

ОБ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЗА СЧЕТ ПОВЫШЕНИЯ К. П. Д. ВЕНТИЛЯТОРОВ

А. Г. БЫЧКОВ

(Представлено научным семинаром кафедры горной механики)

В связи с намеченным планом развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 гг. целесообразно рассмотреть вопрос о перспективах развития вентиляторостроения и об экономической эффективности мероприятий по повышению к. п. д. вентиляторов.

Следует отметить, что с развитием техники и с повышением требований по охране труда и по обеспечению комфортных условий в общественных и жилых помещениях, относительная доля полезной (гидравлической) мощности вентиляторных установок, по отношению к общей электрической мощности, расходуемой в народном хозяйстве, будет возрастать.

Из-за отсутствия точных сведений о количестве и мощности вентиляторов, установленных и работающих в СССР, и обобщенных данных о режимах их работы, в приводимых далее расчетах некоторые величины приняты на основании общих соображений и являются ориентировочными. Однако возможная неточность этих величин, по нашему мнению, не может повлиять на правильность сделанных выводов.

На рис. 1 приведены кривые, характеризующие рост производства угля и электроэнергии в СССР. Этот график используется далее при рассмотрении вопроса о необходимом развитии вентиляторостроения.

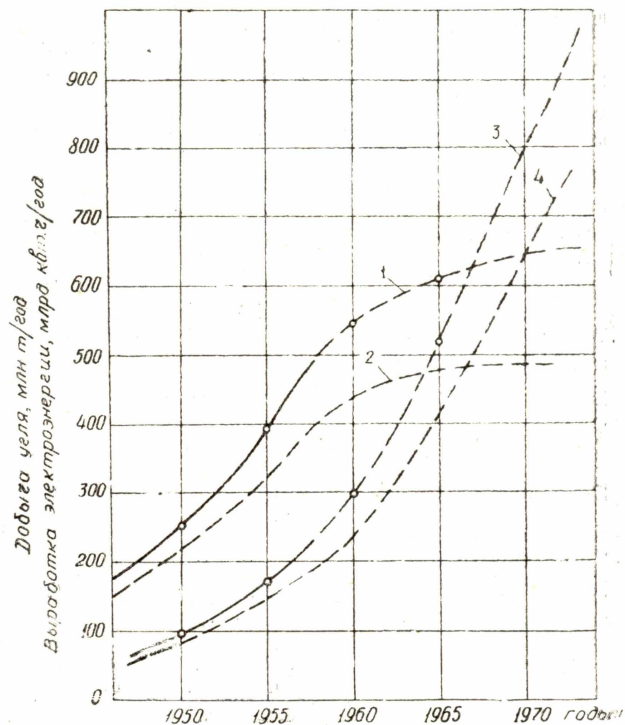


Рис. 1. Рост производства угля и электроэнергии в СССР. 1—общая добыча угля, 2—добыча угля подземным способом; 3—общая выработка электроэнергии; 4—выработка электроэнергии на тепловых электростанциях.

Шахтные вентиляторы. При добыче угля расходуется значительное количество электроэнергии на проветривание подземных выработок. По данным Донгипроуглемаша, в 1955 году на шахтах СССР было установлено 4109 вентиляторов главного проветривания, из них 2122 штук центробежных и 1997 штук осевых. В 1960 году, при ожидаемой добыче угля шахтным способом 440 млн. *т* в год, количество вентиляторов должно увеличиться приблизительно до 5600 штук. В связи с тем, что на большинстве вентиляторных установок имеются резервные, неработающие вентиляторы, можно принять, что из указанного количества вентиляторов будут работать постоянно (круглосуточно) около 55 %, т. е. 3100 штук.

