

ДВА ВОЗМОЖНЫХ ПРИНЦИПА АВТОМАТИЗАЦИИ РУДНИЧНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК И КОМПАНОВКА СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

КСЮНИН Г. П.

Доцент, кандидат технических наук

Два возможных принципа автоматизации рудничных вентиляторных установок

Ранее нами уже высказывалось мнение о том, что наилучшим средством обеспечить надежное и при этом экономичное проветривание шахт является автоматизация вентиляторных установок¹⁾. Говоря об автоматизации вентиляторных установок, ранее мы имели в виду только такую автоматизацию, при которой, несмотря на изменение с течением времени эквивалентного отверстия шахты, дебит вентиляторной установки поддерживается строго постоянным. Принцип автоматизации вентиляторных установок, при котором производительность поддерживается постоянной, можно было бы назвать принципом „постоянного дебита“.

Амплитуда изменения величины эквивалентного отверстия шахты $\lambda_{\max} = \frac{A_{\max}}{A_{\min}}$, зависящая от условий эксплуатации, на практике никогда не бывает равной 1 и нередко достигает значения 3,5 (обычно $1,2 < \lambda_{\max} < 1,7$)²⁾. По данным бригады акад. А. А. Скочинского³⁾, только вследствие изменения естественной тяги депрессия шахты может изменяться до 45%. Следовательно, только за счет естественной тяги изменение величины эквивалентного отверстия шахты может достигать 20% ($\sqrt{1,45} \cong 1,2$).

Известно, что так называемый коэффициент отнесенного отверстия φ прямо пропорционален величине эквивалентного отверстия шахты (разумеется, если тип и диаметр рабочего колеса вентилятора — D_2 заданы). Известно также, что зависимость между коэффициентом дебита δ , с одной стороны, и φ , — с другой (в пределах, в которых может идти речь об использовании вентилятора данного типа и размера), почти линейная. Наконец, согласно второму закону Рато, производительность вентилятора Q (при постоянной периферической скорости рабочего колеса u_2 прямо пропорциональна δ , — $Q = k\delta u_2 \left(\frac{D_2}{2}\right)^2$. Таким образом, можно считать, что при изменении величины эквивалентного отверстия A , производительность вентилятора Q изменяется, грубо говоря, пропорционально A . Как следует из уравнения

$$P = \frac{0,382 \cdot Q^3}{A^2 \cdot 102 \cdot \eta},$$

1) Док. Г. П. Ксюнин — „Автоматизация рудничных вентиляторных установок“. Журнал „Автоматика и телемеханика“, № 3, 1939 г.

2) Проф. Г. М. Еланчик — „Турбомашины“, т. I, стр. 263, 324.

3) Там же, стр. 185.

мощность на валу вентилятора при этом, если пренебречь изменением его к.п.д., изменяется пропорционально первой степени производительности вентилятора (не третьей, так как A изменяется пропорционально Q). Теперь становится очевидным, насколько значительно изменяется расход энергии вентилятором, связанный с изменением эквивалентного отверстия шахты. Надо сказать, что возможность изменения эквивалентного отверстия шахты и связанного с этим уменьшения производительности вентилятора всегда учитывается при проектировании. Обычно, имея в виду практическую сложность регулирования производительности рудничных вентиляторных установок, выбирают параметры вентиляторной установки таким образом, чтобы устанавливаемая „Правилами безопасности“ производительность вентиляционной установки обеспечивалась при самых неблагоприятных условиях (т. е. при минимальном эквивалентном отверстии). Таким образом, практически во все время эксплуатации вентилятор работает с излишней производительностью и значительным перерасходом энергии (на 100% и выше). Даже при ступенчатом регулировании скорости центробежного вентилятора, а этот случай при современном состоянии рудничных вентиляционных установок является идеальным, перерасход энергии, вследствие указанных выше причин, является совершенно неизбежным и должен быть не ниже 10—15%. Очень трудно судить о том, насколько велик на практике (в масштабе целых бассейнов) указанный выше перерасход энергии, так как условия работы вентиляционных установок крайне разнообразны, статистических же данных по интересующему нас вопросу почти нет. Все же отдельные имеющиеся в нашем распоряжении цифры полностью подтверждают высказанные выше предположения. Так, по данным Донецкой горнотехнической инспекции НКТП суммарная расчетная производительность всех вентиляторных установок в Донбассе в 1937 г., отнесенная к 1 т средней плановой суточной добычи, составляла $2,75 \text{ м}^3/\text{мин}^4$, тогда как по „Правилам безопасности“, даже для шахт III категории по газу (каких не так уж много), необходимо было бы подавать (по нормам 1937 года) всего $1,5 \text{ м}^3/\text{мин}$ на тонну средней суточной добычи. Очевидно, что здесь имел место определенный перерасход энергии, который должен быть никак не менее 80%.

Из сказанного ясно, какую выгоду может дать автоматизация рудничных вентиляторных установок даже в том случае, если ориентироваться только на поддержание установленного, согласно „Правил безопасности“, дебита (принцип „постоянного дебита“). Однако в основу автоматизации рудничных вентиляторных установок может быть положен и другой принцип, который можно было бы назвать принципом „необходимого дебита“ (в отличие от рассмотренного нами ранее принципа „постоянного дебита“).

Производительность вентиляторных установок каменноугольных шахт, которые по газу отнесены к „внекатегорным“, согласно „Правил безопасности“ устанавливается из расчета, чтобы процент метана в общей исходящей струе не превышал 0,75% по объему. Подобным же образом устанавливается производительность негазовых (в обычном смысле) шахт, где выделение углекислоты превышает 15 м^3 на 1 т средней суточной добычи. В последнем случае, как известно, производительность вентилятора должна быть такой, чтобы содержание углекислоты в общей исходящей струе не превышало 0,75% (также по объему). Само собой разумеется, что вентиляторные установки шахт, отнесенных по газу к „внекатегорным“ и шахт с большим выделением углекислоты, не могут быть автома-

⁴) Проф. д-р К. А. Ушаков, проф. В. И. Поликовский, инж. М. И. Невельсон, доц. М. П. Татаринов. — „Рудничные вентиляторные установки“. ГОНТИ НКТП СССР. 1938 г., стр. 13.

