

УДК 621.914.32

МЕТОД ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОМБИНАЦИИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ФРЕЗЕРОВАНИЯ РАБОЧИХ КОЛЕС ВЕНТИЛЯТОРОВ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Никита Тимофеевич Геймансон, Александр Александрович Ковбас

*Студенты 3 курса,
специальность АТП, ГБПОУ г. Москвы
"Колледж связи № 54" им. П.М. Вострухина*

*Научный руководитель: В.А. Ванин,
кандидат технических наук, преподаватель г. Москвы "Колледж связи № 54" им. П.М.
Вострухина*

Гигиеническое нормирование микроклимата и содержания веществ в воздухе рабочей зоны на промышленных предприятиях регулируется ГОСТ 12.1.005-88 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Стандарт устанавливает общие санитарно-гигиенические требования к показателям микроклимата и допустимому содержанию вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Требования к допустимому содержанию вредных веществ в воздухе рабочей зоны распространяются на рабочие места независимо от их расположения (в производственных помещениях, в горных выработках, на открытых площадках, транспортных средствах).

Основными *нормируемыми параметрами воздуха* в помещении являются: температура, влажность, скорость движения, газовый состав, наличие механических частиц пыли.

Создание оптимального состава воздушной среды в помещении может осуществляться путем удаления образовавшихся тепло-, газо- и влагоизбытков, пыли и добавления необходимого количества свежего воздуха с предварительной его подготовкой (охлаждение или нагрев, осушение или увлажнение, фильтрация и др.). Оптимальные параметры воздуха представляют собой совокупность условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей (область комфортного кондиционирования воздуха), или условий для правильного протекания технологического процесса (область технологического кондиционирования). Оптимальные параметры внутреннего воздуха на промышленных предприятиях устанавливаются согласно ГОСТ 12.1.005-88 (табл.1), исходя из соблюдения точного режима технологического процесса и комфортных условий для работающих в цехе людей [1].

Таблица 1. Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне жилых, общественных и административно-бытовых помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	20-22	60-30	0,2
	23-25	60-30	0,3
Холодный и переходные условия	20-22	45-30	0,2

Современные промышленные предприятия имеют в своем составе многочисленные участки и цеха, где по технологическому процессу обязательно присутствуют вредные для человека выбросы. К таким цехам относятся: механический,

сварочный, малярный, литейный, гальванический, кузнечно-термический, деревообрабатывающий. Для обеспечения оптимальных условий работы в таких цехах применяют системы вентиляции, обогрева и кондиционирования воздуха.

Системы с *естественной вентиляцией* просты, не требуют сложного дорогостоящего оборудования и больших эксплуатационных затрат. Однако зависимость эффективности этих систем от внешних факторов (температуры наружного воздуха, направления и скорости ветра), а также небольшое давление не позволяют решать с их помощью все сложные и многообразные задачи в области вентиляции. Поэтому применяют системы с *механическим побуждением*. В системах с механическим побуждением используется оборудование (вентиляторы), позволяющее перемещать воздух на требуемые расстояния. При необходимости воздух подвергают различным видам обработки: очистке, нагреванию, охлаждению, увлажнению, осушению. Вентиляцию с механическим побуждением можно разделить на *местную* и *общеобменную*. Местной вентиляцией называется вентиляция, которая обеспечивает подачу воздуха на определенные места (местная приточная вентиляция), или удаление загрязненного воздуха только от мест образования вредных выделений (местная вытяжная вентиляция). Если местной вентиляцией не удастся обеспечить санитарно-гигиенические или технологические требования, применяют общеобменные системы вентиляции. Общеобменные вытяжные системы равномерно удаляют воздух из всего помещения, а общеобменные приточные - подают воздух и распределяют его по всему объему вентилируемого помещения. При одновременной работе приточной и вытяжной вентиляции они должны быть сбалансированы по расходу воздуха. Если воздух, подаваемый в помещение, образуется путем смешивания наружного воздуха и воздуха, удаляемого из помещения, то такая систем - *приточно-рециркуляционной*. Системы вентиляции, подающие и удаляющие воздух по каналам или воздуховодам, называют *канальными*, а не имеющие каналов – *бесканальными* [1].

Вентиляторы для приточной вентиляции выполняются *осевыми* или *центробежными*. У центробежных вентиляторов воздушная полость выполнена в виде «улитки», а рабочее колесо расположено в корпусе эксцентрично, что позволяет повысить давление на напоре. Монтаж вентиляторов выполняют на специально подготовленной площадке (рис.1). С целью уменьшения вибраций вентилятор устанавливают на демпфирующих пружинах (рис. 1,в). Несмотря на это, соединение вентилятора с всасывающим и нагнетательным трубопроводами выполняют с помощью брезентовых рукавов, которые очень часто выходят из строя из-за *постоянных вибраций* работающего вентилятора, нарушая работу системы вентиляции. Это ведет либо к загазованности производственных помещений, либо к непосредственной остановке самого технологического процесса. *Постоянная замена рукавов требует полную остановку системы вентиляции*, демонтаж разорванных рукавов, закрепление новых.