Известно, что на каждую тонну добытого угля вентиляторами главного проветривания подается в шахты от 3 до 10 *т* воздуха. Если принять, что в среднем на тонну угля подается 6 *т* воздуха, то в 1960 году суммарная производительность вентиляторов главного проветривания будет приблизительно 70000 *м³/сек.*

Давления, создаваемые этими вентиляторными установками, изменяются от 30 до 450 *кг/м²*. Приняв среднюю величину давления 180 *кг/м²*, средний эксплуатационный к. п. д. вентиляторных установок 0,55 и к. п. д. электродвигателей 0,9, получим среднюю постоянно-потребляемую мощность главных вентиляторов около 224 тыс. *квт* и постоянно-расходуемую электрическую мощность около 250 тыс. *квт.*

Кроме того, в подземных выработках работает большое количество передвижных вентиляторов местного (частичного) проветривания, суммарная мощность которых составляет 25—30 % от мощности главных вентиляторов.

Таким образом, суммарная постоянно-расходуемая мощность шахтных вентиляторов будет около 330 тыс. *квт* и, соответственно, расход электроэнергии на их работу около 2,9 млрд. *квт-ч* в год, что составляет 1 % от всей вырабатываемой в СССР электроэнергии. При стоимости электроэнергии на шахтах 0,1 руб./*квт-ч* затраты на оплату энергии составят 290 млн. рублей в год.

С 1960 по 1970 год увеличение добычи угля будет происходить главным образом за счет увеличения открытых работ: добыча угля подземным способом должна возрасти всего лишь на 10 %. Поэтому существенное повышение среднего эксплуатационного к. п. д. шахтных вентиляторов возможно в основном за счет проведения мероприятий по повышению экономичности работы действующих установок с вентиляторами старых типов.

Учитывая необходимость дальнейшего улучшения проветривания шахт, а также то обстоятельство, что при добыче открытым способом в некоторых случаях потребуются специальные вентиляторы для удаления пыли и газов из плохопроветриваемых зон открытых карьеров, можно принять, что к 1970 году мощность, расходуемая вентиляторами, увеличится приблизительно на 20 %.

В дальнейших подсчетах (табл. 1) возможную экономию электроэнергии за счет повышения к. п. д. шахтных вентиляторов принимаем равной 3 %.

Тяго-дутьевые машины тепловых электростанций. В настоящее время на ТЭС расходуется на работу тяго-дутьевых машин (дымососов и дутьевых вентиляторов) около 3 % от всей электроэнергии, выработанной этими станциями. На новых крупных ТЭС этот расход энергии, по-видимому, может быть снижен приблизительно до 2,5 % за счет уменьшения сопротивлений воздушной и газовой трасс котельных агрегатов.

В 1969 году средняя постоянно-расходуемая электрическая мощность тяго-дутьевых машин будет около 820 тыс. *квт*, а расход электроэнергии 7,2 млрд. *квт-ч*, т. е. около 2,5 % от всей выработанной в стране электроэнергии. Расходы на электроэнергию, потребляемую тяго-дутьевыми машинами, при ее стоимости на станциях 0,1 руб/*квт-ч*, будут около 720 млн. рублей в год.

Если принять, что на новых станциях будут устанавливаться машины, имеющие такие же к. п. д., как изготавлиющиеся в настоящее время (максимальные полные к. п. д. 0,7), то расход электроэнергии увеличится к 1969 году до 15,8 млрд. *квт-ч* в год и суммарный расход за 10 лет будет около 115 млрд. *квт-ч*. Приняв среднюю стоимость электроэнергии на ТЭС за эти годы 0,07 руб/*квт-ч*, получим, что средние ежегодные расходы на электроэнергию для тяго-дутьевых машин будут около 800 млн. рублей в год.

В последние годы Московским отделением ЦКТИ, ОРГРЭС и ЦАГИ разработаны аэродинамические схемы центробежных машин, которые имеют максимальные к. п. д. 0,85—0,87. Повышение к. п. д. с 0,7 до 0,85 дает уменьшение потребляемой мощности на 17,5 %. Однако, при регулировании производительности вентиляторов направляющими аппаратами, экономия мощности уменьшается. Поэтому можно принять, что экономия электроэнергии за счет повышения среднего эксплуатационного к. п. д. новых машин будет около 10 %.