тизируются по принципу „постоянного дебита“, поскольку выделение CH_4 или CO_2 , изменяется с течением времени и, следовательно, изменяется и необходимый дебит.

В первом из рассматриваемых случаев регулятор автоматически действующей вентиляторной установки должен реагировать на изменение эквивалентного отверстия шахты, и задачей его является поддержание постоянной производительности. Во втором случае регулятор должен реагировать на изменение содержания CH_4 (или CO_2) в общей исходящей струе и задачей его является такое изменение производительности вентиляционной установки, при котором содержание указанных газов в общей исходящей струе должно оставаться постоянным. Автоматизация рудничных вентиляторных установок по первому принципу явилась бы значительным шагом вперед в области рудничной вентиляции. Однако автоматизация по второму принципу—по принципу „необходимого дебита“ является кардинальным решением вопроса, не говоря уже о том, что для определенных категорий шахт, как было указано выше, это будет и единственное решение вопроса. В самом деле, при регулировании вентилятора по принципу постоянного дебита, раз установленная производительность будет обеспечиваться независимо от величины эквивалентного отверстия шахты, но всегда может оказаться, что в отдельные моменты она не будет соответствовать величине газовыделения. По „Правилам безопасности“ для шахт негазовых, с выделением углекислоты менее 15 м^3 на тонну средней суточной добычи, а также для шахт, отнесенных по газу к I, II или III категориям, последнее и не требуется. Но в отдельные моменты это несоответствие будет означать определенный перерасход электроэнергии. Если автоматические вентиляторные установки, работающие по принципу „необходимого дебита“, когда-либо будут внедрены в производство и оправдают себя на практике, то „Правила безопасности“ в части норм подачи свежего воздуха для шахт различных категорий по газу могли бы быть пересмотрены. Автоматизация вентиляторных установок по принципу „постоянного дебита“, как указывалось выше, уже является большим шагом вперед и, кроме того, этот вариант в техническом отношении будет наиболее простым, а поэтому, вероятно, окажется наиболее приемлемым для небольших вентиляционных установок. Поэтому мы считаем необходимым в дальнейшем рассматривать оба возможных принципа автоматизации рудничных вентиляционных установок, несмотря на большее техническое совершенство второго из рассматриваемых вариантов, то-есть автоматизации по принципу „необходимого дебита“.

При рассмотрении вопроса об автоматизации рудничных вентиляторных установок нас, в первую очередь, будет интересовать вопрос о „датчике“ (передатчике) регулятора. Само собой разумеется, что в зависимости от того, какой принцип будет положен в основу автоматизации вентиляторной установки, изменяются и принципы устройства „датчиков“. В установках, регулируемых по принципу „постоянного дебита“, датчиком должен быть тот или иной прибор, воспринимающий изменения динамического эффекта расхода. В установках, регулируемых по принципу „необходимого дебита“, датчиком, как можно видеть из изложенного выше, должен быть газоанализатор той или конструкции. Приборы того и другого типа в большом числе вариантов находят себе приложение в самых различных областях техники. В настоящей статье мы ставим своей задачей установить—в какой мере могут быть использованы имеющиеся приборы для целей автоматизации рудничных вентиляторных установок и какие изменения потребуются в их конструкции. Разумеется, приборы, относящиеся к установкам, регулируемым по принципу „постоянного дебита“, и приборы, относящиеся к установкам, регулируемым по принципу „необходимого дебита“, должны рассматриваться отдельно.

Датчики регуляторов производительности рудничных вентиляторных установок, основанных на принципе „постоянного дебита“

Задачей датчика регулятора, работающего по принципу „постоянного дебита“, как было выяснено выше, является следить за производительностью вентиляторной установки, реагируя на ее изменения. Поскольку производительность Q может быть выражена через скорость воздуха C и площадь сечения вентиляционного канала F , то датчиками регуляторов рассматриваемого типа могут быть все приборы, при помощи которых измеряется скорость воздушного потока ($Q = F \cdot C$). Известны следующие приборы для измерения скорости воздуха: 1) механические анемометры, 2) термоэлектрические анемометры, 3) дроссельные приспособления (шайбы, сопла, дроссельные решетки), 4) пневмометрические трубки (трубки Пито, Прандтля, Вентури и т. д.).

Из различных типов механических анемометров, в качестве датчиков регуляторов рассматриваемого нами варианта автоматизации вентиляторных установок, могли бы быть использованы только те из них, которые показывают скорость непосредственно. К такого рода анемометрам относятся: а) центробежные анемометры (анемометр, соединенный с тахометром), б) электрические анемометры (анемометры с электрической передачей от колеса к указателю скорости). От анемометров первого типа при желании можно получить достаточные усилия для производства регулирующего действия, но передача от датчика к исполнительному механизму регулятора в этом случае не может быть выполнена достаточно просто (датчик должен быть помещен во всасывающем канале вентилятора, а исполнительный механизм в машинном отделении). Электрические анемометры, в которых колесо анемометра соединено с динамомашинной, а указатель скорости выполнен в виде вольтметра, позволяют очень просто осуществить передачу от датчика к исполнительному механизму. В величине усилий сомневаться здесь также не приходится, так как все будет зависеть от величины колеса анемометра, который является, по существу, ветродвигателем. Недостатком анемометров, как датчиков регуляторов производительности вентиляторных установок, является наличие у них вращающихся частей. Будучи установлены во всасывающем канале, в струе влажного шахтного воздуха, содержащего много пыли, такого рода датчики не будут работать надежно⁵⁾.

Термоэлектрические анемометры, основанные на измерении потери тепла нагретой проволокой, помещенной в потоке воздуха, можно было бы применять в качестве датчиков регуляторов производительности разве только в негазовых шахтах, так как перегорание проволоки анемометра (которое всегда возможно) в газовой шахте может быть причиной взрыва. Показания термоэлектрических анемометров зависят, как известно, от температуры воздуха. Поскольку температура шахтного воздуха не остается постоянной (хотя и не очень значительно меняется), о точном регулировании при использовании в качестве датчиков термоэлектрических анемометров говорить не приходится.