Воздух в вентилятор (рис. 1,б) поступает через входной патрубок и направляется в рабочее колесо, которое состоит из ступицы, ведущего диска, лопастей и (ведомого) покрывного кольцевого диска. Рабочее колесо приводится во вращение при помощи ступицы, насаженной на рабочий вал, который передает движение непосредственно от электродвигателя. Вращающееся рабочее колесо помещается в неподвижный спиральный кожух, имеющий на выходе расширяющийся патрубок. Воздух, попадающий через входной патрубок в рабочее колесо, лопастями отбрасывается с большой скоростью к периферии. Передача энергии воздуху завершается в рабочем колесе. Часть этой энергии вследствие силового воздействия лопастей рабочего колеса получается в виде потенциальной энергии давления. Другая часть, в зависимости от степени реактивности рабочего колеса, получается в виде кинетической энергии

(скоростного напора). Воздух, поступающий с большой скоростью из рабочего колеса, тормозится в кожухе вентилятора. При этом скоростной напор преобразуется в потенциальную энергию давления, что обеспечивается спиральной формой кожуха. Избыток давления на выходе из вентилятора в патрубке идет на преодоление сопротивлений и противодействия в нагнетательной системе трубопроводов [3].

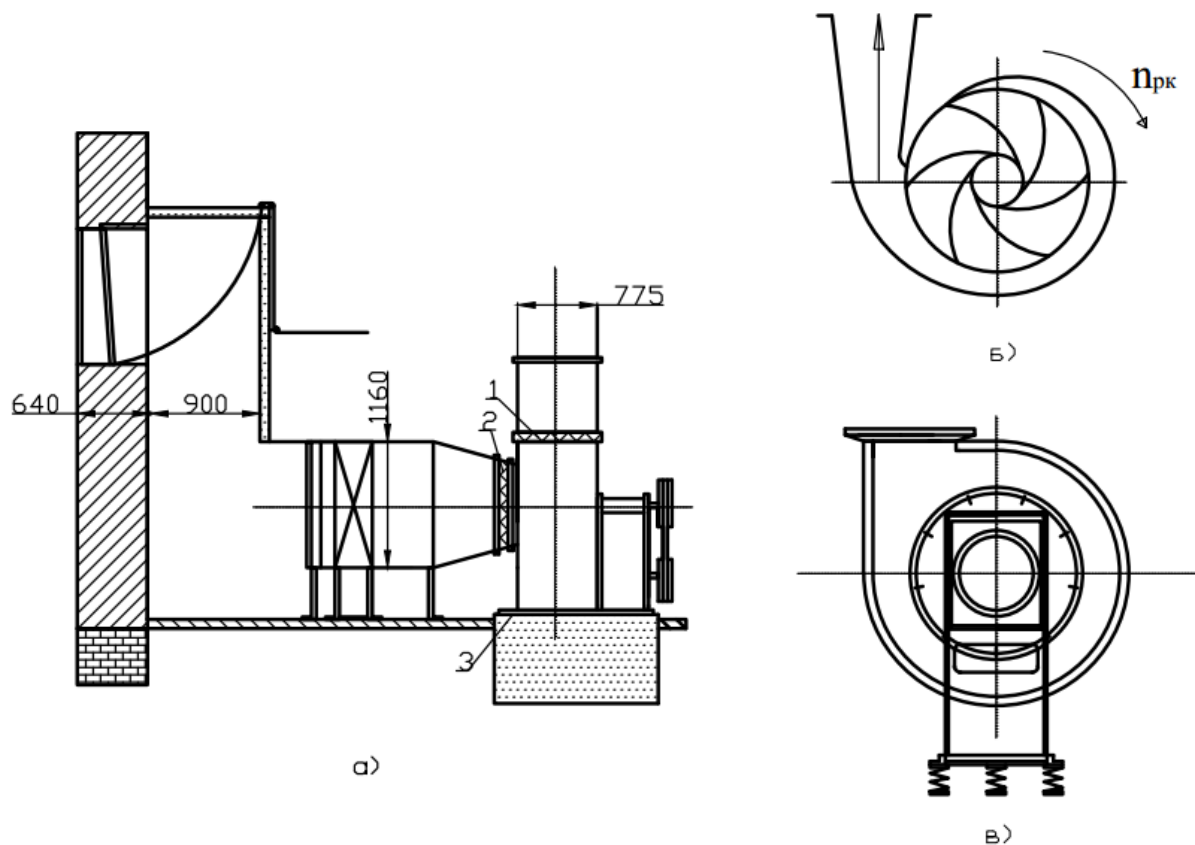


Рис. 1. Компонка приточной вентиляции:

- а) присоединение вентилятора к всасывающему и нагнетательному трубопроводам через брезентовые рукава 1,2; б) схема вращения рабочего колеса вентилятора; в) установка вентилятора на демпфирующие пружины

Производительность центробежных вентиляторов [4] зависит от их конструктивных особенностей, габаритных размеров и, самое главное, от частоты вращения рабочего колеса вентилятора.

$$Q = C_1 \omega, \quad M = C_2 \omega^2, \quad P = C_3 \omega^3$$

где Q - производительность вентилятора, м³/с;

M - момент на валу вентилятора, Н·м;

P - статическая мощность на валу вентилятора, кВт;

C_1, C_2, C_3 - постоянные коэффициенты;

ω - угловая скорость вентилятора, рад/с.