Если принять, что новые машины будут применяться на всех новых электростанциях, начиная с 1961 года, то за период 1961—1969 годы будет сэкономлено около 4,3 млрд. *квт-ч* или, при стоимости энергии 0,07 руб/*квт-ч*, в среднем 33,5 млн. рублей в год.

Прочие вентиляторы специального назначения. Кроме двух рассмотренных категорий вентиляторов, в народном хозяйстве используются рудничные вентиляторы, применяющиеся в различных отраслях горно-добывающей промышленности, и другие вентиляторы специального назначения (для цементных печей, зерносушилок, метрополитенов и т. д.), по которым у нас нет данных для обоснованных количественных оценок.

Далее принимается, что в общем балансе расхода электроэнергии доля этих вентиляторов составляет около 9 %, а экономия за счет применения новых типов этих машин будет около 4 % от общего расхода электроэнергии на вентиляторы этой категории.

Вентиляторы общего назначения. К вентиляторам общего назначения относятся центробежные и осевые вентиляторы, изготавлиющиеся заводами в серийном порядке и применяющиеся для санитарно-технических и различных производственных целей (ГОСТ 5976-55). Проведение аналогичных подсчетов для этой категории вентиляторов весьма затруднительно вследствие отсутствия данных о количестве вентиляторов, установленных у потребителей, и режимах их работы, а также из-за большого количества их типов и размеров. Увеличение выпуска этих вентиляторов заводами за последние годы показано на рис. 2.

Следует обратить внимание на то, что, при увеличении производства электроэнергии с 1950 по 1960 год в 3,27 раза, выпуск вентиляторов увеличивается в 3,4 раза, т. е. несколько больше. Такую зависимость следует считать вполне естественной, так как необходимость и возможность использования вентиляторов определяется наличием электроэнергии. Эту зависимость, по нашему мнению, можно использовать для определения потребности в вентиляторах общего назначения на ближайшие годы.

Исходя из количества вентиляторов, выпущенных заводами за по-

ледние 10 лет, можно предположить, что общее количество вентиляторов, установленных у потребителей, в 1960 году будет порядка 1,2 миллиона штук (соответствующее среднему возрасту вентиляторов, находящихся у потребителей, около 6,5 лет). Учитывая, что примерно 20 % этих вентиляторов по различным причинам не работает, в дальнейших расчетах принимаем количество вентиляторов, работающих в 1960 году, равным 960 тыс. штук.

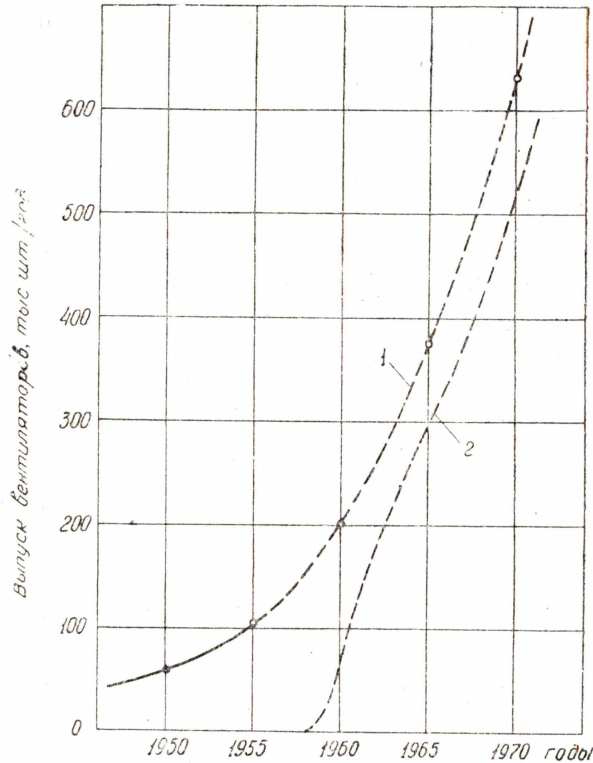


Рис. 2. Выпуск вентиляторов общего назначения. 1—общее количество вентиляторов; 2—количество вентиляторов с высоким к. п. д.