Применение дроссельных приборов (диафрагм, сопел, труб Вентури) является, как известно, наиболее точным и надежным способом измерения производительности, но этот способ в применении к рудничным вентиляторным установкам был бы очень дорогим, так как при его применении понижается запас энергии всего потока.

Так как напор, развиваемый рудничными вентиляторами, относительно не велик и обычно лежит в пределах от 40 до 200 мм вод. ст., а для

⁵⁾ Анемометры описанных типов устанавливаются иногда на самолетах в качестве указывающих приборов.

того, чтобы иметь возможность воспользоваться полученным при помощи дроссельных органов перепадом давления для целей регулирования, этот перепад должен быть, по крайней мере, несколько десятков миллиметров водяного столба⁶⁾, то ясно, что потери энергии здесь будут относительно очень велики.

Обычно в рудничных вентиляторных установках для целей контроля пользуются пневмометрическими трубками (Браббе, Пито-Прандтля и др.). Для целей регулирования с успехом также можно воспользоваться этими приборами, но для получения должной чувствительности регулятора здесь необходимо будет прибегать к усилению динамического эффекта расхода, так как при скорости воздуха во всасывающем канале около 10—12 м/сек динамический напор получится всего 6—9 мм вод. ст. Поскольку мы уже отказались от применения дроссельных органов (как шайбы и сопла), для повышения чувствительности регулятора имеется только один путь — применение мультипликатора Рато. Как известно, коэффициент усиления мультипликатора, состоящего из 3 трубок Вентури, какой показан на рис. 1, может быть доведен практически до 25—75⁷⁾, то-есть при мощности этого прибора вполне возможно получить достаточно высокую чувствительность регулятора.

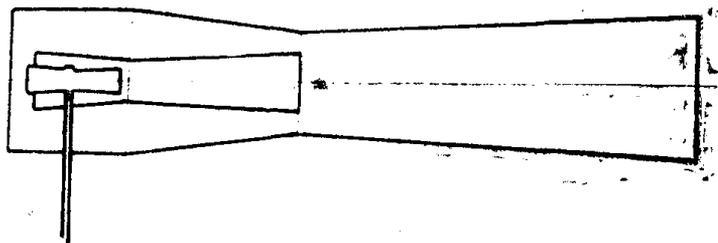


Рис. 1

В автоматических вентиляторных установках, работающих по принципу „постоянного дебита“ наилучшим типом датчика явится мультипликатор Рато, который при отсутствии вращающихся частей и исключительной простоте устройства обеспечивает надежное, достаточно точное и экономичное регулирование.

Датчики регуляторов производительности рудничных вентиляторных установок, основанных на принципе „необходимого дебита“

Регулирование рудничных вентиляторных установок по принципу „необходимого дебита“, как можно было видеть из сказанного выше, должно быть основано по существу на газовом анализе. В практике химического анализа пользуются следующими способами анализа газов: а) путем сжигания газов при помощи их охлаждения и последующего фракционирования; б) путем последовательного химического поглощения отдельных составных частей смеси газов и измерения общего объема смеси в результате такого поглощения; в) путем сожжения со взрывом ингредиентов смеси газов после прибавления к смеси определенных объемов кислорода (или водорода); г) путем измерения показателя преломления смеси газов и сравнения его с показателем преломления газовой смеси заранее известного состава; д) путем измерения электрического сопротивления платиновой проволоки, протянутой в камере с тем или другим газом или со смесью газов, изменяющегося в зависимости от большей или меньшей отдачи проволокой теплоты Джоуля окружающему ее газу⁸⁾. В технике, для непрерывного анализа газов (например, для целей контроля котельных установок), из перечисленных выше методов газового анализа, по вполне

⁶⁾ Потерянный напор даже для труб Вентури составляет до 20% от получаемого перепада давления.

⁷⁾ Проф. В. И. Поликовский.—Вентиляторы, воздуходувки и компрессоры. Изд. ОНТИ. 1933 г., стр. 324.

⁸⁾ Техническая энциклопедия том I, изд. 1928 (Б. М. Беркенгейм).

понятным причинам, нашли применение только метод последовательного поглощения (газоанализаторы Адос, Экардта ПМШ и др.) и метод измерения электрического сопротивления платиновой проволоки, помещенной в смеси газов (газоанализаторы Сименса, Пирометр, Броуна и др.). Кроме этих методов в технике применялись также методы, основанные на использовании различия удельных весов газов (газоанализаторы Кредя, Шульце-Доша, Ранарекс) и методы, основанные на различии плотностей газов (газоанализатор Унограф).

Практика эксплуатации непрерывно действующих газоанализаторов, употребляемых при контроле котельных установок, и проведение научно-исследовательских работ в этой области показали, что из всех существующих типов газоанализаторов наиболее чувствительными и дешевыми в эксплуатации являются электрические газоанализаторы, т. е. основанные на принципе измерения сопротивления платиновой проволоки, помещенной в смеси газов⁹⁾. Действие газоанализатора Сименса основано на том, что теплопроводность газов зависит от их химического состава. В качестве прибора, учитывающего разность теплопроводностей различных газов,