Зависимость $P = F(\omega^3)$ представляет собой кубическую параболу (рис. 2) и называется «вентиляторной характеристикой». Производительность центробежных вентиляторов можно регулировать следующими способами:

1. Изменением частоты вращения приводного электродвигателя (для среднего диапазона регулирования).
2. Изменением количества работающих вентиляторов на общую магистраль (для широкого диапазона регулирования).

3. Изменением сопротивления воздушной магистрали (прикрытие задвижки, для местного подрегулирования).

4. Поворотом лопастей рабочего колеса.

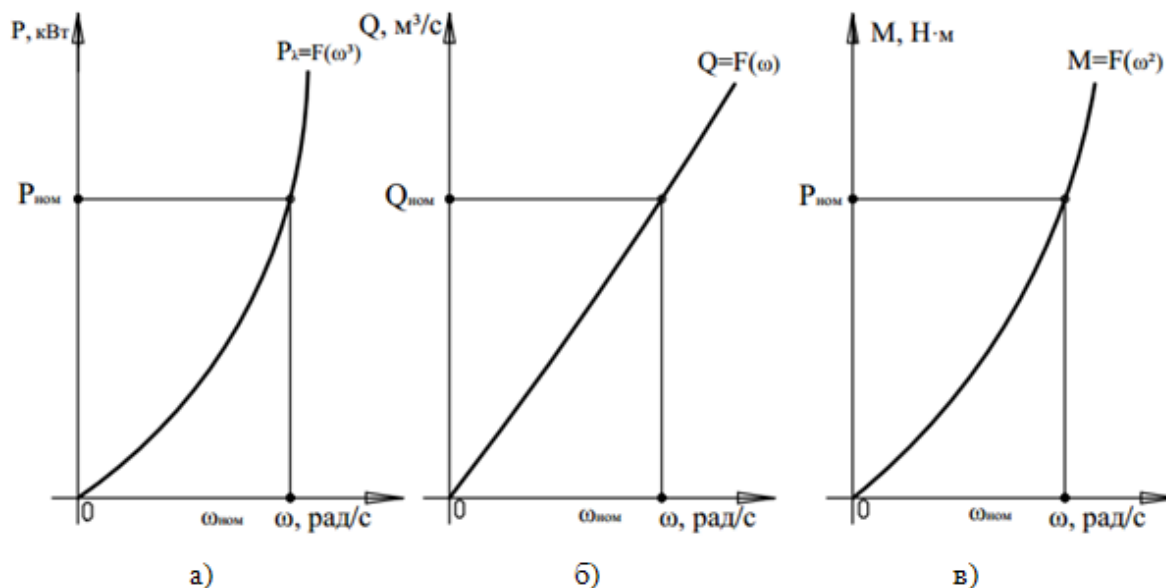


Рис. 2. Зависимость мощности, производительности, момента на валу центробежных вентиляторов от частоты вращения:

- а) мощность на валу приводного электродвигателя; б) производительность вентилятора;
в) момент на валу приводного электродвигателя

На производстве применяется первые два способа, так как они наиболее эффективны. Однако, с увеличением частоты вращения рабочего колеса резко возрастает уровень вибраций (рис. 3), что приводит к вынужденному ограничению производительности центробежных вентиляторов. Увеличение уровня вибраций обусловлено значительной величиной дисбаланса рабочего колеса, связанного с технологией его изготовления.

В данной работе рассматривается вопрос повышения производительности центробежных вентиляторов за счет разработки современных технологических процессов изготовления рабочих колес на станках с ЧПУ с применением сквозного проектирования САПР ТП «АДЕМ».

Московский вентиляторный завод в настоящее время является ведущим предприятием России по выпуску вентиляторов общепромышленного и специального назначения; продукция поставляется во все регионы России и СНГ. Заказчиками завода являются более 5000 фирм.

Анализ конструкторской документации (рис.4) центробежного вентилятора Московского вентиляторного завода (получена с благодарностью от главного конструктора завода Демина Ю.В.) показал:

1. Рабочее колесо изготавливается с помощью сборочных операций из 17 деталей (возможно применение и большего числа деталей в зависимости от габаритов вентилятора).

2. Сборка осуществляется с помощью сварки в среде CO_2 .

3. Колесо после выполнения сварочных работ по ТУ (п.4) подвергается динамической балансировке с остаточным дисбалансом:

- в плоскости заднего диска - 35 г·мм;
- в плоскости переднего диска - 14 г·мм.

Остаточный дисбаланс рабочего колеса не позволяет производить значительного увеличения частоты вращения из-за появления пространственных вибраций

вентиляционной установки и, следовательно, ограничивает производительность центробежных вентиляторов.

