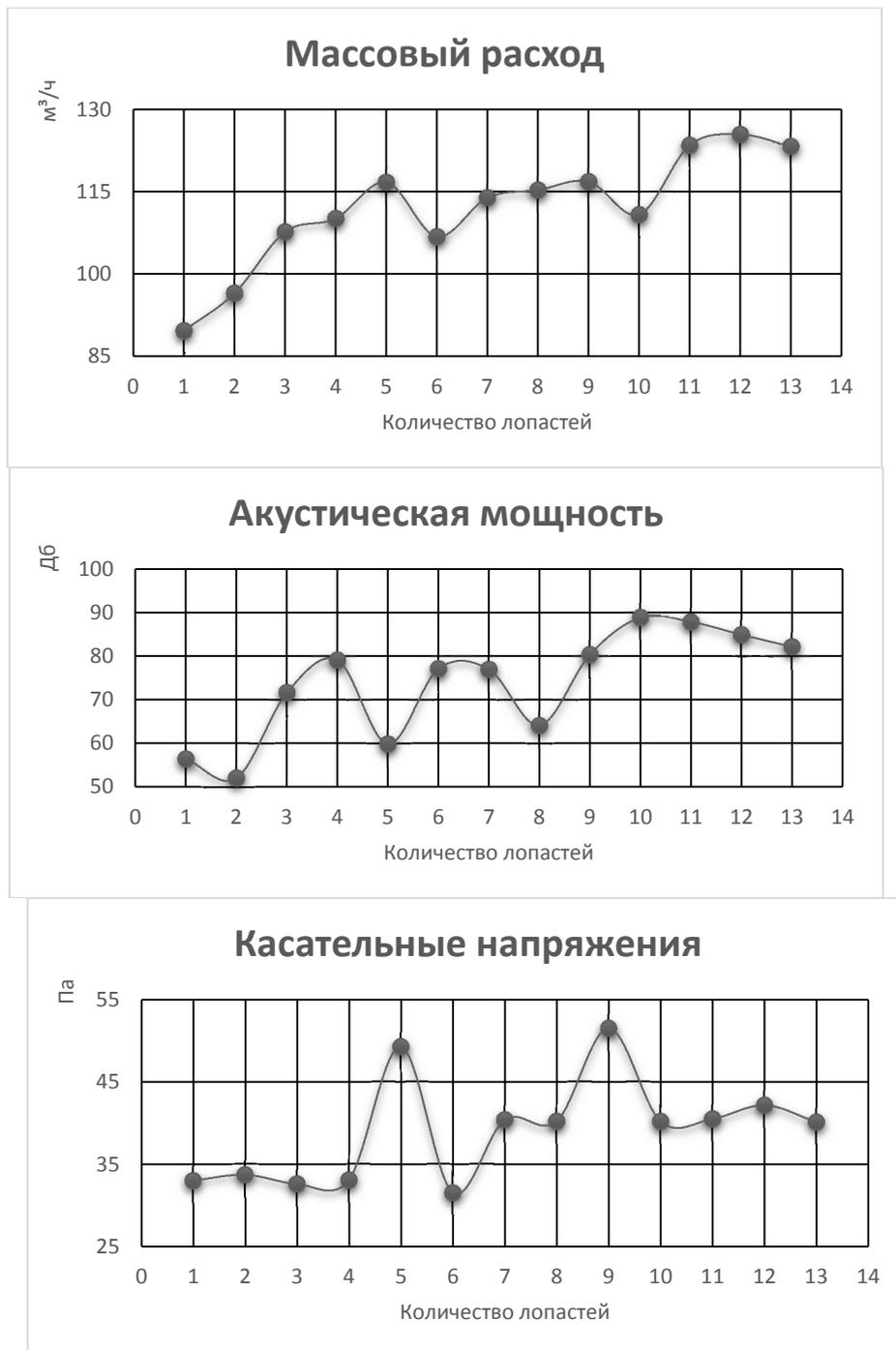


Рис. 5. Графики зависимостей рабочих характеристик крыльчаток от количества лопастей

Проведем расчет для крыльчаток с различным количеством лопастей для выбора оптимального варианта и сравним его с базовой крыльчаткой. Сравнение основных расчетных характеристик крыльчаток представлено на рисунке 5.

Из графика видно, что при конструкции, имеющей 7 лопастей, достигается высокий уровень объемного расхода воздуха и низкий уровень акустической мощности. Крыльчатки, имеющие 10 и 14 лопастей, также показывают высокий уровень объемного расхода воздуха, но при этом и создаваемый ими уровень акустической мощности выше, а это основная характеристика, которую требуется понизить. Исходя из этого, для конструирования крыльчатки выбираем конструкцию, которая имеет 7 лопастей (рис. 6).