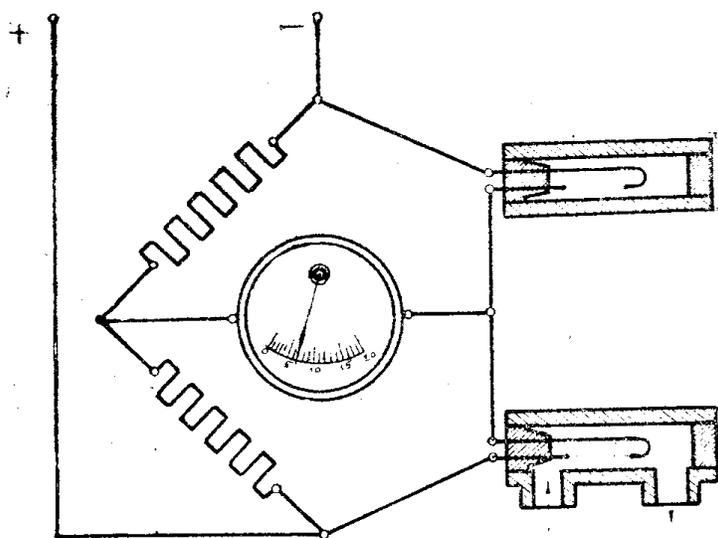


Рис. 2

Сименс применил мостик Уитстона. Моментом, нарушающим электрическое равновесие в приборе Сименса, служит неодинаковый нагрев двух платиновых проволочек, помещенных в среде различного химического состава; указывающим прибором является гальванометр. Принцип действия газоанализатора Сименса можно уяснить из рис. 2. Преимущества электрических газоанализаторов, если говорить об использовании их в качестве датчиков регуляторов рудничных вентиляторных установок, по сравнению

с другими типами газоанализаторов, очевидны. Не говоря уже об их большей простоте по сравнению с другими типами газоанализаторов, электрические газоанализаторы позволяют просто связать их (электрически) с исполнительными механизмами регулятора, а главное — дают и наибольшую точность. Правда, точность, которую обеспечивают электрические газоанализаторы, в обычном их исполнении $\pm 0,5\%$, не вполне достаточна для наших целей. В нашем случае регулятор должен начинать действовать при увеличении содержания CH_4 (или CO_2) в исходящей струе свыше $0,75\%$, что стоит на границе точности этих приборов (по крайней мере для CO_2). В современных конструкциях электрических газоанализаторов причины, от которых зависит точность их показаний, суть: 1) неравномерность засоса воздуха эжектором вследствие колебания давления воды в водопроводе, 2) непостоянство силы тока в ветвях мостика и 3) неточность установки на нуль. Перечисленные недостатки электрических газоанализаторов не являются органическими недо-

⁹⁾ В. Л. Темкин и В. Д. Шеренцис.—Контроль работы котельных установок. ОНТИ Энергоиздат.—1934 г., стр. 181.

статками и могут быть устранены в новых конструкциях. Так, эжектор можно заменить центробежным вентилятором, постоянство силы тока в ветвях мостика может быть достигнуто применением кенотронов и, наконец, установка на нуль вовсе не может представлять каких бы то ни было затруднений. Можно также значительно повысить точность показаний электрического газоанализатора, если включить между ветвями мостика электронную лампу, в качестве усилителя, по схеме, показанной на рис. 3. На практике электрические газоанализаторы рассматриваемого нами типа нашли применение как приборы для определения CO_2 и $\text{CO} + \text{H}_2$ в дымовых газах. Таким образом, не приходится сомневаться в возможности

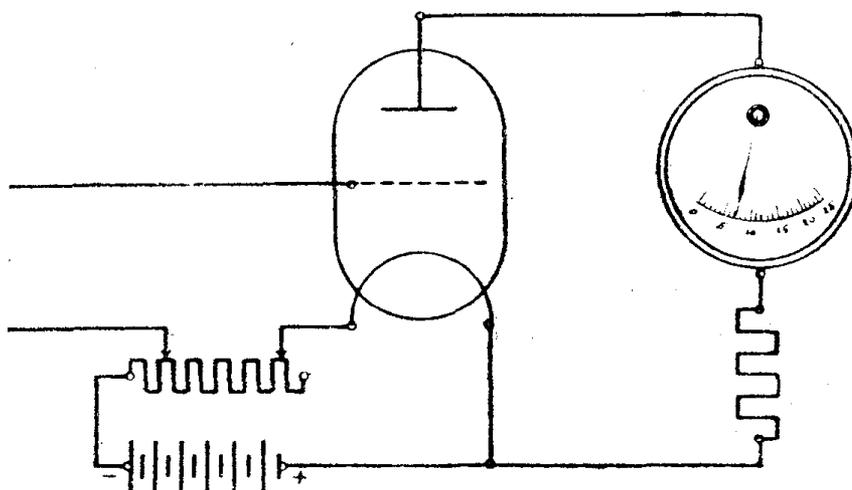


Рис. 3

применить их и в данном случае для определения CO_2 . Что касается применения подобного рода приборов для обнаружения CH_4 , то принципиально нет никакой разницы в том, будут ли определяться CO и H_2 или CH_4 , так как все эти газы одинаково будут сгорать на накаленной платиновой нити и, повышая ее температуру, будут создавать разность сопротивлений в ветвях мостика. (В последнее время на этом принципе построены уже так называемые „метан-реле“—приборы для обнаружения метана). Очень большую точность можно будет, очевидно, получить от подобного рода газоанализаторов, применив фотоэлементы из сернистого таллия, обладающие особенно высокой чувствительностью к инфракрасным лучам. В этом случае повышение температуры платиновой проволоки регистрируется фотоэлементом ¹⁰⁾.

Связь датчиков с исполнительными механизмами

Тип датчика, зависящий от принятого принципа автоматизации рудничной вентиляторной установки, будет в известной мере определять и способ связи датчика с исполнительным механизмом. Регулятор, действующий по принципу „постоянного дебита“, в качестве связующего звена между датчиком, каковым в данном случае, как было установлено выше, должен быть мультипликатор, и исполнительным механизмом, обязательно должен иметь прибор, измеряющий динамический эффект расхода и создающий регулирующий импульс. Подобного рода приборы можно разделить на три группы: 1) поплавковые волюмометры (тягомеры, паромеры),

¹⁰⁾ Акад. А. Ф. Иоффе. Полупроводники.—Журнал „Техника молодежи“ № 8—9, 1940 г., стр. 11.

2) мембранные дифференциальные манометры и 3) U-образные манометры с ртутным заполнением и впаянными контактами.