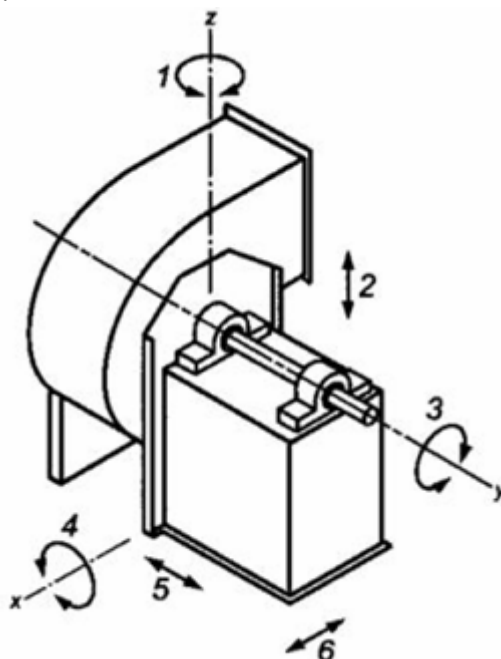


Рис.3. Пространственные вибрации центробежного насоса при дисбалансе рабочего колеса:
 1-вибрации вокруг вертикальной оси Z; 2 - движение под действием вертикальных сил;
 3 - крутильные колебания вокруг оси Y; 4-вибрации вокруг оси X; 5 - движение под действием продольных сил; 6 - движение под действием поперечных сил.

Максимальная частота вращения выпускаемых вентиляторов не превышает 3 000 об/мин, производительность при этом не более 9 м³/час (табл. 2).

В данной работе предлагается изготовление рабочего колеса вентилятора без применения сборочных операций путем контурного фрезерования на станке с ЧПУ с базированием по центральному отверстию и шпоночному пазу с помощью метода оптимальной технологической комбинации режущих инструментов с применением САПР ТП «АДЕМ». Такой метод позволяет полностью исключить дисбаланс детали и не производить в дальнейшем длительные динамические балансировки изготовленных рабочих колес. Вариант новой конструкции рабочего колеса для изготовления на фрезерном станке с ЧПУ представлен на рис.5 (см. Колесо рабочее – КС-54 АТП9.122.0301), чертеж заготовки – рис.6. Технологический процесс изготовления *одного рабочего колеса* включает в себя фрезерование внутренней цилиндрической поверхности $\varnothing 134$ на глубину 70 мм с последующим фрезерованием «карманов» для образования лопаток рабочего колеса. Для *серийного* изготовления рабочих колес в качестве заготовок необходимо использовать поковки или отливки в зависимости от материала (рис. 6).

Режимы резания назначались исходя из обрабатываемого материала и материала режущих инструментов [2].

Значения машинного времени изготовления рабочего колеса вентилятора из различных материалов с помощью метода оптимальной технологической комбинации режущих инструментов с применением САПР ТП «АДЕМ» приведены в таблице 3.