Рис. 6. Модель разрабатываемой крыльчатки

Таблица 1

Результат расчета объемного расхода воздуха

Крыльчатка	Значение	Выполнение процесса	Критерии	Дельта
Оригинальная	97,1077 м ³ /ч	100	8,68472603	8,4565175
Модернизированная	107,6938 м ³ /ч	100	8,84684210	8,6573271

Таблица 2

Результат расчета характеристик потоков

Крыльчатка	Оригинальная		Модернизированная	
	Минимум	Максимум	Минимум	Максимум
Давление, Па	101161,22	101460,12	100885,74	102428,34
Скорость, м/с	0	20,923	0	28,765
Завихренность, 1/с	1,43e-0,3	4256,30	3,39e-0,3	24857,95
Скорость во вращающейся системе координат, м/с	0	14,535	0	28,765
Число Маха	0	0,6	0	0,8
Касательное напряжение, Па	0	20,64	0	16,73
Относительное давление, Па	-163,78	135,12	-439,26	1103,34
Уровень акустической мощности, дБ	0	83,87	0	50,58

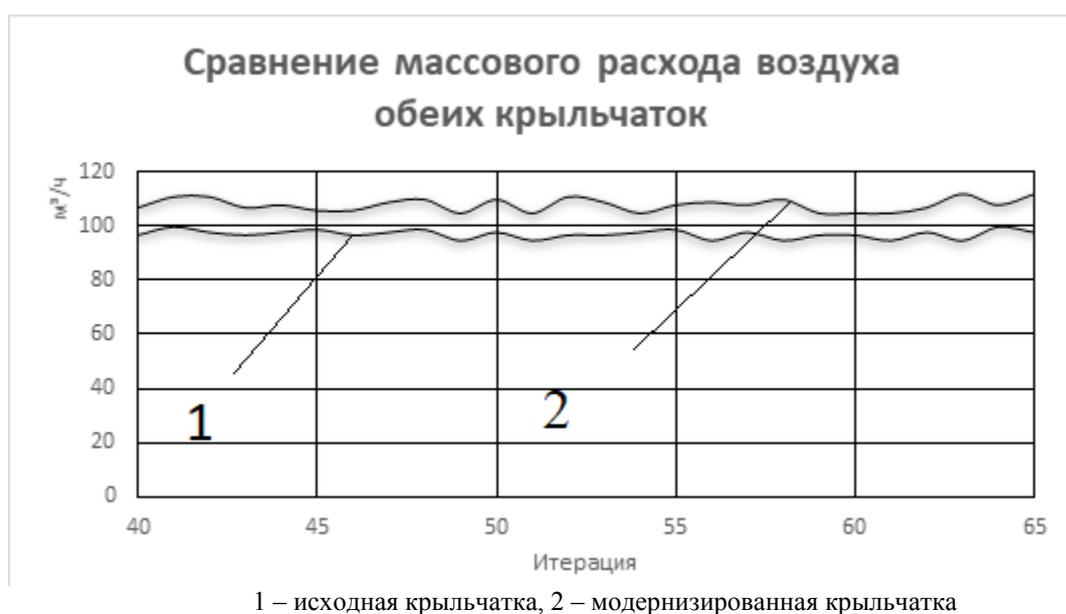


Рис. 7. Сравнение объемных расходов воздуха обеих крыльчаток в зависимости от итерации расчета

Далее проводится сравнение характеристик новой и исходной крыльчаток. Из расчетов получено, что скорость потока в модели с новой крыльчаткой выше, чем с оригинальной.

Главной характеристикой производительности вентилятора является объемный расход воздуха – это объем газа, проходящего через поперечное сечение потока в единицу времени. Результат расчета объемного расхода воздуха для обеих крыльчаток представлен в таблице 1.

Сравнение результатов расчетных характеристик потоков воздуха для обеих крыльчаток представлено в таблице 2.

Имитационное моделирование характеристик потока показало, что новая крыльчатка выигрывает по всем показателям.

На графике, представленном на рисунке 7, показано сравнение объемных расходов воздуха обеих крыльчаток в зависимости от итерации расчета. По нему можно проанализировать, как ведет себя характеристика объемного расхода воздуха во времени. Из графика видно, что сначала объемный расход воздуха модернизированной крыльчатки меньше, чем у оригинальной, но когда поток воздуха стабилизируется, объемный расход воздуха модернизированной крыльчатки становится выше, чем у оригинальной, и выравнивается.

Итак, по результатам расчетов видно, что объемный расход воздуха у новой крыльчатки выше на 9,83 %, касательные напряжения снижены на 18,94 %, а также уровень акустической мощности снижен на 39,69 %.

Показанный способ оптимизации конструкции крыльчатки вентилятора позволяет значительно

улучшить его характеристики в соответствии с требованиями производительности.

Литература

1. Конструкция крыльчатки вентилятора. Свободный софт. – URL: <https://vmashtabe.ru/free/ventilyator-jf-0925b2h-r-f-jamicon.html> (дата обращения: 27.10. 2021). – Текст : электронный.

N.A. Kudrin, N.S. Grigoriev
Vologda State University

OPTIMIZING FAN IMPELLER DESIGN TO MEET PERFORMANCE REQUIREMENTS

The article presents the results of calculations on optimization of design parameters of the fan impeller, proposes a new shape of the blade and, according to its three-dimensional model, determines their optimal number by the performance criterion with the help of the method of modeling flow processes in a fluid medium.

Ventilation system, fan, design, calculation, performance.