Из всех этих типов расходомеров поплавковые приборы получили наибольшее распространение и изготавливаются в большом числе вариантов (волюметры Фюсса, Дебро, дифференциальные тягомеры Доша, завода Тиз-прибор, „Тепло и сила“, паромеры Сименса и др.). Простейший прибор этого типа показан на рис. 4. Усилия, которые можно получить от такого прибора, разумеется, будут недостаточны для непосредственного воздействия на исполнительный механизм регулятора, но при надлежащих размерах поплавков они будут достаточны для перестановки золотника сервомотора или замыкания и размыкания электрических цепей схемы ре-

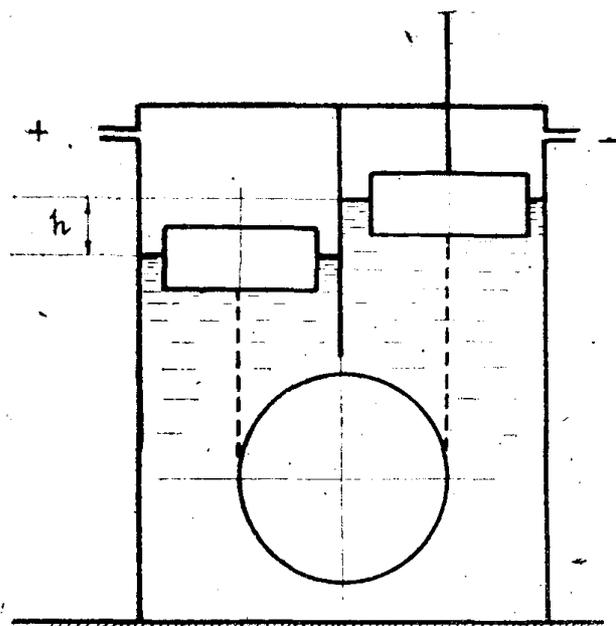


Рис. 4

гулирования. Широкое применение поплавковых волюметров в технике дает гарантию возможности их использования и для автоматического регулирования рудничных вентиляторных установок.

Мембранные дифференциальные манометры не так надежны, как поплавковые приборы. Принцип действия мембранного дифференциального манометра можно уяснить из рис. 5, на котором показано применение подобного прибора для целей регулирования паротурбокомпрессора. Чувствительность приборов этого рода может быть значительно повышена, если заменить мембрану системой плоских пустотелых дисков, полости которых соединены между собой (так, как это делается в чувствительных барометрах-анероидах). Такие дифференциальные манометры (рис. 6) применяются для определения скорости полета аэроплана. Преимуществом мембранных дифманометров является их компактность, недостатком — меньшая надежность работы. Поскольку в нашем случае нет острой необходимости стремиться к уменьшению размеров регулятора и надежность работы играет главную роль, то можно думать, что поплавковые приборы будут более пригодными для целей автоматизации вентиляторных установок.

Примером дифференциальных манометров с ртутным заполнением и впаянными контактами является автоматический паромер Гальвакса. Устройство его состоит в следующем: в одно из колен U-образной трубки, наполненной ртутью, впаяны платиновые контакты, соединенные с сопро-

тивлениями (рис. 7). При повышении уровня ртути в этом колене изменяется сопротивление, введенное в цепь счетчика. Число оборотов счет-

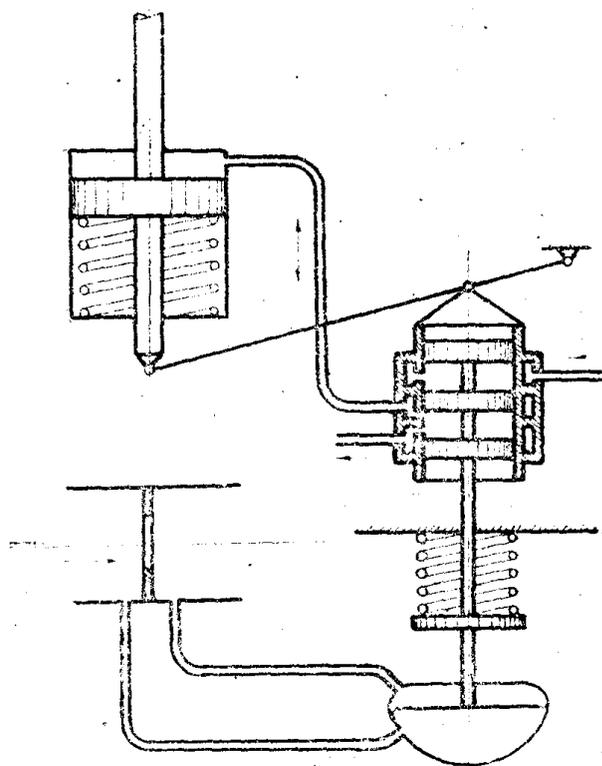


Рис. 5

чика зависит, таким образом, от перепада давления. Включив сопротивление в цепь омметра так, как это сделано, например, в паромере Си-

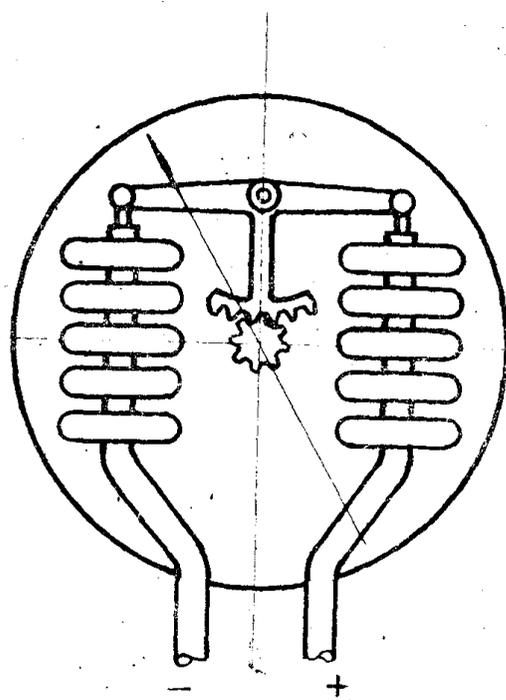


Рис. 6

менса, можно также судить о величине перепада по показаниям омметра. По нашему мнению, U-образные манометры с впаянными контактами и заполненные ртутью с успехом могли бы быть использованы для целей автоматизации рудничных вентиляторных установок по принципу „постоянного дебита“.