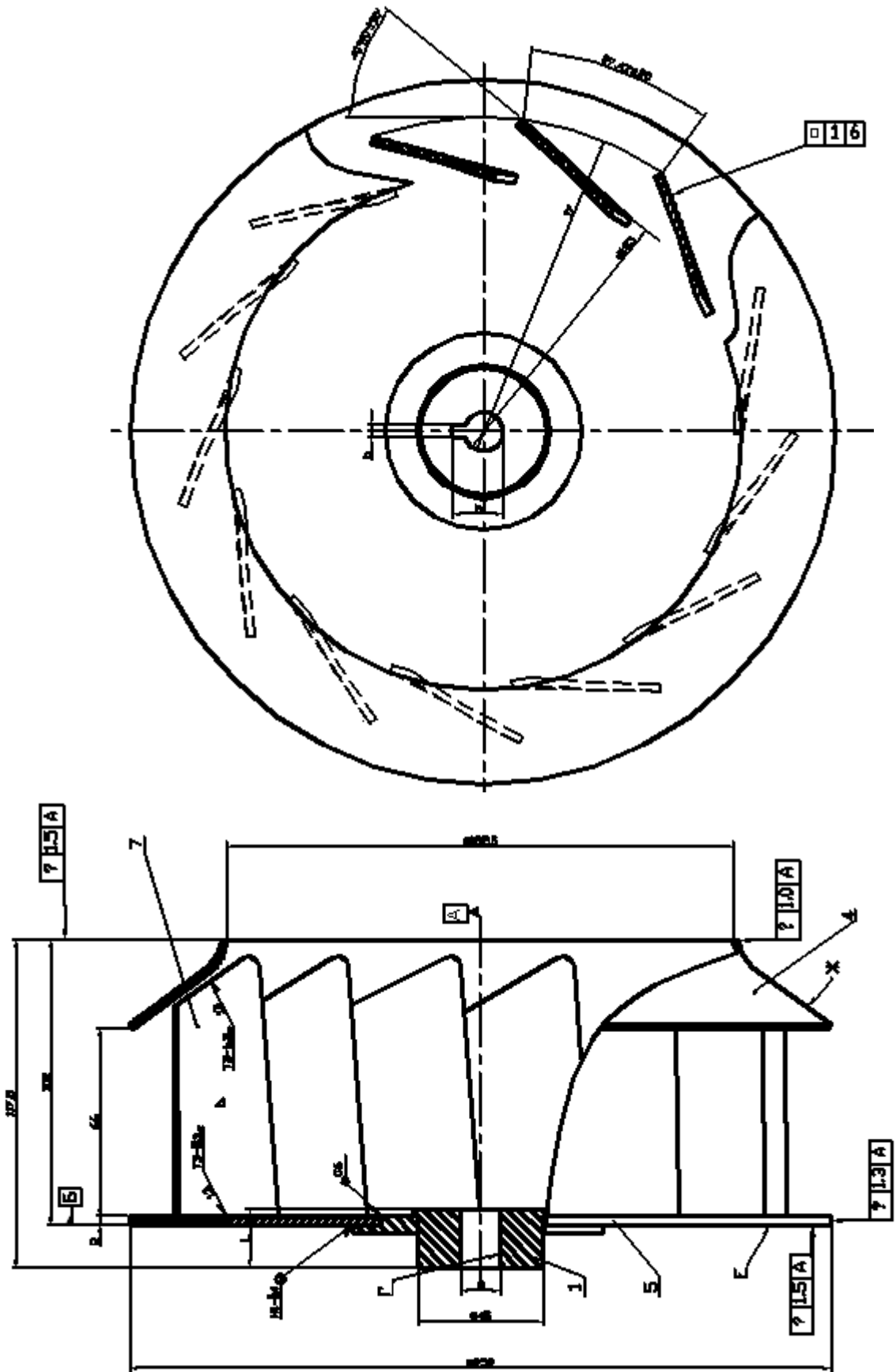


Рис. 4. Чертеж рабочего колеса вентилятора Московского вентиляторного завода

Таблица 2. Характеристики вентиляторов Московского вентиляторного завода

Вентилятор	Тип двигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Аэродинамические характеристики в рабочей зоне	
				Производительность, тыс.м ³ /час	Статическое давление, Па
ВККМ-Ш 35/2.5-0.9/2Д	АИС71А2	0,37	2750	0.5-1.5	430-30
ВККМ-Ш 35/2.5-0.95/2Д	АИС7182	0.55		0.7-1.8	490-30
ВККМ-Ш 35/2,5-1/2Д				0.8-1.8	530-250
ВККМ-Ш 45/2.5-1/2Д	АИС71В2	0.55	2750	0.8-2.1	530-30
ВККМ-Ш 45/2.5-1.05ЯД	АИР71А2	0.75		0.9-2.2	590-20
ВККМ-Ш 45/2.5-1.1/2Д				1.2-2.2	640-80
ВККМ-Ш 45V3.15-0.9/2Д	АИР71В2	1.1	2850	1.3-2.9	720-280
ВККМ-Ш 45/3.15-0.95/2Д	АИР80А2	1.5		1,5-2.9	800-540
ВККМ-Ш 45/3,15-1/2Д				1.6-2.9	880-740
ВККМ-Ш 56/3.15-0.9/2Д	АИР71В2	1.1	2850	1,3-3.2	720-100
ВККМ-Ш 56/3,15-0.95/2Д	АИР80А2	1.5		1.5-3.3	800-100
ВККМ-Ш 56/3.15-1/2Д				1.6-4.3	880-180
ВККМ-Ш 56/3,15-1.05/2Д	АИР8082	2.2	1460	2.0-4.3	1020-300
ВККМ-Ш 56/3,15-1.1/2Д				2.1-4.3	1160-350
ВККМ-Ш 56/4-0.9/4Д	АИР71А4	0.55		1.4-3.4	320-50
ВККМ-Ш 56И-0.95/4Д			1.6-4.1	360-50	
ВККМ-Ш 56/4-1/4Д	АИР7184	0.75	2850	1,9-4.3	400-140
ВККМ-Ш 56/4-1.05/4Д				2.1-4.3	460-200
ВККМ-Ш 56/4-1,14Д	АИР80А4	1.1		2.5-4.3	510-280
ВККМ-Ш 80/4-0.9/2Д	АИР10052	4	3.0-6.8	1220-100	
ВККМ-Ш 80/4-0.95/2Д	АИР10012	5.5	2850	3.5-8.0	1360-100
ВККМ-Ш 80/4-1/2Д				4.2-9.2	1540-230