Ц9-57 (СТД-ЦАГИ), „Сирокко“ и ЦП6-46 („пылевые ЦАГИ“). Кроме того, выпущено относительно небольшое количество вентиляторов высокого давления разных типов. Эти вентиляторы отдельно не рассматриваются и входят в указанное ниже общее количество вентиляторов. В настоящее время на Крюковском и Харьковском заводах ведется подготовка к выпуску вентиляторов ЦАГИ типа Ц4-70 [1, 2, 3].

На рис. 3 показано распределение размеров (номеров) вентиляторов, выпущенных в 1958 году, и принятое в подсчетах для 1960 года. С целью упрощения расчетов некоторые промежуточные номера исключены и соответствующие количества вентиляторов отнесены к ближайшему большему номеру.

Суммарную мощность, потребляемую вентиляторами, приближенно можно оценить следующим образом. Мощность, потребляемая вентилятором, можно выразить в таком виде:

$$N = \frac{QH}{1,02\eta} = \frac{0,0312}{\eta} \bar{\varepsilon} N \sqrt{H} D^2,$$

где Q — производительность в $\text{м}^3/\text{сек}$;
 H — создаваемое полное давление в $\text{кг}/\text{м}^2$;
 η — полный к. п. д. вентилятора;

К 1970 году количество вентиляторов, установленных у потребителей, должно увеличиться приблизительно в 3 раза, т. е. до 3,6 млн. штук, а их выпуск заводами более чем в 3 раза. В 1969 году количество вентиляторов, выпускаемых заводами, по-видимому, должно быть порядка 600 тыс. штук (рис. 2).

По имеющимся данным, из общего количества вентиляторов, выпущенных заводами за последние годы, около 80 % приходится на долю центробежных вентиляторов и около 20 % — на осевые.

В последние годы заводами выпускались главным образом центробежные вентиляторы низкого и среднего давления типов: ВР (в том числе электровентиляторы ЭВР), ВРС, ВРН, Ц9-55,

D — диаметр рабочего колеса в м;
 $\bar{\varepsilon} = \frac{Q}{V \sqrt{2H}}$ — относительное эквивалентное отверстие вентилятора;
 \bar{Q} и \bar{H} — коэффициенты производительности и давления вентилятора.

Если для центробежных вентиляторов низкого давления принять среднее давление 60 кг/м^2 и их количество 80 % от общего, а для вентиляторов среднего и высокого давления 150 кг/м^2 и их количество 20 %, то для центробежных вентиляторов получим среднее давление, при котором работают вентиляторы, равным 78 кг/м^2 . Приняв, что у центробежных вентиляторов указанных типов относительное эквивалентное отверстие в среднем равно 0,26, их средний эксплуатационный к. п. д. 0,53 к. п. д. электродвигателей и передач от них к вентиляторам 0,8, можно подсчитать мощность, потребляемую вентиляторами, и электрическую мощность, потребляемую из сети.

Выпускающиеся нашими заводами осевые вентиляторы общего назначения типов МЦ, Д и У имеют полные максимальные к. п. д. около 0,6 и предназначаются для работы при давлениях $5\text{--}30 \text{ кг/м}^2$.

Приняв для этих вентиляторов среднее относительное эквивалентное отверстие 0,45, средний эксплуатационный к. п. д. 0,55 и среднее давление, при котором работают вентиляторы 15 кг/м^2 , и учитывая, что их количество в 4 раза меньше, чем центробежных, получим, что суммарная потребляемая ими мощность будет порядка 4—5 % от мощности, потребляемой центробежными

вентиляторами. Стоимость осевых вентиляторов также значительно меньше, чем центробежных. Поэтому в ориентировочных подсчетах осевые вентиляторы могут быть учтены путем увеличения на 5 % суммарной мощности и на 10 % стоимости центробежных вентиляторов.