В установках, работающих по принципу „необходимого дебита“, связь датчиков (особенно, если в качестве датчика будет принят электриче-

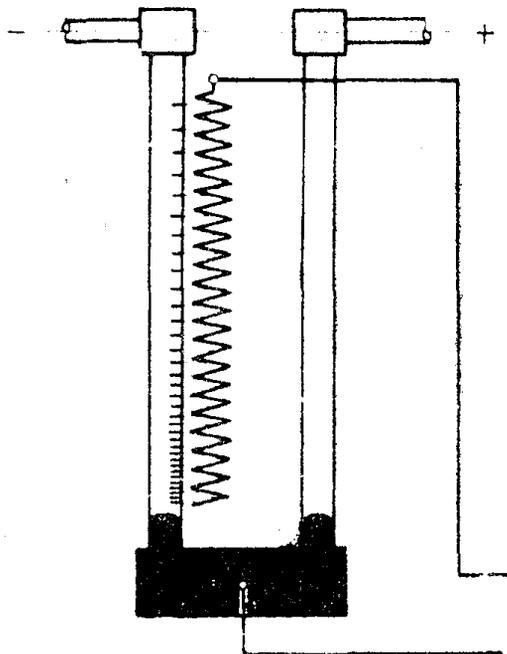


Рис. 7

ский газоанализатор) с исполнительными механизмами регуляторов может быть осуществлена только электрическим путем. При этом, как уже говорилось выше, необходимо будет прибегать к усилению тока в мостике при помощи электронных приборов.

Компоновка отдельных элементов схемы автоматического регулирования рудничной вентиляторной установки

На компоновку схемы автоматизации в целом, помимо выбранного типа датчика, который зависит от того, какой принцип положен в основу автоматизации, должен оказывать самое существенное влияние тип самой вентиляторной установки. В настоящее время можно говорить о двух типах вентиляторных установок: 1) вентиляторные установки с центробежными вентиляторами и 2) вентиляторные установки с осевыми вентиляторами.

По нашему мнению, в качестве привода для рудничных вентиляторных установок с центробежными вентиляторами, регулирование которых должно осуществляться изменением числа оборотов, рационально было бы применять моторы постоянного тока, питаемые от управляемых ртутных выпрямителей (при больших мощностях) или от тиратронов (при малых мощностях). Для автоматических установок это будет едва ли не единственный возможный тип привода. Для осевых вентиляторов, регулирование которых возможно было бы осуществить без изменения числа оборотов, по нашему мнению, рационально использовать синхронные моторы (при больших мощностях) и асинхронные моторы (при малых мощ-

ностях). Эти мысли уже высказывались нами ранее¹¹⁾ и не расходятся с „Резолюциями совещания по электрификации угольной и горнорудной промышленности“, состоявшегося в Харькове 17—22.XI.1939 г. (изд. в 1940 г.).

Для изменения числа оборотов мотора постоянного тока, питаемого от управляемого ртутного выпрямителя или от тиратронов, в настоящее время считается наиболее удобным пользоваться фазорегулятором, включенным в цепь сетки через пиковый трансформатор. Таким образом, задача регулирования в установках с центробежными вентиляторами будет сводиться к поворачиванию в том или другом направлении ротора фазорегулятора. Регулирование осевых вентиляторов в автоматических установках удобнее всего осуществить поворотом лопастей рабочего колеса при постоянном числе оборотов. В существующих конструкциях осевых вентиляторов поворот лопастей рабочих колес—операция сложная и не может быть выполнена без остановки вентилятора. Однако не пред-

ставит никаких затруднений сконструировать такой осевой вентилятор, у которого можно будет поворачивать рабочее колесо без остановки вентилятора („на ходу“). В настоящее время строятся уже гидравлические турбины Каплана с поворотными лопастями, винты подводных лодок с поворотными лопастями и даже винты самолетов с поворотными лопастями (так называемые винты изменяемого шага). Опыт конструирования винтов изменяемого шага (ВИШ) должен оказать большую пользу при конструировании осевых вентиляторов с поворотными лопастями. Анализируя современные конструкции винтов с изменяемым в полете шагом, легко убедиться, что некоторые конструкции этих винтов, как, например, винты Гамильтон-Стандарт, а также ХИЗ а, вовсе не могут быть использованы в нашем случае; из тех же, которые могут быть использованы как прототип для создания вентилятора с поворотными лопастями, наиболее применим будет винт Смита (с механическим приводом), схематически изображенный на рис. 8. Может быть также использован винт конструкции инж. Лысенко (ЦИАМ) с гидравлическим приводом (вариант типа Глостер),¹²⁾ но эта конструкция более сложная и использование ее

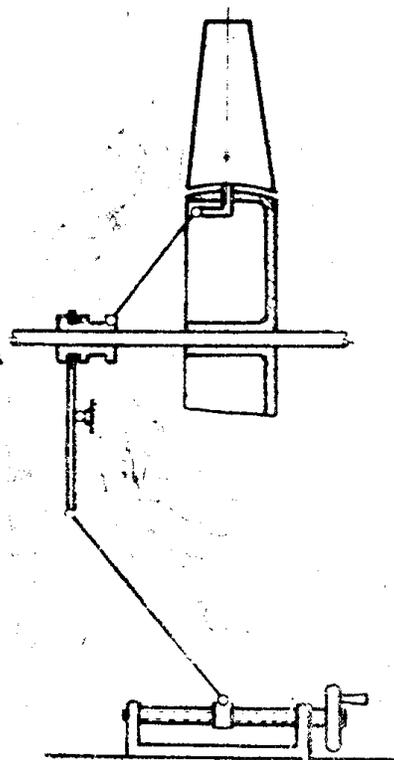


Рис. 8

при конструировании осевого вентилятора с поворотными лопастями не вызывается необходимостью. Как можно видеть из рис. 8, в случае автоматического регулирования осевых вентиляторов с поворотными лопастями, также и в случае центробежных вентиляторов, регулирующий импульс может даваться в виде вращательного движения. Впрочем, возможно и другое решение вопроса, при котором поворот лопастей будет осуществляться за счет перемещения поршня масляного сервомотора (рис. 9).