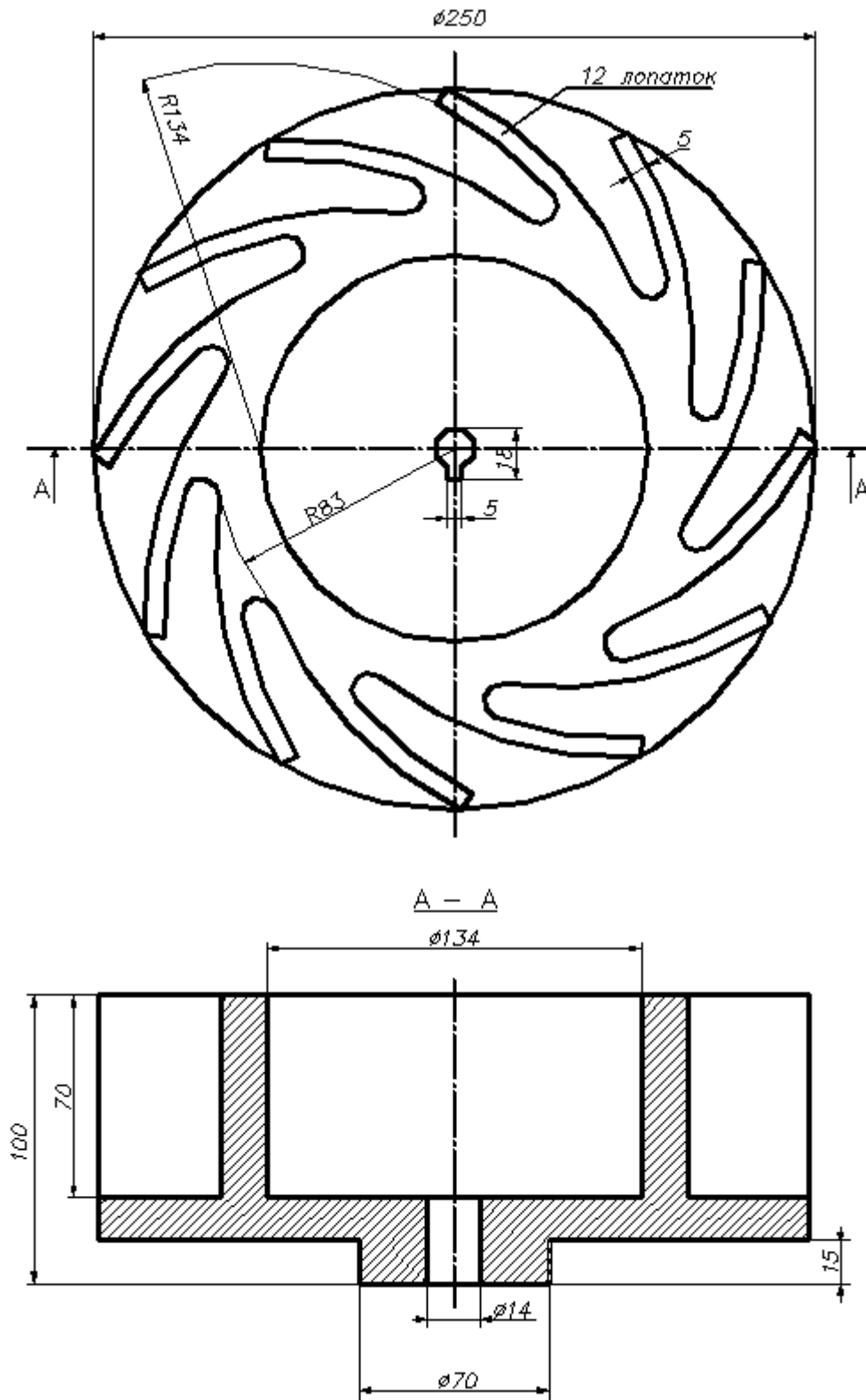


Рис. 5. Чертеж рабочего колеса вентилятора мод. КС-54 АТП9.122.0301

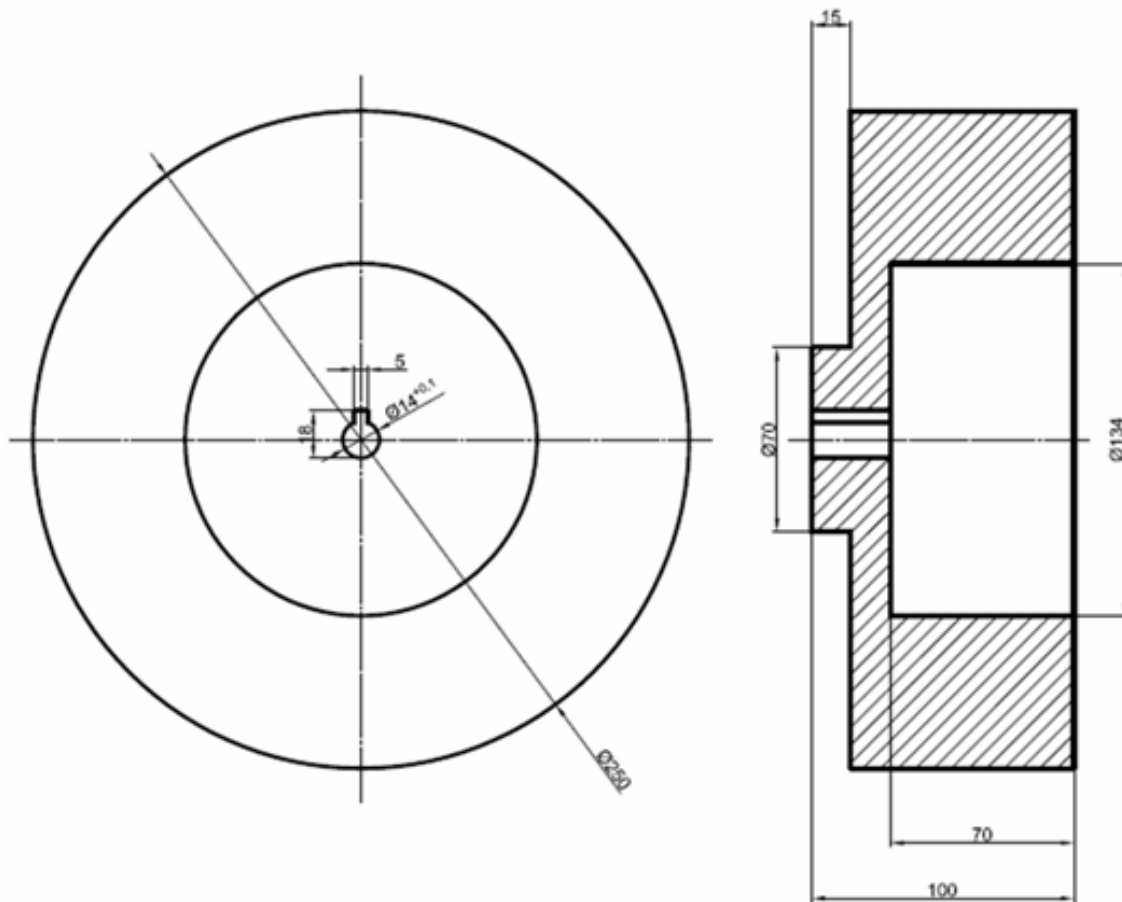


Рис. 6. Чертеж заготовки рабочего колеса вентилятора

Таблица 3. Режимы резания и машинное время при фрезеровании рабочих колес вентиляторов из различных материалов

Обрабатываемый материал	Диаметры фрез, Z=3 зуба, P6M5K5	Режимы резания			T _{маш} , мин
		V, м/мин	S _z , мм/зуб / S _{мин} , мм/мин	t, мм	