При подсчете количества и стоимости электроэнергии, потребляемой вентиляторами, нами было принято среднее число часов работы вентиляторов 3000 часов в год и стоимость энергии $0,15 \text{ руб/квт-ч}$.

Для общего количества вентиляторов, работающих в 1960 году (960000 шт.), получим: суммарную электрическую мощность, потребляемую из сети $3,8 \text{ млн. квт}$, расход электроэнергии около $11,3 \text{ млрд. квт-ч}$ в год (что составляет 3,85 % от всей выработанной электроэнергии), среднюю постоянно-расходуемую электрическую мощность $1,3 \text{ млн. квт}$, расходы на оплату электроэнергии около $1,7 \text{ млрд. руб.}$ в год.

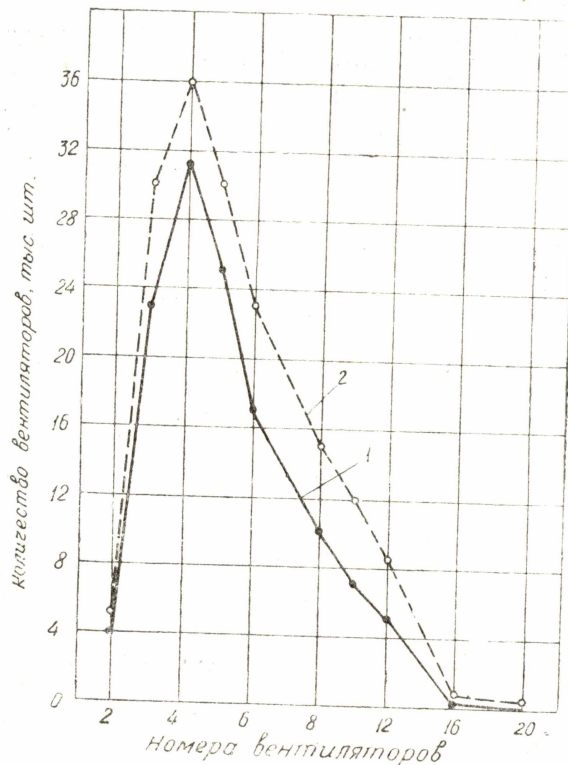


Рис. 3 Предполагаемый выпуск центробежных вентиляторов в 1960 году. 1 — количество вентиляторов, выпущенных в 1958 году (всего 122 тыс. шт.); 2 — предполагаемый выпуск вентиляторов в 1960 году (всего 160 тыс. шт.)

Чрезвычайно обидно, что значительная часть этой электроэнергии, порядка 25 %, расходуется бесполезно только вследствие того, что нашими заводами выпускаются сильно устарелые типы вентиляторов, имеющие низкие к. п. д. Если незамедлительно не будет принято мер к повышению к. п. д. изготавливаемых вентиляторов, указанный расход электроэнергии к 1969 году увеличится в 2,5 раза.

В 1956—58 гг. в ЦАГИ разработаны схемы центробежных вентиляторов, из которых наиболее простые имеют к. п. д. 0,78—0,8. У вентиляторов с профилированными лопатками максимальная величина к. п. д. доходит до 0,85 [1, 2, 3]. В 1959 году Крюковский и Харьковский заводы должны начать выпуск вентиляторов типа Ц4-70, имеющих к. п. д. 0,8. Повышение к. п. д. с 0,6 до 0,8 даст уменьшение мощности, потребляемой вентиляторами, на 25 %.