На основе приведенного выше анализа возможных вариантов автоматизации рудничных вентиляторных установок можно сделать некоторые (предварительные) выводы. При регулировании по принципу „постоянно-

¹¹⁾ Доц. Г. П. Ксюнин Автоматизация рудничных вентиляторных установок,—Журнал „Автоматика и Телемеханика“ № 3. 1939 г.

¹²⁾ Б. Л. Миянухин. Исследование винта с изменяемым в полете шагом, изд. ЦАГИ, 1934 г.

то дебита“ вентиляционной установки с центробежными вентиляторами (привод от мотора постоянного тока, питаемого от управляемого ртутно-выпрямителя или тиратронов) наилучшим типом датчика будет мультипликатор, состоящий из нескольких трубок Вентури. Передачу от мультипликатора к регулятору, которым является фазорегулятор, включенный в цепь сеток, лучше всего осуществить при помощи U-образного манометра со ртутным наполнением и впаянными контактами. Этот прибор при отсутствии каких бы то ни было движущихся частей будет наиболее надежным в работе и кроме того делает регулятор максимально компактным. Схема такого регулятора показана на рис. 10. Как можно видеть из рис. 10, если разность уровней ртути в обоих коленах U-образного манометра будет больше установленной величины, то замыкается контакт 1-который при помощи контактора k_1 воздей-

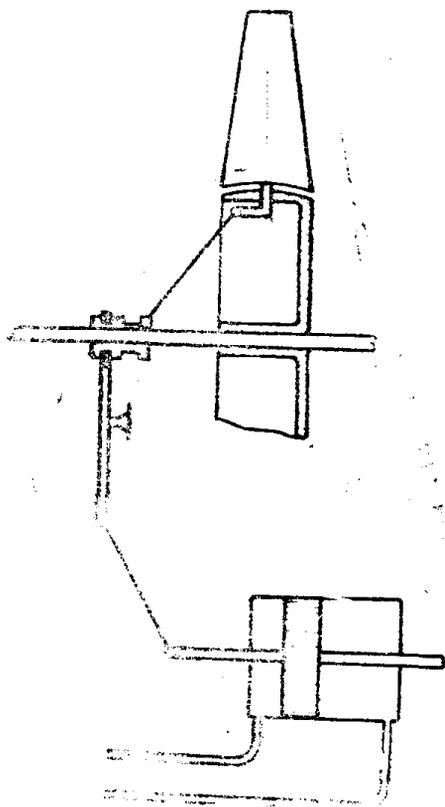


Рис. 9

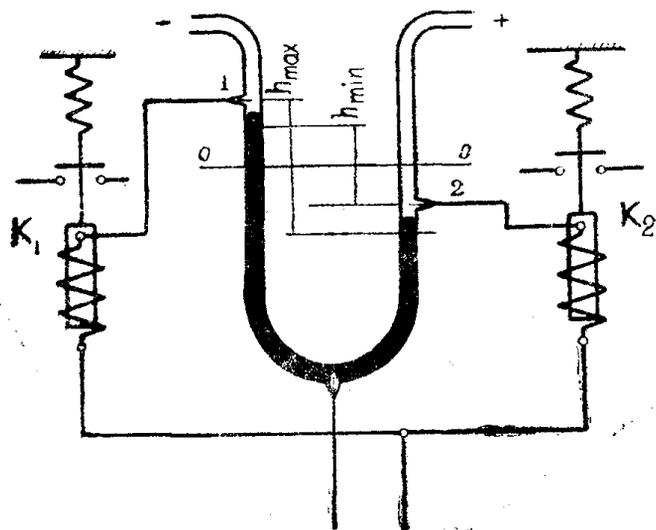


Рис. 10

ствует на исполнительный механизм регулятора в смысле понижения числа оборотов двигателя. При уменьшении разности уровней в коленах U-образного манометра, замыкании контакта 2 и включении контактора k_2 происходит обратное. При регулировании по принципу „постоянного дебита“ вентиляционной установки с осевыми вентиляторами (привод от синхронного или асинхронного мотора), так же как и в предыдущем случае, наилучшим типом датчика будет мультипликатор. Однако, поскольку здесь нет необходимости воздействовать на электрическую часть установки и от регулятора требуется лишь механическое воздействие, передачу удобнее осуществить через поплавковый волюмометр, по схеме, изображенной на рис. 11, которая настолько проста, что не требует пояснений. Наконец, при регулировании по принципу „необходимого дебита“, когда датчиком регулятора будет электрический газоанализатор, независимо от типа вентилятора, связь датчика с исполнительным механизмом может быть только электрическая. Схема включения регулятора, как при центробежном, так и при осевом вентиляторе, может быть одна и та же, так как (это видно из сказанного выше) в обоих случаях исполнительный механизм должен получать регулирующий импульс в виде вращательного движения. Принципиальная схема регулятора для этого случая дана на

рис. 12. Как можно видеть на рис. 12, изменение содержания CH_4 (или CO_2) в общей исходящей струе будет сказываться на показаниях ампер-