Сталь конструкционная, Сталь 45	Ø6 мм	12	0,05 / 96	2,5	148
	Ø12 мм	21	0,08 / 134	4	483
Сталь нержавеющая, 12X18Н10Т	Ø6 мм	11	0,04 / 76	2	233
	Ø12 мм	19	0,07 / 106	3,5	678
Сплав алюминиевый, АК 6	Ø6 мм	37	0,07 / 412	2,5	35
	Ø12 мм	64	0,13 / 1698	5	32
Латунь, Л70	Ø6 мм	39	0,07 / 435	2,5	33
	Ø12 мм	67	0,13 / 693	5	74

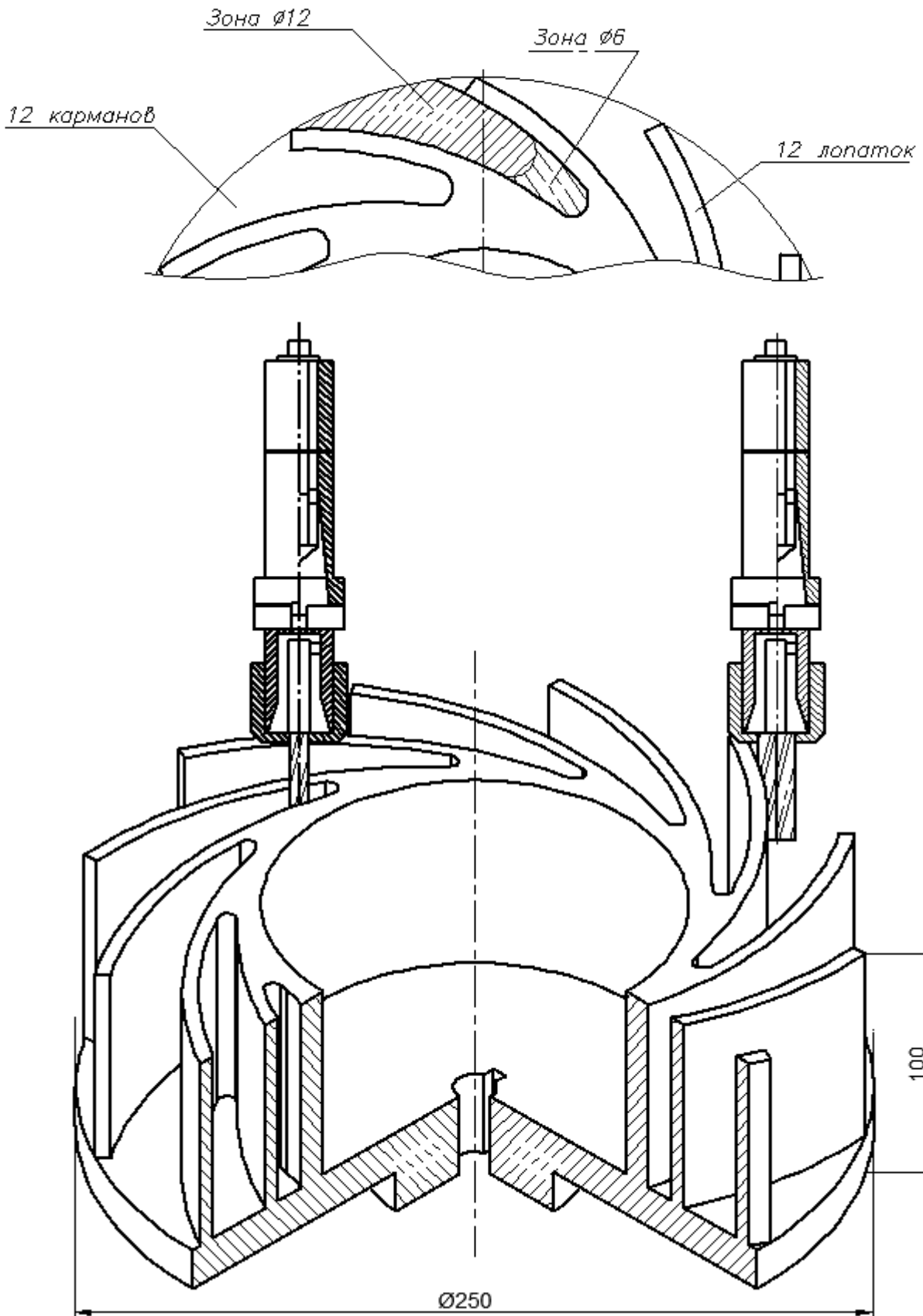


Рис. 7. Математическая модель рабочего колеса вентилятора КС-54 при фрезеровании с технологической комбинацией режущих инструментов в САПР ТП «АДЕМ»