Примем, что, начиная с 1959 года, заводы начнут выпуск вентиляторов, имеющих к. п. д. 0,8, причем их количество будет постепенно увеличиваться (рис. 4) и, достигнув к 1965 году 80 %, в последующие годы будет оставаться на этом же уровне. Исходя из этих положений, суммарная экономия за 10 лет (1960—1969 гг.) получается порядка 24 млрд. квт-ч или, при современной стоимости электроэнергии, 3,64 млрд. рублей. С учетом снижения стоимости электроэнергии можно принять, что экономия будет в среднем порядка 260 млн. рублей в год.

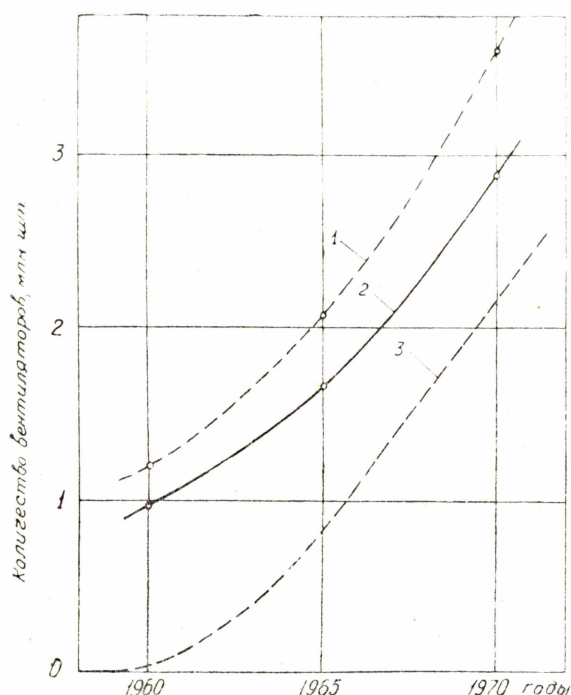


Рис. 4. Предполагаемый рост количества вентиляторов у потребителей. 1—общее количество вентиляторов; 2—количество вентиляторов, находящихся в работе; 3—количество новых работающих вентиляторов с высокими к.п.д.

Дополнительным источником экономии является уменьшение мощности и стоимости электродвигателей вентиляторных установок. При использовании новых вентиляторов установленная мощность электродвигателей уменьшится приблизительно на 40 % (на 25 % за счет повышения к. п. д. и на 15 % за счет уменьшения запасов мощности), а стоимость электродвигателей уменьшится приблизительно на 470 млн. рублей.

Вместе с этим стоимость вентиляторов новых типов несколько увеличится, но все же общая стоимость вентиляторных установок должна уменьшиться, что даст дополнительную экономию около 20 млн. руб. в год. Следовательно, общая экономия будет в среднем около 280 млн. руб. в год. Таким образом, при внедрении в производство новых типов вентиляторов получится не только значительное уменьшение эксплуатационных расходов, но и снижение начальной стоимости вентиляторных установок.

О мероприятиях по улучшению вентиляторостроения. По проведенным расчетам получается, что на работу вентиляторов выше указанных категорий в 1960 году будет израсходовано более 23 млрд. квт-ч, т. е. около 8 % общего количества выработанной элект-

роэнергии (вентиляторы общего назначения — 3,8 %, тяго-дутьевые машины — 2,5 %, шахтные — 1 %, прочие — 0,7 %).

Предполагаемые расходы и возможная экономия электроэнергии за период 1960—69 гг. за счет повышения к. п. д. вентиляторов приведены в табл. 1, где W и W' — расходы электроэнергии при прежнем и повышенном к. п. д. вентиляторов

Таблица 1

Категории вентиляторов	W	W'	$W - W'$
	Миллиарды <i>квт-ч</i>		
Общего назначения	200	176	24
Тяго-дутьевые	115	110,5	4,5
Шахтные	33	32	1,0
Прочие	35	33,5	1,5
Всего	383	352	31

Экономия электроэнергии в среднем порядка 3 млрд. *квт-ч* в год соответствует количеству электроэнергии, вырабатываемой электростанцией мощностью около 625 тысяч *квт*. Таким образом, получается, что за счет организации выпуска современных типов вентиляторов может быть освобождена для полезного использования электростанция указанной мощности.