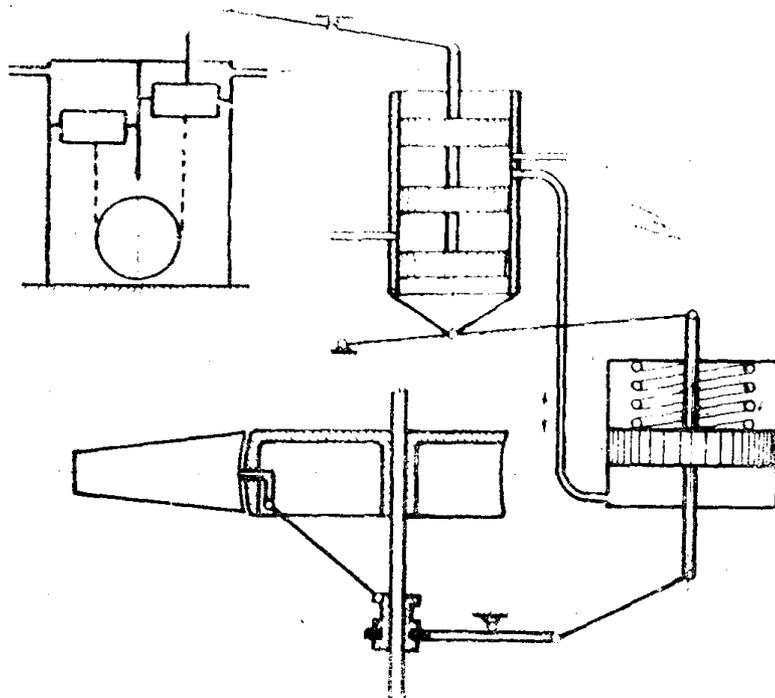


Рис. 11

метра A , который через усилитель (электронная лампа) связан с газоанализатором типа Сименса (газоанализатор и усилитель на схеме не показаны).

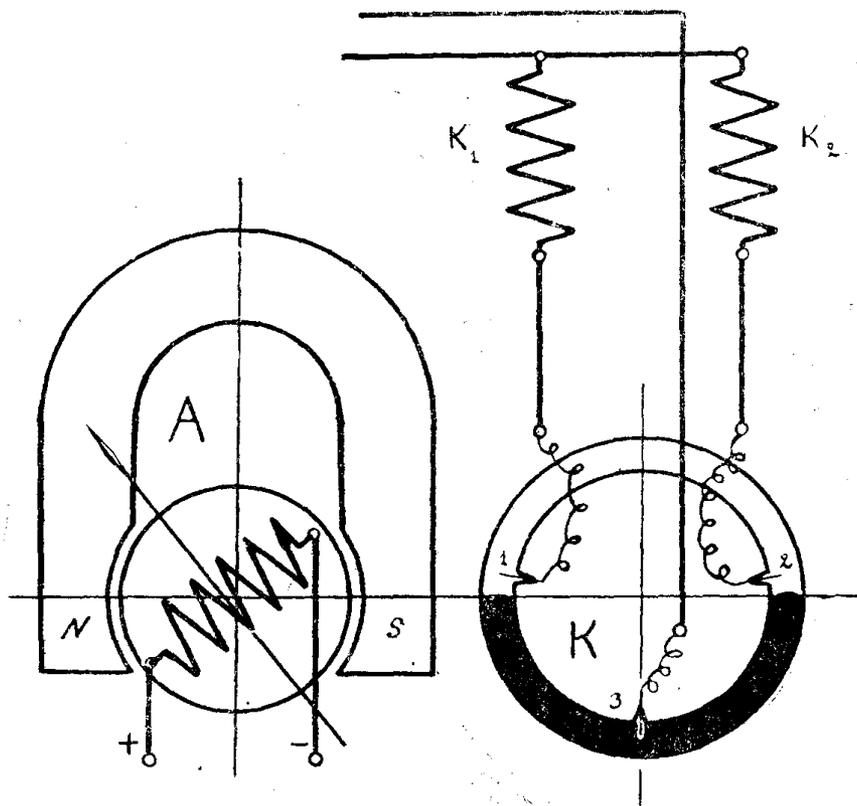


Рис. 12

ны). С осью стрелки этого амперметра связано наполненное до половины ртутью кольцо *K* (кольцо Сименса) с впаянными контактами 1, 2 и 3. При отклонении в содержании CH_4 (или CO_2) от установленных пределов будет замыкаться или контакт 1 или контакт 2 и регулирующие импульсы будут даваться подобно тому, как было описано выше при рассмотрении схемы рис. 10.

Основной задачей автоматизации рудничных вентиляторных установок является регулирование их производительности. Но рудничная вентиляторная установка может быть сделана и полностью автоматической, т. е. может быть предусмотрен как дистанционный пуск рабочего вентилятора, так и автоматический переход на резерв (в случае аварии рабочего вентилятора), включая сюда и перестановку задвижек обоих вентиляторов. (Эскизный набросок такой схемы был нами дан в статье „Автоматизация рудничных вентиляторных установок“ в № 3 журнала „Автоматика и телемеханика“ за 1939 г.).

По нашему мнению, автоматизация рудничных вентиляторных установок не только не представляет ничего невозможного, но довольно легко может быть осуществлена, по крайней мере в ее более простом варианте (по принципу „постоянного дебита“). Что касается экономической стороны дела, то если учесть, что рудничные вентиляторные установки потребляют не менее 15—20% всей энергии, идущей на производственные нужды шахт, и потери в современных (неавтоматических) установках весьма значительны, вопрос этот не должен оставлять сомнений в необходимости автоматизации вентиляционных установок. Сказанное можно иллюстрировать следующим примером: стоимость энергии, расходуемой на проветривание шахты, доходит, как известно, до 20—30 копеек на тонну.¹³⁾ Будем считать, из осторожности, что стоимость энергии, расходуемой на проветривание, в среднем 10 копеек на 1 *m*. Если принять теперь, что перерасход энергии вследствие отсутствия регулирования дебита составляет только 25% от нормальной величины, то даже и в этом случае мы имели бы экономию в расходе энергии за счет автоматизации 2,5 копейки на тонну. Для шахты производительностью 300 000 *m* в год (средней мощности) экономия составила бы 7500 руб. в год. По всем шахтам, которые должны войти в строй в 3 пятилетия, эта экономия была бы несколько более 4 мил. руб. в год.

¹³⁾ Проф. д-р К. А. Ушаков, проф. В. И. Поликовский, инж. М. И. Невельсон, доц. М. П. Татаринов. Рудничные вентиляторные установки, — ГОНТИ, НКТП СССР, 1938 г. стр. 15.