Математическая модель фрезерования рабочего колеса вентилятора с помощью метода оптимальной технологической комбинации режущих инструментов (рис.7), разработанная в САПР ТП «АДЕМ», наглядно показывает процесс 2-х ступенчатого контурного фрезерования «карманов» колеса концевой цилиндрической фрезой.

Диаграмма изменения машинного времени фрезерования лопаток рабочего колеса (рис. 8) выполнена для 4-х различных материалов: *сталь конструкционная* - для перемещения воздуха и других невзрывоопасных газопаровоздушных сред, не вызывающих ускоренной коррозии стали; *сталь нержавеющая* - для перемещения газопаровоздушных взрывоопасных смесей и загрязненных примесями агрессивных газов и паров; *алюминиевый сплав* - для перемещения газопаровоздушных смесей, не содержащих взрывчатых веществ, не вызывающих ускоренной коррозии алюминиевых сплавов; *латунь* - для перемещения газопаропылевоздушных взрывоопасных смесей, не вызывающих ускоренной коррозии латуни. Изготовление рабочего колеса (рис. 9) выполнялось на фрезерном станке с ЧПУ мод. СС – F1210E (используемая система ЧПУ мод. KOS Y2) в лаб. «Автоматизация технологических процессов» КС-54.

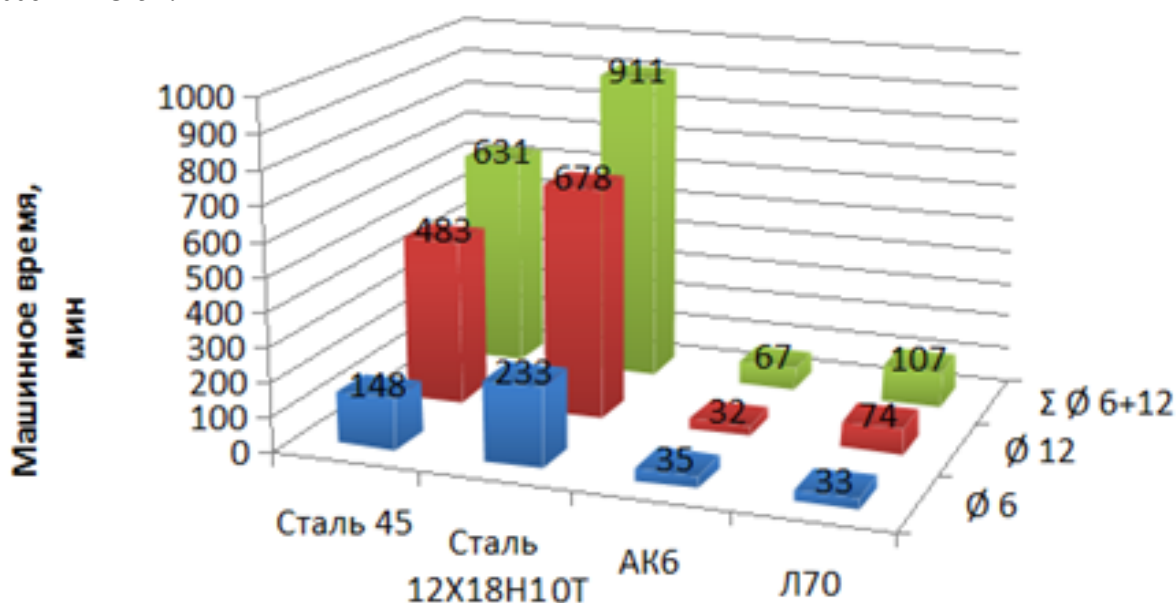


Рис. 8. Диаграмма изменения машинного времени фрезерования рабочих колес вентиляторов при использовании оптимальной комбинации режущих инструментов



Рис. 9. Рабочее колесо вентилятора, изготовленное с применением САПР ТП «АДЕМ» на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ мод. СС – F1210E

Литература

1. *Бондарь Е.С.* Автоматизация систем кондиционирования воздуха. Учебное пособие / Бондарь Е.С. и др. К.: ТОВ «Видавничий будинок «Аванпост-прим». 2005. 560 с.
2. *Гузев В.И., Батуев В.А., Сурков И.В.* Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник/Под ред. В.И. Гузеева. М.: Машиностроение, 2005. 368 с.
3. *Шерстюк А.Н.* Насосы, вентиляторы и компрессоры. Учеб. Пособие для втузов. М.: «Высшая школа», 1972. 344 с.
4. *Шеховцов В.П.* Электрическое и электромеханическое оборудование. Учебник. М.: «Форум: Инфра-М». 2004. 407 с.