Вентиляторы общего назначения расходуют более 50 % электроэнергии, потребляемой всеми вентиляторами. На втором месте находятся тяго-дутьевые машины, на третьем и четвертом — шахтные и прочие специальные вентиляторы.

По потребляемой мощности доля центробежных вентиляторов составляет около 90 % (95 % для вентиляторов общего назначения, 100 % для тяго-дутьевых машин, 30—35 % для шахтных и 70 % для прочих). Таким образом, экономия электроэнергии в основном может быть получена за счет усовершенствования центробежных вентиляторов и повышения к. п. д. вентиляторов общего назначения.

Задачи разработки и производства новых тяго-дутьевых машин, шахтных, рудничных и других вентиляторов специального назначения, по-видимому, могут быть успешно разрешены организациями и заводами, обслуживающими заинтересованные отрасли промышленности.

Весьма плохо обстоит дело с вентиляторами общего назначения, так как многочисленные заводы, выпускающие эти вентиляторы, по своему оборудованию и организации производства не удовлетворяют современным требованиям и фактически бесконтрольно выпускают сильно устарелые типы вентиляторов, не удовлетворяющие требованиям ГОСТ 5976—55.

Для улучшения постановки дела в этой основной отрасли вентиляторостроения необходимо:

1. Создать орган, ведающий вопросами вентиляторостроения и несущий ответственность за его состояние (например, группу в ГНТК РСФСР).

2. Организовать специальное конструкторское бюро по вентиляторам общего назначения и выделить производственную базу для изготовления и испытаний новых образцов вентиляторов.

3. Восстановить издание журнала „Отопление и вентиляция“, обеспечить издание новой литературы по вентиляторам и получение информации о передовой зарубежной технике.

4. И основное, путем реконструкции имеющихся и постройки новых заводов обеспечить производство современных высококачественных вентиляторов в количестве, необходимом для народного хозяйства СССР.

Реорганизация вентиляторостроения потребует соответствующих капиталовложений, которые ориентировочно можно оценить по стоимости выпускаемой продукции.

В настоящее время действующие основные производственные фонды заводов, выпускающих вентиляторы, значительно меньше потребных. Для дальнейшего развития вентиляторостроения, по-видимому, удастся использовать производственную базу только нескольких основных заводов общей стоимостью порядка 30—40 млн. рублей. Учитывая, что капиталовложения должны делаться с опережением на 2—3 года, можно принять, что в основные производственные фонды вентиляторной промышленности за 1959—65 гг. необходимо вложить около 170 млн. рублей. С учетом капиталовложений в основные производственные фонды общие капиталовложения должны быть порядка 250 млн. рублей, или, в среднем около 36 млн. рублей в год. Выделение средств, необходимых для этой цели, может быть сделано за счет заинтересованных отраслей промышленности.

Следует особо отметить высокую экономическую эффективность этих капиталовложений и быструю их окупаемость. Если при указанных капиталовложениях будет получена предусмотренная экономия, то уже в 1962 году эта экономия превысит капиталовложения, а в 1965 году чистая экономия будет порядка 600 млн. рублей.

Реорганизация вентиляторостроения совершенно неизбежна, поэтому ее необходимо сделать в кратчайший срок, так как затягивание решения этого вопроса поведет лишь к большим потерям народных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бычков А. Г., Мазманянец П. О. Новые типы центробежных вентиляторов ЦАГИ. Водоснабжение и санитарная техника № 9, 1957.
2. Бычков А. Г., Локшин И. Л., Мазманянец П. О. Схемы центробежных вентиляторов, разработанные ЦАГИ в 1957—58 гг. Водоснабжение и санитарная техника, № 1, 1959.
3. Бычков А. Г., Локшин И. Л., Мазманянец П. О. Новые типы центробежных вентиляторов ЦАГИ. Промышленная аэродинамика, сборник № 12, Оборонгиз, 1959.